Mémoire présenté devant l'ENSAE ParisTech

pour l'obtention du diplôme de la filière Actuariat

et l'admission à l'Institut des Actuaires

le 15/02/2018

Par : **Samuel CAPGRAS**

Titre: **Calibration et impact des actions de management dans un contexte de taux bas**

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

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

Membres présents du jury de la filière

Entreprise : Optimind Winter

Nom :

Signature :

Membres présents du jury de l'Institut des Actuaires

Directeur de mémoire en entreprise :

Nom : Brice BALAGOUROU

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)

Signature du responsable entreprise

Secrétariat :

Signature du candidat

Bibliothèque :

Ecole Nationale de la Statistique et de l'Administration Economique (ENSAE)
5, avenue Henry Le Chatelier - 91120 PALAISEAU, FRANCE

Résumé

Entrée en vigueur au 1er janvier 2016, la directive Solvabilité 2 (S2) 2016 a introduit une nouvelle façon de calculer l'exigence en capital, fondée sur la valeur économique et a changé la manière dont les assureurs appréhendent le risque et la rentabilité. Cette approche a une importance particulière dans le domaine de l'assurance vie épargne, où l'évaluation des garanties optionnelles et la rémunération discrétionnaire des contrats, nécessitent une modélisation désormais plus complexe.

Les actions du management (management actions) correspondent aux leviers de pilotage à activer par l'assureur vie, en réaction à une situation adverse conduisant à une dégradation du profil de risque. Elles constituent un élément essentiel pour modéliser de façon réaliste le fonctionnement des contrats d'épargne, dans le cadre du calcul de la meilleure estimation des provisions techniques (Best Estimate), car ils permettent de déterminer le taux servi à l'assuré et donc le prix des options et des garanties (TVOG).

Ce mémoire a pour vocation d'illustrer la modélisation des actions du management dans un environnement de taux bas, en matière de stratégie financière, et d'analyser leurs impacts sur la solvabilité et la profitabilité de l'assureur. Les actions de management étudiées sont les suivantes : une stratégie d'allocation d'actifs fixe, une stratégie d'allocation d'actifs flottante entre des bornes définies, une stratégie de gestion de la duration de la poche obligataire ainsi que l'introduction d'un cap pour se couvrir contre le risque de taux d'intérêts. Dans un premier temps, après avoir introduit le contexte règlementaire et économique de l'étude ainsi que le modèle et indicateurs utilisés, nous montrons le calibrage des différentes actions du management étudiés. Puis, dans un second temps, nous analysons la robustesse des actions du management calibrées, via un scénario de baisse des taux de 10 points de base et un scénario de hausse des taux de 50 points de base. Les impacts sur la solvabilité et la profitabilité de l'assureur dans ces deux scénarios, sont comparés avec ceux du scénario central ayant servi pour le calibrage des actions du management.

Mots clés : Management actions, allocation d'actifs, solvabilité 2, assurance épargne, assurance vie

Abstract

Effective as from January 2016, Solvency 2 directive(S2) has introduced a new way of calculating the capital requirement based on economic value and has also changed how insurers dread risk and profitability. This approach is particularly important for life insurers selling saving contracts, because valuation of optional guarantees and discretionary remuneration requires more complex modeling.

Management actions correspond to the ability for the leaders of the insurance company to undertake special actions or strategies to react in response to an adverse situation leading to a deterioration of the risk profile. Management actions constitute a key element for modeling saving contracts features, and compute the technical provision best estimate : it allows to determine the insured rate of return and therefore the time value of options.

The purpose of this thesis, is to illustrate the modeling of management actions in a low interest rate economic context, in the domain of financial strategies and to analyze its impacts on the insurer's solvability and profitability. The management actions studied are as follows : a fixed asset allocation strategy, a floating asset allocation between defined limits, a strategy for managing the bond portfolio's duration as well as the introduction of an interest rate cap. First, after introducing the regulatory and economic framework of the study as well as the model and indicators used, we show the calibration of the different management actions studied. Then, we analyze the consistency of the calibrated management actions with a 10 basis point interest rate decrease scenario and a 50 basis point interest rate increase scenario. The effects on the insurer's solvency and profitability in these two scenarios are compared to those of the central scenario having served for the calibration of management actions.

Key words : Management actions, asset allocation, Solvency 2, saving contracts, life insurance

Remerciements

Je remercie tout d'abord Christophe Eberlé, président d'Optimind Winter, pour m'avoir accueilli dans sa société.

Je tiens aussi à remercier mon tuteur de stage Brice Balagourou, consultant actuaire confirmé chez Optimind Winter, pour sa disponibilité ainsi que son investissement constant dans l'aide qu'il m'a apporté pour la réalisation de ce mémoire.

Je remercie également Pierre Poret manager à Optimind Winter et Marina Azzano, qui m'ont beaucoup aidé pour les réalisations techniques de ce mémoire et transmis des connaissances très utiles.

Enfin, je remercie toutes les personnes chez Optimind Winter, avec qui j'ai pu échanger à propos de ce mémoire, pour leurs conseils et le temps qu'ils m'ont accordé.

Table des matières

RESUME 1

ABSTRACT 2

REMERCIEMENTS 3

INTRODUCTION 7

1. L'ENVIRONNEMENT DE TAUX BAS DANS UN MONDE SOLVABILITE 2 8

1.1. Introduction 8

1.2. Introduction au contexte règlementaire : Solvabilité II 8
1.2.1. Les grandes lignes de Solvabilité II 8
1.2.2. Focus sur le pilier 1 10

1.3. L'assurance épargne dans un contexte de taux bas 13
1.3.1. Une baisse des taux continue depuis 10 ans 13
1.3.2. Un risque de baisse continue du TRA si la situation actuelle reste inchangée 13
1.3.3. Risque en cas de remontée brutale des taux 14

1.4. Conclusion 14

2. MODELE ACTIF-PASSIF, INDICATEURS ET SITUATION INITIALE DE LA COMPAGNIE ETUDIEE 16

2.1. Modèle actif passif 16

2.2. Indicateurs étudiés 20
2.2.1. Indicateurs de rendement de l'actif 20
2.2.2. Indicateurs de valeur 21
2.2.3. Indicateurs de solvabilité 24

2.3. Situation initiale de la compagnie d'assurance étudiée 27

3. INTRODUCTION A LA NOTION D'ACTION DU MANAGEMENT ET AUX STRATEGIES FINANCIERES ETUDIEES 33

3.1. Le concept de management action 33
3.1.1. Définition des actions du management 33
3.1.2. Rôle des différents acteurs dans la mise en place des actions du management 33
3.1.3. Importance des actions de management pour l'assurance épargne 34
3.1.4. Les exigences du régulateur 35
3.1.5. Difficultés théoriques dans l'implémentation de management actions 36

3.2. Stratégie d'allocation fixe 36
3.2.1. Réalisation d'études de sensibilités unitaires 37
3.2.2. Réalisation d'une étude de sensibilités croisées 43

3.3. Stratégie d'allocation flottante 46
3.3.1. Présentation de l'approche adoptée 47
3.3.2. Présentation de l'étude menée pour la calibration de la management action 49

3.4. La gestion de la duration du portefeuille obligataire 55
3.4.1. Présentation de l'approche adoptée 56
3.4.2. Réalisation d'une étude sensibilité à l'écart de duration autorisé 60

3.5. Stratégie de couverture du risque de taux d'intérêt 66
3.5.1. Présentation de l'approche adoptée 66
3.5.2. Réalisation d'une étude de sensibilité à la maturité et au strike du cap 69

4. APPLICATION : ETUDE DE LA ROBUSTESSE DES ACTIONS DU MANAGEMENT 76

4.1. Scénarios de taux étudiés 76

4.2. Présentation de la méthode de projection 77

4.3. Vieillissement du bilan et hypothèses 79

4.4. Présentation de l'étude de la robustesse des management actions 81
4.4.1. Ratio de couverture 82
4.4.2. VIF 84

CONCLUSION 87

NOTE DE SYNTHESE 88

1. Introduction 88

2. Management actions développées 89
2.1. MA1 : MA basée sur la stratégie d'allocation fixe 89
2.2. MA2 : Stratégie d'allocation flottante (part action flottante) 89
2.3. MA3 : Gestion de la duration des obligations 90
2.4. MA4 : Introduction d'un cap 91

3. Robustesse des management actions 92
3.1. Evolution du ratio de couverture 93
3.2. Evolution de la VIF 94
3.3. Conclusion de l'étude de robustesse 94

4. Conclusion 94

EXECUTIVE SUMMARY 95

2. Management actions developed 95
2.1. MA1 : MA based on fixed asset allocation strategy 95
2.5. MA2 : Floating allocation strategy (equity share floating) 96
2.3. MA3 : Management of bond portfolio's duration 97
2.4. Hedging with an interest rate cap 98

3. Consistency of management actions effects 99
3.1. Coverage ratio evolution 99
3.2. VIF evolution 100

3.3. Conclusion of the consistency study 100

4. Conclusion **101**

ANNEXES **102**

TABLE DES FIGURES ET TABLEAUX **108**

BIBLIOGRAPHIE **111**

Introduction

Entrée en vigueur depuis le 1er janvier 2016, la réforme prudentielle **Solvabilité 2** (S2) a pour objectif d'harmoniser les règles de solvabilité au niveau européen et de renforcer la protection des assurés face aux conséquences d'éventuelles crises économiques ou biométriques, via une meilleure gestion des risques. Elle introduit une nouvelle approche de valorisation des actifs et du passif : l'évaluation économique ou l'évaluation dite à la « juste valeur » (« *fair-value* »). L'innovation majeure de ce dispositif prudentiel, réside dans le mode de calcul du capital règlementaire. Ce capital requis appelé le Solvency Capital Requirement (SCR) correspond au montant de fonds propres dont doit disposer l'assureur tel que sa probabilité d'être ruiné dans un an, soit inférieure ou égale à 0,5%. Contrairement à l'Exigence de Marge de Solvabilité (EMS) sous Solvabilité 1, qui ne prend en compte que le montant de provisions mathématiques comptables, le calcul du SCR est plus complexe et intègre tous les risques auxquels l'assureur est exposé.

Les **actions du management** (management action), constituent un élément essentiel pour modéliser de façon réaliste le fonctionnement des contrats d'épargne dans le cadre du calcul de la meilleure estimation des provisions techniques (*best estimate*), car elles permettent de déterminer le taux servi à l'assuré et donc le prix des options et des garanties (TVOG). Par ailleurs, elles permettent de mieux aborder l'impact de l'environnement économique sur le rendement du contrat, en fonction de la richesse de l'entreprise, des performances du portefeuille d'actifs et de l'intensité de la concurrence. Par conséquent, les management actions représentent des leviers de pilotage à activer par les assureurs vie en réaction à une situation adverse conduisant à une dégradation du profil de risque, et sont en général liées à la politique commerciale, la politique de revalorisation et de participations aux bénéfices (stratégie de PB), la tarification, les programmes de réassurance et les stratégies d'allocation d'actifs et de couverture.

Depuis quelques années, les assureurs sont confrontés à un **environnement de taux bas** durable : bien qu'ils bénéficient encore d'une richesse latente importante, leur marge et les taux servis continuent de baisser. En parallèle, les Français continuent à investir dans l'assurance-vie, bien que l'environnement économique actuel ralentisse progressivement la collecte.
Dans un tel contexte, la planification des management actions jouent un rôle déterminant dans la façon dont les assureurs pourront gérer un scénario adverse comme une hausse brutale des taux.

L'objectif de ce mémoire est d'analyser les impacts de la stratégie financière, sur des indicateurs S2 en assurance épargne, dans un environnement de taux bas. Pour cela nous introduirons dans un premier temps, le contexte économique et règlementaire actuel. Puis, nous allons décrire le fonctionnement du modèle de projection stochastique en assurance épargne, développé par Optimind Winter, les indicateurs étudiés ainsi que la situation initiale de la compagnie d'assurance fictive modélisée. Par la suite, nous allons nous focaliser sur les actions du management, et plus précisément celles qui ont été développées dans le cadre de ce mémoire (stratégie d'allocation fixe ou flottante, stratégie d'investissement basée sur la gestion de la duration de la poche obligataire, introduction de caps pour se protéger d'une hausse des taux). Enfin, une étude est menée afin de tester la robustesse des actions du management calibrées, en analysant l'évolution sur 5 ans de la richesse et la solvabilité de l'assureur dans trois scénarios différents : un scénario central correspondant à la situation actuelle des taux, un autre tenant compte d'une baisse des taux de 10 points de base la première année de projection et un troisième tenant compte d'une hausse des taux de 50 points de base la première année de projection.

1. L'environnement de taux bas dans un monde Solvabilité 2

1.1. Introduction

La réforme Solvabilité 2 est entrée en vigueur depuis le 1er janvier 2016. Elle a pour but d'harmoniser le régime prudentiel à un niveau européen, afin de pouvoir créer un marché de l'assurance européen compétitif et de mieux protéger les assurés en améliorant la gestion des risques. Elle impose un nouveau mode de calcul du capital règlementaire requis, proposant ainsi à l'assureur une meilleure prise en compte des risques auxquels il est exposé en comparaison avec le mode de calcul de la réglementation Solvabilité 1.

Par ailleurs, les assureurs sont confrontés à une baisse des rendements obligataires depuis la crise de 2008 et l'injection massive de liquidités par les banques centrales sur les marchés. Les placements obligataires représentant environ 70% de l'actif des assureurs, leur marge peut se retrouver sous pression si une telle situation perdure à l'avenir.

Cette section a pour but de rappeler le contexte règlementaire et économique, qui nous a amené à faire une étude sur les actions du management dans le cadre de ce mémoire : les contraintes de Solvabilité 2 dans un environnement de taux bas.

1.2. Introduction au contexte règlementaire : Solvabilité II

1.2.1. Les grandes lignes de Solvabilité II

La nouvelle règlementation Solvabilité 2, a pour principal objectif d'inciter les assureurs à prendre en compte tous les risques auxquels ils font face de manière prospective. Le but est de protéger les assurés en cas de chocs extrêmes. Ainsi, Solvabilité 2 vient pallier aux défauts majeurs du dispositif précédent Solvabilité 1, qui sont :

- une exigence de capital uniquement basée sur des montants comptables (proportion de la provision mathématique) ;
- les risques liés à la stratégie d'investissement non pris en compte ;
- la non prise en compte de la possibilité de transfert de risque et de l'effet diversification.

La directive européenne Solvabilité II adopte une nouvelle approche de la gestion des risques basée sur la :

- Transition d'une vision en valeur historique vers une **vision en « fair value » du bilan** : cette nouvelle vision du bilan introduit l'approche *market consistent*, obligeant l'assureur à valoriser l'actif et le passif du bilan en valeur de marché, induisant une volatilité sur le niveau des fonds propres requis ;
- **Modélisation** des risques inhérents à l'activité d'assurance de manière **prospective et qualitative** ;
- Introduction du **capital économique** (i.e. montant de fonds propres dont doit disposer une compagnie d'assurance pour faire face à une ruine à horizon 1 an et au niveau 99,5%).

Solvabilité 2 a donc pour vocation de mieux évaluer l'exigence de capital pour les compagnies d'assurance, et inciter les organismes à adopter une vision prospective et économique pour la gestion de leurs risques et leurs décisions stratégiques.

Une architecture en trois piliers :

Comme illustré dans la figure suivante, le dispositif Solvabilité 2 repose sur trois piliers :

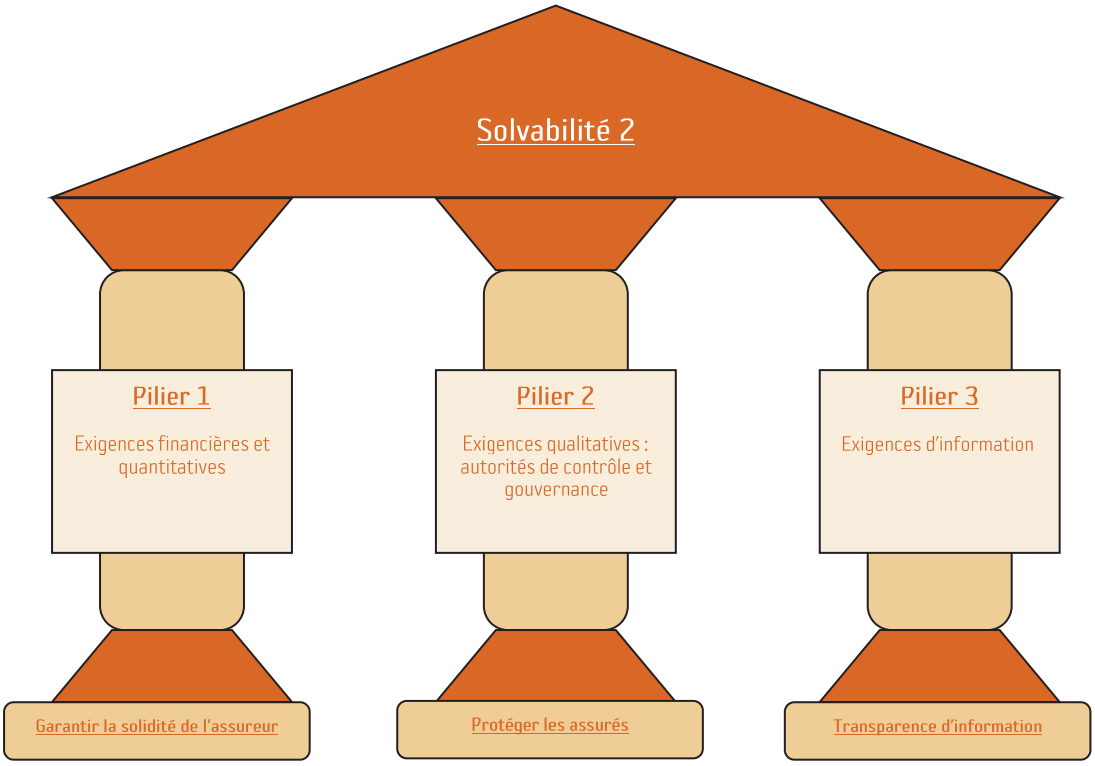


Figure 1: Architecture de Solvabilité 2 en 3 piliers (source : Balagourou. B [2014])

Une nouvelle approche de valorisation : l'approche économique

La méthode de comptabilisation retenue est la « Fair Value » : il s'agit d'une approche de valorisation utilisée dans plusieurs référentiels comptables (dont IFRS), consistant à enregistrer les actifs et les passifs à leur valeur de transaction.

En effet, la « Fair Value » correspond au montant pour lequel un actif pourrait être échangé, ou un passif éteint, entre parties bien informées, consentantes, et agissant dans des conditions de concurrence normale.

Le tableau suivant montre comment la notion de fair-value est appliquée pour la valorisation de l'actif et du passif de l'assureur :

Valorisation de l'actif	• Les actifs sont valorisés selon deux méthodes ○ « **Mark to market** » : Pour les instruments financiers cotés sur un marché liquide et transparents (la majorité des actifs des assureurs), la fair value est égale au cour observé ; ○ « **Mark to model** » : Pour les instruments ne disposant pas de marchés suffisamment liquide, on détermine la fair value avec des modèles mathématiques d'évaluation sous probabilité risque neutre.
Valorisation du passif	• Le passif de l'assureur est constitué des engagements pris envers les assurés et le principe de fair value s'applique aussi à leur évaluation ; • On distingue deux approches de valorisation selon le caractère réplicable des flux du passif : ○ Un passif est dit réplicable, s'il existe des actifs financiers disponibles sur un marché liquide, fournissant exactement les mêmes flux futurs. Dans ce cas, sa fair value est égale à la valeur de marché du portefeuille répliquant et la méthode de valorisation utilisée est le « Mark to market » ; ○ Dans le cas contraire, le passif est non réplicable et la méthode de valorisation est dite « Best estimate » (meilleure estimation des engagements)

Tableau 1: Valorisation de l'actif et du passif selon la méthode "Fair Value"

En pratique, très peu de contrats d'assurance ont des *payoffs* réplicables : dans ce cas, le passif est la somme d'une provision Best Estimate et d'une marge pour risque (Risk Margin). Le Best Estimate (BE), correspond à la moyenne pondérée par leur probabilité des flux de trésorerie futurs actualisés. La marge pour risque est définie comme le montant dont aurait besoin une entreprise pour reprendre et honorer les engagements d'assurance. Elle est calculée en déterminant le coût que représente la mobilisation d'un montant de fonds propres éligibles, égal au SCR nécessaire pour faire face aux engagements d'assurance et de réassurance sur toute leur durée.

1.2.2. Focus sur le pilier 1

Le Pilier 1 a pour objectif de s'assurer que le niveau des fonds propres de l'assureur est suffisant afin d'éviter la ruine, à horizon un an, dans 99,5% des cas. Autrement dit, le pilier 1 consiste pour l'assureur à vérifier que son bilan lui permettra de conserver des fonds propres économiques non nuls dans un grand nombre de situations, même fortement défavorables.

La principale exigence du pilier 1 concerne le capital de la société d'assurance : il doit être suffisant pour honorer tous ses engagements avec plus de 99,5% de chance, ce qui revient à dire que la probabilité de ruine de l'assureur sur un horizon de temps de 1 an doit être inférieure à 0,5%.

L'assureur est dit en situation de ruine à un instant t si

$$A_t < BEL_t \Leftrightarrow FP_t < 0 \,,$$

avec

- A_t la valeur de marché de l'actif à l'instant t ;
- BEL_t le best estimate des engagements de l'assureur à l'instant t ;
- FP_t les fonds propres économiques.

Avec les notations ci-dessus, le bilan économique d'un assureur peut se représenter de la façon suivante :

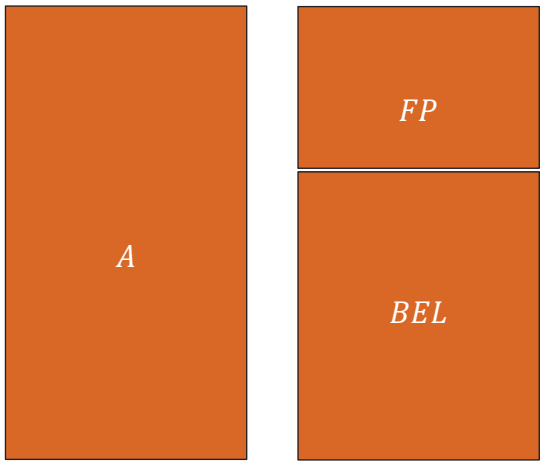


Figure 2: Bilan économique d'un assureur

Le **SCR (Solvency Capital Requirement)** correspond au montant de capital cible qui permettra à l'assureur de faire face à une sinistralité exceptionnelle ou un choc sur ses actifs détenus, sur un horizon d'un an. Il est défini à un instant t=0 de la façon suivante :

$$FP_0 - q_{0,5\%}(FP_1) \times DF(0,1)$$

où :

- $q_{0,5\%}$ est le quantile à 0,5% ;
- $DF(0,1)$ le facteur d'actualisation à horizon un an.

C'est donc une exigence basée sur la mesure Value at Risk (VaR).

En effet, si on considère la variable aléatoire $X = FP_0 - FP_1$, qui représente la perte en fonds propres économique sur un an, alors le SCR correspond (au facteur d'actualisation près) à la différence entre le niveau de fonds propres actuel et la Value at risk 99,5% de X :

$$SCR = VaR_{99,5\%}(X) - FP_0 = \inf\{y \in \mathbb{R} | \mathbb{P}(X \leq y) \geq 99,5\%\} - FP_0$$

Soit S le montant à ajouter à FP_0 pour être sûr à 99,5% de chance de ne pas faire faillite on a :

$$\mathbb{P}(FP_0 + S - X \geq 0) = 99,5\%$$
$$\Leftrightarrow \mathbb{P}(X \leq FP_0 + S) = 99,5\%$$
$$\Leftrightarrow S = q_{99,5\%}(X) - FP_0$$

Où $q_{99,5\%}(X)$ désigne le quantile à 99,5% de la variable aléatoire X.

Le pilier 1 prévoit également un capital minimum en dessous duquel un assureur ne devrait pas opérer, le **MCR (Minimum Capital Requirement).** En dessous de ce montant le régulateur pourrait intervenir pour imposer à l'assureur des mesures afin de revenir au niveau minimum de capital requis.
Comme mis en évidence sur le graphique suivant, dans une situation normale le capital disponible de la société d'assurance doit couvrir le SCR et à fortiori le MCR. Pour rappel, le capital disponible correspond au capital économique de la compagnie au moment de la valorisation.

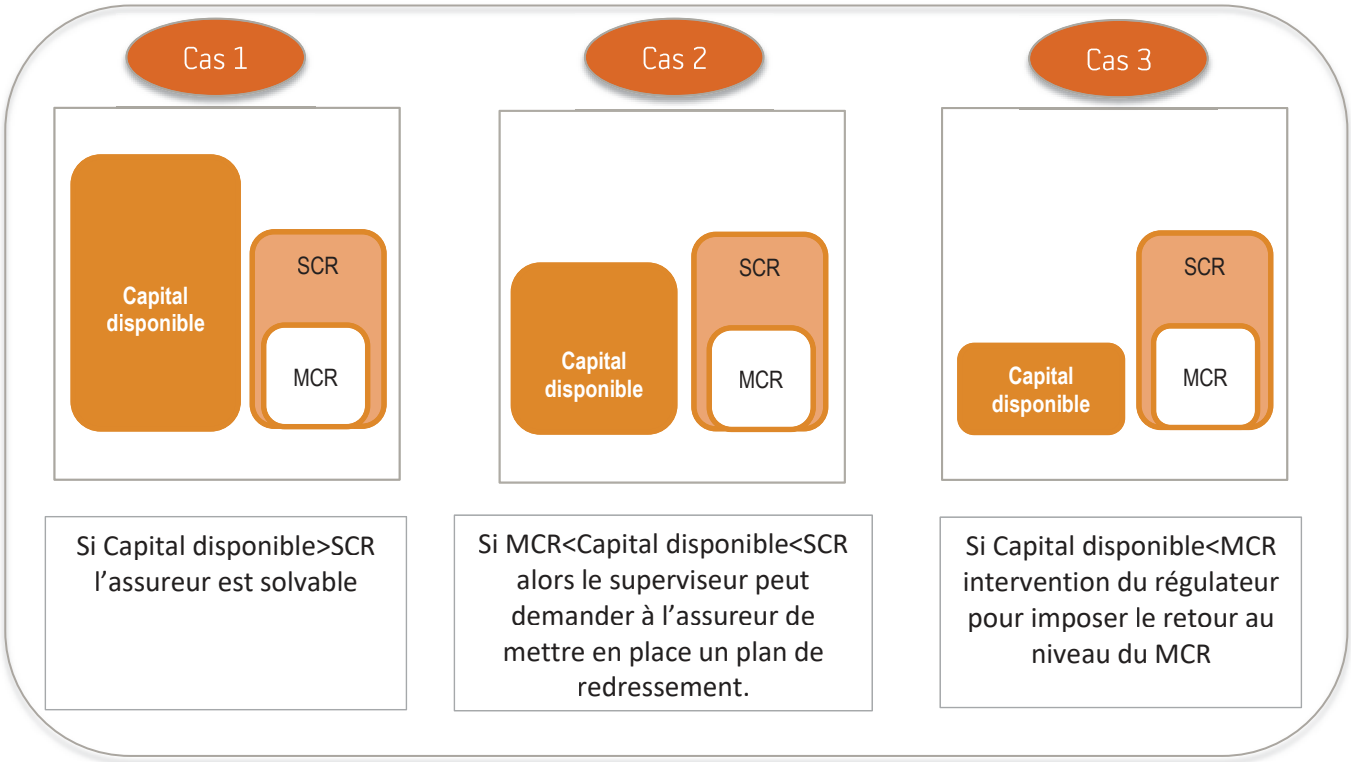


Figure 3 : Contrainte règlementaire sur la capital disponible

Les travaux requis par le Pilier 1 se décomposent en 4 étapes :

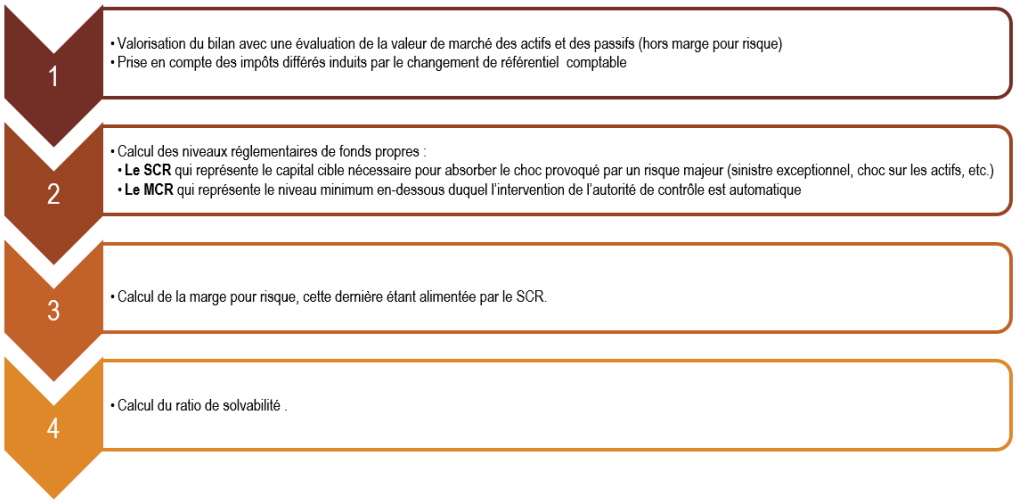


Figure 4 : Travaux requis par le pilier 1

1.3. L'assurance épargne dans un contexte de taux bas

1.3.1. Une baisse des taux continue depuis 10 ans

Les assureurs vie français, tirent la majeure partie de leurs revenus financiers de l'investissement des provisions mathématiques (PM) dans des obligations à taux fixe.

Environ 82% des provisions bénéficient d'un capital garanti et disponible à tout instant. La marge financière des assureurs a donc été mise sous pression ces dernières années avec la baisse des taux sur le marché, le TME[1] passant de 3,86% en 2006 à 0,97% en 2015 (ACPR [2017]).

Cependant, la baisse des taux n'a pas été complètement répercutée aux assurés: la figure suivante montre qu'entre 2006 et 2015 l'écart entre le taux de rendement de l'actif (TRA) et les taux servis aux assurés s'est réduit.

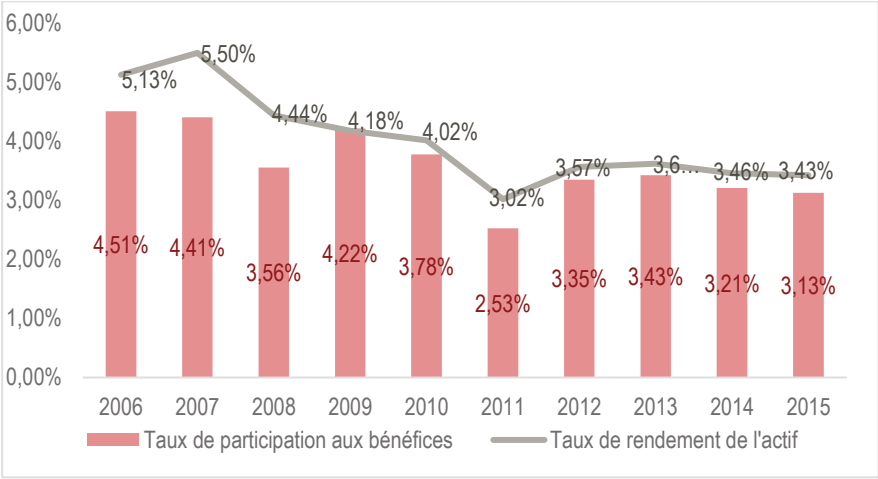


Figure 5: Evolution du TRA et du taux de participation aux bénéfices pour les 12 principaux assureurs français (source ACPR [2017])

A noter que si les assureurs ont pu continuer à servir ces taux relativement élevés dans un environnement continu de taux bas, c'est d'une part grâce au stock de provision pour participation aux excédents (PPE) détenu, et d'autre part avec les coupons des obligations achetées avant la période de baisse des taux.

1.3.2. Un risque de baisse continue du TRA si la situation actuelle reste inchangée

Si le contexte de taux actuel perdure encore pendant plusieurs années, le risque pour les assureurs est de voir le TRA (i.e. le taux des rendements des actifs) se diluer via les trois principaux évènements suivants :

- Le réinvestissement du nominal des obligations arrivées à maturité ;
- Le réinvestissement des coupons des obligations en portefeuille ;
- L'investissement des collectes

[1] Taux moyen d'emprunt de l'état sur les marchés (en général taux 10 ans)

Tous ces réinvestissements se feraient à des taux plus faibles et la marge entre les taux minimum garanti (TMG) et le TRA continuerait de se réduire. Ainsi, **le risque d'un environnement de taux bas persistant est lié à la faible duration de l'actif obligataire comparée à celle du passif.**

Il faut toutefois nuancer ce constat : globalement la situation des assureurs vie n'est pas si mauvaise en France, compte tenu du TMG moyen faible (0,51% en 2015) et d'une richesse latente moyenne d'environ 20%.

Dans le contexte économique actuel, les acteurs les plus avantagés sont ceux qui disposent d'obligations à fort coupons de maturités résiduelles élevées et dont le TMG des contrats euros est faible.

1.3.3. Risque en cas de remontée brutale des taux

Cependant, les assureurs doivent également réfléchir aux stratégies qu'ils doivent mettre en place dans le cas d'une remontée brutale des taux.

En effet, dans ce scénario, les assureurs devront sûrement faire face à d'importantes vagues de rachat conjoncturels. Ces rachats obligeraient les assureurs qui les subissent à vendre des obligations en moins-value pour régler leurs prestations. De plus, s'il y a des nouveaux entrants sur le marché de l'assurance après la remontée des taux, ils pourraient proposer des TMG plus élevés et inciter les assurés à souscrire des contrats chez ces nouveaux assureurs.

A noter que dans un scénario de remontée brutale des taux, un assureur ayant des obligations à faible duration compareé à celle du passif serait avantagé, puisqu'il pourrait réinvestir à des taux plus élevés.

1.4. Conclusion

Afin de faire face aux effets liés à cet environnement de taux bas, les assureurs peuvent envisager plusieurs alternatives :

- Investir dans des actifs moins sûrs et parfois moins liquides (actions, immobilier, actions non cotées, hedge funds) et en moyenne plus rémunérateurs (BAETA.I[2015]) ;
- Se couvrir contre le risque de taux via des produits dérivés tels que les swaps de taux, les swaptions, les caps et/ou les floors… ;
- Réorienter les souscriptions vers les contrats en unité de compte au détriment des contrats en euros ;
- Adopter une stratégie de matching de duration entre l'actif et le passif, c'est-à-dire faire en sorte que la durée moyenne actuarielle des flux à percevoir/verser, soit identique pour les obligations et pour les engagements pris envers les assurés.

Quel que soit la solution envisagée par le management, il est souvent utile d'étudier l'impact de la stratégie adoptée en termes de rentabilité et de solvabilité de l'entreprise. Pour ce faire les stratégies doivent être intégrées dans le modèle d'interaction actif-passif de l'assureur et la sensibilité de certains indicateurs doit être étudiée.

La section suivante introduit le modèle actif passif développé par Optimind Winter et utilisé dans le cadre de ce mémoire, ainsi que les principaux indicateurs utilisés pour calibrer les actions du management présentés dans la section 3.

2. Modèle actif-passif, indicateurs et situation initiale de la compagnie étudiée

Avant d'introduire les actions du management implémentées, il convient de cadrer certains éléments liés à cette étude :

- l'outil de modélisation d'Optimind Winter utilisé sur le périmètre épargne ;
- les indicateurs étudiés ;
- la situation initiale de la compagnie fictive étudiée, pouvant être utilisée comme point de départ avant la mise en place des actions du management.

2.1. Modèle actif passif

L'outil utilisé permet de modéliser un produit d'épargne en euros et/ou en unité de compte (UC) et de valoriser le bilan avec les normes Solvabilité 2. Il s'articule autour de plusieurs modules qui projettent le passif, l'actif et l'interaction entre les deux.
Les inputs principaux du modèle sont :

- Les tables de *model points* du passif ;
- Les tables de scénarios économiques (1000 scénarios) ;
- Les valeurs comptables et de marché des actifs ;
- La provision pour participation aux bénéfices initiale ;
- La réserve de capitalisation initiale.

Les scénarios économiques sont fournis par le GSE d'Optimind Winter. Ils sont utilisés pour le calcul du *Best Estimate* des provisions techniques et du profit de l'assureur, en prenant la moyenne de la réalisation de ces variables sur les 1000 scénarios. Ces indicateurs sont également recalculés après l'application des chocs de la formule standard pour obtenir le SCR.

Le schéma suivant résume le fonctionnement du modèle, et montre que les sorties correspondent à divers indicateurs. Parmi ceux-ci, nous nous focalisons sur trois types d'indicateurs pour calibrer les actions du management :

- Les indicateurs de rendement de l'actif ;
- Les indicateurs de valeur ;
- Les indicateurs de solvabilité.

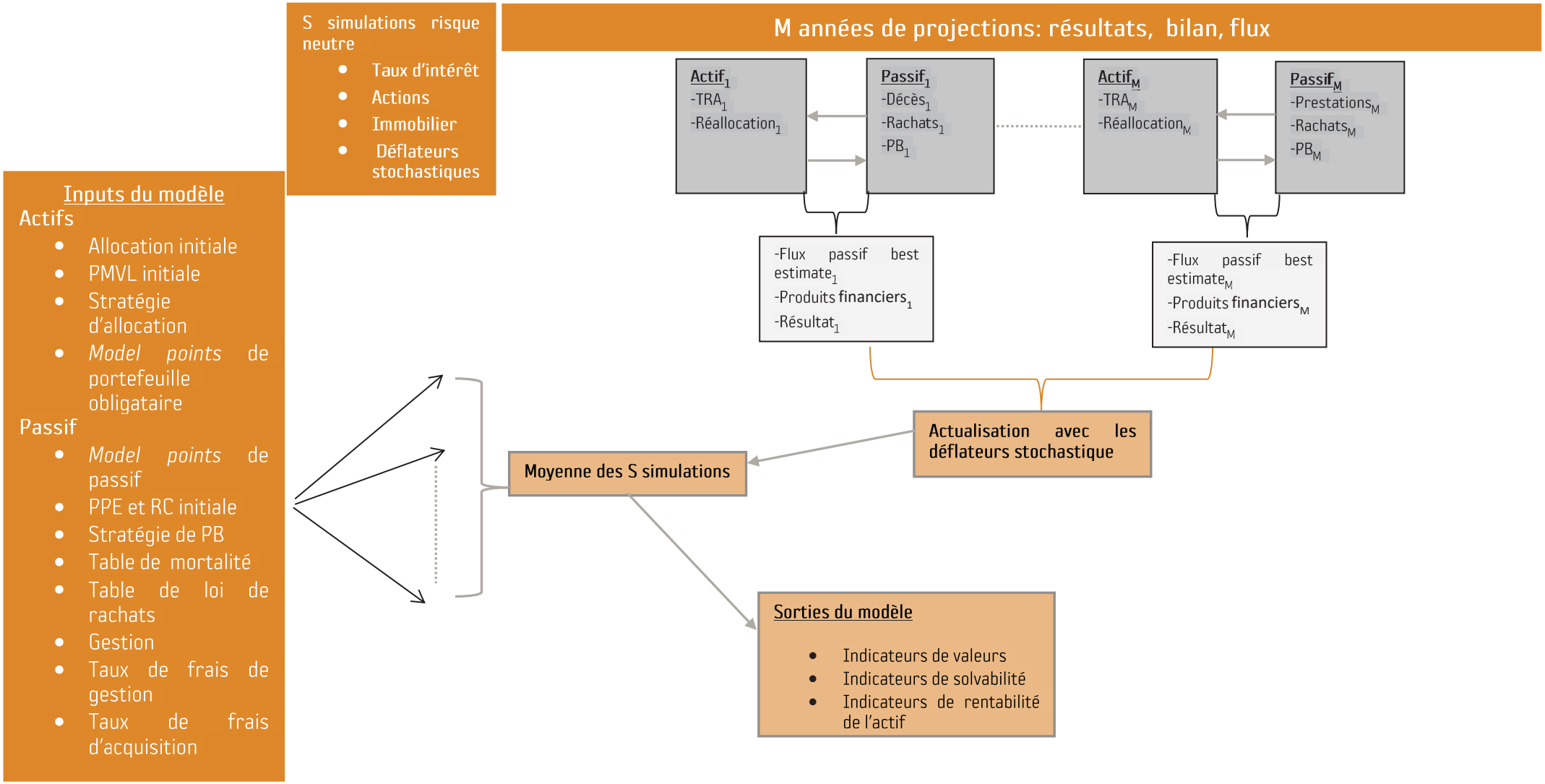


Figure 6: Architecture du modèle actif passif

Le schéma suivant montre le déroulement du vieillissement du passif et de l'actif d'une année sur l'autre, en illustrant l'impact des prestations et des produits financiers sur la box[2] de l'assureur :

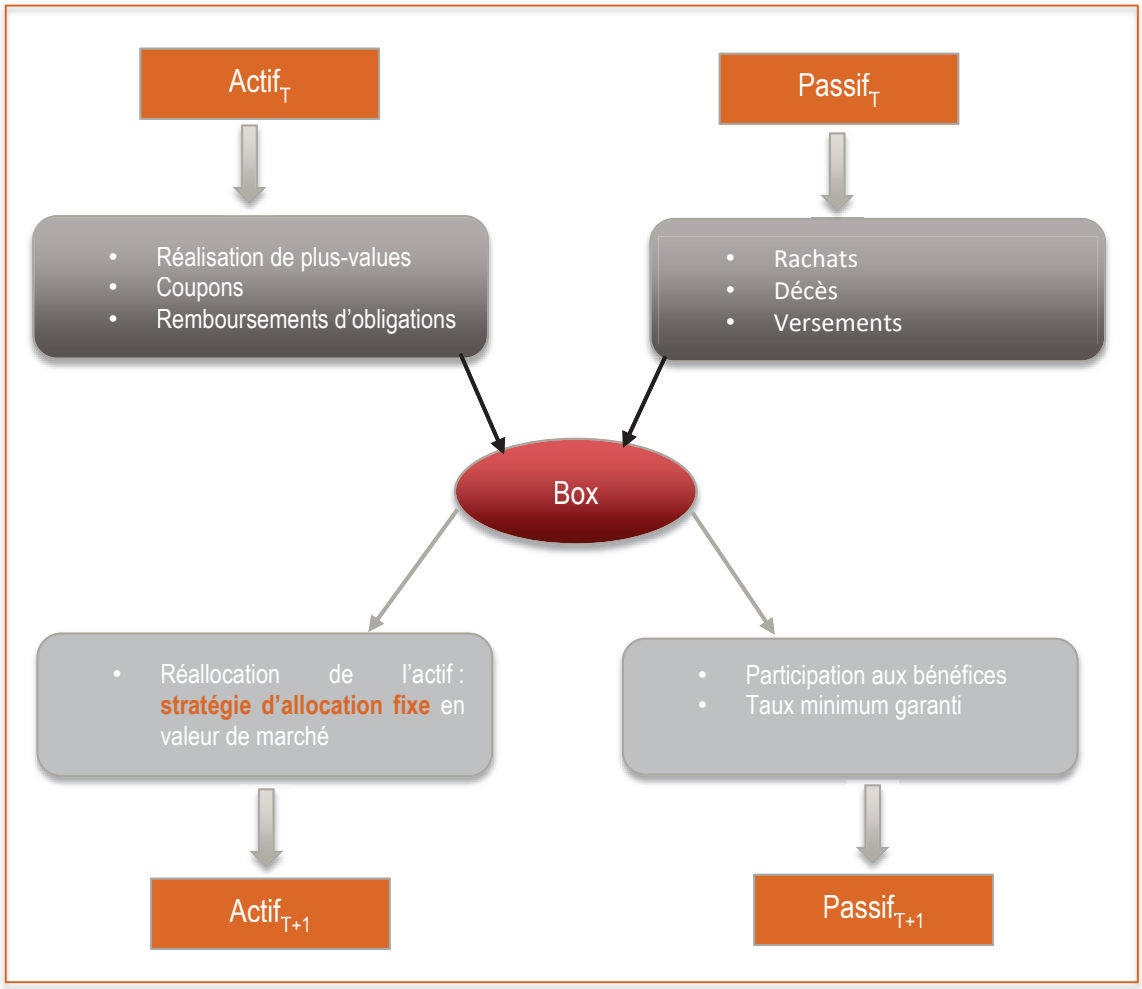


Figure 7: Déroulement du vieillissement du bilan

Focus sur le mécanisme de participation aux bénéfices

Chaque ligne de *model point* a un montant de revalorisation dit « contractuel », qui dépend du taux minimum garanti et du taux de participation aux bénéfices contractuel. Ce montant est défini comme suit :

$$Montant_cont(j) = Max(TMG \times PM(j); PB \times Pdts_fi(j) - Chgt \times PM(j))$$

Avec :

- TMG, le taux minimum garanti ;
- PM , la provision mathématique ;
- $Pdts_fi(j)$, les produits financiers de l'année j ;
- PB, le taux de participation aux bénéfices contractuel ;
- $Chgt$, le taux de chargement sur encours

[2] La box est l'ensemble des flux sortants et entrants sur une année

Pour revaloriser la provision mathématique, un taux cible est défini à chaque pas de temps (en référence au TME). Le but du mécanisme est d'utiliser la PPE (si besoin) pour pouvoir atteindre le taux cible de revalorisation et ainsi minimiser le rachat conjoncturel.
La figure suivante présente l'algorithme de participation aux bénéfices :

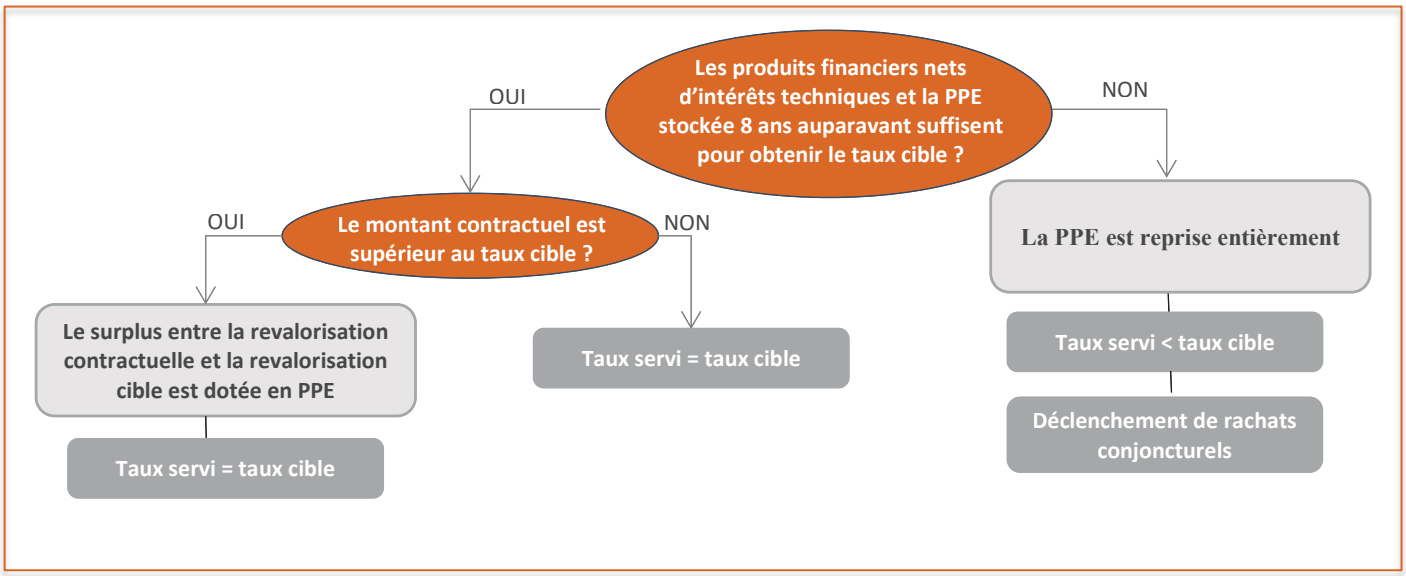


Figure 8: Algorithme du mécanisme de participation aux bénéfices

2.2. Indicateurs étudiés

Afin de pouvoir calibrer les actions du management et de tester leur robustesse, des études ont été menées sur des indicateurs de rentabilité de l'actif, de solvabilité et de valeur créée pour les actionnaires de l'organisme. Cette section présente ces différents indicateurs.

2.2.1. *Indicateurs de rendement de l'actif*

Le taux de rendement de l'actif (TRA)

Le taux de rendement d'un actif (annuel) est défini comptablement comme, le rapport entre les revenus (plus-values de cession incluses) que cet actif a généré et la somme déboursée pour l'acquérir. Pour l'ensemble des actifs de l'assureur, le taux de rendement de l'actif à l'année j est:

$$TRA(j) = \frac{Pdts_fi(j)}{VNC_{j-1}(actifs)}$$

Avec :

- $Pdts_fi(j)$ les produits financiers de l'année j , incluant les coupons des obligations, les loyers, les dividendes et les plus-values de cession sur les actifs non amortissables (actions, immobilier…) ;

- $VNC_{j-1}(actifs)$ la valeur nette comptable de l'ensemble des actifs en fin d'année $j-1$ (et donc au début de l'année j). Pour les titres non amortissables, il s'agit de la valeur d'achat, tandis que pour les obligations elle correspond à la valeur d'achat diminuée de tous les amortissements passés.

Dans toute la suite de l'étude, l'indicateur de taux de rendement qui sera présenté, correspond à la moyenne sur les 40 années de projections, des moyennes Monte Carlo du TRA (des 1000 simulations) sur chacune des années de projection. L'écart-type du TRA présenté, correspond à l'écart-type sur les 40 années de projection.

Plus ou moins-value latentes (PMVL)

Les plus ou moins-value latentes, correspondent à la différence entre la valeur de marché d'un actif et sa valeur nette comptable.

$$PMVL\ (actif) = VM(actif) - VNC(actif)$$

Avec $VM(actif)$ la valeur de marché de l'actif. Les PMVL constituent une composante importante de la richesse latente.

Richesse latentes

La richesse latente représente l'ensemble des richesses accumulées par l'assureur provenant notamment des gains en capital sur ses différents investissements. Elle est définie comme suit:

$$rich_lat = PMVL + PPE + RC$$

Avec :

- PPE , la provision pour participation aux excédents qui correspond à une provision destinée à rémunérer les contrats euros. La PPE est dotée et reprise de façon à lisser dans le temps la rémunération des assurés ;

- RC , la réserve de capitalisation, correspond à la réserve alimentée par les plus ou moins-values obligataires. Pour rappel, les assureurs français n'ont pas le droit de distribuer à leurs clients, des produits financiers issu des PMVL obligataires, afin de les dissuader de vendre les obligations avant leur terme.

La richesse latente joue un rôle important dans l'absorption des chocs, car elle permet de continuer à rémunérer les contrats même après des variations adverses de cours boursiers et/ou de taux d'intérêt.

2.2.2. Indicateurs de valeur

Valeur actuelle des profits futurs (PVFP)

La PVFP est la valeur actualisée des résultats futurs générés par les contrats en portefeuille. Dans le cadre de Solvabilité 2, elle est calculée avec la courbe des taux sans risque de l'EIOPA.

Le résultat pour les contrats euros est calculé comme suit :

$$Resultat = Solde_{sous} + Solde_{fi} - Frais$$

Avec :

- $Solde_{sous}$ le solde de souscription, calculé de la manière suivante
$$Solde_{sous} = Primes + \Delta\, PM - Rachats - Décès$$
Où $\Delta\, PM$ désigne la variation de provisions mathématiques sur l'année ; $rachats$ et $Décès$ désignent les montant de prestations versées pour les rachats et décès (avec d'éventuelles revalorisations).

- $Solde_{Fi}$ le solde financier, calculé de la manière suivante
$$Solde_{fi} = Pdts_{fi} - intérêts_{techniques} - PB - \Delta PPE - \Delta RC$$
Où PB désigne le montant versé au titre de la participation aux bénéfices, ΔPPE et ΔRC désignent la variation de PPE et de réserve de capitalisation.

Afin de tenir compte des interactions entre l'actif et le passif, ainsi que du coût des options et garanties, la PVFP est calculée avec la moyenne sur S scénarios stochastiques:

$$PVFP(0) = \frac{1}{S}\sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{M} Resultat_i(j) \times DF_i(0,j) \underset{S\to\infty}{\longrightarrow} \mathbb{E}^{\mathbb{P}\otimes\mathbb{Q}}\left[\sum_{j=1}^{M} Resultat(j) \times DF(0,j)\right]$$

Avec :

- S le nombre de simulation ;
- M le nombre d'années de projection ;
- j l'année de projection ;

- i le numéro de la simulation ;
- $DF_i(0,j)$ le déflateur pour la maturité j de la simulation i ;
- $\mathbb{P}$, la mesure de probabilité historique ;
- $\mathbb{Q}$, la mesure de probabilité risque neutre.

Valeur temps des options et garanties (TVOG)

Les contrats d'assurance vie épargne incluent très souvent des options et des garanties à la faveur de l'assuré, dont il est nécessaire de tenir compte dans l'évaluation de la PVFP, et donc du BEL. Ces options ont une valeur que l'on peut décomposer en valeur intrinsèque et en valeur temps ; la valeur intrinsèque d'une option se définissant comme le montant de son *pay off* si elle est exercée immédiatement.
Pour calculer la TVOG, on procède en trois étapes comme le montre le schéma ci-dessous :

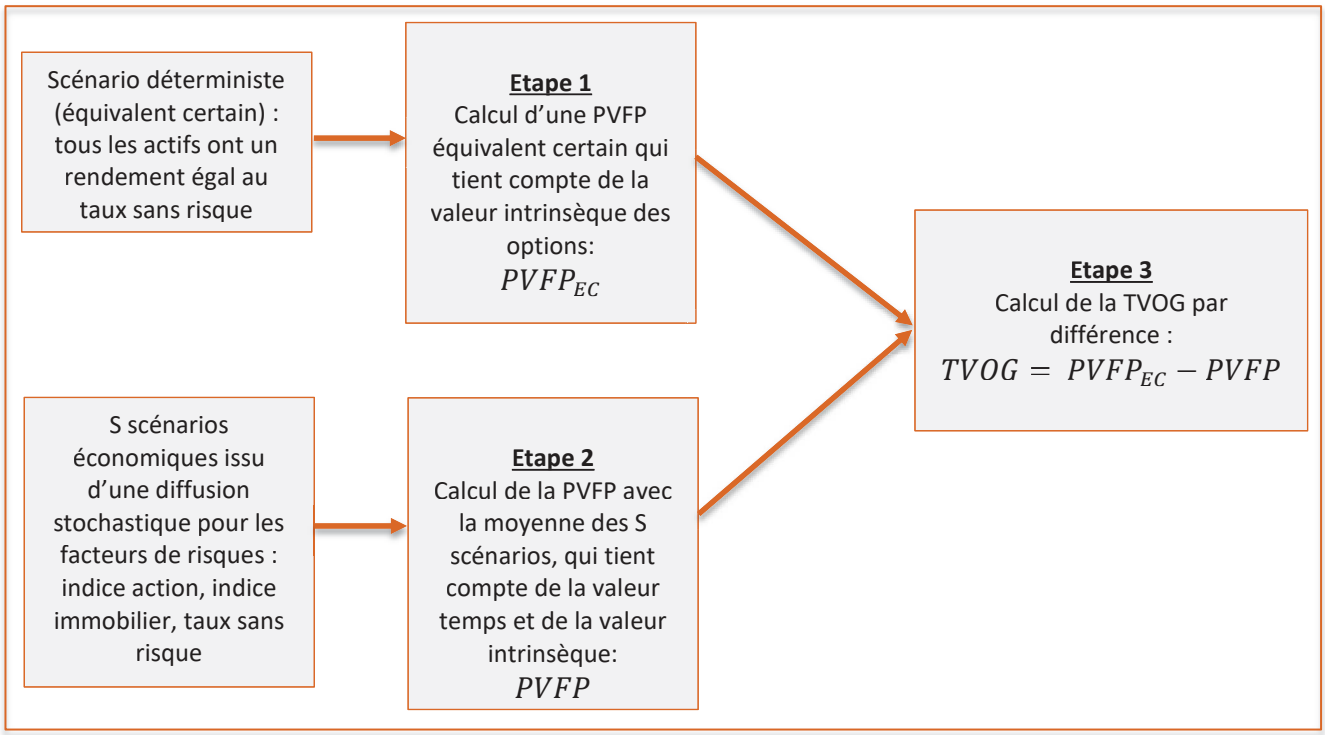


Figure 9: Calcul de la TVOG

Les deux principales composantes de la TVOG d'un contrat d'épargne en euro, correspondent au coût lié au TMG et à celui lié à l'exercice de l'option de rachat de la part des assurés (cf. encadré ci-dessous)

Focus sur le TMG

Le TMG peut être considéré comme un floor sur le taux servi chaque année, dont le sous-jacent est le TRA.
En effet :

$$Taux\ servi(j) = Max(TMG; PB \times TRA(j) - Chgt)$$

où PB désigne le taux de participation aux bénéfices contractuel et $Chgt$ est le taux de chargement sur encours.

Le payoff de l'option TMG l'année j est donnée par la formule suivante :

$$Max(0; TMG - [PB \times TRA(j) - Chgt]) \times PM(j-1)$$

La différence avec un floor classique, réside dans le fait que le nominal sur lequel s'applique le taux est variable, puisqu'il s'agit de la PM en début d'exercice qui elle-même dépend notamment de l'exercice de l'option de rachat, ainsi que des revalorisations antérieures. A noter que la valeur temps du payoff de l'option provient de la probabilité que le TRA soit inférieur au TMG entre deux années (voir annexe 1).

Focus sur l'option de rachat

Les détenteurs de contrats euros, disposent du droit de racheter tout ou partie de leur contrat à tout instant. Dans l'analyse du comportement de rachat des assurés, on distingue les **rachats structurels** des **rachats conjoncturels** (ou dynamiques). Les rachats structurels sont ceux qui sont relativement prévisibles chaque année : les assurés sont amenés à répondre à des besoins ponctuels, sans lien avec la conjoncture économique. A contrario, les rachats dynamiques sont ceux qui interviennent lorsque les assurés sont insatisfaits du taux de rendement de leur contrat. Cette insatisfaction est directement dépendante des taux du marché : plus le taux servi s'écarte des taux du marché (l'OAT 10 ans étant souvent considéré comme taux de référence), plus les assurés vont racheter leur contrat. Cette composante du rachat étant par nature imprévisible (car dépendante du marché), le risque pour l'assureur est que les assurés rachètent au moment où les actifs sont en moins-value (suite à de forte hausse de taux).

Best Estimate Liabilities (BEL)

Le BEL représente la valeur des engagements de l'assureur. Il est calculé comme la valeur actuelle probable des flux de trésorerie entrants et sortants liés aux engagements envers les assurés.

$$BEL = \frac{1}{S}\sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{M} DF_i(0,j)\,F_i(j) \underset{S\to\infty}{\longrightarrow} \mathbb{E}^{\mathbb{Q}\otimes\mathbb{P}}\left[\sum_{j=1}^{M} DF(0,j)F(j)\right]$$

Avec :

- S le nombre de simulation ;
- M ne nombre d'années de projection ;
- j l'année de projection ;
- i le numéro de la simulation ;
- $DF_i(0,j)$ le déflateur stochastique (facteur d'actualisation) pour la simulation i , entre le temps présent et l'année j ;
- $F_i(j)$ le flux de passif pour la simulation i intervenant l'année j ;
- $\mathbb{P}$, la mesure de probabilité historique ;
- $\mathbb{Q}$, la mesure de probabilité risque neutre.

En effet, par la loi forte des grands nombres, la moyenne empirique de N réalisations de la suite iid de variables $DF_i(j) \times F_i(j)$ converge presque sûrement vers $\mathbb{E}\{DF(j)F(j)\}$. C'est pourquoi on a généralement recours à des simulations Monte Carlo pour évaluer les provisions techniques avec la formule évoquée ci-dessus.

A noter que, pour un scénario donné, les flux $F_i(j)$ tiennent compte des *cash flows* entrants (primes, versement libres) et des *cash flows* sortants (décès, rachats, frais).

Le choix de l'horizon temporel M, se fait de sorte à couvrir la durée complète de tous les flux entrants et sortants, jusqu'à l'extinction des engagements de l'assureur lié au stock de contrats à la date d'évaluation (hypothèse de *run-off*).

Valeur des contrats en portefeuille (VIF)

Afin de pouvoir déterminer la valeur du stock de contrats de l'assureur, il faut considérer la PVFP à laquelle on retranche le cout du capital devant être bloqué pour supporter les risques assurantiels (i.e la marge pour risque).

En effet, la VIF reflète la valeur de transaction du stock de contrat c'est pourquoi elle prend en compte le rendement requis sur le capital permettant de porter les risques dans la détermination de cette valeur transactionnelle. Ainsi la VIF est définie comme suit :

$$VIF = PVFP - CoC \sum_{j \geq 0} \frac{SCR_{Ru}(j)}{(1 + r_j)^j} = PVFP - RM$$

Avec :

- r_j le taux sans risque pour la maturité j ;
- $SCR_{Ru}(j)$ le SCR de référence, l'année j, d'une compagnie d'assurance proche de celle étudiée pour laquelle le risque de marché n'est pas prise en compte, autrement dit il s'agit du SCR calculé uniquement sur la base des risques inhérents à l'activité d'assurance;
- RM désignant la marge pour risque.

2.2.3. Indicateurs de solvabilité

Fonds propres économiques (EOF)

Dans ce mémoire on appelle fonds propres économiques la somme de la VIF et du capital (comptable) de l'assureur (i.e. la somme des résultats passés non distribués de l'assureur et de la valeur actuelle du stock de contrat). Ils sont définis comme suit :

$$EOF = VIF + Capital$$

Capital règlementaire (SCR)

Du fait de l'inversion du cycle de production, un assureur n'a pas besoin de capital pour démarrer son activité. Cependant, les actionnaires de l'entreprise doivent investir du capital dans le but d'absorber les conséquences financières de risques extrêmes (exemple : sinistralité plus forte que prévue, crise boursière) de façon à pouvoir garantir le respect de ses engagements avec un certain seuil de confiance. La directive Solvabilité 2 impose un seuil de confiance de 99,5% sur un horizon de temps de 1 an, c'est-à-dire que l'assureur doit avoir suffisamment de capital pour être sûr à 99,5% de chance de ne pas faire faillite dans un an.

A noter que les risques liés aux actifs détenus et aux engagements envers les assurés sont directement pris en compte par ce dispositif contrairement à la définition de l'exigence de marge de solvabilité (EMS) sous Solvabilité I.

Le calcul du SCR est réalisé via les deux étapes présentées ci-dessous.

Etape 1 : Calcul des capitaux pour les risques élémentaires

Dans toute la suite, nous appellerons NAV (*net asset value*) la différence entre valeur de marché de l'actif et le BEL :

$$NAV = VM(actif) - BEL$$

Le capital pour un risque élémentaire i, (C_i) s'obtient par la différence de NAV après application du choc relatif au risque i :

$$C_i = NAV - NAV_{choc}$$

Etape 2 : Agrégation des risques

Dans ce mémoire, le calcul du SCR est réalisé tel que défini dans les Actes délégués de l'EIOPA de janvier 2015 (approche modulaire). Cette approche est basée sur trois principales étapes :

- Calcul du capital pour chaque risque élémentaire auquel est soumis l'organisme, en appliquant des chocs sur les facteurs de risque ;
- Agrégation des risques au sein de chaque module (Vie, marché…) ;
- Agrégation des sous modules pour obtenir le BSCR : capital global avant ajustement et prise en compte du risque opérationnel.

La figure suivante présente la structure modulaire du SCR en formule standard, sur le périmètre étudié dans le cadre de ce mémoire (i.e. le périmètre épargne).

A noter que le modèle d'Optimind Winter présente une structure modulaire différente de celle présentée dans le schéma suivant : en effet, le SCR défaut n'est pas modélisé. Il s'agit d'une limite du modèle.

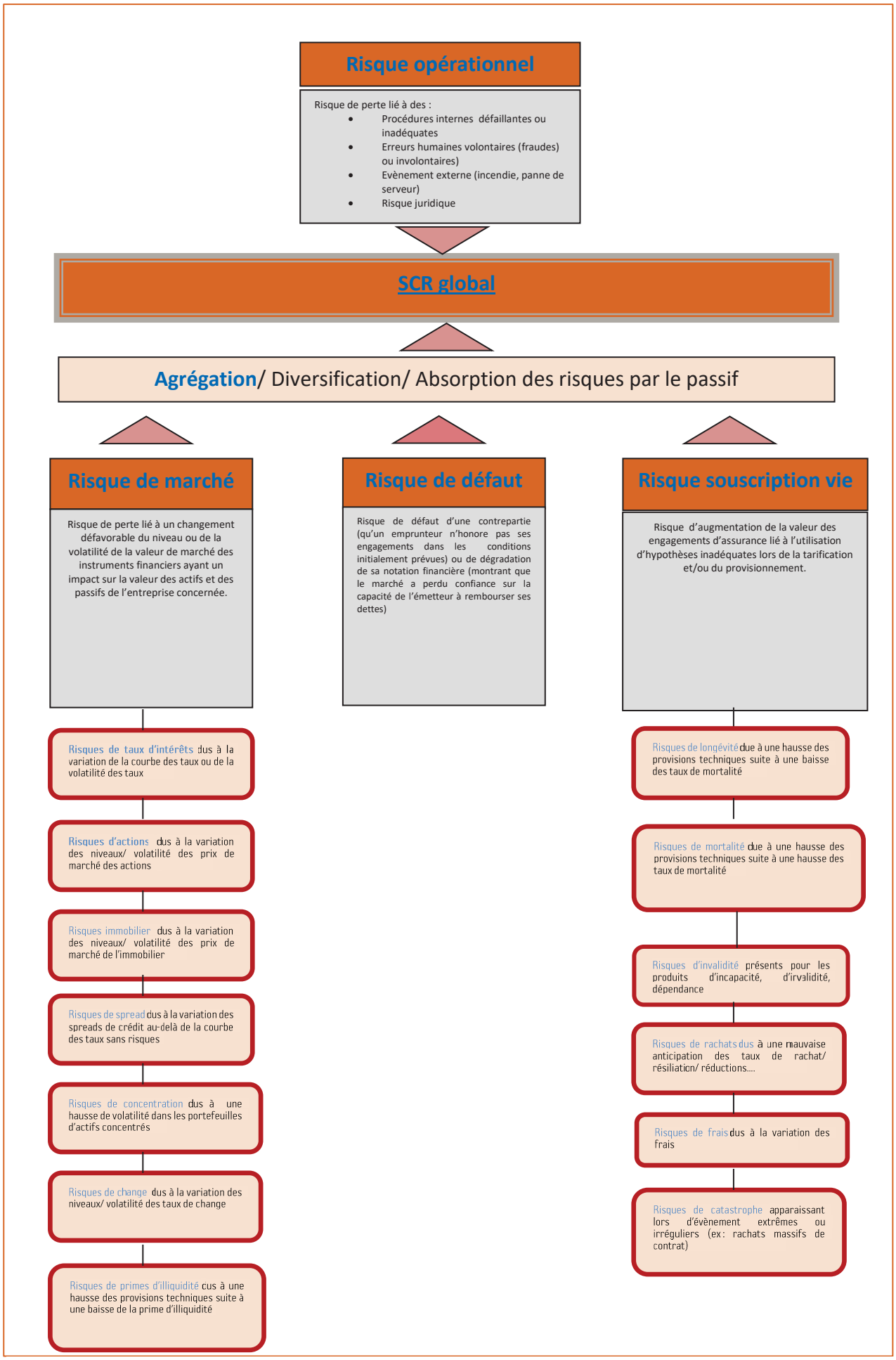


Figure 10: Structure modulaire du calcul de SCR (source : Balagourou. B [2014])

Les chocs appliqués au niveau de chaque sous module reflètent une probabilité de survenance annuelle de 0,5%, qui donnent des SCR sous modulaires. L'ensemble de ces risques sont agrégés à l'aide d'une matrice de corrélation (pour tenir compte de l'effet diversification).

La figure suivante donne un exemple de matrice de corrélation pour le risque de marché (en cas de hausse des taux) :

Corrélations	Taux d'intérêt	Actions	Immobilier	Spread	Change	Concentration	Liquidité
Taux d'intérêt	1,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00
Actions	0,00	1,00	0,75	0,75	0,25	0,00	0,00
Immobilier	0,00	0,75	1,00	0,50	0,25	0,00	0,00
Spread	0,00	0,75	0,50	1,00	0,25	0,00	0,00
Change	0,25	0,25	0,25	0,25	1,00	0,00	0,00
Concentration	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
Liquidité	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

Tableau 2 : Matrice de corrélations pour le module risque de marché (hausse des taux)

Tous les indicateurs présentés dans cette section, serviront à analyser de manière approfondie l'impact de la mise en place des actions du management sur la compagnie d'assurance étudiée, ainsi qu'à calibrer ces dernières.

2.3. Situation initiale de la compagnie d'assurance étudiée

Cette section présente la situation initiale et les données qui caractérisent la compagnie d'assurance étudiée.

Les études d'impacts des management actions, se basent sur une compagnie d'assurance dont la situation initiale a été choisie afin de refléter la « situation moyenne » des assureurs vie épargne français en termes de richesse latente, d'allocation d'actifs et de caractéristique des contrats en portefeuille.

Passif

Le tableau suivant présente les caractéristiques du stock de contrat et de la population assurée (en moyenne pondérée par les provisions mathématiques) :

Description du passif	Euro	UC
Provision mathématique en m€	1 000	220
Âge moyen	58 ans	58 ans
Ancienneté moyenne	5 ans	5 ans
Chargements sur encours moyen	0,60%	0,90%
Clause de PB moyenne	91,00%	

Tableau 3: Description du passif initiale de l'assureur

La répartition de l'encours de provision mathématique par TMG est décrite par la figure suivante :

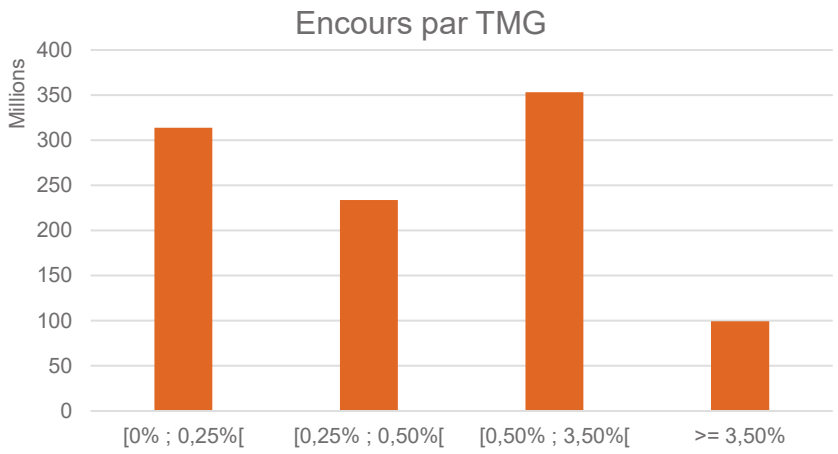


Figure 11: Répartition de la provision mathématique du fonds euros par TMG

Cette répartition reflète la situation d'un assureur opérant depuis plusieurs années, d'où la présence d'une proportion non négligeable de TMG élevé comparativement au niveau actuel des taux d'intérêt.

Répartition des actifs en valeur de marché

Comme pour la majorité des assureurs, l'actif est majoritairement investi en obligations dont environ la moitié sont des obligations d'entreprises. La figure suivante présente l'allocation en valeur de marché :

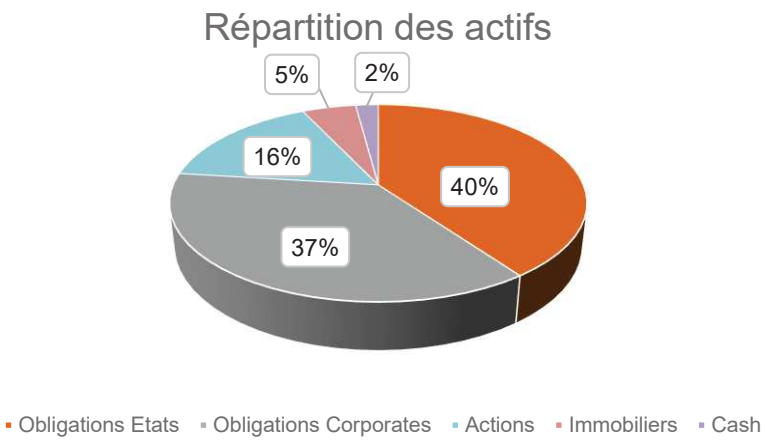


Figure 12: Répartition des actifs en valeur de marché

La duration obligataire initiale est de 7,7 ans contre 12,1 ans pour le passif soit un écart de 4,4 ans. Cet écart reflète là encore une situation moyenne des assureurs qui anticipent plutôt une hausse des taux d'intérêts qu'une baisse.

Bilan comptable

En début de projection, il y a une provision pour participation aux excédents (PPE) ainsi qu'une réserve de capitalisation à hauteur de, respectivement 1,5% et 2,5% de la provision mathématique en euros. On fait l'hypothèse que la PPE a été dotée en t=0.

Actif		Passif	
Obligations	799	PPE	15
		RC	25
Actions	162	Provision mathématique du fonds euro	1 000
Immobiliers	54		
Trésorerie	25		
UC	220	Provision mathématique du fonds en UC	220
Total Actif	1 260	Total Passif	1260

Tableau 4: Bilan comptable initial en m€

Bilan Solvabilité 2

Les plus ou moins-values latentes accumulées sur les actifs sont de 157 m€, et sont réparties comme indiqué dans le tableau suivant :

Classe d'actif	Plus-values latentes en m€	Taux de plus-value
Obligations d'Etat	80	20%
Obligations d'entreprises	42	11%
Actions	29	18%
Immobilier	5	10%
Total	**157**	**15%**

Tableau 5: Plus-value latentes initiales

Ces plus-values viennent s'ajouter aux 40 m€ de RC et PPE, ce qui porte les richesses latentes à 197m€. Cette richesse latente joue un rôle important dans la rentabilité des contrats en euros en période de taux bas, car elle permet de servir des taux attractif aux assurés.

Le tableau suivant présente le bilan en normes Solvabilité 2 :

Actif S2		Passif S2	
Obligations	921	PVFP Euro	22
		PVFP UC	15
Actions	191	BEL Euro	1 175
Immobiliers	60		
Trésorerie	25		
UC	220	BEL UC	205
Total Actif	1 417	Total Passif	1 417

Tableau 6: Bilan Solvabilité 2 en m€

La rentabilité des contrats en euros est très faible comparée à celle des contrats en unité de compte. En effet, comme le montre le tableau suivant la VIF rapportée au SCR pour le compartiment UC est largement supérieure à celle du compartiment euro :

m€	Euro	UC
SCR	63	6
VIF	27	9
Ratio VIF/SCR	42%	160%

Tableau 7: Comparaison du rapport entre la VIF et le SCR pour les compartiments euro et UC

Cette moindre rentabilité des contrats en euro est due en partie au contexte de taux d'intérêts bas qui laisse peu de marge. Elle est aussi due au fait que pour les contrats en UC le risque de marché est porté uniquement par l'assuré alors que pour le fonds euros c'est l'assureur qui le porte, du fait de la garantie en capital. C'est pour cette même raison que le SCR pour les contrats en UC, est moins élevé.

L'introduction de management actions à même d'améliorer la rentabilité et/ou la solvabilité, est donc très important pour les assureurs qui proposent des contrats en euros.

Dans toute la suite, on se focalisera uniquement sur le SCR calculé au niveau entité (UC et euros).

Solvabilité

Comme pour tout assureur vie qui propose des contrats d'épargne, le SCR de marché représente la quasi-totalité du SCR comme montré dans tableau suivant :

SCR Vie	**7,4**
Mortalité	0
Longévité	4,2
Rachat	1
Choc frais	4,5
SCR Marché	**60,0**
Actions	37,7
Immobilier	7,0
Taux d'intérêt	17
Spread	7,8
BSCR	**62,3**
Ajustement	**0**
SCR opérationnel	**6,2**
SCR total	**68,5**

Tableau 8: SCR initial en m€

Capital et fonds propres économiques initiaux

Le capital social initial de l'entreprise est de 65 m€. Il est investi selon la répartition suivante :

Allocation du capital social	
Obligations	80%
Actions	13%
Immobilier	5%
Cash	2%

Tableau 9: Allocation du capital social initial de l'assureur

Le SCR de marché généré par cette allocation est pris en compte au niveau sous modulaire dans le SCR du tableau 8.

Le tableau suivant présente le calcul des fonds propres économiques :

(+) PVFP	37
(-) Marge pour risque	10
(=) VIF	27
(+) Capital social	65
(=) EOF	**92**

Tableau 10: Calcul des fonds propres économiques en m€

Le **ratio de couverture initial** est donc **de 134%**. Les management actions qui seront testées par la suite ont pour but d'améliorer ce ratio de manière durable et selon différents environnements de taux.

3. Introduction à la notion d'action du management et aux stratégies financières étudiées

Cette section est intégralement dédiée aux actions du management considérées pour la suite de l'étude. Pour cela, nous allons définir le concept de management actions, leur importance dans l'assurance épargne et décrire leur mise en place opérationnelle. Nous verrons également que ces actions du management doivent satisfaire certaines exigences définies dans les orientations données par l'EIOPA. Ensuite, nous présenterons plus spécifiquement les actions de management modélisées dans le cadre de ce mémoire. Pour cela, nous allons définir d'une part les managements actions étudiées, ce qui revient à présenter les idées sous-jacentes à leur modélisation, les méthodologies mises en place et définir les limites des approches considérées. D'autre part, pour chaque action du management définie, nous allons montrer comment nous les avons calibrées. Cette calibration est réalisée selon un critère de maximisation du ratio de couverture : l'action du management doit soit **améliorer la PVFP** de l'assureur, soit **diminuer le SCR** (ou les deux).

3.1. Le concept de management action

3.1.1. Définition des actions du management

Une action du management désigne l'ensemble des décisions que peut prendre la direction d'une entreprise d'assurance pour piloter son activité.

Les actions du management sont très variées et peuvent être regroupées dans les catégories suivantes :

- La tarification ;
- L'allocation d'actifs ;
- La stratégie de participation aux bénéfices (PB), c'est-à-dire la politique de taux servi ;
- La mise en place d'un programme de réassurance ;
- Les stratégies de couverture (produits dérivés) ;
- La politique commerciale ;
- …

Afin d'avoir des modèles plus proches des décisions prises dans la réalité par les dirigeants au sein des entreprises, les actions de management constituent des éléments essentiels dans la modélisation. En effet, la prise en compte de ces leviers de pilotage permet de retranscrire dans les calculs de Best Estimate les stratégies que les assureurs vie sont amenés à activer en réaction à une situation adverse conduisant à une dégradation du profil de risque. La section 3.1.3 fait d'ailleurs un bref focus sur l'importance des actions du management dans les modélisations de l'assurance épargne.

3.1.2. Rôle des différents acteurs dans la mise en place des actions du management

L'anticipation des actions de management est un travail nécessitant l'implication de nombreux acteurs au sein d'une même entreprise. Par conséquent, les échanges entre les équipes opérationnelles et les dirigeants de l'entreprise sont primordiaux afin de pouvoir déterminer :

- ⇨ les actions à mener au regard des scénarios auquel l'assureur fait actuellement face ou est susceptible de faire face ;

- ⇨ le mode de déclenchement de ces actions : déclenchement continu ou à partir d'un certain seuil ;
- ⇨ la calibration des actions du management ;
- ⇨ la possibilité de combiner plusieurs actions du management en même temps.

A noter que ces échanges se font souvent à travers des études de sensibilité, ayant pour vocation de mettre en évidence l'impact sur les différents indicateurs de valeur et de solvabilité (S2), suite à la mise en place de ces actions du management.

La diversité des actions du management permet un enrichissement important des modèles et de les rapprocher des décisions réelles prises au sein de l'entreprise. Cependant, la diversité et la complexité d'implémentation de ces dernières, imposent de prioriser les actions du management à modéliser, car elles peuvent avoir des impacts significatifs sur le ratio de couverture.

3.1.3. Importance des actions de management pour l'assurance épargne

Du fait des nombreuses interactions entre l'actif et le passif liés aux engagements sur le périmètre épargne, les actions du management revêtent une importance particulière dans cette branche.

Ces interactions interviennent dans deux sens :

- *Les flux du passif qui influencent l'actif*

Les sorties de passif (flux liés aux décès et aux rachats structurels) peuvent forcer l'assureur à vendre des actifs s'il ne dispose pas de suffisamment de trésorerie. De ce fait, la richesse latente et le taux de rendement futur de l'actif peuvent être impactés ;

- *Les flux de l'actif qui influent sur le passif*

Dans le cas des contrats euros, l'assureur doit revaloriser et maintenir à disposition le montant de la provision mathématique. Le taux que l'assureur peut servir dépend des performances de l'actif. Le taux servi à son tour, va déterminer le comportement de rachat conjoncturel des assurés influant donc sur les flux du passif.

On voit donc que l'estimation au plus juste des flux futurs du passif (i.e. le BEL) est impactée par la prise en compte ou non des différents leviers que le management utilise en matière de stratégie financière et de rémunération des contrats.

La modélisation de ces leviers permet également de rendre compte plus précisément du fonctionnement des contrats en épargne, à travers la tarification (chargements sur encours, primes), l'orientation commerciale des collectes entre fonds en UC et fonds en « Euros » ou la stratégie de participation aux bénéfices comme expliqué dans le rapport du groupe de travail « *Best Estimate Liabilities* Vie » de mai 2016. Les stratégies possibles de participation aux bénéfices sont par exemple :

- Donner une participation contractuelle uniquement ;
- L'utilisation de la PPE pour servir un taux cible (lui-même déterminé à partir d'un taux de référence, qui est générale le TME 10 ans) ;
- La réduction de la marge financière contractuelle afin de servir un taux cible.

Dans le cadre de ce mémoire, nous nous focaliserons uniquement sur les actions du management liée à la stratégie financière sur le périmètre épargne à travers:

- Les stratégies d'investissement (stratégie d'allocation d'actifs, gestion de l'écart de duration du portefeuille obligataire avec celle du passif) ;
- Les stratégies de couverture.

3.1.4. Les exigences du régulateur

Afin de pouvoir être utilisées dans les calculs règlementaires, les actions du management doivent satisfaire certaines exigences. Il est précisé que les actions du management modélisées doivent être « **vérifiables, objectives et réalistes** » (CEIOP'S [2009]).

Objectivité

Ce premier critère implique que pour le calcul du *Best Estimate*, l'assureur doit définir les actions du management prises en compte et quand celles-ci seront déclenchées. Elles devront couvrir tous les scénarios pertinents pour le calcul initial du *Best Estimate*, ainsi que celui du *Best Estimate* choqué.

Pour ce faire, l'assureur doit tenir à jour un plan qui mentionne toute les actions susceptibles d'être employées et les circonstances dans lesquelles elles le seront. De plus, ce plan doit aussi :

- ✓ décrire les situations déclenchant les actions du management et la logique sous-jacente ;
- ✓ décrire les processus de mise en place des actions du management et comment ils interviennent dans le calcul du *Best Esitmate* ;
- ✓ montrer que l'entreprise est capable de mettre en place les actions du management mentionnées;
- ✓ préciser l'ordre d'exercice des actions du management futures (l'ordre pouvant avoir une influence sur les résultats) ;
- ✓ identifier les personnes responsables d'assurer l'exécution des actions du management ;
- ✓ décrire les contrôles à posteriori effectués ;
- ✓ décrire les procédures de reporting à appliquer.

Réalisme

Les actions du management envisagées, doivent être non seulement objectives mais également réalistes, par rapport d'une part aux conditions de marchés dans lesquels elles seront exercées, et d'autre part aux engagements pris envers les assurés.
De plus, tout effet sur le comportement des assurés ou sur les coûts d'exploitation doivent être estimés, en tenant également compte des contraintes règlementaires concernant chaque management action.

Par ailleurs, les actions du management doivent refléter la stratégie commerciale de l'assureur. Par exemple, il ne serait pas réaliste pour un assureur qui se veut être compétitif en terme de prix, de modéliser une hausse importante des chargements sur encours.

Les décisions futures implémentées pour différents scénarios doivent aussi être cohérentes les unes avec les autres.

Vérifiabilité

Le critère de vérifiabilité consiste à pouvoir démontrer que les actions envisagées, sont réalistes et objectives. Cela peut principalement se faire via :

- ✓ Le plan des actions du management (évoqué dans le paragraphe lié au critère d'objectivité) ;
- ✓ La comparaison des actions menées par le passé et des actions envisagées ;
- ✓ La comparaison des managements actions utilisées pour les valorisations précédentes et celles envisagées pour les prochains calculs ;
- ✓ La quantification de l'effet des actions implémentées.

La direction doit être capable de justifier les changements observés par rapport aux pratiques antérieures.

3.1.5. Difficultés théoriques dans l'implémentation de management actions

Si en pratique il peut sembler facile pour le management d'une entreprise d'assurance de décrire les actions qu'il entreprend dans chaque situation qu'il rencontre, l'implémentation de ce comportement dans un modèle de projection (spécifiquement pour les modèle d'assurance épargne) ne l'est pas forcément.
En effet, plusieurs spécificités de la modélisation rendent compliqué l'implémentation de management action crédibles :

- Modélisation en run-off ;
- Distribution sous probabilité risque neutre des variables ;
- Scénarios économiques non expérimentés.

De plus, l'implémentation des actions du management nécessite des simplifications, si elles sont justifiables (notamment par les limites du modèle) : cf. exemple du SCR défaut dans la section 2.2.3.

Ces caractéristiques d'un modèle stochastique, sont éloignées de l'environnement réel du management. Il est par exemple impossible de dire pour le management, quelle serait la réaction après une perte de 30 % sur les obligations, car c'est un scénario qui n'a probablement jamais été expérimenté.

3.2. Stratégie d'allocation fixe

Le modèle de projection actif-passif utilisé dans le cadre de cette étude, suppose que l'assureur garde la part de chaque actif fixe au cours du temps : il s'agit d'une hypothèse forte, toutefois justifiable par le fait que les allocations sont souvent définies de manière stratégique sur un horizon long. C'est pourquoi nous avons réalisé une étude de sensibilité, afin de construire une stratégie d'allocation fixe avec un portefeuille d'actifs qui permettra d'avoir un meilleur ratio de couverture et une meilleure profitabilité future (PVFP) pour l'assureur.

3.2.1. Réalisation d'études de sensibilités unitaires

Idées sous-jacente de l'étude

L'idée de réaliser des sensibilités unitaires sur la stratégie d'allocation fixe, est venue à partir des deux points suivants :

- ✓ L'allocation d'actifs utilisé en début de projection a un impact considérable sur les ratios de couverture et la PVFP, ce qui est encore plus vrai dans le cas d'une stratégie d'allocation fixe ;
- ✓ L'étude menée a pour vocation d'apporter des éléments de réponse à la question suivante : « comment mieux investir dans un environnement taux bas, tout en améliorant la solvabilité et le profit de l'assureur » ?

Méthodologie

Pour rappel, nous partons de l'allocation initiale en valeur de marché suivante :

	Allocation sans MA
Actions	**16%**
Obligations	77%
Immobilier	5%
Cash	2%

Tableau 11: Allocation initiale

A partir de cette allocation, nous avons décidé de faire une étude de sensibilité unitaire sur la part d'action et sur la part d'immobilier présent dans ce portefeuille.

Sensibilité à la part d'actions dans le portefeuille d'actifs.

Nous avons modifié en t=0 l'allocation de l'assureur, en faisant varier la part actions entre 11% et 32%, selon la méthodologie suivante :

Cas 1 : Pour les allocations dont la part actions est au-dessus de 16% (i.e. part d'actions dans l'allocation initiale sans MA), nous avons ajusté l'actif par les obligations et le cash.

Cas 2 : En revanche, pour l'allocation dont la part actions est en-dessous de 16% (i.e. part d'actions dans l'allocation initiale sans MA), nous avons rajouté le surplus uniquement dans le cash.

Dans tous les cas, nous avons gardé la valeur totale de marché identique afin de ne pas introduire d'effet volume sur les indicateurs.

Le tableau suivant présente les allocations étudiées :

	Allocation 1 (Sans MA)	Allocation 2	Allocation 3	Allocation 4	Allocation 5
Actions	**16%**	**11%**	**21%**	**26%**	**32%**
Obligations	77%	77%	71%	66%	59%
Immobilier	5%	5%	5%	5%	5%
Cash	2%	7%	3%	3%	4%

Tableau 12: Allocations actions utilisées pour l'étude de sensibilités

Sensibilité à l'allocation immobilière

Nous avons modifié en t=0 l'allocation fixe de l'assureur, en faisant varier la part immobilier entre 3% et 11%, selon la méthodologie précédente :

Cas 1 : Pour les allocations 7 à 9, dont la part immobilier est au-dessus de 5% (i.e. part immobilier dans l'allocation initiale sans MA), nous avons ajusté l'actif par les obligations et le cash.

Cas 2 : Pour l'allocation 6, dont la part immobilier est en dessous de 5%, nous avons rajouté le surplus uniquement dans le cash.

Le tableau ci-dessous indique les allocations utilisées :

	Allocation 1 (Sans MA)	Allocation 6	Allocation 7	Allocation 8	Allocation 9
Actions	16%	16%	16%	16%	16%
Obligations	77%	77%	76%	74%	72%
Immobilier	**5%**	**3%**	**7%**	**9%**	**11%**
Cash	2%	4%	1%	1%	1%

Tableau 13: Allocations immobilier utilisées pour l'étude de sensibilités

Résultats de l'étude de sensibilité à la part d'actions dans le portefeuille d'actifs

Cette section a pour vocation de présenter les résultats de l'étude réalisée.

Ratio de couverture et SCR

Le graphique ci-dessous met en évidence :

- ✓ La dégradation du ratio de couverture à mesure que l'on augmente la part d'actions dans l'allocation ;
- ✓ La nécessité de réduire la part d'actions dans le portefeuille d'actif pour avoir un meilleur ratio de couverture.

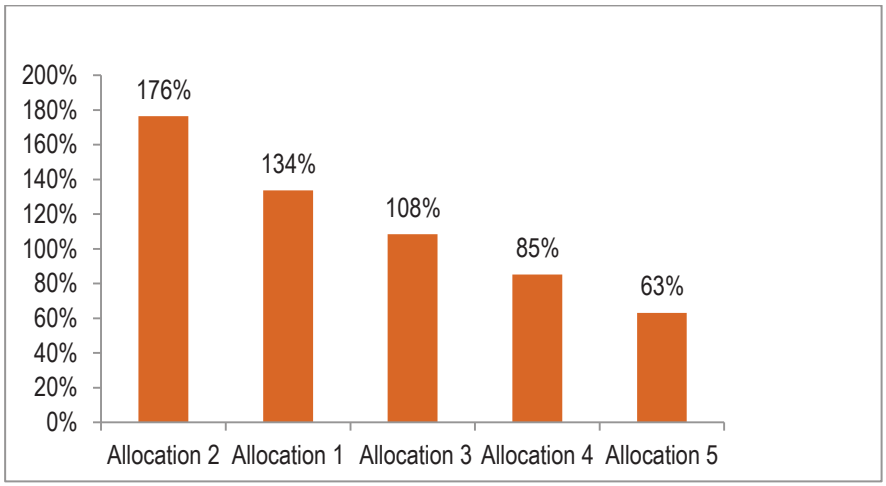


Figure 13: Evolution du ratio de couverture en fonction de la part actions

La dégradation du ratio de couverture constatée est expliquée en partie par la hausse du SCR total liée à celle du SCR marché (et plus précisément celle du SCR actions), comme montré dans le tableau suivant :

En m€	Allocation 2	Allocation 1 (Sans MA)	Allocation 3	Allocation 4	Allocation 5
SCR	**56,8**	**68,5**	**80,1**	**93,0**	**109,2**
SCR marché	**48,4**	**60,0**	**71,5**	**84,2**	**100,2**
Actions	25,7	37,7	49,4	62,3	78,3
SCR Vie	**7,0**	**7,4**	**7,9**	**8,5**	**9,2**

Tableau 14: Evolution du SCR en fonction de la part actions

Rendements des actifs et profits futurs de l'assureur

La figure suivante montre que plus la part d'actions est importante, plus le TRA moyen et l'écart-type du TRA augmente :

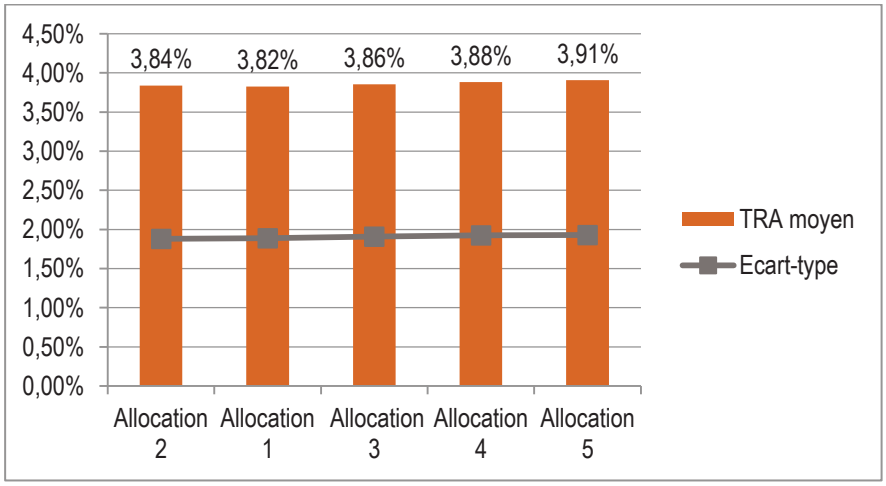


Figure 14 : Evolution du TRA en fonction de la part actions

A noter que la volatilité des actions est constatée via la hausse du coût des options et des garanties, entrainant ainsi une baisse de la PVFP et donc une hausse du BEL.

En m€	Allocation 2	Allocation 1 (Sans MA)	Allocation 3	Allocation 4	Allocation 5
PVFP	43,2	36,6	30,6	23,6	14,1
Dont TVOG	*42,1*	*48,3*	*54,2*	*61,1*	*70,5*
BEL	1 373,8	1 380,7	1 386,6	1 393,6	1 403,0

Tableau 15: Evolution de la TVOG, de la PVFP et du BEL en fonction de la part actions

Cette volatilité élevée de l'indice action, rend très intéressante les options détenues par les assurés. En effet :

- ✓ Un TMG à 0%, garantit aux assurés de pouvoir bénéficier des trajectoires pour lesquelles le rendement des actions est très élevé, sans avoir à subir les rendements fortement négatifs ;
- ✓ L'option de rachat permet aux assurés de réinvestir dans des actifs dont le rendement leur convient mieux en cas de baisse du rendement de l'actif de l'assureur.

Conclusion

L'assureur a la possibilité d'investir sur un portefeuille composé de classes d'actifs, ayant toutes des caractéristiques différentes. L'étude présentée ci-dessus met en avant les impacts sur les différents indicateurs suite au changement de la part d'actions.

Toutes ces observations tendent à conclure qu'il est nécessaire de réduire la part d'actions dans le portefeuille d'actifs de l'assureur, afin de bénéficier d'un meilleur ratio de couverture.

Cependant, dans un contexte de taux bas et un environnement concurrentiel tel que celui du marché actuel de l'assurance vie en France, une baisse importante de la part actions est susceptible de pénaliser la capacité de l'assureur à générer des produits financiers, comme le montre le graphique suivant :

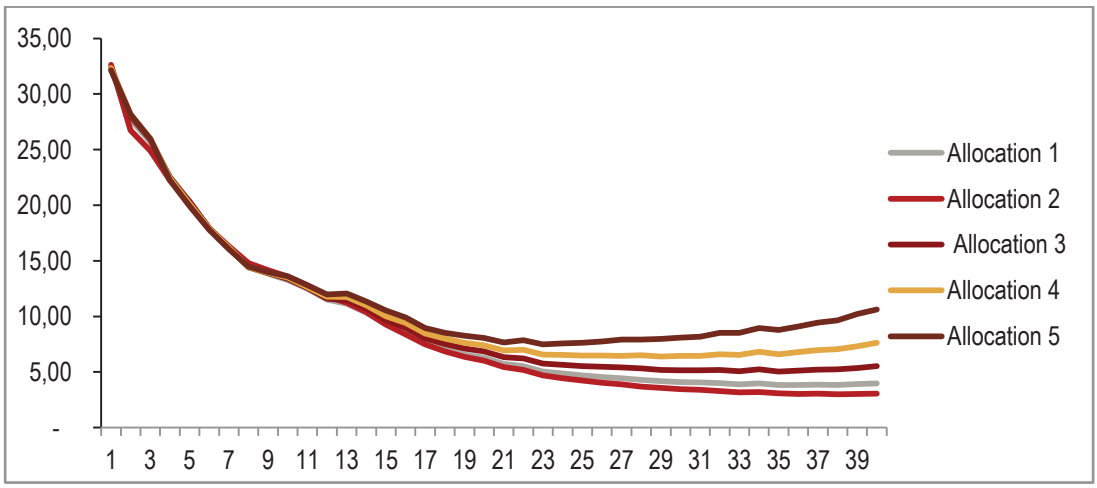


Figure 15 : Evolution de la moyenne Monte Carlo des produits financiers selon l'allocation actions

L'allocation 5, c'est-à-dire celle avec une part de 32% d'actions dans le portefeuille d'actif, permet en moyenne d'avoir de meilleurs produits financiers en fin de projection. En revanche, l'allocation 2 présentant moins d'actions que dans l'allocation 1 (i.e. allocation initiale sans management action) entraine des produits financiers moins conséquents que dans l'allocation 1 en fin de projection.

A noter, que la divergence des courbes représentant l'évolution de la moyenne Monte Carlo des produits financiers s'observe clairement dès la 20ème année de projection, année à partir de laquelle la majorité des obligations présentes dans le portefeuille arrive à maturité.

A noter également que ces résultats proviennent de la moyenne des 1000 simulations risque neutre. Par conséquent, dans un univers monde-réel, la différence du niveau de produits financiers entre les différentes allocations serait encore plus marquée, puisque le rendement moyen des actions est supérieur aux autres classes d'actifs.

Pour conclure, **une baisse de la part d'action dans le portefeuille d'actif de l'assureur permet d'améliorer le ratio de couverture** de ce dernier, en contrepartie d'une diminution des produits financiers servis aux assurés, pouvant s'avérer problématique si ces rendements viennent à être trop réduits.

Résultats de l'étude de sensibilité à la part d'immobilier dans le portefeuille d'actif

Dans cette section, nous analysons les résultats de la sensibilité à la part immobilier dans le portefeuille.

Ratio de couverture et SCR

Le graphique ci-dessous met en évidence la dégradation du ratio de couverture, à mesure que la part d'immobilier dans l'allocation augmente.

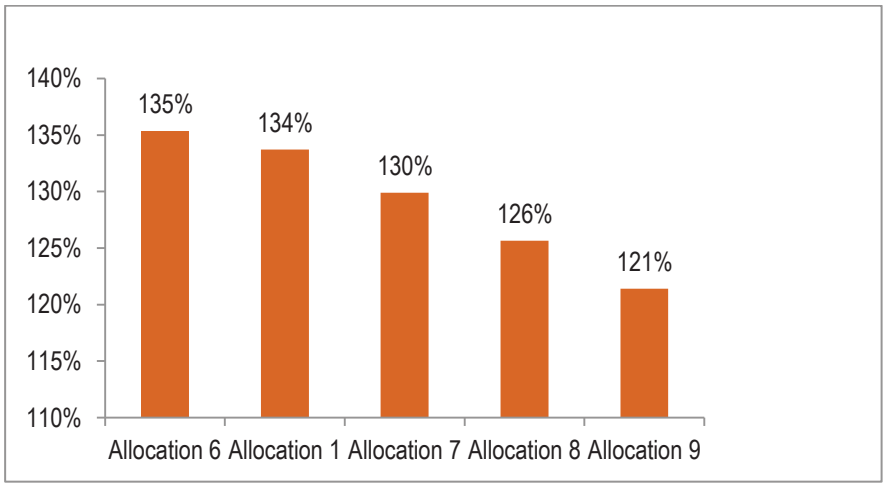


Figure 16: Evolution du ratio de couverture en fonction de la part d'immobilier

A noter que la dégradation du ratio de couverture avec l'augmentation de la part d'immobilier dans le portefeuille d'actifs, est moins marquée que dans le cas de l'augmentation de la part actions. Cette dégradation est expliquée principalement par la hausse du SCR total liée à celle du SCR marché (et plus précisément du SCR immobilier) comme indiqué dans le tableau suivant :

En m€	Allocation 6	Allocation 1 (Sans MA)	Allocation 7	Allocation 8	Allocation 9
SCR	**65,9**	**68,5**	**70,4**	**72,6**	**74,8**
SCR marché	**56,3**	**60,0**	**61,9**	**64,1**	**66,4**
Immobilier	4,0	7,0	9,4	12,1	14,8
SCR Vie	**10,3**	**7,4**	**7,4**	**7,4**	**7,4**

Tableau 16: Evolution du SCR en fonction de la part d'immobilier

Rendements des actifs et profits futurs de l'assureur

La figure suivante montre que plus la part d'immobilier dans le portefeuille d'actifs est importante, plus le TRA moyen ainsi que la volatilité du TRA ont tendance à augmenter :

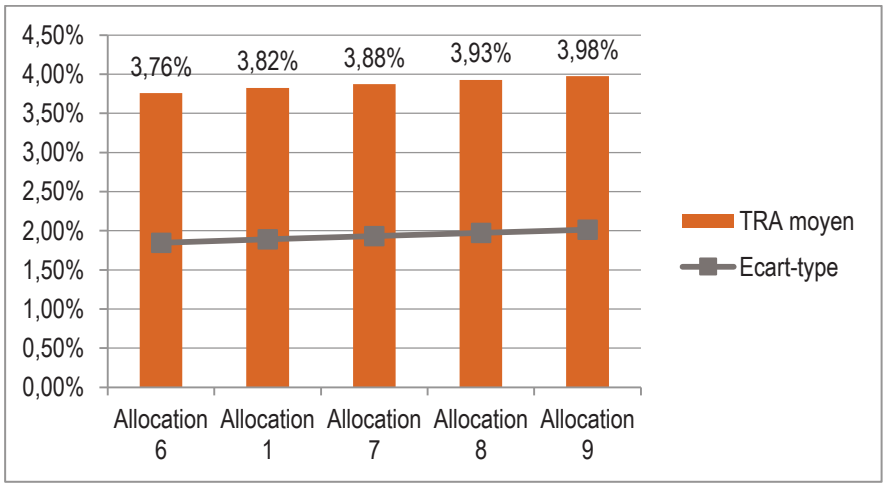


Figure 17 : Evolution du TRA en fonction de la part d'immobilier

Par ailleurs, le tableau suivant montre que la PVFP est plutôt stable suite à l'augmentation de la part immobilier, car la TVOG augmente peu. Cette stabilité de la TVOG, et donc de la PVFP est liée à la volatilité moins importante de l'immobilier par rapport aux actions.

En m€	Allocation 6	Allocation 1	Allocation 7	Allocation 8	Allocation 9
PVFP	36,1	36,6	36,4	36,1	35,9
Dont TVOG	*47,9*	*48,3*	*48,6*	*48,9*	*49,2*
BEL	1 378,4	1 380,7	1 380,9	1 381,2	1 381,5

Tableau 17: Evolution de la TVOG, de la PVFP et du BEL en fonction de la part d'immobilier

La volatilité moins importante de l'indice immobilier par rapport à l'indice action permet en effet de ne pas renchérir les options des contrats.

Conclusion

L'étude précédente met en évidence le fait d'augmenter la part d'immobilier dans le portefeuille a un double effet :

- la dégradation du ratio de couverture ;
- l'amélioration du TRA de l'assureur permettant de générer une meilleur PVFP, grâce à une moindre volatilité de l'immobilier.

Autrement dit, **investir en immobilier tend à diminuer le ratio de couverture mais à améliorer le TRA du portefeuille d'actifs**.

Par ailleurs, on constate que la diminution du ratio de couverture est moins importante dans le cas d'une augmentation de la part d'immobilier dans un portefeuille d'actifs, que dans le cas d'une augmentation de la part actions.

A partir des observations menées dans les précédentes études de sensibilité unitaire, **il apparait donc qu'un assureur pourrait vouloir changer son allocation d'actifs en jouant sur les parts d'actions et immobilier afin d'améliorer les profits générés tout en maitrisant son ratio de couverture**. C'est pourquoi dans la sous-section suivante nous avons réalisé une étude de sensibilités croisées.

3.2.2. Réalisation d'une étude de sensibilités croisées

Idées sous-jacente de l'étude

Pour rappel, nous avons vu précédemment que la sensibilité unitaire sur la part d'action dans le cadre de l'allocation fixe montre qu'**une baisse de la part d'action a un double effet**:

- une hausse du ratio de couverture ;
- une baisse des produits financiers servis aux assurés, ce qui peut s'avérer problématique si ces rendements viennent à être trop réduits.

De plus, la sensibilité unitaire sur la part d'immobilier dans le cadre de l'allocation fixe montre qu'**une hausse de la part d'immobilier a un double effet**:

- une baisse du ratio de couverture ;
- une hausse du TRA du portefeuille d'actif

Toutes ces observations tendent à réfléchir à la réalisation de sensibilités croisées dans lesquelles on fait diminuer légèrement la part d'actions (pour avoir un meilleur ratio de couverture) tout en augmentant la part d'immobilier (pour avoir un meilleur TRA et donc une meilleure PVFP).

Méthodologie

Comme dans le cas des études de sensibilité unitaire, la part de l'immobilier et des actions dans le portefeuille d'actif est modifiée en t=0, tout en gardant la valeur de marché totale des actifs inchangée.

En partant de l'allocation initiale, nous avons fait varier la part actions entre 14% et 15% en ajustant le surplus par la part immobilier.

Le tableau suivant présente les allocations étudiées :

Allocations	Allocation 1 (Sans MA)	Croisée 3	Croisée 2	Croisée 1
Actions	**16,00%**	**15,00%**	**14,50%**	**14,00%**
Obligations	76,94%	76,94%	76,94%	76,94%
Immobilier	**4,97%**	**5,97%**	**6,47%**	**6,97%**
Cash	2,09%	2,09%	2,09%	2,09%

Tableau 18: Allocations croisées étudiées pour l'étude de sensibilités

Résultats de l'étude

Dans cette section nous analysons les résultats de l'étude de sensibilités croisées menée.

Ratio de couverture et SCR

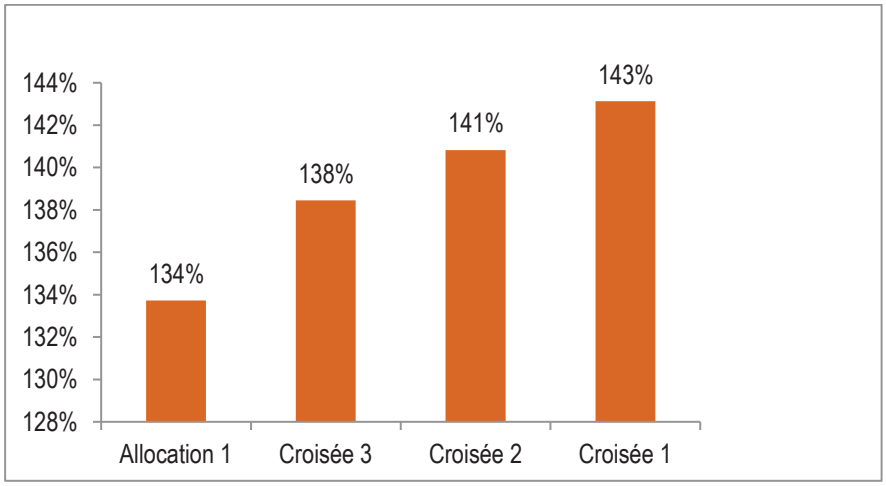


Figure 18: Evolution du ratio de couverture en fonction de l'allocation d'actifs

Comme attendu, le graphique ci-dessus montre, une amélioration du ratio de couverture quand la part d'action diminue au profit de la part immobilier au sein du portefeuille d'actif.

Par ailleurs, en se focalisant sur les impacts sur le SCR dans le cas où la part d'action diminue au profit de la part de l'immobilier au sein du portefeuille d'actifs, on constate dans le tableau suivant que l'augmentation du SCR immobilier est plus que compensée par la baisse du SCR actions, ce qui entraine une légère baisse du SCR total.

	Allocation 1	Croisée 3	Croisée 2	Croisée 1
SCR	**68,5**	**67 ,1**	**66,5**	**65,8**
SCR marché	**60,0**	**58,7**	**58,0**	**57,4**
Actions	37,7	*35,3*	*34,1*	*33,0*
Immobilier	*7,0*	*8,3*	*8,9*	*9,5*
SCR Vie	**7,4**	**7,3**	**7,2**	**7,2**

Tableau 19: Evolution du SCR en fonction de l'allocation d'actifs

Rendements des actifs et profits futurs de l'assureur

Le profil de rendement des actifs (TRA moyen et volatilité du TRA) reste similaire à celui de l'allocation initiale, comme montré dans le graphique suivant :

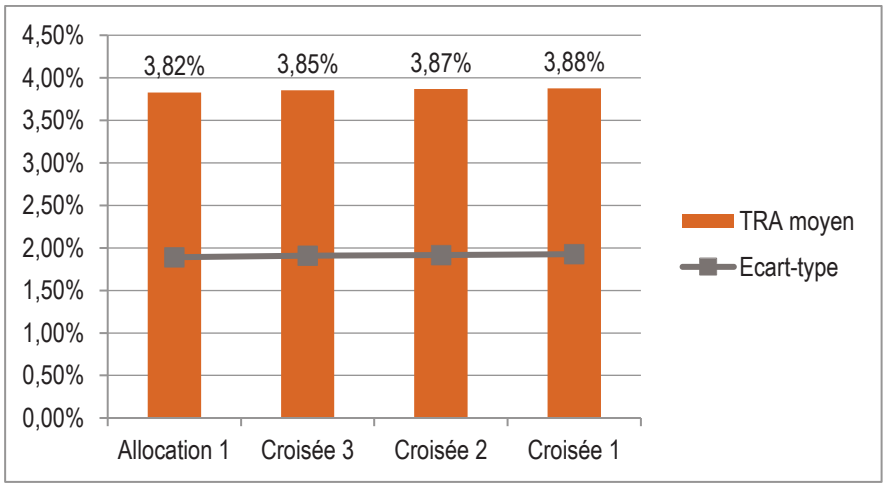


Figure 19: Evolution du TRA en fonction de l'allocation d'actifs

L'augmentation du ratio de couverture par rapport à l'allocation 1, s'explique non seulement par une baisse du SCR, mais aussi par l'augmentation de la PVFP.

En M€	Allocation 1	Croisée 3	Croisée 2	Croisée 1
PVFP	36,6	37,8	38,4	38,9
Dont TVOG	*48,3*	*47,1*	*46,5*	*46,0*
BEL	1 380,7	1379,4	1 378,9	1 378,3

Tableau 20: Evolution de la TVOG, PVFP et BEL en fonction de l'allocation d'actifs

Dans le cas où la part d'action diminue au profit de la part de l'immobilier au sein du portefeuille d'actif, la valeur temps des options et des garanties (TVOG) diminue, car ce portefeuille bénéficie de la moindre volatilité de l'immobilier par rapport à celle des actions.

Conclusion

A l'issue des différentes études de sensibilités menées, on se rend compte qu'augmenter la part de l'immobilier par rapport à la part d'action tend à améliorer la situation de l'assureur si on considère la solvabilité (augmentation du ratio de couverture) et la profitabilité (augmentation de la PVFP).

Nous avons donc décidé pour la suite de l'étude de définir une action du management, notée MA1, dans laquelle à l'instant t=1 l'assureur recompose son actif selon l'allocation croisée 1 suivante :

Allocations	Croisée 1
Actions	**14,00%**
Obligations	76,94%
Immobilier	**6,97%**
Cash	2,09%

Tableau 21: Allocation du portefeuille d'actifs utilisée pour la MA1 (action du management basée sur l'allocation fixe)

Cette allocation sera ensuite gardée fixe au cours des autres années de projection.

Cependant, pour un assureur ayant un montant d'actifs sous gestion important, changer instantanément son allocation n'est pas possible en réalité, à cause des coûts de transactions et de la faible liquidité du marché immobilier.

Comme évoqué en début de cette partie, considérer que l'assureur garde une même allocation fixe sur tout l'horizon de projection (40 ans dans notre cas) est aussi peu réaliste. On peut alors s'interroger sur l'effet qu'aurait une allocation plus flexible sur les indicateurs étudiés, comme par exemple une allocation dite flottante.

3.3. Stratégie d'allocation flottante

Les variations de cours boursiers et de taux d'intérêt impliquent des déviations dans l'allocation initiale de l'assureur.

Avec une stratégie fixe, ces déviations sont immédiatement corrigées même après un choc important. L'utilisation d'une stratégie d'allocation fixe ne permet donc pas de prendre en compte de manière réaliste le comportement d'investissement de l'assureur lié à ces variations de cours.

L'assureur peut vouloir adapter son allocation aux conditions de marché auxquelles il fait face. C'est dans ce contexte, que nous allons dans cette partie étudier les impacts de la mise en place d'une stratégie d'allocation flottante, sur les indicateurs.

3.3.1. Présentation de l'approche adoptée

Idées sous-jacente

Dans la pratique, peu d'assureurs conservent la même allocation fixe dans le temps. Ce constat nous a conduit à la création d'une action de management dans laquelle on autorise la part de chaque actif à flotter entre deux bornes selon les deux idées suivantes :

- Lorsque la part de l'actif dépasse la borne supérieure, le réalignement à la baisse joue le rôle d'une prise de bénéfices.
- Lorsque la part de l'actif passe sous la borne inférieure, le réalignement à la hausse permet de profiter de la baisse des prix pour remonter sa position.

Méthodologie

La stratégie d'allocation flottante a été mise en place selon l'algorithme suivant :

Etape 1 : Choix par l'utilisateur de faire varier (individuellement) la part d'un (ou des) actif(s)

L'utilisateur choisit l'allocation de la classe d'actif qu'il souhaite faire varier entre deux bornes à définir. Il peut choisir chaque classe d'actif indépendamment les unes des autres, tout comme combiner plusieurs classes d'actifs. Pour rappel, par classe d'actif, on entend ici les obligations, les actions et l'immobilier (le cash étant résiduel).

Etape 2 : Définition d'une allocation maximale et minimale pour chaque classe d'actif:

Les allocations maximales et minimales pour chaque classe d'actif choisie sont données par les formules suivantes :

- $Alloc_{max} = Alloc_{initiale} + x$
- $Alloc_{min} = Alloc_{initiale} - x$

Allocation d'actifs établie en VM

Avec

- ✓ $Alloc_{initiale}$, la part de la classe d'actif considérée en t=0 ;
- ✓ $Alloc_{max}$, la part maximale d'allocation acceptée pour la classe d'actif considérée ;
- ✓ $Alloc_{min}$, la part minimale d'allocation acceptée pour la classe d'actif considérée.

Etape 3 : Définition d'un ordre de priorité

L'algorithme est créé de sorte à faire:

- ✓ flotter la part d'obligations en priorité ;
- ✓ puis la part d'actions ;
- ✓ et en dernier la part de l'immobilier.

Autrement dit, mathématiquement, on a les relations suivantes :

$$Alloc_{actions} = \min(Alloc_cible_{actions}, 1 - Alloc_{obligations})$$

$$Alloc_{immobilier} = \min(Alloc_cible_{immobilier}, 1 - Alloc_{obligations} - Alloc_{actions})$$

Avec :

- ✓ $Alloc_{obligations}, Alloc_{actions}$, $Alloc_{immobilier}$ correspondant à la part respective des obligations, des actions et de l'immobilier au sein du portefeuille d'actif ;
- ✓ $Alloc_cible_{actions}$, $Alloc_cible_{immoblier}$ correspondant soit à l'allocation définie initialement (dans le cas où la part de l'actif considéré a été choisie comme non flottante) soit à l'allocation définie par l'algorithme, comme expliqué ci-après.

Cet ordre de priorité a été défini en fonction de la liquidité des différents marchés de classe d'actifs. En effet, le marché obligataire est généralement plus liquide que le marché des actions, qui lui-même est plus liquide que le marché immobilier. Par ailleurs, au vu du poids des obligations dans les actifs des assureurs, le choix de prioriser les obligations avant les actions et l'immobilier semble être justifié. Cependant, ce choix d'ordre de priorité reste discutable et peut être considéré comme une limite de cette approche.

Etape 4 : Processus d'achat / vente d'actifs lors du rebalancement

Dans cette étape on détermine :

- les différentes allocations cibles, notées $Alloc_cible$;
- Le montant à acheter ou à vendre de l'actif considéré en fonction de la part qu'il représente dans le bilan au moment du rebalancement.

Ainsi, deux cas de figure se présentent comme montré dans le tableau suivant :

Cas 1 $Alloc_{min} \leq Alloc_{actuelle} \leq Alloc_{max}$	Cas 2 $Alloc_{actuelle}$ en dehors des bornes
$Alloc_cible = Alloc_{actuelle}$	$Alloc_cible = Alloc_{initiale}$ (allocation en t=0)

Tableau 22: Processus d'achat/vente d'actifs pendant l'étape de rebalancement

Avec pour un actif c donné :

$$Alloc_{actuelle} = \frac{VM(c)}{VM(actif)}$$

où $VM(c)$ désigne la valeur de marché de l'actif c considéré et $VM(actif)$ désigne la valeur de marché de l'ensemble des actifs détenu.

Une fois que l'allocation cible est définie, le montant à investir est donné par la formule suivante :

$$Alloc_cible_c \times (VM(actif) + box) - VM(c)$$

Avec :

- ✓ $Alloc_cible_c$, l'allocation cible de l'actif c considéré ;
- ✓ La box désignant l'ensemble des flux entrants et sortants de l'année pour l'assureur (cf figure 7). Elle inclut notamment :
  - les produits financiers ;
  - les versements et primes reçus des assurés ;
  - les prestations versées aux assurés (rachats, décès).

Lorsqu' $Alloc_{actuelle}$ est en dehors des bornes fixées, l'algorithme est construit de sorte à revenir à l'allocation initiale, car on fait l'hypothèse que l'assureur avait choisi cette allocation de manière stratégique.

Limites

La mise en place de la stratégie d'allocation flottante présente pour limite, le fait que l'ordre de priorité pour le rebalancement des actifs est arbitraire. L'effet d'un changement d'ordre de priorité sur les résultats n'a pas été testé.

Afin de calibrer une action de management sur cette stratégie, nous avons réalisé une étude de sensibilité des différents indicateurs à l'élargissement des bornes. Les tests ont été réalisé avec les valeurs suivantes pour x :

- ✓ 3%;
- ✓ 5% ;
- ✓ 10%.

L'étude est menée en laissant flotter uniquement la part d'actions du fait de la forte volatilité de cette classe d'actif.

3.3.2. Présentation de l'étude menée pour la calibration de la management action

Dans cette section, nous présentons les résultats de l'étude dans laquelle la part d'actions flotte entre deux bornes au sein du portefeuille d'actifs selon l'algorithme présenté plus haut. Pour rappel, l'allocation d'actions initiale étant de 16%, la part d'action flotte selon les bornes suivantes :

x	3%	5%	10%
Borne supérieure	19%	21%	26%
Borne inférieure	13%	11%	6%

Tableau 23: Calibrages étudiés

Ratio de couverture et SCR

La figure suivante montre que le ratio de couverture est globalement meilleur avec une stratégie d'allocation flottante. Par ailleurs, plus les bornes se resserrent, meilleur est le ratio de couverture comme le montre la figure suivante :

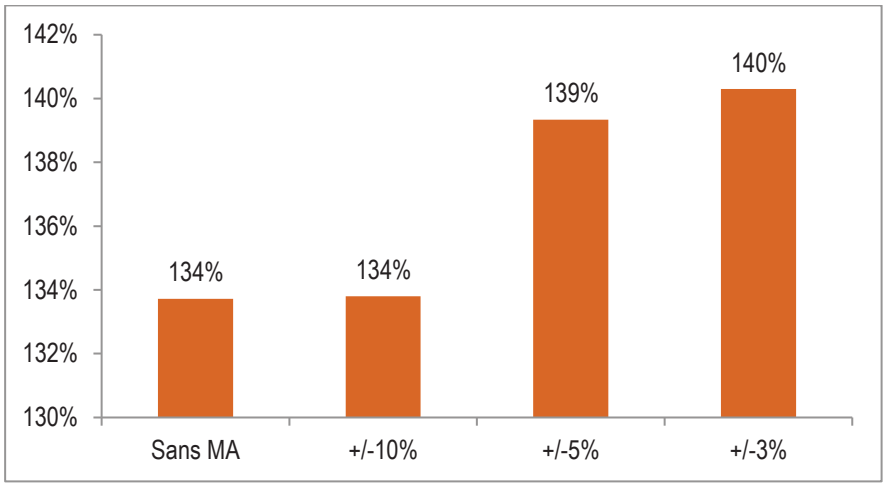


Figure 20: Evolution du ratio de couverture en fonction des bornes de flottement de la part actions

Cette amélioration du ratio de couverture est expliquée en partie par la diminution du SCR action lors du resserrement des bornes :

En m€	Sans MA	+/-10%	+/-5%	+/-3%
SCR	**68,5**	**70,2**	**65,9**	**64,8**
SCR marché	**60,0**	**61,9**	**57,5**	**56,2**
Actions	*37,7*	*40,8*	*35,5*	*33,9*
SCR vie	**7,4**	**7,1**	**7,1**	**7,5**

Tableau 24: Evolution du SCR en fonction des bornes de flottement de la part actions

Rendements des actifs et profits futurs de l'assureur

Le graphe ci-dessous montre que le fait de laisser flotter les actions améliore le profil de TRA notamment pour les bornes +/- 5% et +/- 3% avec le constat d'un meilleur rapport entre moyenne et volatilité :

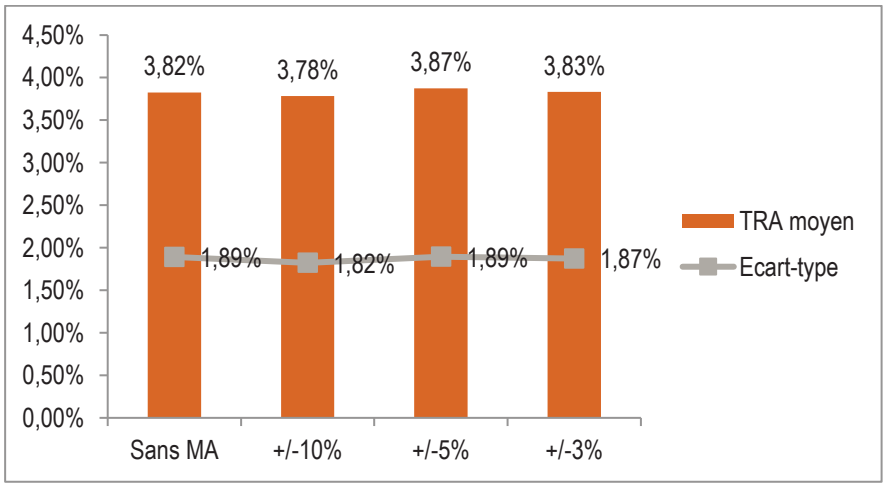


Figure 21: Evolution du TRA en fonction des bornes de flottement de la part actions

Comme attendu, le nombre de fois que la part action atteint les bornes, est croissant avec le rapprochement des bornes. Le tableau ci-dessous montre que la part action atteint plus de fois la borne supérieure que la borne inférieure, ce qui suggère que les prises de bénéfices interviennent plus souvent par rapport aux remontées de position.

	+/-10%	+/-5%	+/-3%
Borne max	3241	8077	10665
Borne min	41	5796	2861

Tableau 25 : Nombre de déclenchements, en fonction des bornes de flottement de la part actions

Le tableau suivant présente les impacts sur la TVOG, la PVFP et le BEL liée à la stratégie d'allocation flottante par rapport au scénario sans MA :

En M€	Sans MA	+/-10%	+/-5%	+/-3%
PVFP	36,6	38 ,7	36,5	36,0
Dont TVOG	*48,3*	*48,1*	*48,4*	*48,9*
BEL	1 380,7	1379,4	1 380,8	1381,6

Tableau 26 : Evolution de la TVOG, de la PVFP et du BEL en fonction des bornes de flottement de la part actions

Focus sur l'évolution du SCR action

Le tableau 25 montre que la stratégie d'allocation fixe implémentée dans le cas sans action du management est plus coûteuse en SCR action que dans le cas où la stratégie d'allocation laissant les parts d'action flotter à x=3% et x=5%. Pour expliquer l'impact de la stratégie d'allocation flottante sur le SCR action par rapport au cas sans action du management, il est important de noter que :

- Le choc sur la valeur de marché de l'actif est identique, quelques soit le cas étudié et ce, quel que soit les bornes choisies. Par conséquent, les différences constatées ne peuvent être expliquées que par les sources de variation de BEL entre celui avant choc et celui après choc.

- Dans le cas sans action du management, après un choc sur les actions, la stratégie fixe utilisée fait revenir immédiatement l'allocation actions au niveau telle qu'elle était avant choc. En revanche, avec la stratégie d'allocation de la part action flottante, la réaction de l'assureur est différente : la variable $Alloc_{initiale}$ devient l'allocation après choc et la part action flotte entre les deux bornes à partir de ce niveau. Ceci est illustré dans le schéma ci-dessous, dans lequel une remontée immédiate de la position action est observée dans les premières années dans le cas sans action du management, ce qui a tendance à rajouter de la volatilité dans le portefeuille. En revanche, en laissant flotter la part des actions au sein du portefeuille, cette dernière reste à un niveau plus faible : par conséquent, la volatilité du TRA est réduite et l'option liée au taux minimum garanti (TMG) est moins souvent déclenchée.

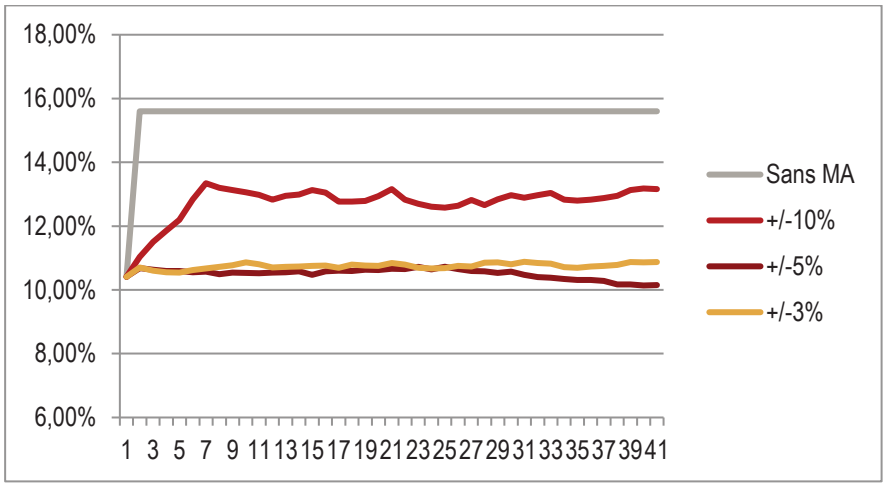


Figure 22 : Evolution de l'allocation action après choc sur la valeur des actions (formule standard)

Exemple : explications de l'impact sur le SCR action suite à la mise en place d'une stratégie d'allocation laissant les parts d'action flotter avec x=+/-3% (scénario MA) par rapport au scénario sans action du management (scénario sans MA)

La figure 22 présente la différence entre les flux BEL des contrats euros (déflatés) entre le cas sans MA et le cas avec dans lequel de la part action flotte entre les bornes +/-3%. L'axe des abscisses représente les années de projection.

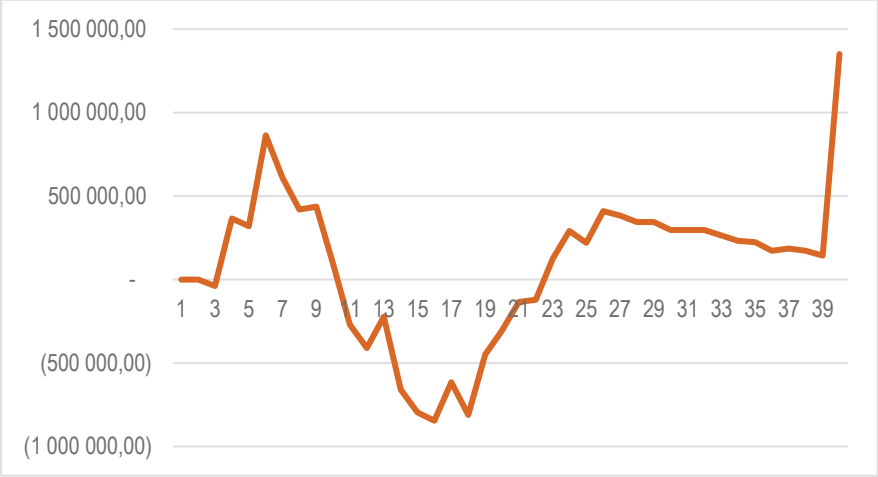


Figure 23 : Evolution du delta de flux BEL choqué entre le cas MA (+/-3%) et sans MA

Etant donné que les taux de décès et de rachat structurels sont identiques pour les deux simulations, on peut expliquer l'évolution du delta de BE uniquement par :

- Les différences de rachats dynamiques ;
- Les différences de rémunération des contrats et donc du niveau de PM.

En effet, les taux de rachats dynamiques sont globalement plus élevés sur les 11 premières années dans le cas sans MA par rapport au scénario avec MA (cf. tableau 28), avant que la tendance s'inverse et que les taux de rachats deviennent plus importants dans le scénario avec MA.

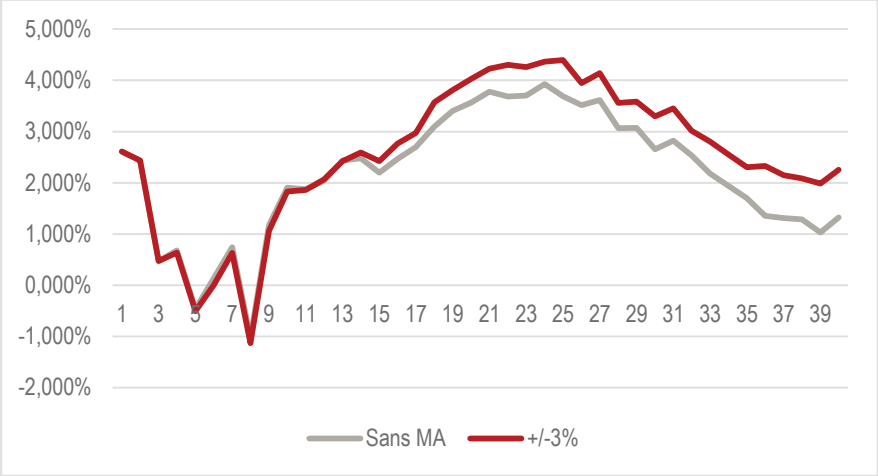


Figure 24: Taux de rachats conjoncturels après choc action

Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Sans MA	2,61%	2,44%	0,47%	0,68%	-0,46%	0,13%	0,74%	-1,03%	1,18%	1,91%	1,87%
+/-3%	2,61%	2,44%	0,47%	0,63%	-0,51%	0,00%	0,63%	-1,13%	1,06%	1,83%	1,86%

Tableau 27: Taux de rachats conjoncturels après choc action sur les 11 premières années

Malgré un taux de rachat globalement plus faible dans le cas sans MA, la figure 23 montre que les flux de BEL sont supérieurs à partir de la 23ème année : ceci résulte d'une interaction complexe entre l'option de taux minimum garanti et celle de rachat expliqué via le schéma ci-dessous :

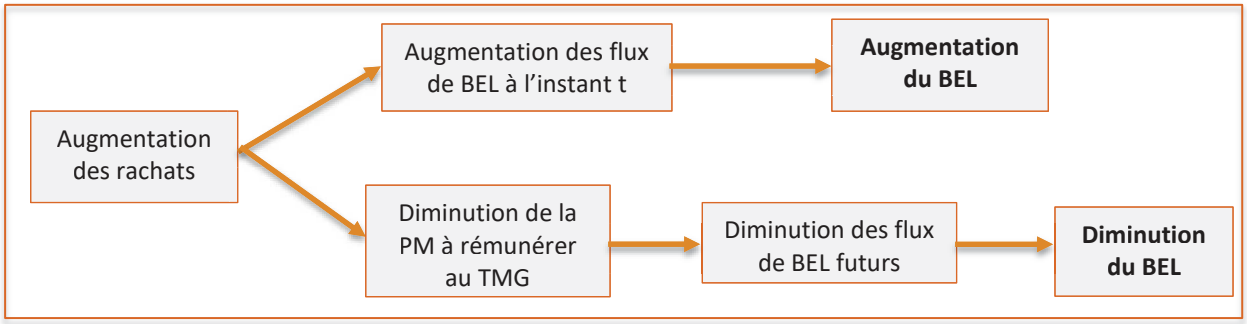


Figure 25: Impacts de l'augmentation des rachats sur le BEL

La figure 24 indique que le niveau de PM sera en moyenne plus important à partir de la 12ème année de projection (taux de rachat plus faibles).
Le coût du TMG peut être également évalué pour comparer ces deux simulations. En effet, comme évoqué dans la section 2.2.2, le TMG peut être considéré comme un *floor* sur le taux de rendement de l'actif dont le *payoff* du *floorlet* pour l'année de projection *j* est:

$$Max(0; TMG - [PB \times TRA(j) - Chgt]) \times PM(j-1)$$

où PB désigne le taux de participation aux bénéfices contractuel et $Chgt$ est le taux de chargement sur encours. **On considère ici le TMG moyen pondéré par les encours** (car chaque ligne de *model point* peut avoir un TMG différent), **soit 0,6%** dans le cadre de cette étude.

La valeur présente théorique d'un tel *floorlet* est :

$$V_{floorlet}(j) = \mathbb{E}^{\mathbb{Q}\otimes\mathbb{P}}[DF(0,j)(TMG - [PB \times TRA(j) - Chgt]))^{+} \times PM(j-1)]$$

Avec $DF(0,j)$ le déflateur stochastique pour la maturité j. Les variables PB et $Chgt$, sont identiques pour les deux simulations et on sait déjà que la PM aura tendance à être plus élevé pour le cas sans MA à partir de $j = 12$; on peut donc se concentrer sur la quantité :$(TMG - TRA)^{+}$. Les déflateurs étant aussi identiques pour les deux simulations, cela justifie d'estimer uniquement la quantité :

$$\mathbb{E}^{\mathbb{Q}\otimes\mathbb{P}}[(TMG - TRA(j))^{+}] = \mathbb{E}^{\mathbb{Q}\otimes\mathbb{P}}[TMG - TRA(j)|TRA \leq TMG] \times \mathbb{P}\otimes\mathbb{Q}(TRA \leq TMG)$$

Dans le cadre d'une simulation Monte-Carlo la valeur du *floorlet* est donc estimée par :

$$\hat{V}_{floorlet}(j) = \frac{n}{S} \times \frac{1}{n}\sum_{i\in P} TMG - TRA_i(j) = \frac{1}{S}\sum_{i\in P} TMG - TRA_i(j)$$

Avec :

- n, le nombre de réalisations du TRA en dessous du TMG
- S, le nombre de simulation (1000 pour l'étude)
- $P = \{i|TRA_i(j) < TMG\}$, l'ensemble des réalisations pour lesquelles le *payoff* est non nul

Le graphique suivant représente la comparaison de $\hat{V}_{floorlet}(j)_{1\leq j\leq 40}$ pour la simulation sans MA et le cas avec flottation de la part action pour les bornes +/-3% :

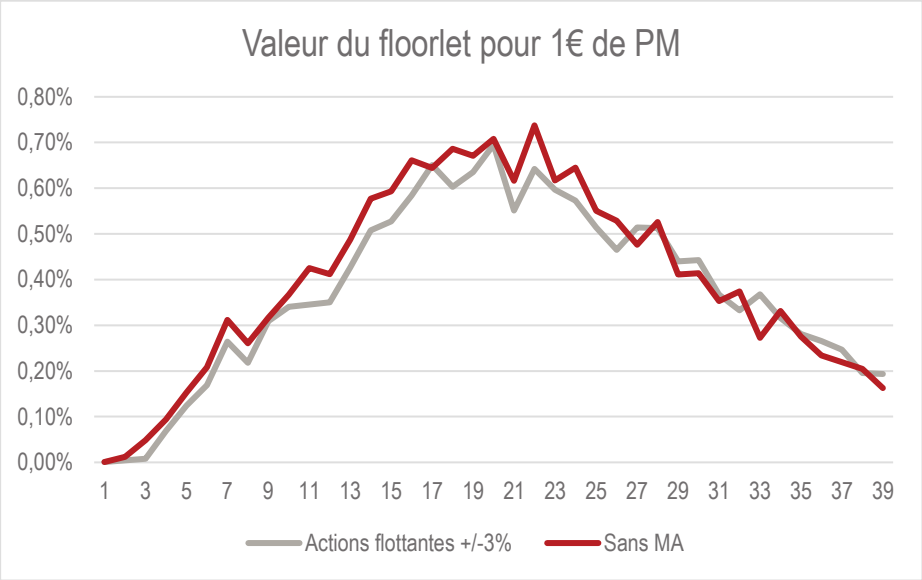


Figure 26: Comparaison de la valeur des *floorlets* pour 1 € de Provision mathématique après choc sur les actions

Jusqu'à la 27ème année de projection, les *floorlet* sont strictement plus couteux dans le cas sans MA. Ce phénomène, combiné au fait que la PM est plus élevée dans le cas sans MA à partir de la 11ème année, explique que le BEL après choc sur les actions soit plus élevé dans le cas sans MA.

A noter que la proportion de réalisations du TRA en dessous du TMG moyen est plus importante dans le cas sans MA que dans la simulation avec MA sur toute la durée de projection, comme le montre le tableau suivant :

Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sans MA	0,0%	0,4%	3,8%	7,7%	10,6%	14,9%	17,9%	23,7%	22,5%	24,6%
+/-3%	0,0%	0,1%	0,7%	2,2%	8,9%	10,6%	12,5%	17,9%	18,8%	21,8%

Tableau 28: Proportion de TRA inférieurs au TMG moyen (0,6%) sur les dix premières années

Conclusion

En laissant flotter au cours du temps la part d'actions au sein du portefeuille d'actifs, l'assureur peut limiter le coût des options en cas de choc et améliorer son SCR actions. Par ailleurs, la mise en place d'une telle stratégie ne présente aucune difficulté pratique et peut être considérée comme réaliste.

Nous avons donc décidé de définir une action du management, notée dans la suite du mémoire MA2, dans laquelle l'assureur met en place une stratégie d'allocation d'actifs flottante avec x=3%, car cette stratégie permet d'avoir un meilleur ratio de couverture et des profits futurs semblables à celui du scénario sans action du management.

Hormis la part que représente chaque actif dans le bilan, un autre élément essentiel de la stratégie financière de l'assureur est la gestion de la duration de la poche obligataire. La section suivante présente la manière dont le choix des maturités des obligations peut influer sur les indicateurs étudiés.

3.4. La gestion de la duration du portefeuille obligataire

Du fait de la garantie du capital dont bénéficie la majeure partie des clients, les assureurs investissent en moyenne plus de 70% en obligations d'Etat ou d'entreprises (cf. ACPR [2017]). Ces obligations étant la plupart du temps à coupons fixe, elles sont soumises au risque de taux d'intérêt que les assureurs doivent s'efforcer de gérer au mieux. Les gestionnaires d'actifs disposent d'un indicateur simple pour la compréhension et la gestion de ce risque: **la duration**.

La duration représente la durée de vie moyenne des flux financiers d'un portefeuille obligataire. Plus précisément elle est calculée comme la moyenne de la durée de vie des flux pondérée par leur valeur actualisée (formule de Mc Cauley).

$$D(r) = \frac{\sum_{j=1}^{n} \frac{F_j \times j}{(1+r)^j}}{\sum_{j=1}^{n} \frac{F_j}{(1+r)^j}}$$

Avec :

- F_j le flux à percevoir dans j années ;
- r le taux actuariel du portefeuille ;
- n la maturité maximale du portefeuille.

3.4.1. Présentation de l'approche adoptée

Idées sous-jacente

Le suivi de la duration permet d'adosser l'actif obligataire par rapport au passif en fonction des anticipations que l'assureur a, concernant l'évolution future des taux d'intérêts.
Le tableau suivant résume les stratégies les plus communes, ainsi que l'effet qu'aurait une variation de taux d'intérêt sur l'actif net:

	$D_{actif} > D_{passif}$	$D_{actif} = D_{passif}$	$D_{actif} < D_{passif}$
$\Delta r > 0$	$\Delta NAV < 0$	$\Delta NAV = 0$	$\Delta NAV > 0$
$\Delta r < 0$	$\Delta NAV > 0$	$\Delta NAV = 0$	$\Delta NAV < 0$

Tableau 29: Effet d'une variation de taux en fonction de la duration

Avec :

- Δr, une variation de taux d'intérêt ;
- D_{actif} , la duration de l'actif ;
- D_{passif} , la duration du passif ;
- ΔNAV , la variation de la *Net asset value.*

Cette analyse est exacte si :

- La valeur de l'actif obligataire est égale à celle du passif ;
- La variation considérée est une translation de la courbe des taux.

Un assureur peut donc vouloir déterminer son allocation obligataire en se référant à la duration de son passif, afin de minimiser le risque de réinvestissement et de liquidation lié à la variation des taux.

Description de l'algorithme implémenté

L'algorithme repose principalement sur les variables suivantes :

- $D_{actif}(j)$, la duration totale de la poche obligataire avant rebalancement l'année j ;
- $D_{Etat}(j)$, la duration des obligations d'Etat en portefeuille avant rebalancement l'année j ;
- $D_{Corporate}(j)$, la duration des obligations d'entreprise en portefeuille avant rebalancement l'année j ;
- $D_{passif}(j)$,la duration du passif après paiement des prestations et les versements de l'année j ;
- E , l'écart de duration toléré avec le passif ($D_{actif} - D_{passif}$) ;
- $\Delta_{Etat}(j)$, la somme à investir ou désinvestir en obligation d'Etat ;
- $\Delta_{Corporate}(j)$, la somme à investir ou désinvestir en obligation d'entreprises.

Le but de l'algorithme est de maitriser la duration du portefeuille obligataire, afin qu'elle ne dépasse pas à chaque année j la valeur $E + D_{passif}(j)$.

Pour ce faire, il faut être capable de mesurer la duration du passif à chaque pas de temps. Cependant pour ce calcul, on ne doit pas prendre en compte les flux de rachats conjoncturels afin d'éviter une référence circulaire, comme illustré par la figure suivante :

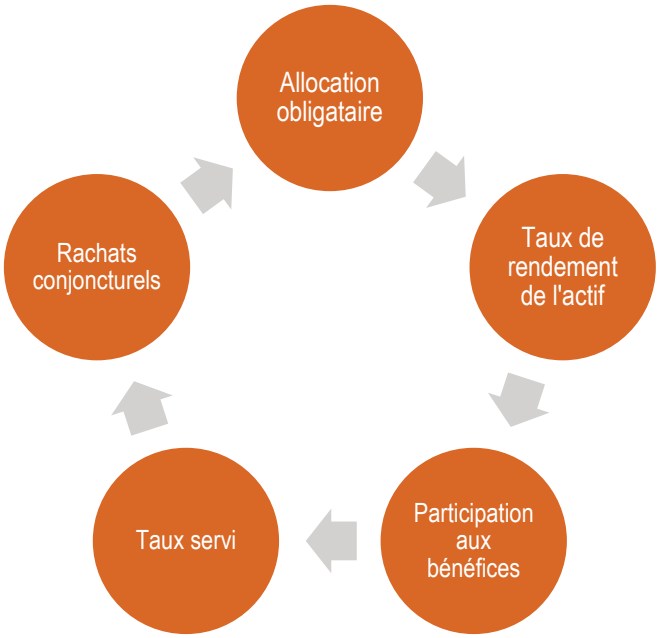


Figure 27: Interaction entre l'allocation obligataire et flux de passif

Cette figure met en évidence :

- L'impact de l'allocation obligataire sur le taux de rendement de l'actif, qui impacte également les flux futurs de participation aux bénéfices des contrats euros ;
- Le taux servi, déterminant les rachats conjoncturels, dépend de la performance de l'actif, qui elle-même dépend de l'allocation entre chaque maturité.

Pour calculer la duration du passif, les flux sont projetés sur 40 ans avec la méthodologie suivante :

1. Pour chaque *model point*, prise en compte des flux qui ne dépendent pas de l'allocation obligataire (taux de rachats structurels, les primes et versements définis de manière contractuelle);
2. Revalorisation des prestations en milieu d'année et versements au taux minimum garanti ;
3. Agrégation des flux pout tous les *model point* ;
4. Calcul de la duration avec la formule de Mc Cauley ;

A noter que la valeur résiduelle de la PM est rachetée en fin de projection (hypothèse de run-off).

L'algorithme respecte les étapes suivantes :

✓ **Etape 1 : Choix de l'écart maximum E toléré**

La variable E détermine la duration maximale que les obligations peuvent atteindre chaque année. En effet, l'algorithme est construit de manière à choisir les maturités des obligations sur lesquelles l'assureur investit telles que, pour chaque année j, la contrainte suivante soit satisfaite :
$D_k(j) \leq E + D_{passif}(j)$ avec $k \in \{Etat, Corporate\}$.

- ✓ **Etape 2 : Modification en t=1 de la composition du portefeuille obligataire afin de satisfaire la contrainte définie à l'étape 1.**

Le but de cette étape est de réaligner la duration des obligations sur la duration du passif, en fonction de l'écart choisi. L'algorithme est conçu pour « saturer » la contrainte, c'est-à-dire de manière à ce que la duration de l'actif soit égale au maximum autorisé(E).

Le raisonnement qui suit est appliqué pour la poche obligations d'Etat et d'entreprises.

Il faut distinguer 2 cas :

Cas	Algorithme
$D_k(1) \leq E + D_{passif}$ $k \in \{Etat, Corporate\}$	-Si $\left\|D(1) - \left(E + D_{passif}\right)\right\| < 2$: la composition du portefeuille n'est pas modifiée ; -Sinon, vente de la proportion $coeff_{up}$ (voir annexe 3) des obligations des cinq plus petites maturités résiduelles du portefeuille, pour les remplacer par des obligations de maturité 20 ans.
$D_k(1) > E + D_{passif}$ $k \in \{Etat, Corporate\}$	-Si $\left\|D(1) - \left(E + D_{passif}\right)\right\| < 2$: la composition du portefeuille n'est pas modifiée ; - Sinon vente de la proportion $coeff_{down}$ (voir annexe 3) des obligations des cinq plus grandes maturités résiduelles, pour les remplacer par des obligations de maturité 1 an 2 ans et 3 ans.

L'algorithme a été conçu de sorte à ce que la vente d'obligation soit limitée à 10% du portefeuille maximum, par soucis de réalisme.

✓ Etape 3 : Procédure de rebalancement en t>1

On distingue trois cas en fonction de la somme à investir en obligations (notée $\Delta_k(j)$) et de la duration du portefeuille obligataire avant rebalancement $D_k(j)$, $k \in \{Etat, Corporate\}$:

Cas	Algorithme
Cas 1 $\Delta_k(j) > 0$ et $D_k(j) \leq E + D_{passif}$ $k \in \{Etat, Corporate\}$	- Calcul d'un budget de duration, B ; en fonction de $\Delta_k(j)$,*VM(Obligs)*, D_{passif} et E ; - On investit une part y dans l'obligation 20 ans et la part $(1-y)$ dans un portefeuille composé des maturités 1 an, 3 ans, 5 ans, 8 ans, 9, ans, 10 ans, 11 ans, 12 ans et 15 ans ; - Soit D_I , la duration de l'investissement, on augmente y jusqu'à ce que $D_I = B$.
Cas 2 $\Delta_k(j) > 0$ et $D_k(j) > E + D_{passif}$ $k \in \{Etat, Corporate\}$	- On vend d'abord la maturité la plus forte qu'on a en portefeuille jusqu'à ce que $D_k(j) \leq E + D_{passif}$; - Puis on applique la même procédure que dans le cas 1.
Cas 3 $\Delta_k(j) \leq 0$	- Dans ce cas on applique le même taux de vente proportionnellement à tout le portefeuille.

Focus sur le cas 1

Le calcul de y repose sur les étapes préalables suivantes

- Le budget de duration est calculé selon le poids de l'investissement dans la VM obligataire :
  $$poids = \frac{\Delta_k(j)}{\Delta_k(j) + VM(Obligs)}$$
- Approximation linéaire de la duration après investissement (notée $D'_k(j)$):
  $$D'_k(j) = (1 - poids) \times D_k(j) + poids \times D_I$$
- Calcul du budget de duration :
  $$B = \frac{(E + D_{passif}) - (1 - poids) \times D_k(j)}{poids}$$

Limites

L'approche proposée pour la modélisation de la gestion de la duration présente les limites suivantes :

- Concernant l'étape 2 de l'algorithme, il faut dire que dans la réalité il est difficile pour un assureur de réaligner immédiatement (en t=1 c'est-à-dire dans l'année qui suit la décision) la duration obligataire. De telles politiques se mènent en général sur un horizon de plusieurs années ;

- La limitation à 10% de la proportion de la valeur des obligations vendues lors de l'étape 2 de l'algorithme est arbitraire. La sensibilité des résultats à ce paramètre n'a pas été testée.

3.4.2. Réalisation d'une étude sensibilité à l'écart de duration autorisé

Une étude de sensibilité des indicateurs à l'écart de duration E autorisé, a été réalisée avec les valeurs suivantes : -5, -3, -2, 0, +2, +3, +5. Pour rappel **la duration initiale de l'actif et du passif sont respectivement de 7,7 ans et 12,1 ans soit un écart de 4,4 ans**.

Résultats de l'étude de sensibilité

Ratio de couverture et SCR

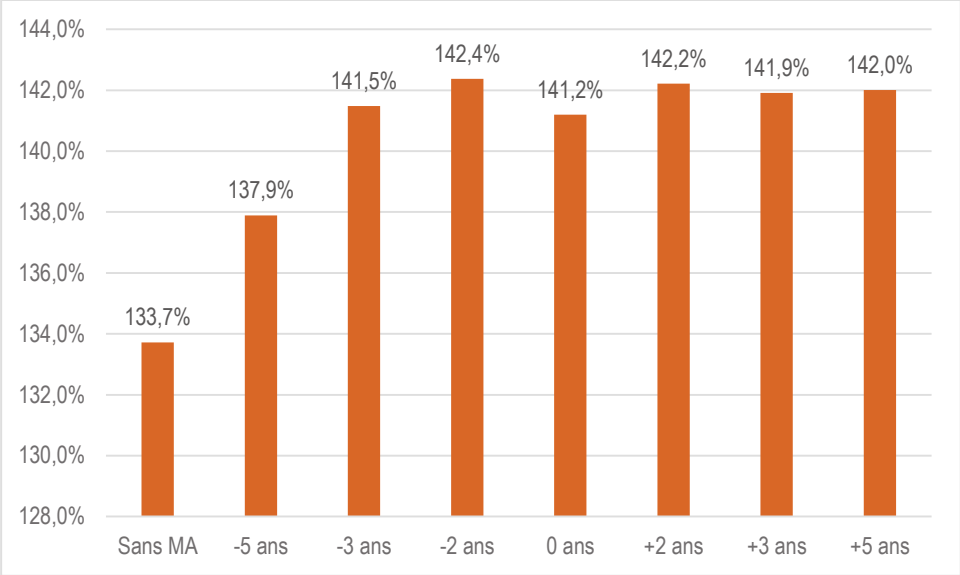


Figure 28: Evolution du ratio de couverture en fonction de l'écart de duration autorisé

Les ratios de couverture sont très proches selon l'écart de duration choisi, ce qui peut être expliquée par les deux phénomènes suivants :

- La structure de l'algorithme impose de se limiter à la vente de 10% du portefeuille maximum lors de l'étape 2. Or cette contrainte est atteinte pour la plupart des valeurs E testées, notamment les valeurs +2, +3 et +5ans ;

- Il semble que l'effet lié à la recomposition du portefeuille en t=1 (étape 2 de l'algorithme), domine l'effet lié à la gestion de l'écart de duration sur le reste de la projection, dû à la dotation en réserve de capitalisation lorsque le portefeuille est recomposé.

Par ailleurs, le ratio est optimal pour un écart de duration E calibré à -2 ans.

Le tableau suivant présente le SCR en m€ pour les différentes valeurs de E :

En m€	Sans MA	-5 ans	-3 ans	-2 ans	0 an	+2 ans	+3 ans	+5 ans
SCR	**68,5**	**70,2**	**68,6**	**67,2**	**69,6**	**68,4**	**68,4**	**68,3**
SCR marché	**60,0**	**61,2**	**60,7**	**59,5**	**60,4**	**59,7**	**59,7**	**59,7**
Actions	*37,7*	*39,3*	*39,0*	*37,9*	*39,7*	*39,1*	*39,0*	*39,0*
Intérêt	*17,0*	*16,0*	*15,8*	*16,0*	*14,3*	*14,2*	*14,4*	*14,4*
SCR Vie	**7,4**	**8,9**	**6,1**	**5,2**	**9,5**	**8,3**	**8,1**	**8,0**
Longévité	*4,2*	*7,5*	*4,1*	*3,1*	*4,7*	*4,5*	*4,5*	*4,4*
Rachat	*1,0*	-	-	-	*3,6*	*2,2*	*1,9*	*1,8*

Tableau 30: Variation du SCR en fonction de l'écart de duration autorisé

Deux constats :

1. La variation du SCR par rapport au cas sans MA est assez limitée ;
2. Le SCR taux d'intérêt (baisse de taux) diminue car les obligations qui sont vendues pour réaligner la duration prennent de la valeur après un choc à la baisse sur les taux d'intérêts.

Focus sur la variation du SCR longévité

Le SCR longévité devient très important pour $E = -5\ ans$ par rapport au cas sans MA. Pour en comprendre la raison, il faut tout d'abord connaitre l'implication liée à la modélisation run-off.

En effet, sous l'hypothèse de *run-off*, les flux sortants (rachats, décès) deviennent rapidement supérieurs aux flux entrants, incitant ainsi l'assureur à vendre des obligations afin de payer les prestations plutôt que d'investir.

Cependant, après un choc lié à la baisse de la mortalité (ie. choc de longévité), les flux sortants probables deviennent moins importants, ce qui permet à l'assureur d'investir plus souvent et rallonge la duration du passif.

Ainsi l'effet de choc de baisse de la mortalité peut se résumer comme ci-après :

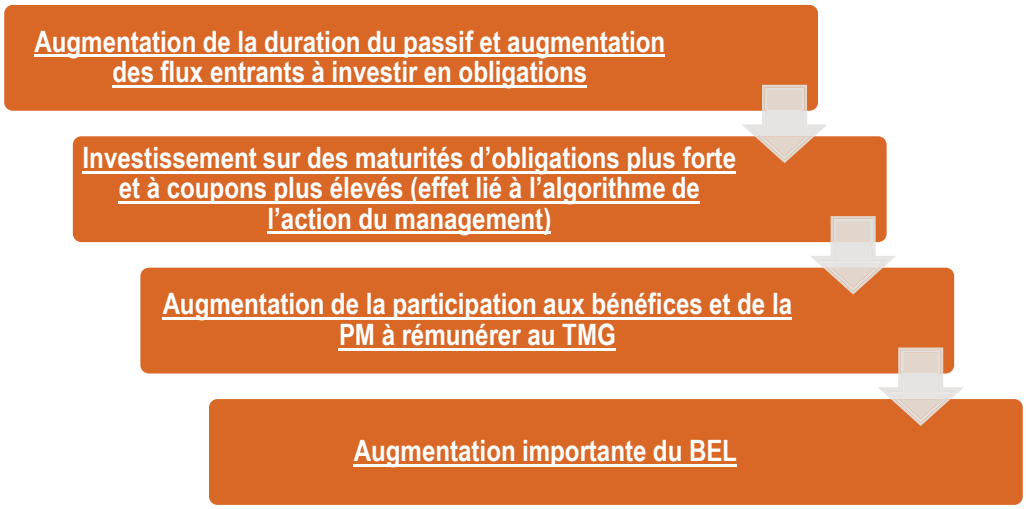


Figure 29: Explication de la variation du SCR longévité pour la management action gestion de la duration

Les points 2 à 4 sont spécifiques à la management action, ce qui explique que le SCR longévité soit beaucoup plus important dans le cas $E = -5$, que dans le cas sans gestion de la duration.

Le tableau suivant présente la somme des participations aux bénéfices moyenne (Monte Carlo) sur les 40 ans de projection.

En m€	Scénario central	Après choc de longévité	Ecart
- 5 ans	227,6	241,7	14,1
Sans MA	230,7	238,9	8,2

Tableau 31: Comparaison entre la somme des participations aux bénéfices moyennes sans management action et avec $E = -5\ ans$

L'écart est plus important dans le cas où on limite l'écart de duration à -5 ans, ce qui confirme le point 3 de l'argumentation précédente.

Focus sur la variation du SCR rachat pour E=0

Le SCR rachat (baisse des rachats) passe de 1 m€ sans MA à 3,6m€ lorsque E=0. C'est encore un effet lié à l'augmentation de la duration du passif. Après le choc de baisse des rachats, cette dernière passe de 12,1 ans à 20,6 ans lorsque le choc est appliqué, impliquant un écart de duration initial qui passe de -4,4 ans à -12,9 ans. Cela oblige à acheter une grande quantité d'obligation à forte maturités en début de projection et tout au long de la projection. Or, en moyenne les taux d'intérêt ont tendance à augmenter au cours des années de projections (voir figure 32). De ce fait, en investissant tôt sur des obligations 20 ans, on perd l'opportunité d'investir plus tard sur des obligations à coupons plus élevés, ce qui a tendance à augmenter le rachat conjoncturel après choc de baisse des rachats.

Les deux figures suivantes montrent le taux de rachat conjoncturel avant choc et après choc de baisse des rachats :

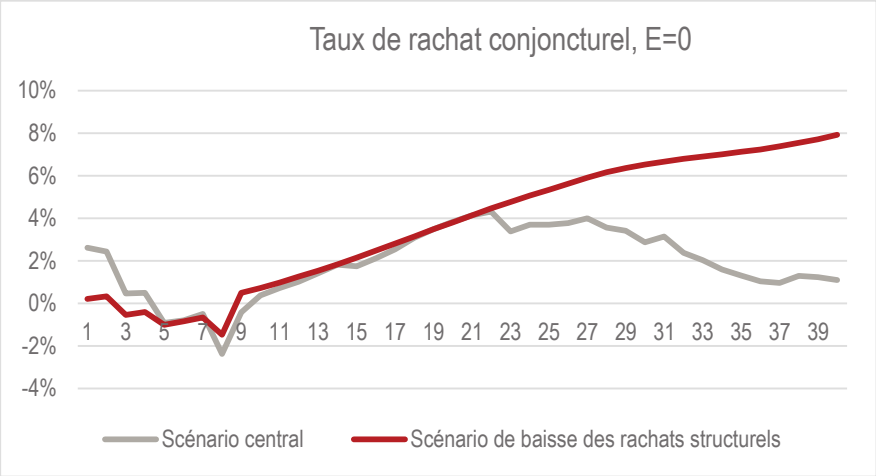


Figure 30: Taux de rachat conjoncturel avant et après choc de baisse des rachats structurels, pour la simulation avec fermeture du gap de duration

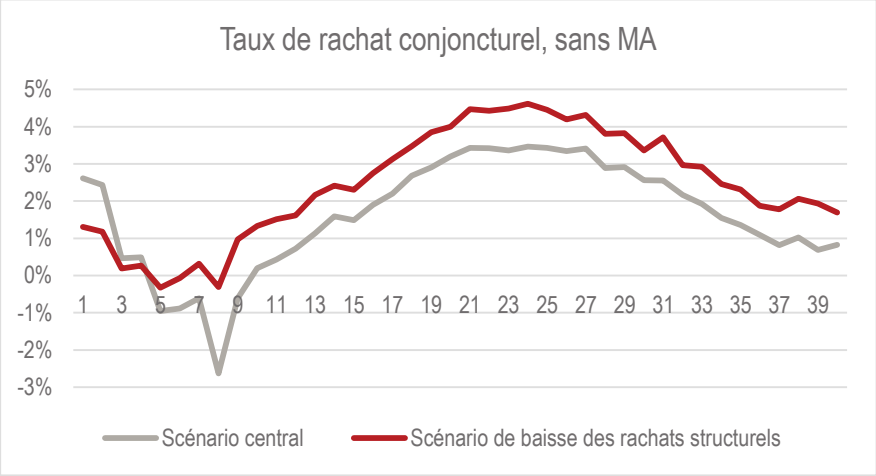


Figure 31: Taux de rachat conjoncturel avant et après choc de baisse des rachats structurels pour la simulation sans MA

Les figures précédentes montrent que, **globalement les rachats conjoncturels augmentent plus après choc pour la simulation avec E=0 que pour la simulation sans MA**, d'où une variation de BEL plus forte et donc un SCR rachat plus élevé.

Rendements des actifs et profits futurs de l'assureur

De façon contre-intuitive, le taux de rendement de l'actif diminue à mesure que l'écart de duration accepté E augmente, comme montré ci-dessous:

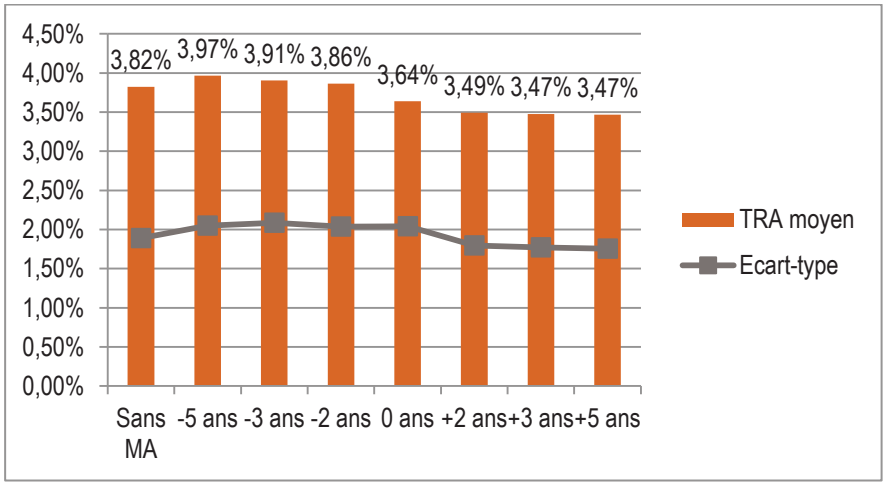


Tableau 32: Evolution du TRA en fonction de l'écart de duration autorisé

Cette diminution du TRA est contre intuitive ca,r on s'attendrait à ce que le TRA augmente lorsque l'on s'autorise à investir sur des obligations à maturité et coupons plus élevés. Cela s'explique par le fait qu'en moyenne, les taux d'intérêt ont tendance à augmenter au cours des années de projections. Le graphique suivant, qui montre la moyenne des taux d'intérêts 10 ans issu du GSE, illustre ce fait :

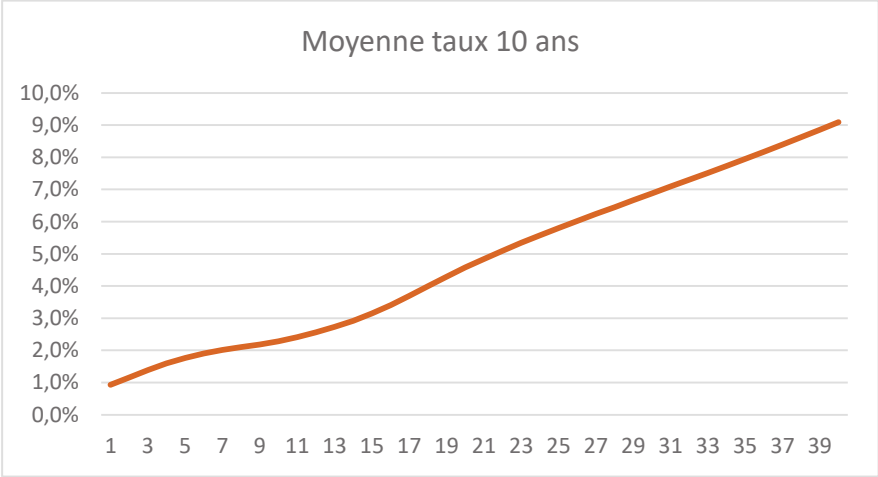


Figure 32: Evolution de la moyenne des scénarios de taux 10 ans sur les 40 années de projection

A cause de ce phénomène, le réinvestissement des obligations qui arrivent à maturité ce fait en moyenne à des taux plus élevés. Ainsi, **investir initialement sur des obligations 20 ans réduit la volatilité du rendement de l'actif** (car il est sécurisé pour 20 ans) **mais prive de l'opportunité d'investir à des taux plus élevé plus tard, ce qui limite le niveau moyen du TRA**.

Le tableau suivant montre l'évolution de la TVOG, la PVFP et le BEL en fonction de l'écart de duration autorisé :

En M€	Sans MA	-5 ans	-3 ans	-2 ans	0 années	+2 ans	+3 ans	+5 ans
TVOG	47,9	50,6	47,5	46,1	45,0	48,5	48,4	48,6
PVFP	36,6	42,7	41,0	39,0	44,4	42,7	42,3	42,2
BEL	1 380,0	1 374,8	1 376,5	1 378,4	1 372,9	1 374,6	1 374,8	1 374,9

Tableau 33 : Evolution de la TVOG, PVFP et BEL en fonction de l'écart de duration autorisé

La PVFP s'accroit de façon significative par rapport au cas sans MA, et ce quel que soit la valeur de E choisi. Ceci résulte de la dotation en réserve de capitalisation (RC), réalisée lors de la vente des obligations à l'étape 2 de l'algorithme. Dans le cas central sans MA, les obligations sont vendues progressivement au cours de la projection. Or, les taux d'intérêt ont tendance à augmenter comme montré dans la figure 31. Comme les taux augmentent en moyenne, les plus-values latentes ont aussi tendance à diminuer et la dotation en RC également. Le fait de vendre plus tôt les obligations permet de bénéficier des plus-values, ce qui a un effet positif sur la PVFP.

La TVOG évolue peu : elle atteint un minimum lorsque le gap de duration est complètement fermé ($E = 0$) à 45 m€. Cette diminution est obtenue grâce à la baisse du cout de l'option de TMG comme le montre le graphique ci-dessous :

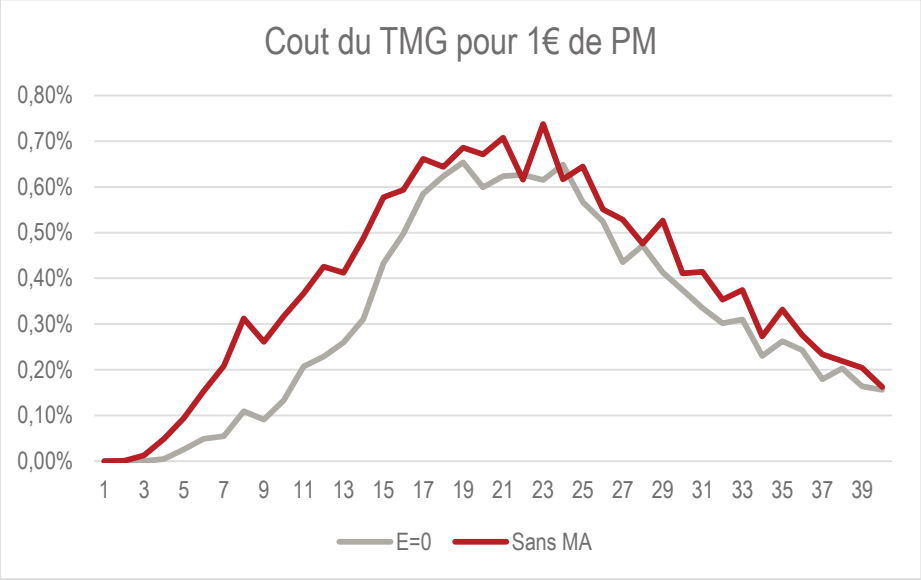


Figure 33: Comparaison de la valeur des *floorlets*, liés à l'option de TMG

La figure ci-dessus présente l'estimation de la valeur des *floorlets* de l'option de TMG, telle que définie à la section 3.3.2 à savoir :

$$\hat{V}_{floorlet}(j) = \frac{1}{S}\sum_{i \in P} TMG - TRA_i(j)$$

Avec :

- S, le nombre de simulations (1000 pour l'étude)

- $P = \{i | TRA_i(j) < TMG\}$, l'ensemble des réalisations pour lesquelles le *payoff* est non nul

L'option de TMG est donc moins couteuse dans le cas où le gap de duration est fermé (ie, $E = 0$) : **investir dans des obligations de forte maturité permet de réduire l'écart moyen entre TRA et TMG** (TMG moyen pondéré par les PM).

Conclusion

La recomposition du portefeuille, afin de satisfaire une contrainte de gestion de la duration, améliore le ratio de couverture grâce à une **augmentation de la PVFP et une diminution du SCR**.

L'intérêt de la gestion de l'écart de duration en cours de projection, réside dans la tendance à diminuer la TVOG. Par ailleurs, comme on le verra dans la section 4, l'algorithme permet de réduire le SCR taux d'intérêt, lorsque l'on projette sur plusieurs années les différents indicateurs S2 grâce à la modification de la duration du portefeuille (et donc de sa sensibilité aux taux d'intérêt).

Par la suite il sera définit une action du management notée **MA3,** dans laquelle l'assureur gère l'écart de duration avec $E = -2$, puisque c'est cette valeur qui maximise le ratio de couverture et donne également une PVFP supérieure par rapport au cas sans action du management.

Cette action du management revient à augmenter la duration de la poche obligataire et donc la sensibilité de la NAV à une hausse de taux. Une telle action peut être menée conjointement à une couverture du risque de taux afin de limiter cette sensibilité. La section suivante présente le cas d'une couverture par achat d'un *cap.*

3.5. Stratégie de couverture du risque de taux d'intérêt

Le risque de taux d'intérêt désigne les risques de perte de valeur, ou de variation de *cash-flow* sur les actifs dont la valeur et/ou les flux versés dépendent du niveau des taux. Les assureurs y sont largement soumis, à cause d'une part de la forte proportion d'obligations dans leurs actifs et d'autre part à cause du comportement dynamique de rachat des assurés.

3.5.1. Présentation de l'approche adoptée

Idées sous-jacentes

En période de taux bas les assureurs peuvent craindre une remontée brutale des taux, qui les exposerait à des rachats conjoncturels et une perte de valeur sur leurs actifs obligataires. C'est pourquoi, une stratégie d'achat d'un cap sur taux d'intérêt a été modélisée dans le cadre de ce mémoire.

Le bilan initial choisi pour l'étude, est caractérisé par une duration du passif supérieure à celle de l'actif. En terme de risque sur la NAV, l'assureur est donc soumis à une baisse des taux d'intérêt et on aurait pu envisager une couverture de ce risque par l'achat d'un *floor*. Cependant, après test de cette stratégie il est constaté que :

- Le *floor* ne constitue pas une bonne couverture du risque sur la NAV, car sa valeur est peu sensible au choc de baisse de taux d'intérêt de la formule standard ;

- L'achat d'un *floor* entraîne une diminution de la PVFP et du ratio de couverture (voir annexe 4).

La stratégie *corridor* (stratégie consistant en l'achat d'un *cap* et la vente d'un *floor* de même valeur), a également été testée. Celle-ci n'a pas été retenue, car elle diminuait le ratio de couverture par rapport au cas sans action du management à cause des effets négatifs de la position sur le *floor*.

Ainsi, la stratégie d'achat d'un cap a été retenue pour la couverture du risque de taux d'intérêt, car elle améliore la situation initiale contrairement à l'achat d'un *floor* et au *corridor*.

Description des développements et des hypothèses

Le produit modélisé est un *cap* sur le taux d'intérêt 1 an. Il est supposé que la date de fixing du taux et la date de départ de la période d'intérêt coïncident : ce choix de modélisation a été fait pour simplifier les formules de valorisation.

En réalité, les assureurs se couvrent plutôt sur le taux 10 ans, en faisant l'hypothèse que c'est le taux auquel les assurés se réfèrent pour leur comportement de rachat dynamique (autrement dit c'est le taux de référence pour la loi de rachat du modèle ALM). Néanmoins, la courbe des taux des scénarios économiques utilisés, est simulée par un modèle de Hull & White qui ne prend en compte que le facteur de translation de la courbe des taux. De ce fait, lorsque le taux 1 an varie, le taux 10 ans varie dans le même sens. Par conséquent, la couverture du taux un an est approximativement équivalente à une couverture du taux 10 ans.

Pricing du cap

Un cap est une série d'options d'achat sur le taux sous-jacent (ici le taux 1 an) de strike K, appelées *caplets*. Le *payoff* du *caplet* pour la période $[t, t+1]$ (payé en $t+1$) est donné par la formule suivante

$$Payoff_{Caplet}(t+1) = (L(t,t+1) - K)^{+} \times N$$

Où :
- $L(t,t+1)$ est le taux un an fixé à l'instant t ;
- N est le nominal du *cap*.

La valeur totale du *cap* est donc la valeur actualisée de chacun des *caplets* jusqu'à maturité.
Dans le cadre du modèle Hull & White pour le taux court, la valeur actuelle d'un *caplet* pour la période $[t, t+1]$, dont le *payoff* est perçu en $t+1$ est calculée via la formule suivante (voir éléments de démonstration en annexe 5) :

$$PV_{Caplet}(t) = B(0,t+1)BS_{Call}\left(t, 1+K, \frac{B(0,t)}{B(0,t+1)}, \Gamma\right)$$

Avec :
- $B\ (0,t)$ le prix en t=0 d'une obligation zéro coupon de maturité t ;
- $\Gamma = \sigma\left(\frac{1-e^{-\alpha}}{\alpha}\right)\sqrt{\left(\frac{1-e^{-2\alpha t}}{2\alpha}\right)}$ où σ et α sont respectivement le paramètre de volatilité et de retour à la moyenne du modèle Hull & White ;

- BS_{Call}, une fonction définie comme suit

$$BS_{Call}(t, K, F, \Gamma) = F\phi(d_1) - K\phi(d_2)$$

où $d_1 = \frac{\ln\left(\frac{F}{K}\right)+\frac{1}{2}\Gamma^2 t}{\Gamma\sqrt{t}}$ et $d_2 = d_1 - \Gamma\sqrt{t}$ et ϕ désigne la fonction de répartition d'une loi normale centrée, réduite.

Au final la valeur du cap en t=0 est :

$$VM_{Cap}(0) = \sum_{t=1}^{T-1} PV_{Caplet}(t)$$

A noter que la valeur du taux un an étant connue à l'achat du cap en t=0, la première période couverte commence en t=1.

L'erreur de martingalité lié au GSE peut être vérifiée en comparant la valeur théorique à celle obtenue par simulation Monte-Carlo.

En effet, la valeur théorique du caplet pour la période $[t, t+1]$ et pour 1 € de nominal est :

$$PV_{Caplet}(t) = \mathbb{E}^{\mathbb{Q}}[DF(0, t+1) \times (L(t, t+1) - K)^+]$$

Que l'on peut estimer par la moyenne empirique de S simulation Monte-Carlo pour les déflateurs et les *payoffs* des *caplets* :

$$PV_{Caplet}(t) \approx \frac{1}{S}\sum_{i=1}^{S} DF_i(0, t+1)(L_i(t, t+1) - K)^+$$

Avec :

- $DF(0, t+1)$, le déflateur stochastique pour l'année $t+1$;
- $DF_i(0, t+1)$, le déflateur pour la simulation i , entre le temps présent et l'année $t+1$;
- $L(t, t+1)$, le taux un an de l'année t ;
- $L_i(t, t+1)$ le taux un an de l'année t , pour la simulation i.

Il suffit ensuite de sommer la valeur estimée de tous les caplets, pour obtenir la valeur du cap par simulation Monte-Carlo.
Le tableau suivant présente l'écart entre la valeur théorique et la « valeur Monte-Carlo » (1000 scénarios) d'un cap de strike 1% : l'erreur de martingalité, montre qu'il y'a un léger biais, qui reste toutefois acceptable, compte tenu du nombre de simulation. Pour rappel, par erreur de martingalité on fait référence à la propriété suivante d'un processus martingale : la valeur du processus à une date t est égale à l'espérance, sachant l'information en t, du processus à une date $s > t$. Ici $t = 0$ et l'espérance de la valeur des *caplets* sous la probabilité risque neutre, est estimée par la moyenne empirique des 1000 scénarios de *payoffs* ; la différence entre la valeur théorique et celle estimée étant appelée erreur de martingalité :

Maturité	8	9	10	11	12
Valeur théorique en m€	13,5	18,6	24,3	30,4	36,7
Valeur Monte-Carlo en m€	14,0	19,2	24,9	31,0	37,4
Erreur de martingalité	3,5%	3,1%	2,6%	2,2%	1,9%

Tableau 34: Valorisation du Cap par simulation

Description de l'algorithme implémenté

Etape 1 : Choix des caractéristiques du Cap

L'utilisateur choisi :

- T, la maturité ;
- N, le nominal ;
- K, le strike.

Etape 2 : Valorisation et introduction dans le portefeuille du dérivé

L'action du management consiste à acheter le *cap* juste avant la première année de projection. Ainsi la valeur du dérivé est calculée et soustraite du cash disponible. Cette valeur tient compte de l'environnement de taux : autrement dit, les paramètres σ et α sont recalibrés pour chaque choc appliqué à la courbe des taux.

Etape 3 : Impact sur les produits financiers

Chaque année, les produits financiers sont augmentés du *payoff* du cap et diminués de l'amortissement linéaire de la prime :

$$Pdts_fi_{cap}(t) = Payoff_{Caplet}(t) - amort_{cap}$$

Avec $amort_{cap} = \frac{VM_{Cap}(0)}{T}$

Limites

La limite principale de la modélisation est que, le modèle d'Optimind Winter utilisé, n'inclut pas le risque de défaut dans le calcul du SCR.
En pratique la contrepartie du *cap* peut faire défaut et cela est pris en compte dans l'exigence de capital règlementaire.
De plus, les assureurs se couvrent en réalité sur le taux 10 ans au lieu du taux 1 an.

3.5.2. Réalisation d'une étude de sensibilité à la maturité et au strike du cap

Afin de calibrer une couverture, la sensibilité des indicateurs au *strike* et à la maturité du cap ont été étudiées. Etant donné que la prime du cap est soustraite du cash disponible d'un montant d'environ 25 m€, on s'est donné pour contrainte de ne pas dépasser cette valeur pour le *cap* acheté. Le nominal

de 500 m€, qui correspond à environ 50% de la valeur des obligations en portefeuille, a donc été choisi pour que les primes de *cap* testées reste inférieures à 25 m€.

Sensibilité à la maturité

La sensibilité à la maturité du *cap* a été étudiée avec les calibrations suivants :

Maturité	8 ans	9 ans	10 ans	11 ans	12 ans
Nominal en m€	500	500	500	500	500
Strike	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%

Tableau 35 : Calibrations utilisées pour la sensibilité à la maturité

SCR

Le SCR devient légèrement plus élevé que dans le cas sans action du management, à partir d'une maturité de 10 ans. Ceci est principalement dû à l'augmentation du SCR taux d'intérêt (baisse des taux) comme montré dans le tableau suivant :

En m€	Sans MA	8 ans	9 ans	10 ans	11 ans	12 ans
SCR	68,5	68,4	68,5	68,8	69,1	69,5
SCR marché	60,0	60,0	60,1	60,4	60,7	61,1
SCR taux d'intérêt	17,0	17,6	17,8	18,1	18,5	18,8
SCR Vie	7,4	7,3	7,3	7,2	7,2	7,2

Tableau 36: Evolution du SCR en fonction de la maturité du *cap*

Après le choc de baisse des taux, la valeur de marché des obligations augmente, tandis que celle du *cap* diminue. C'est donc la diminution de la valeur du *cap* qui impacte négativement la NAV et fait augmenter le SCR taux d'intérêt.
Plus la maturité du *cap* est élevée plus sa valeur (absolue) est impactée par une variation du niveau des taux d'intérêt à cause de la diminution de la valeur de chaque *caplet* (probabilité risque neutre de passer au-dessus du strike plus faible).

Rendements des actifs et profits futurs de l'assureur

Plus la maturité du cap augmente, plus le TRA moyen a tendance à augmenter tandis que l'écart type a tendance à diminuer.
Ceci s'explique par la légère erreur de martingalité (montrée dans le tableau 35), qui fait que la somme des payoffs déflatés est en moyenne supérieure à la prime payée (qui elle, est calculée avec le prix théorique du *cap*).

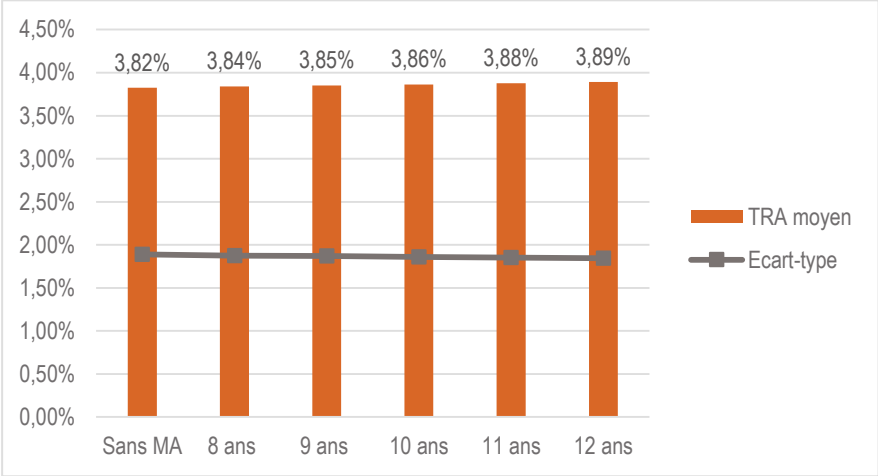


Figure 34: Evolution du TRA en fonction de la maturité du *cap*

Le tableau suivant montre que la PVFP est meilleure en introduisant un *cap* dans le bilan :

En Ms	Sans MA	8 ans	9 ans	10 ans	11 ans	12 ans
PVFP	36,6	38,7	39,2	39,7	40,1	40,3
BEL	1 380,7	1 378,8	1 378,3	1 377,8	1 377,4	1 377,2

Tableau 37: Evolution de la PVFP et du BEL en fonction de la maturité du cap

Cette hausse de la PVFP est expliquée par la couverture qu'offre le *cap* face aux rachats dynamiques. En effet, dans les scénarios de hausse des taux, les rachats conjoncturels se déclenchent et obligent l'assureur à vendre des actifs en moins-value. Les *payoffs* du *cap* permettent de payer les prestations en vendant moins d'actifs ce qui améliore la PVFP.

La PVFP est croissante avec la maturité car la protection se prolonge plus longtemps ; cependant cette augmentation ralentit à cause de l'effet de l'actualisation.

Ratio de couverture

Entre une maturité de 8 ans et 10 ans, la hausse du ratio de couverture est expliquée par la hausse de la PVFP non compensée par l'augmentation du SCR. A partir d'une maturité de 11 ans, la baisse du ratio de couverture est expliquée par la hausse du SCR, plus importante que l'augmentation de la PVFP. Le résultat est un ratio de couverture optimal pour une maturité de 10 ans. De plus celui-ci est globalement plus élevé que celui sans action du management comme le montre la figure suivante :

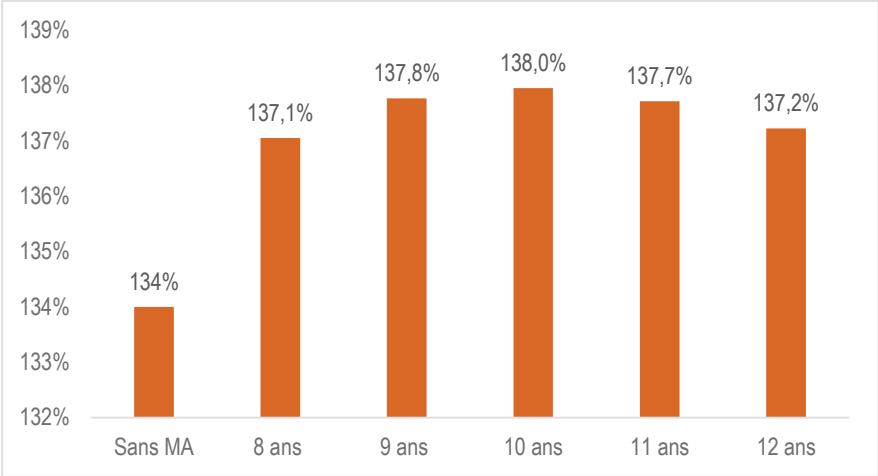


Figure 35: Evolution du ratio de couverture en fonction de la maturité du *cap*

Pour la suite de l'étude, la maturité a été fixée à 10 ans.

Sensibilité au *strike*

Les calibrations ci-dessous ont été utilisées pour l'étude de la sensibilité des indicateurs au *strike* :

Strike	1%	1,5%	2%	2,5%	3%
Nominal en m€	500	500	500	500	500
Maturité	10	10	10	10	10

Tableau 38: Calibrages utilisés pour la sensibilité au *strike*

Ratio de couverture

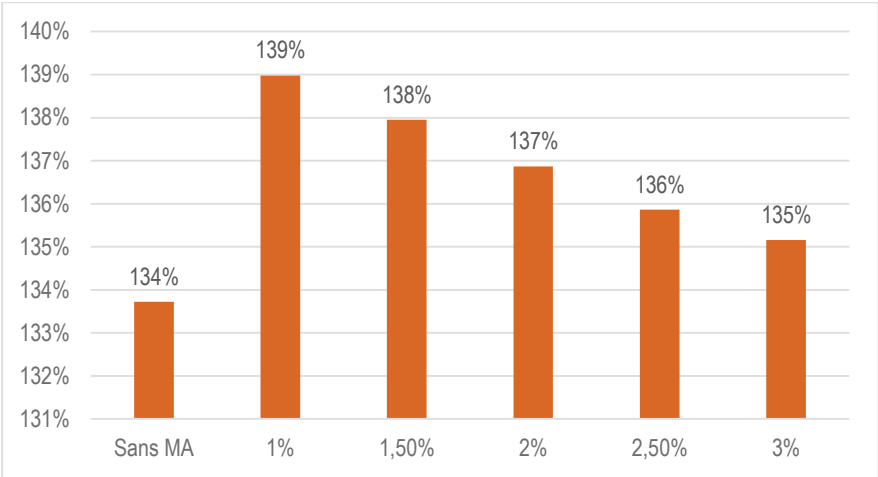


Tableau 39: Evolution du SCR en fonction du *strike* du *cap*

Le ratio de couverture décroit lorsque le niveau du *strike* augmente, même s'il reste meilleur que dans le cas sans action du management.

SCR

En m€	Sans MA	1%	1,5%	2%	2,5%	3%
SCR	68,5	68,8	68,8	68,8	68,8	68,7
SCR marché	60,0	60,4	60,4	60,3	60,3	60,3
SCR taux d'intérêt	17,0	18,3	18,1	17,9	17,7	17,5
SCR Vie	7,4	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3

Tableau 40: Evolution du SCR en fonction du *strike* du *cap*

Le tableau ci-dessus montre que :

- Le SCR est globalement légèrement supérieur à celui sans action du management
- Le SCR est décroissant quand le *strike* augmente, mais varie peu.

Les variations s'expliquent principalement par le SCR taux d'intérêt (baisse) : plus le strike est élevé plus la valeur du *cap* est faible et plus sa sensibilité absolue au choc de baisse des taux est faible. Ainsi le SCR taux d'intérêt diminue lorsque le *strike* augmente.

Rendements des actifs et profits futurs de l'assureur

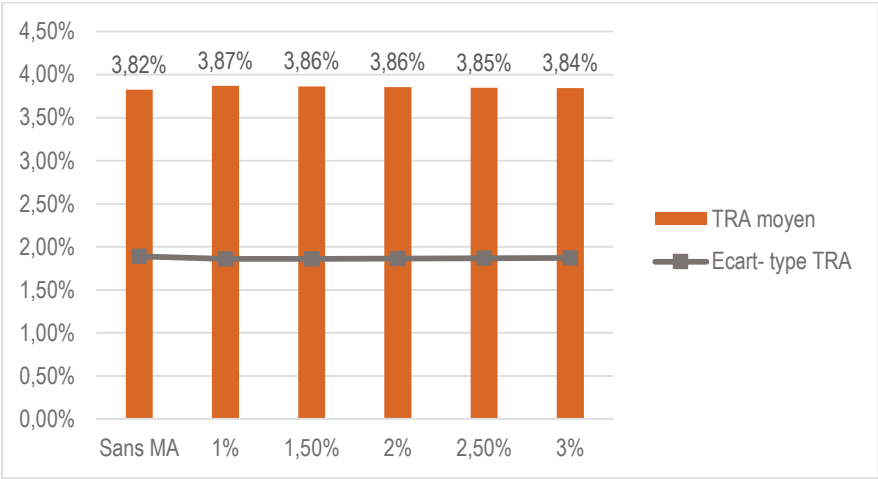


Figure 36: Evolution du TRA en fonction du *strike* du *cap*

Le TRA moyen est globalement meilleur que dans le cas sans MA, mais diminue lorsque le *strike* augmente. L'écart-type diminue avec l'augmentation du *strike*.
Ces observations s'expliquent par le fait que lorsque le *strike* augmente, les *payoffs* deviennent moins fréquents et d'un montant plus faible.
Pour la même raison la PVFP diminue lorsque le *strike* augmente, même si elle reste toujours plus élevée que dans le cas sans MA :

En m€	Sans MA	1%	1,5%	2%	2,5%	3%
PVFP	36,6	40,5	39,7	39,0	38,3	37,8
BEL	1 380,7	1 377,0	1 377,8	1 378,6	1 379,2	1 379,7

Tableau 41: Evolution du BEL et de la PVFP en fonction du *strike* du *cap*

Ainsi, la baisse du ratio de couverture observée suite à l'augmentation du *strike*, est due à la baisse de la PVFP.

Conclusion

Les deux études de sensibilité précédentes, mettent en évidence le fait que la couverture du risque de taux par l'achat d'un *cap*, offre une protection efficace contre les rachats conjoncturels, ce qui améliore la PVFP au prix d'une légère augmentation du SCR.
En réalité, il faudrait aussi prendre en compte l'augmentation du SCR contrepartie ; cependant dans le cadre de ce mémoire, il n'a pas été modélisé car cela aurait nécessité des développements supplémentaires qui n'ont pas été réalisé par manque de temps.

Il ressort également de cette étude que la maturité 10 ans ainsi qu'un *strike* de 1% optimisent le ratio de couverture pour le jeu de paramètres testé.
Par la suite il sera donc modélisé une management action notée **MA4,** par laquelle l'assureur achète en t=0 un cap de *strike* 1%, d'une maturité de 10 ans et pour un nominal de 500 m€.

Conclusion de la section

Dans cette section, la capacité des management action à améliorer les indicateurs S2, notamment le ratio de couverture, a été démontrée. La calibration des management action a aussi été déterminée à l'aide du critère de maximisation du ratio de couverture. Les 4 management actions qui ont été définies avec cette méthodologie sont résumée dans le tableau suivant :

Management action	Définition
Sans MA	Pas d'action du management
MA1	Allocation fixe à partir de la première année de projection : 14% d'actions, 77% d'obligations, 7% d'immobilier et 2% de cash en valeur de marché
MA2	Part d'action flottante au cours du temps entre 19% et 13 % de l'actif en valeur de marché
MA3	Limitation de la duration de l'actif à - 2 ans par rapport au passif
MA4	Achat d'un Cap en Y0 de *strike* 1%, maturité 10 ans et pour un nominal de 500 m€

Tableau 42: Rappel des management actions pour le reste de l'étude

La décision de mettre en place de telle stratégies, est sensée être basée sur une anticipation de l'amélioration du couple rendement risque sur le long terme. Il convient donc de tester la « robustesse » des management actions au cours du temps, et dans différentes conditions économiques. C'est l'objet de la prochaine section.

4. Application : Etude de la robustesse des actions du management

Afin de tester la robustesse des différentes actions du management calibrées dans la section précédente, les différents indicateurs ont été projetés sur un horizon de temps de 5 ans et sous trois différents scénarios d'évolution des taux d'intérêts. Il est en effet utile de vérifier que les management actions envisagées, améliorent la solvabilité et la profitabilité, non seulement à court terme, mais aussi à moyen terme et ce dans divers environnements de taux d'intérêt.

Dans cette section après avoir présenté les différents scénarios de taux étudiés, nous nous focaliserons sur les méthodes de vieillissements du bilan ainsi que celles de projection des indicateurs.

Dans toute cette section on appellera Yi, l'année de projection i.

4.1. Scénarios de taux étudiés

Les scénarios d'évolution des taux d'intérêts sont les suivants :

- Scénario central : la courbe des taux sans risque EIOPA au 31/12/2016 se reproduit chaque année de Y1 à Y5 ;
- Scénario 1 (baisse des taux) : une translation de la courbe des taux de -10 points de base (-0,1%) à partir de Y1, puis une reproduction de cette courbe des taux jusqu'à Y5 ;
- Scénario 2 (hausse des taux) : une translation de la courbe des taux de +50 points de base (+0,5%) à partir de Y1, puis une reproduction de cette courbe des taux jusqu'à Y5.

La figure suivante représente les courbes de taux pour chacun des scénarios évoqués ci-dessus.

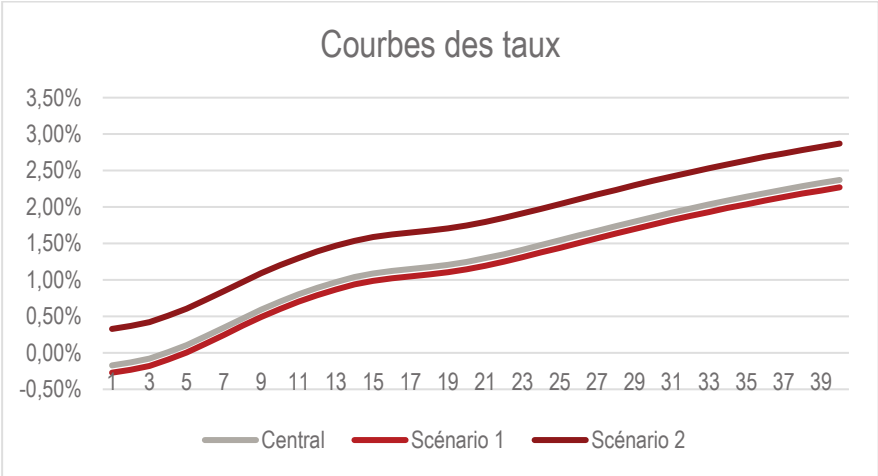


Figure 37: Courbe des taux initiale en fonction du scénario

Il faut noter que la calibration des paramètres de la diffusion du taux court a été adaptée à chacun des deux scénarios stressés.

En période de taux bas, et pour un assureur ayant une duration d'obligations plus faible que celle du passif, les impacts d'une hausse de taux sont les suivants :

- Une augmentation de la PVFP grâce à des produits financiers plus importants et une diminution du coût des options ;

- Une diminution du BEL via la réduction du cout des options et un effet actualisation des flux ;
- Une diminution de la valeur de marché des obligations.

A contrario la baisse des taux a des impacts négatifs sur la profitabilité, qui sont les suivants :

- Une diminution de la PVFP à cause de produits financiers moins importants sur les obligations achetées et d'une augmentation du coût des options et des garanties;
- Une augmentation du BEL par l'effet de l'actualisation et l'augmentation du cout des options.

4.2. Présentation de la méthode de projection

Dans cette section, les différentes méthodes pour projeter les indicateurs ainsi que celles qui ont été retenues sont abordées.

Les méthodes possibles

Au vue de la complexité du calcul du SCR et du temps requis pour réaliser les calculs, il a fallu réfléchir aux différentes méthodologies susceptibles d'être utilisées afin de pouvoir projeter les indicateurs.

Ci-dessous les méthodes envisagées ainsi que les avantages et inconvénients associés :

- ***Méthode 1 :*** Méthode dite « Full calculation ». Il s'agit d'un calcul complet des indicateurs à l'aide des 1000 scénarios stochastiques pour chaque année de projection et chaque scénario considéré.
  - ✓ *Avantage:* permet d'avoir des résultats justes car tous les modules du SCR et tous les indicateurs sont calculés entièrement via le modèle à chaque année de projection et pour chaque scénario considéré.
  - ✓ *Inconvénient:* très coûteux en temps.

- ***Méthode 2:*** Calcul des indicateurs projetés en Y1 et Y5 et linéarisation pour estimer les valeurs prises par les différents indicateurs en Y2, Y3 et Y4.
  - ✓ *Avantage :* permet de connaître les points de départ et d'atterrissage des différents indicateurs à projeter
  - ✓ *Inconvénient:* reste coûteux en temps et cette approche suppose que les indicateurs varient de façon linéaire

- ***Méthode 3:*** Calcul des indicateurs via des proxys (au niveau sous modulaire pour le calcul du SCR)
  - ✓ *Avantages:* Facile à mettre en œuvre et peu coûteux en temps une fois que les proxys sont choisis. De plus, le fait que les proxys soient utilisés au niveau sous-modulaire pour le SCR, permet d'avoir des valeurs plus proches des capitaux calculés par la méthode 1 en comparaison avec ceux que l'on aurait pu obtenir si l'on avait appliqué des proxys à une maille moins fine (niveau modulaire ou niveau du SCR final).
  - ✓ *Inconvénients :* Il faut bien connaître les limites des différents proxys considérés et être certain de la robustesse des proxys utilisés. Par ailleurs, le choix des proxys demande une étude approfondie pour tester la robustesse des proxys, ce qui peut être couteux en temps.

Méthodes choisies

La méthode 2 a été choisie pour projeter le SCR et les richesses latentes pour le gain de temps qu'elle permet. En revanche la linéarisation de la PVFP n'est pas possible car cette dernière ne s'écoule pas linéairement au cours du temps. La méthode 1 (calcul complet) a donc été préférée pour le calcul de la PVFP et des indicateurs qui en découlent (TVOG, VIF, BEL), par soucis de précision.

Cette méthode nécessite :

- Le vieillissement du passif et de l'actif de l'année 1 à l'année 5 de projection, via la méthode expliquée dans la section 4.3, afin de connaitre le point de départ et le point d'atterrissage des différents indicateurs étudiés. Ces points serviront de base pour la réalisation de la linéarisation des indicateurs ;
- De lancer des calculs complets à l'année 1 et à l'année 5 pour chaque scénario considéré.

Indicateurs	Méthode choisie
SCR, Capital comptable, *risk margin*, richesses latentes	Méthode 2
TVOG, PFVP, BEL, VIF	Méthode 1

Tableau 43: Méthodes de projection des indicateurs

Focus sur la projection des fonds propres économiques :

Concernant les fonds propres, pour rappel dans le modèle :

$$EOF = Capital + VIF$$

La projection des fonds propres à chaque année de projection et pour chaque scénario considéré revient à :

- projeter la VIF chaque année et pour chaque scénario considéré, qui est obtenue par calcul complet de la PVFP à chaque pas de temps et linéarisation de la *risk margin ;*
- projeter le capital comptable.

Le capital comptable est projeté en faisant l'hypothèse qu'aucun dividende n'est distribué. Pour une année Y_i de projection, le capital comptable est donc obtenu par l'équation de récurrence suivante:

$$Capital(Y_i) = Capital(Y_i - 1) + Resultat(Y_i)$$

Concrètement le modèle est lancé à l'année initiale ($Y0$), puis les résultats projetés issu de ce calcul sont utilisés pour projeter $Capital(Y1)$ et $Capital(Y5)$. Le capital est ensuite linéarisé pour Y2 à Y4.

Réalisation d'un backtesting:

Afin de tester la précision de la méthode 2, nous avons réalisé un *backtesting* qui consiste à comparer :

- d'une part, les résultats réels obtenus après avoir lancé les calculs complets de SCR à chaque instant de Y1 à Y5 ;
- d'autre part, les résultats obtenus par l'application de la méthode 2.

Le tableau suivant donne les résultats du *backtesting* :

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
SCR	0%	-2%	-2%	-2%	0%
EOF	0%	3%	4%	4%	0%
Ratio de couverture	0%	5%	5%	6%	0%
RM	0%	4%	5%	6%	0%
Richesse latentes (écart absolue)	0%	1%	1%	2%	0%

Tableau 44: Ecart entre les indicateurs estimés et les valeurs obtenues par calcul complet

Le test a été réalisé sur le scénario central de courbe des taux, sans management action.
Ce tableau montre que:

- par construction de la méthodologie, aucun écart n'est présent à l'instant Y1 et Y5
- les écarts relatifs constatés sont très faibles, ce qui nous permet de pouvoir utiliser cette méthode ayant pour vocation de gagner du temps tout en ayant des valeurs d'indicateurs proches de celles obtenues dans le cas de calculs complets de SCR.

4.3. Vieillissement du bilan et hypothèses

La projection se fait avec les hypothèses suivantes :

- ✓ Modélisation en *runoff* : aucunes nouvelles affaires et aucunes cotisations des assurés présents dans le stock ;
- ✓ L'horizon de projection reste constant et égal à 40 années ;
- ✓ Pour le scénario central, la courbe des taux sans risque initiale est la même pour les cinq années de projections .

Par ailleurs les méthodes de linéarisation et de calcul complet nécessitent plusieurs inputs pour le lancement des simulations à chaque pas de temps de projection :

- ✓ Provision mathématique (euros et UC) ;
- ✓ PPE initiale ;
- ✓ RC initiales ;
- ✓ Valeur comptable et valeur de marché des actifs.

En considérant que le bilan va évoluer en moyenne comme dans le scénario équivalent certain, ces inputs sont déterminés pour chaque année de projection en lançant un calcul déterministe avec la situation initiale, comme l'explique le schéma suivant :

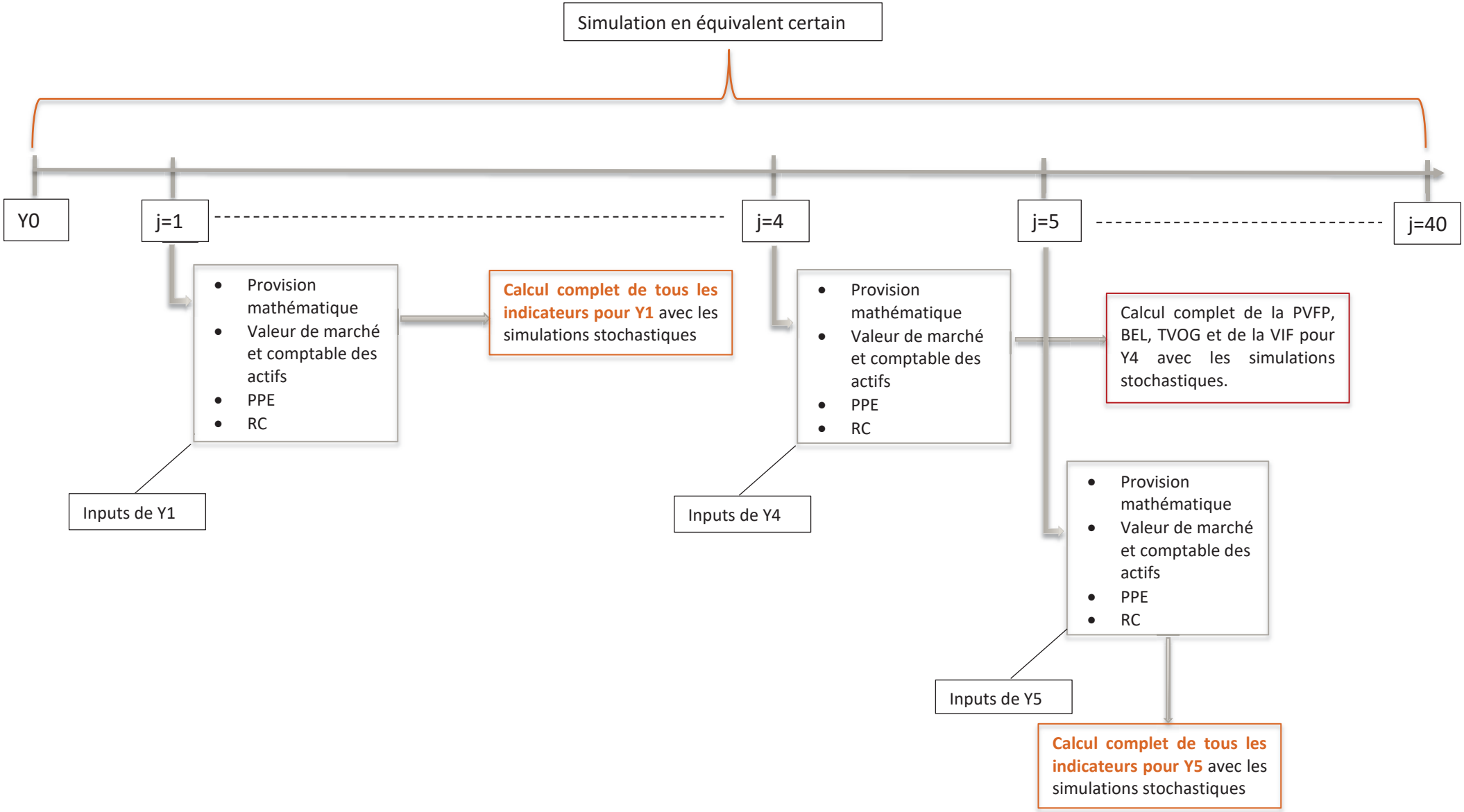


Figure 39 : Méthode de vieillissement du bilan

Pour obtenir les inputs de de Y2 à Y5 dans les scénarios stressés, il faut tenir compte du choc sur la courbe des taux. Un scénario équivalent certain est donc recalculé à partir des inputs de Y1, avec la nouvelle courbe des taux. Par la suite les inputs de Y2 à Y5, cohérents avec l'environnement de taux, sont récupérés suivant la même logique que dans la figure ci-dessus.

4.4. Présentation de l'étude de la robustesse des management actions

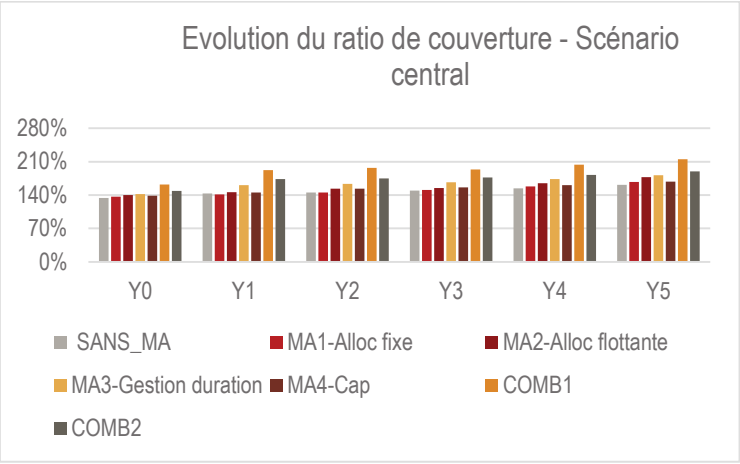
Dans cette partie, la projection sur cinq ans de la VIF et du ratio de couverture est présentée pour chaque action du management séparément et pour la combinaison de ces actions.
Il est utile de faire un rappel des notations utilisées pour désigner les management action :

Management action	Définition
Sans MA	Pas d'action du management
MA1	Allocation fixe à partir de la première année de projection : 14% d'actions, 77% d'obligations, 7% d'immobilier et 2% de cash en valeur de marché
MA2	Part d'actions flottante au cours du temps entre 19% et 13 % de l'actif en valeur de marché
MA3	Limitation de la duration de l'actif à -2 ans par rapport au passif
MA4	Achat d'un Cap en Y0 de *strike* 1%, maturité 10 ans et pour un nominal de 500 m€
COMB1	COMB1 désigne la combinaison de MA2, MA3 et MA4
COMB2	Correspond à la combinaison de MA1, MA3 et MA4

Tableau 45: Rappel des management actions et des notations associées

4.4.1. Ratio de couverture

Scénario central



Ratio de couverture	Y0	Y1	Y5
Sans MA	134%	143%	161%
MA1	137%	141%	168%
MA2	140%	146%	178%
MA3	142%	161%	181%
MA4	139%	145%	168%
COMB1	162%	192%	215%
COMB2	149%	174%	190%

Figure 40: Evolution du ratio de couverture sur cinq ans dans le scénario central

Les ratios de couvertures augmentent au cours du temps dans tous les cas. Ceci est dû au fait que le capital social augmente, et que le SCR diminue. En effet, les résultats s'accumulent sans être distribués aux actionnaires et le SCR diminue car le passif s'écoule au cours du temps (rachats, décès).

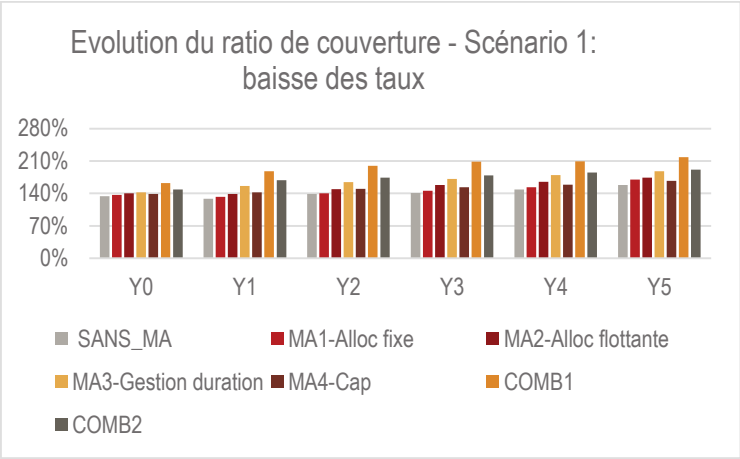
Autre constat important, toutes les management action améliorent le ratio de couverture à horizon cinq ans par rapport au cas sans MA.

L'effet des management action peut être soit sous additif, soit « synergique ». En effet, dans le cas de COMB1 les effets sont « synergiques » car l'augmentation du ratio (par rapport au cas sans MA) est supérieur à la somme des augmentations induites par chacune des MA qui sont combinées ; tandis que pour COMB2, les effets sont sous additifs. Le tableau suivant illustre ce phénomène pour Y0 et Y5 dans le scénario central:

	Augmentation du ratio de couverture en Y0	Augmentation du ratio de couverture en Y5
MA1-Alloc fixe	3%	7%
MA2-Alloc flottante	7%	17%
MA3-Gestion duration	8%	20%
MA4-Cap	5%	7%
MA2+MA3+MA4	20%	44%
MA1+MA3+MA4	16%	34%
COMB1	28%	54%
COMB2	15%	29%

Tableau 46: Effet de la combinaison des MA sur le ratio de couverture

Scénario 1 : baisse des taux



Ratio de couverture	Y0	Y1	Y5
Sans MA	134%	129%	158%
MA1	137%	133%	170%
MA2	140%	139%	174%
MA3	142%	156%	188%
MA4	139%	142%	167%
COMB1	162%	188%	218%
COMB2	149%	169%	191%

Figure 41: Evolution du ratio de couverture sur cinq ans dans le scénario 1

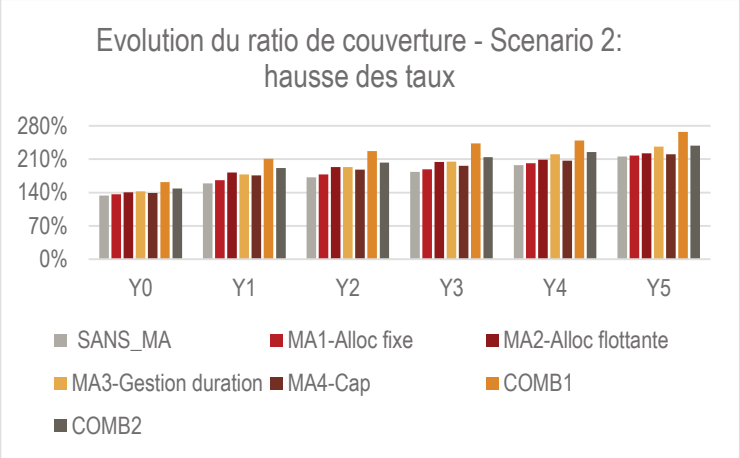
Toutes les management actions restent efficaces dans le scénario 1, puisqu'elles améliorent toujours le ratio de couverture à horizon cinq ans par rapport au cas sans MA.

Le choc en Y1 est visible via une diminution du ratio de couverture pour toutes les simulations, comparé à la même année du scénario central.

Tandis que dans le cas sans MA, le ratio diminue de 14 points de pourcentage, les management actions 3, 4 ainsi que les combinés 1 et 2 sont particulièrement efficaces pour absorber ce choc avec respectivement une diminution de 5%, 3%, 4% et 5% du ratio de couverture.

Dans ce scénario, la MA3 reste la meilleure stratégie individuelle et COMB1 reste la meilleure combinaison.

Scénario 2 : hausse des taux



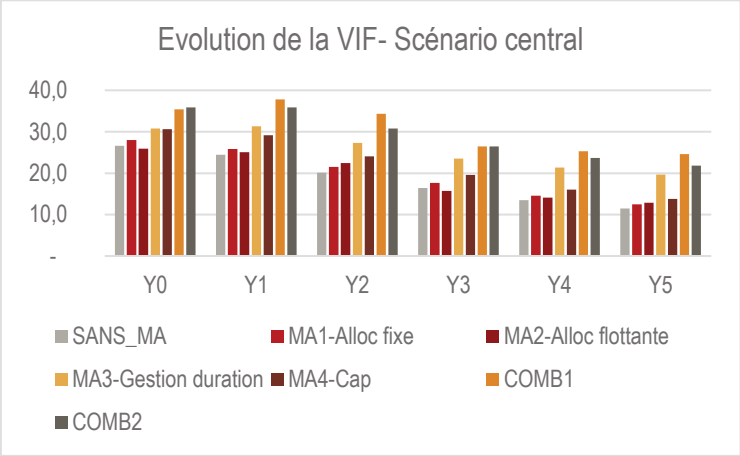
Ratio de couverture	Y0	Y1	Y5
Sans MA	134%	159%	215%
MA1	137%	166%	218%
MA2	140%	182%	223%
MA3	142%	178%	237%
MA4	139%	176%	221%
COMB1	162%	211%	267%
COMB2	149%	191%	239%

Figure 42: Evolution du ratio de couverture sur cinq ans dans le scénario 2

La hausse des taux d'intérêt, améliore significativement le ratio de couverture, mais là encore les management action donnent un meilleur ratio de couverture que dans le cas sans MA.
La MA3 reste la meilleure stratégie individuelle et COMB1 reste la meilleure combinaison.

4.4.2. VIF

Scénario central



VIF en m€	Y0	Y1	Y5
Sans MA	26,6	24,4	11,5
MA1	28,0	25,8	12,5
MA2	25,9	25,1	12,9
MA3	30,7	31,4	19,6
MA4	30,6	29,2	13,8
COMB1	35,4	37,8	24,6
COMB2	35,9	35,8	21,8

Figure 43: Evolution de la VIF (en m€) sur cinq ans dans le scénario central

La VIF est globalement améliorée pour les actions du management considérées. Dans ce scénario, la VIF décroit au cours du temps pour toutes les simulations à cause de l'écoulement du passif.

Globalement, la combinaison 1 permet d'obtenir la meilleure VIF sur les cinq années de projection.

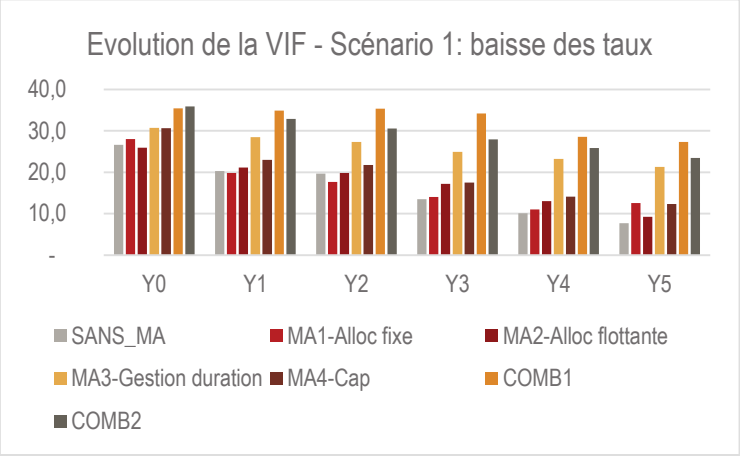
Notons que l'efficacité de la MA3 pour augmenter le ratio de couverture, est liée à la fois à l'amélioration de la VIF et à la diminution importante du SCR taux d'intérêt comme le tableau suivant l'indique :

En m€		Y0	Y1	Y5
Sans MA	**VIF**	26,6	24,4	11,5
	SCR taux d'intérêt	17,0	16,9	14,3
MA3	**VIF**	30,7	31,4	27,3
	SCR taux d'intérêt	16,0	13,0	11,0
COMB1	**VIF**	35,4	37,8	24,6
	SCR taux d'intérêt	17,5	13,8	10,5

Tableau 47 : Evolution du SCR taux d'intérêt (en m€) dans le scénario central

Le rapprochement de la duration de l'actif et du passif permet donc une réduction importante sur cinq ans, de la sensibilité de la NAV aux chocs de taux d'intérêt.

Scénario 1 : baisse des taux

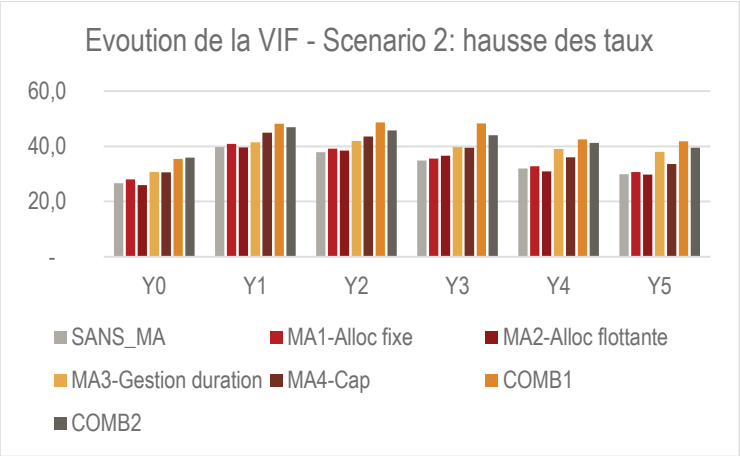


VIF en m€	Y0	Y1	Y5
Sans MA	26,6	20,3	7,7
MA1	28,0	19,8	12,6
MA2	25,9	21,1	9,2
MA3	30,7	28,5	21,3
MA4	30,6	23,0	12,3
COMB1	35,4	34,9	27,3
COMB2	35,9	32,9	23,5

Figure 44: Evolution de la VIF (en m€) sur cinq ans dans le scénario 1

Le choc de baisse des taux fait diminuer la VIF en Y1 comparé au scénario central pour toute les MA : la différence entre le TMG moyen (0,6%) et le taux de rendement des obligations achetées en cours de projection devient faible ce qui réduit la marge financière.
Dans ce scénario la VIF décroit au cours du temps, également pour toutes les management actions. Parmi les MA individuelles, c'est toujours la MA3 qui donne la meilleure VIF et parmi les combinaisons, COMB1 donne toujours la meilleure VIF.

Scénario 2 : hausse des taux



VIF en m€	Y0	Y1	Y5
Sans MA	26,6	39,7	29,9
MA1	28	40,9	30,7
MA2	25,9	39,6	29,8
MA3	30,7	41,5	38
MA4	30,6	44,9	33,6
COMB1	35,4	48,2	41,8
COMB2	35,9	46,9	39,5

Figure 45: Evolution de la VIF (en m€) sur cinq ans dans le scénario 2

A l'inverse, le choc de hausse des taux fait augmenter la VIF à partir de Y1 pour toutes les MA.
Comme pour le scénario 1 la VIF décroit au cours du temps pour toutes les MA.
La MA3 individuellement et COMB1 en tant que combinaisons, donnent toujours les meilleurs résultats.

Conclusion de la section

Cette partie a proposé une méthodologie de validation des management actions, basée sur la projection d'indicateurs sur plusieurs années, et dans divers scénarios de taux d'intérêt. L'attention a été portée sur la VIF et le ratio de couverture.

Sur le critère du ratio de couverture, **les quatre managements actions modélisées ainsi que leur combinaison donnent une meilleure situation au bout de cinq ans et dans les trois scénarios de taux d'intérêt**.

Ces management actions sont donc adaptées à plusieurs situations et peuvent être qualifiées de robustes.

Conclusion

Ce mémoire a souligné l'impact des actions du management dans un environnement de taux bas, en se focalisant uniquement sur des actions relatives à la stratégie financière :

- ✓ différentes stratégies d'allocation d'actifs (allocation fixe, allocation flottante entre des bornes définies) ;
- ✓ une stratégie de gestion de la duration de la poche obligataire ;
- ✓ et l'introduction de caps pour se protéger d'une éventuelle hausse des taux.

L'une des difficultés dans l'implémentation de stratégies dans un modèle actif-passif est le choix de la calibration. L'étude de sensibilité du chapitre trois, propose une méthode de calibration basée sur la maximisation du ratio de couverture, en fonction du ou des paramètres de la management action :

- ✓ la composition initiale du portefeuille dans le cadre de l'allocation fixe ;
- ✓ les bornes de flottement de la part actions pour la stratégie d'allocation flottante ;
- ✓ l'écart de la duration obligataire par rapport à celle du passif pour la stratégie basée sur la gestion de la duration ;
- ✓ ou le *strike* et la maturité du *cap* pour la stratégie de couverture.

La calibration des actions du management s'est faite sur le critère de la maximisation du ratio de couverture, car cet indicateur résume l'information sur la solvabilité de l'assureur (couverture du SCR) et donne une information sur sa profitabilité à travers le VIF au numérateur (la VIF dépendant de la PVFP).

Les études menées ont montrées que les actions du management modélisées améliorent la solvabilité et la profitabilité de l'assureur aussi bien sur le court terme dans le scénario de référence (i.e l'année initiale de projection), que sur un horizon de temps plus long (i.e 5 ans) et ce dans les divers scénarios considérés. Compte tenu de la situation initiale de l'assureur fictif étudié, la management action de gestion de la duration est celle qui améliore le plus le ratio de couverture. De plus, il a été montré que la combinaison de management actions cohérentes (comme par exemple, pour une stratégie d'allocation donnée, l'augmentation de la duration de l'actif combinée à l'achat d'un *cap*) peut induire une amélioration de la situation encore plus importante que pour chacune des stratégies prises individuellement.

Les conclusions de ce mémoire doivent être mises au regard de certaines limites , comme la non prise en compte du SCR risque de contrepartie pour la stratégie d'achat d'un cap (liée à une limite du modèle existant) et le fait que dans la réalité, les assureurs prennent souvent plus d'un an pour ajuster la composition de leur portefeuille d'actifs. Par ailleurs, de manière générale les actions du management ne concernent pas que des stratégies financières, mais également des stratégies de participation aux bénéfices et des stratégies commerciales : il serait intéressant d'étudier l'interaction entre les stratégies financières et non financière. Enfin, on peut noter que la calibration retenue pour les différentes management actions, ainsi que les impacts constatés, sont très fortement liés à la situation initiale de l'assureur; même si celle de la compagnie étudiée a été choisie de sorte à ce qu'elle reflète une situation « moyenne » sur le marché français de l'assurance épargne.

Note de synthèse

1. Introduction

Dans un contexte règlementaire de plus en plus contraignant, les assureurs proposant des contrats d'épargne ont dû revoir en profondeur leur mesure de profitabilité et de solvabilité. En effet, entrée en vigueur en janvier 2016, la directive **Solvabilité 2** impose une valorisation du bilan et une exigence de capital basée sur des notions économiques, nécessitant de modéliser de façon réaliste le fonctionnement des contrats.

Pour cela, l'assureur doit non seulement modéliser le comportement des assurés (option de rachat), mais également le sien (stratégie de participations aux bénéfices, stratégies financières ou stratégies commerciales). Ces choix stratégiques correspondent aux **management actions (notées dans la suite MA)**: ils représentent des leviers de pilotage à activer par les assureurs vie en réaction à une situation adverse conduisant à une dégradation du profil de risque.

Depuis quelques années, les assureurs sont confrontés à un **environnement économique de taux d'intérêt bas** durable: bien qu'ils bénéficient encore d'une richesse latente importante, leur marge et leurs taux servis continuent de baisser. En parallèle, les Français continuent à investir dans l'assurance-vie, bien que l'environnement économique actuel ralentisse progressivement la collecte. Dans un tel contexte, la planification des actions du management joue un rôle déterminant dans la façon dont les assureurs pourront gérer un scénario adverse (exemple : une hausse brutale des taux) ou limiter la baisse de profitabilité des contrats d'épargne en euro dans le contexte économique actuel.

Ce mémoire s'est concentré sur les actions du management relatives aux stratégies financières et à leurs impacts sur la profitabilité ainsi que la solvabilité sous Solvabilité 2. Dans le cadre de ce mémoire, quatre stratégies ont été mises en place dans le modèle de projection actif-passif d'Optimind Winter :

- ✓ une stratégie d'allocation d'actifs fixe ;
- ✓ une stratégie d'allocation d'actifs flottante entre des bornes définies ;
- ✓ une stratégie de gestion de la duration de la poche obligataire ;
- ✓ une stratégie de couverture via l'introduction d'un cap, afin de se couvrir d'une éventuelle hausse des taux.

Des études de sensibilité ont été menées afin de mettre en évidence les impacts sur plusieurs indicateurs Solvabilité 2 et choisir une calibration pour les management actions étudiées. Cette dernière s'est faite sur le critère de la maximisation du ratio de couverture car, cet indicateur résume l'information sur la solvabilité de l'assureur (couverture du SCR) et donne une information sur sa profitabilité à travers le VIF au numérateur (le VIF dépendant des profits futurs).

Cette synthèse va présenter dans un premier temps, les actions du management développées et la calibration retenue pour chacune d'entre-elles ; puis dans un second temps l'étude de la robustesse des management actions étudiées.

2. Management actions développées

2.1. MA1 : MA basée sur la stratégie d'allocation fixe

Idée sous-jacente :

Le modèle de projection actif-passif utilisé dans le cadre de cette étude suppose que l'assureur garde la part de chaque actif fixe au cours du temps. Des études de sensibilité menées, ont montré qu'en faisant diminuer légèrement la part d'actions (pour avoir un meilleur ratio de couverture) tout en faisant augmenter la part d'immobilier (pour avoir un meilleur taux de rendement d'actif, et une meilleur PVFP), il est possible d'améliorer la solvabilité et la profitabilité de l'assureur. Ceci est dû à la volatilité plus faible de l'immobilier par rapport aux actions, ce qui permet de diminuer la valeur temps des options.

Limites :

L'allocation est changée lors de la première année de projection, ce qui peut constituer une limite, car dans la réalité la capacité à changer rapidement l'allocation est limitée par la faible liquidité de l'immobilier. De plus, une allocation strictement fixe au cours du temps (40 années de projection) est peu réaliste.

Calibration retenue et résultats :

Suite aux études de sensibilité menées, nous avons décidé de définir une action du management, notée MA1, pour laquelle l'assureur recompose son actif selon l'allocation présentée dans le tableau suivant à t=1 :

Allocations	Initiale	MA1
Actions	**16%**	**14%**
Obligations	77%	77%
Immobilier	**5%**	**7%**
Cash	2%	2%

Indicateur	Initial	MA1
PVFP en m€	36,6	37,8
Ratio de couverture	134%	137%

Tableau 48: Modification de l'allocation d'actifs et impacts sur la PVFP et le ratio de couverture suite à la mise en place de la MA1

Cette allocation est ensuite gardée fixe au cours du temps.

L'application de cette management action fait passer le ratio de couverture de 134% à 137%, grâce à l'augmentation de la VIF et une diminution du SCR

2.2. MA2 : Stratégie d'allocation flottante (part action flottante)

Idée sous-jacente :

La seconde management action permet de palier à l'une des limites de la MA1, en laissant varier la part de l'action au cours du temps. En effet, le principe de la MA2 réside sur les deux points suivants:

- Deux bornes (max et min) sont définies pour la part des actions dans la valeur de marché des actifs du portefeuille, en référence à l'allocation initiale ;

- Lorsque la part des actions est en dehors des bornes, l'assureur revient à son allocation initiale.

Algorithme :

Les bornes sont données par la formule :

- $Alloc_{max} = Alloc_{initiale} + x$
- $Alloc_{min} = Alloc_{initiale} - x$

Avec

- ✓ $Alloc_{initiale}$ étant la part de la classe d'actif considérée en t=0 ;
- ✓ $Alloc_{max}$ correspondant à la part maximale d'allocation acceptée pour la classe d'actif considérée ;
- ✓ $Alloc_{min}$ correspondant à la part minimale d'allocation acceptée pour la classe d'actif considérée.

Cet algorithme de stratégie d'allocation flottante permet de modéliser un comportement fréquemment adopté par les investisseurs : la prise de bénéfices (cas où l'allocation atteint la borne max) et l'achat d'actions lorsque les cours diminuent (cas où l'on atteint la borne minimale).

Limites :

Afin de laisser flotter la part actions, un choix d'ordre de priorité à dû être effectué lors de l'implémentation de la stratégie d'allocation flottante : en premier lieu la part des obligations est ajusté, puis celle des actions et en dernier celle de l'immobilier. Ce choix est arbitraire et discutable, même s'il a été fait en considérant la liquidité du marché de chaque classe d'actifs.

Calibration retenue et résultats:

Suite aux études de sensibilité menées sur les bornes de flottement $Alloc_{max}$ et $Alloc_{min}$, nous avons décidé de définir une action du management, notée MA2, telle que celle-ci puisse optimiser le ratio de couverture. Parmi toutes les bornes min/max testées, **le ratio de couverture optimal est obtenu lorsque x= 3%.** Autrement dit, la MA2 consiste donc à laisser flotter la part actions entre 19% et 13% au cours du temps. **La mise en place de la MA2, calibrée avec x=3% fait passer le ratio de couverture de 134% à 140% grâce à une forte diminution du SCR**. Cette dernière, est principalement due à une économie sur le SCR action : laisser **flotter la part des actions permet de mieux absorber les chocs**.

Indicateur	Initial	MA2
PVFP en m€	36,6	36
Ratio de couverture	134%	140%

Tableau 49 : Impact de la MA2 sur la PVFP et le ratio de couverture

2.3. MA3 : Gestion de la duration des obligations

Idée sous-jacente :

Etant donné la forte proportion d'obligations dans le bilan des assureurs, ces derniers peuvent vouloir déterminer l'allocation de la poche obligataire en se référant à la duration de leur passif afin de minimiser le risque de réinvestissement et celui de liquidation, tous deux liés à la variation

des taux. C'est dans ce cadre qu'une action du management liée à la gestion de la duration de la poche obligataire a été implémentée.

Version simplifiée de l'algorithme :

- Fixation d'un écart de duration avec le passif à respecter (Duration de l'actif diminuée de celle du passif, noté E) ;
- Vente d'obligations en stock (et achats sur des maturités ciblées) en t=1, de manière à atteindre l'écart fixé. A noter que la part maximale des obligations vendues en t=1, pour réaligner la duration, a été fixée à 10%;
- Maintien de l'écart de duration au cours du temps.

Limites

La procédure de réalignement du stock d'obligations, en première année de projection, a des implications assez importantes sur la réserve de capitalisation. En effet, les obligations vendues étant en plus-value, la réserve de capitalisation a tendance à augmenter en début de projection, ce qui mécaniquement augmente aussi la PVFP. Par ailleurs, il est difficile pour un assureur de réaligner son actif obligataire sur une duration cible en l'espace d'un an. Enfin, la définition de la part maximale des obligations vendues en t=1 pour réaligner la duration a été arbitrairement fixée à 10%, sans avoir testé la sensibilité des résultats à ce paramètre.

Calibration retenue et résultats:

Plusieurs valeurs de l'écart de duration cible E, ont été testées ; il ressort **qu'une valeur de $E = -2$ maximise le ratio de couverture**. Cela revient à augmenter la duration de l'actif, car on part d'un écart initial de duration de -4 ans.
La MA3 implémentée avec $E = -2$, fait ainsi passer le ratio de couverture de 134% à 142%, grâce à la diminution du SCR et l'augmentation de la VIF. Cette dernière est obtenue, par la réduction de la valeur temps des options, en réduisant le risque de réinvestissement des obligations arrivant à maturité.

Indicateur	Initial	MA3
PVFP en m€	36,6	39
Ratio de couverture	134%	142%

Tableau 50: Impact de la MA3 sur la PVFP et le ratio de couverture

2.4. MA4 : Introduction d'un cap

Idée sous-jacente :

La dernière action du management envisagée dans ce mémoire est une stratégie de couverture contre la hausse des taux par l'achat d'un *cap* sur taux d'intérêt un an. Cette stratégie a été implémentée, car en période de taux bas les assureurs peuvent craindre une remontée brutale des taux, qui ne leurs laisseraient pas le temps d'adapter leurs investissements obligataires et les exposeraient à des rachats conjoncturels. Elle se définit par l'achat en t=0 d'un *cap*, dont la valeur (calculée par une formule de type Black) est retranchée au montant de trésorerie disponible.

Limites :

- Le modèle ne calcule pas de SCR contrepartie, donc le risque de défaut de la contrepartie du *cap* n'est pas pris en compte ;
- Dans la réalité, ce sont plutôt des caps sur taux 10 ans qui sont utilisés. Cependant, le modèle Hull et White utilisé pour diffuser le taux court dans le GSE (générateur de scénarios économiques) ne prend en compte que le facteur de risque de translation. Dans ce cas, lorsque le taux 1 an augmente, les taux de maturités supérieures augmentent également. Les effets observés dans l'étude de la MA4, sont donc plutôt spécifiques au modèle de taux choisi.

Calibration retenue et résultats:

Afin de calibrer la MA4, plusieurs maturités et niveaux de *strike* ont été testés. **Une maturité de 10 ans, ainsi qu'un strike de 1% maximisent le ratio de couverture** ; ces paramètres ont donc été choisi pour définir la MA4. Le nominal de 500 m€, a été déterminé de manière à ce que la valeur du *cap* ne dépasse pas le montant de trésorerie disponible.
La MA4 fait passer le ratio de couverture de 134% à 139%, grâce à une augmentation de la VIF qui compense la hausse du SCR. En effet, **le cap permet d'atténuer les effets négatifs des rachats conjoncturels** (qui interviennent en cas de hausse des taux dans le modèle) et ainsi réduire le cout des options, se traduisant par une augmentation de 11% de la PVFP par rapport au cas sans MA.

Indicateur	Initial	MA4
PVFP en m€	36,6	40,5
Ratio de couverture	134%	139%

Tableau 51: Impact de la MA4 sur la PVFP et le ratio de couverture

3. Robustesse des management actions

La robustesse des actions du management modélisées (i.e. leur capacité à améliorer la situation de l'assureur même dans des situations adverses) a été testée en réalisant une projection des indicateurs de solvabilité et de profitabilité sur cinq années (notées Yi, $i \in \{0,..,5\}$) dans les trois scénarios suivants :

- Un scénario central, dans lequel la courbe des taux sans risque EIOPA au 31/12/2016 se reproduit chaque année de Y1 à Y5 ;
- Un scénario de baisse des taux, dans lequel une translation de la courbe des taux de -10 points de base (-0,1%) se produit à partir de Y1, puis une reproduction de cette courbe des taux, chaque année jusqu'à Y5 ;
- Un scénario de hausse des taux, dans lequel une translation de la courbe des taux de +50 points de base (+0,5%) se produit à partir de Y1, puis une reproduction de cette courbe des taux, chaque année jusqu'à Y5.

Pour juger de la robustesse des actions du management précédemment calibrées, les évolutions de la VIF et du ratio de couverture sont étudiées sur cinq années de projections et comparées avec celle du cas sans action du management. Ces tests de robustesse ont été réalisés aussi bien sur les MA prises indépendamment que sur des MA combinées.

Les stratégies d'allocation flottantes et d'allocation fixes étant mutuellement incompatibles, deux combinaisons différentes ont été étudiées, comme montré dans le tableau ci-dessous :

Management action	Définition
Sans MA	Pas d'action du management
MA1	Allocation fixe à partir de la première année de projection : 14% d'actions, 77% d'obligations, 7% d'immobilier et 2% de cash en valeur de marché
MA2	Part d'action flottante au cours du temps entre 19% et 13 % de l'actif en valeur de marché
MA3	Limitation de la duration de l'actif à -2 ans par rapport au passif
MA4	Achat d'un Cap en Y0 de *strike* 1%, maturité 10 ans et pour un nominal de 500 m€
COMB1	Correspond à la combinaison de MA2, MA3 et MA4
COMB2	Correspond à la combinaison de MA1, MA3 et MA4

3.1. Evolution du ratio de couverture

Le tableau suivant présente l'évolution du ratio de couverture entre Y0 et Y5 selon les trois scénarios de taux:

	Scénario central			Baisse des taux		Hausse des taux	
Ratio de couverture	**Y0**	**Y1**	**Y5**	**Y1**	**Y5**	**Y1**	**Y5**
Sans MA	134%	143%	161%	129%	158%	159%	215%
MA1	137%	141%	168%	133%	170%	166%	218%
MA2	140%	146%	178%	139%	174%	182%	223%
MA3	142%	161%	181%	156%	188%	178%	237%
MA4	139%	145%	168%	142%	167%	176%	221%
COMB1	162%	192%	215%	188%	218%	211%	267%
COMB2	149%	174%	190%	169%	191%	191%	239%

Tableau 52: Evolution du ratio de couverture selon les scénarios

Au bout de cinq ans, en comparaison avec le cas sans MA, le ratio de couverture reste meilleur pour toutes les MA dans les trois scénarios de taux d'intérêt considérés. La combinaison 1 donne le meilleur ratio de couverture dans les trois scénarios, grâce à un SCR plus faible et une VIF supérieure.

De plus, on constate que pour l'année de projection Y5 l'effet des management action peut être soit sous additif soit « synergique ». En effet, dans le cas de COMB1 les effets sont « synergiques » car l'augmentation du ratio (par rapport au cas sans MA) est supérieur à la somme des augmentations induites par chacune des MA qui sont combinées ; tandis que pour COMB2, les effets sont sous additifs.

3.2. Evolution de la VIF

Le tableau suivant présente l'évolution de la VIF entre Y0 et Y5 selon les scénarios :

	Scénario central			Baisse des taux		Hausse des taux	
VIF en m€	Y0	Y1	Y5	Y1	Y5	Y1	Y5
Sans MA	26,6	24,4	11,5	20,3	7,7	39,7	29,9
MA1	28	25,8	12,5	19,8	12,6	40,9	30,7
MA2	25,9	25,1	12,9	21,1	9,2	39,6	29,8
MA3	30,7	31,4	19,6	28,5	21,3	41,5	38
MA4	30,6	29,2	13,8	23	12,3	44,9	33,6
COMB1	35,4	37,8	24,6	34,9	27,3	48,2	41,8
COMB2	35,9	35,8	21,8	32,9	23,5	46,9	39,5

Tableau 53: Evolution de la VIF selon les scénarios

Hormis la MA2, toutes les actions de management donnent une meilleure VIF au bout de cinq ans et ce dans les trois scénarios testés.

3.3. Conclusion de l'étude de robustesse

Les actions du management modélisées peuvent être qualifiées de robustes à l'écoulement du temps et aux changements de situations économiques, car, hormis la MA2, elles améliorent le ratio de couverture et la VIF dans les trois scénarios de taux étudiés. La MA2 est également robuste, car permet d'améliorer le ratio de couverture dans les trois scénarios de taux utilisé tout en donnant un côté réaliste par rapport au cas sans MA (cas réalisé avec une stratégie d'allocation fixe).

4. Conclusion

Ce mémoire a montré les impact que peuvent avoir les management actions, relatives à la stratégie financière, sur les indicateurs de profitabilité et solvabilité, communément utilisés dans le contexte règlementaire Solvabilité 2.

Les différentes études mettent en évidence que le choix de la calibration revêt une importance cruciale, car les différents indicateurs étudiés (notamment le ratio de couverture) peuvent y être très sensibles.

La méthode de calibration des management actions retenues permet d'obtenir des stratégies qui améliorent la situation de l'assureur, aussi bien à court terme que sur un horizon de temps plus long (cinq ans) et ce, dans les divers scénarios d'évolution des taux d'intérêt étudiés.

Il a également été montré que la mise en place de management actions (et/ou de leur modélisation) peut être étudiée au cas par cas, mais qu'il convient aussi d'étudier l'effet de combinaisons de stratégies, car les effets sur les indicateurs peuvent être sous additifs ou synergiques, selon la cohérence que les actions ont entre elles.

Executive summary

In an increasingly restrictive regulatory framework, insurers offering savings contracts have had to thoroughly review their profitability and solvency measures. Indeed, effective as from January 2016, the Solvency 2 directive, imposes a valuation of the balance sheet and a capital requirement based on economic concepts, requiring a realistic modeling of the contracts features.

In this purpose, insurers must not only model the behavior of policyholders (buyback option), but also their own (profit sharing strategy, financial strategies or business strategies). These strategic choices correspond to management actions (noted MA bellow): it corresponds to the ability for the leaders of the insurance company to undertake special actions or strategies to react in response to an adverse situation leading to a deterioration of the risk profile.
In recent years, insurers have been facing a sustainable low interest rate environment: although they still have significant latent wealth, their margin and rates of return served to policyholders, continue to decrease.

At the same time, French people continue to invest in life insurance, although the current economic environment is gradually slowing down the collection. In such a context, the planning of management actions plays a decisive role in how insurers can manage an adverse scenario (example: a sharp rise in interest rates) or limit the decline in profitability of euro funds contracts in the current economic context.

This thesis focused on management actions, related to financial strategies, and their impact on profitability and solvency, under Solvency II dierective. Four strategies have been implemented in Optimind Winter's asset and liability projection model:

- ✓ a fixed asset allocation strategy;
- ✓ a floating asset allocation strategy between defined boundaries;
- ✓ a strategy for managing bond portfolio's duration;
- ✓ a hedging strategy via the purchase of an interest rate cap.

Sensitivity analysis were conducted to highlight the impacts on several Solvency 2 indicators and to calibrate management actions studied. The calibration was done on the criterion of maximizing coverage ratio because, this indicator summarizes the information on the insurer's solvency (coverage of the SCR) and gives information on its profitability through the VIF which is part of the numerator (the VIF depends on future profits).
This summary will present first, management actions developed and the calibration chosen for each of them; then the study of consistency of management actions.

2. Management actions developed

2.1. MA1 : MA based on fixed asset allocation strategy

Underlying ideas:

The model used in this study assumes that the insurer keeps the portion of each asset class, fixed over time.

Sensitivity analysis conducted, have shown that by slightly decreasing the share of equity (to have a better coverage ratio) while increasing the share of real estate (to have a better rate of return

on assets, and better PVFP), it is possible to improve the insurer's solvency and profitability. This is due to the lower volatility of real estate, compared to equities, which reduces the time value of options.

Limitations :

The asset allocation is changed in the first projection year , which may be a limit, because in reality the ability to quickly change asset allocation is limited by the low liquidity of real estate. In addition, a strictly fixed asset allocation over time (40 years of projection) is unrealistic.

Calibration and results :

Following the sensitivity analysis conducted, we decided to define a management action, noted MA1, which is the reallocation of assets at t=1, as shown in the following table :

Allocations	Initial	MA1
Equity	**16%**	**14%**
Bonds	77%	77%
Real estate	**5%**	**7%**
Cash	2%	2%

Indicator	Initial	MA1
PVFP in €m	36,6	37,8
Coverage ratio	134%	137%

Table 54 : Reallocation of assets and impacts on PVFP and coverage ratio after the setting of MA1

This allocation is then kept fixed over time.

The modeling of this management action, increases the coverage ratio from 134% to 137%, due to an increase in VIF and a decrease in SCR.

2.5. MA2 : Floating allocation strategy (equity share floating)

Underlying ideas :

The second management action, makes it possible to overcome one of the limits of MA1, by allowing the share of equity to vary over time. Indeed, the principle of MA2 is summarized in the following two points:

- Two limits (max and min) are defined for the share of equities in assets' market value, with reference to the initial allocation;
- When the share of equities is out of bounds, the insurer returns to its initial allocation.

Algorithm :

The bounds are given by the formulas :

- $Alloc_{max} = Alloc_{initial} + x$
- $Alloc_{min} = Alloc_{initial} - x$

With :

- ✓ $Alloc_{initial}$, the initial share (at t=0) of the asset class considered ;
- ✓ $Alloc_{max}$, the upper bound for the asset class considered ;
- ✓ $Alloc_{min}$, the lower bound for the asset class considered.

This floating allocation strategy, model a behavior often adopted by investors: profit taking (when the allocation reaches the upper bound) and the purchase of equity when prices fall (when the allocation reaches the lower bound).

Limitations :

In order to allow equity share to float, a choice for the priority order of investment in each asset class, has been made : first, bonds' share is adjusted, then that of equities and lastly that of real estate. This choice is arbitrary and questionable, although it was done considering each asset type's market liquidity.

Calibration and results :

The upper bound (ie, $Alloc_{max}$) and lower bound (ie, $Alloc_{min}$) has been chosen such that it maximizes the coverage ratio.
Among all tested values for the bounds, **an optimal ratio is obtained for x=3%.** In other words, MA2 consists in letting the equity share vary between 19% and 13% of assets' market value over time. **The modeling of this MA, increases coverage ratio from 134% to 140% through a huge decrease in SCR**. The latter, is mainly due to a lower SCR for equity: **letting equity share vary over time, allows better absorption of shocks**.

Indicator	Initial	MA2
PVFP in €m	36,6	36
Coverage ratio	134%	140%

Table 55 : Impact of MA2 on PVFP and coverage ratio

2.3. MA3 : Management of bond portfolio's duration

Underlying ideas :

Given the fact that bonds represent a high portion of insurers' balance sheet, they may want to determine the allocation of their bond portfolio by referring to their liabilities' duration, to minimize reinvestment and liquidation risks, both related to interest rates change. This is why, a management action related to the management of bond portfolio's duration has been developed.

Algorithm :

- Setting a maximum duration difference with liabilities, noted E (asset duration less liabilities duration);
- Sale of bonds in portfolio (and purchase of bonds with targeted maturities) at t = 1, in order to reach the spread E. It should be noted that the maximum portion of bonds sold at t = 1, to reach the desired duration, was set at 10%;
- Maintaining the duration gap over time.

Limitations :

The procedure to reach the target duration, in the first projection year, has significant impact on

the capitalization reserve. Since there is a capital gain on bonds sold, the capitalization reserve tends to increase at the beginning of the projection, which mechanically also increases the PVFP. In addition, it is difficult for an insurer to realign its bonds'portfolio over a target duration within one year. Finally, the definition of the maximum portion of bonds sold at t = 1 to realign duration was arbitrarily set at 10%, without having tested the sensitivity of the results to this parameter.

Calibration and results :

Several values of the target duration gap E, were tested; it turns out that **a value of $E = -2$ maximizes the coverage ratio**. It corresponds with an increase of assets durations, because the initial duration gap is -4 years.
MA3 increases the coverage ratio from 134% to 142%, due to a decrease in SCR and an increase in VIF. This is achieved, by reducing the risk of reinvestment of maturing bonds leading to a reduction in time value of options.

Indicator	Initial	MA3
PVFP in €m	36,6	39
Coverage ratio	134%	142%

Tableau 56: Impact of MA3 on PVFP and coverage ratio

2.4. Hedging with an interest rate cap

Underlying ideas :

The fourth management action is a hedging strategy by buying a 1-year interest rate cap. This strategy has been implemented because, during periods of low interest rates, insurers may fear a sharp rise in interest rates, which would not allow them to adjust their bond investments and expose them to buybacks of contracts. It is defined as the purchase at t = 0 of a 1 year interest rate cap, whose value (calculated by a Black type formula) is deducted from the available cash amount.

Limitations :

- The model does not calculate a counterparty SCR, therefore the default risk of the counterparty of the cap is not taken into account;
- In reality, 10-year interest rate caps are used instead of a 1 year interest rate cap. However, the Hull and White framework used to model the short term interest rate process in the ESG (economic scenario generator) only takes into account the translation (of interest rate curve) risk factor. In this case, when the 1-year rate increases, higher maturity rates also increase. The effects observed for MA4, are therefore rather specific to the chosen interest rate model.

Calibration and results :

In order to calibrate MA4, several maturities and strike levels were tested. **A 10-year maturity and a 1% strike maximize the coverage ratio**; these parameters were therefore chosen to define MA4. The nominal value of € 500m was chosen such that the cap's value does not exceed the amount of available cash. **MA4 increases the coverage ratio from 134% to 139%, due to an increase in VIF that offsets the increase in SCR**. Indeed, **the cap helps to mitigate the negative**

effects of contracts buybacks (which occur when interest rates rise in the model) and thus reduces the cost of options, resulting in an 11% increase in PVFP compared to the case without MA.

3. Consistency of management actions effects

The concistency of modeled management actions effects (ie their ability to improve the insurer's situation even in adverse situations) was tested by projecting, solvency and profitability indicators during five-years (noted $Yi, i \in \{0,..,5\}$), in the following three scenarios :

- A central scenario, in which the risk-free EIOPA interest rate curve on 12/31/2016 is repeated each year from Y1 to Y5;
- A decrease in interest rates scenario, in which a -10 basis points (-0.1%) translation of the yield curve occurs from Y1 and is repeated up to Y5;
- An increase in interest rates scenario, in which a translation of +50 basis points (+ 0.5%) of the yield curve occurs from Y1 up to Y5.

To determine wether management actions' effects are consistent or not, changes in the VIF and the coverage ratio are studied over five years of projections and compared with that of the case without management action. These consistency tests were performed both on MAs taken independently and on combined MAs.

Floating allocation and fixed allocation strategies being mutually incompatible, two different combinations were studied, as shown in the table below:

Management action	Definition
No MA	No management action
MA1	Fixed allocation starting from the first projection year: 14% of equity, 77% of bonds, 7% of real estate and 2% of cash in market value
MA2	Equity share in asset's market value floating between 19% and 13%, over time
MA3	Limitation of the duration gap to -2 years (compared with liabilities)
MA4	Purchase of an interest rate cap with 10 years maturity, 1% strike and €500m nominal
COMB1	Combination of MA2, MA3 et MA4
COMB2	Combination of MA1, MA3 et MA4

Table 57: Management actions definitions

3.1. Coverage ratio evolution

The following table presents the coverage ratio evolution between Y0 and Y5 according to the three interest rates scenarios :

	Central scenario			Decrease in interest rates		Increase in interest rates	
Coverage ratio	Y0	Y1	Y5	Y1	Y5	Y1	Y5
No MA	134%	143%	161%	129%	158%	159%	215%
MA1	137%	141%	168%	133%	170%	166%	218%
MA2	140%	146%	178%	139%	174%	182%	223%
MA3	142%	161%	181%	156%	188%	178%	237%
MA4	139%	145%	168%	142%	167%	176%	221%
COMB1	162%	192%	215%	188%	218%	211%	267%
COMB2	149%	174%	190%	169%	191%	191%	239%

Table 58 :Coverage ratio evolution, in the three interest rates scenarios

After five years, compared to the No MA case, the coverage ratio remains better for all MAs in the three interest rates scenarios considered. Combination 1 gives the best coverage ratio in all three scenarios, due to a lower SCR and a higher VIF.

Moreover, we see that at projection year Y5, management actions effects can be either sub-additive or "synergistic". Indeed, in the case of COMB1 the effects are "synergistic" because the ratio increase (compared to the case without MA) is greater than the sum of the increases induced by each of the MAs that are combined; while for COMB2, the effects are sub-additives.

3.2. VIF evolution

The following table presents the VIF evolution between Y0 and Y5 according to the three interest rates scenarios :

	Central scenario			Decrease in interest rates		Increase in interest rates	
VIF in €m	Y0	Y1	Y5	Y1	Y5	Y1	Y5
No MA	26,6	24,4	11,5	20,3	7,7	39,7	29,9
MA1	28	25,8	12,5	19,8	12,6	40,9	30,7
MA2	25,9	25,1	12,9	21,1	9,2	39,6	29,8
MA3	30,7	31,4	19,6	28,5	21,3	41,5	38
MA4	30,6	29,2	13,8	23	12,3	44,9	33,6
COMB1	35,4	37,8	24,6	34,9	27,3	48,2	41,8
COMB2	35,9	35,8	21,8	32,9	23,5	46,9	39,5

Table 59: VIF Evolution, in the three interest rate scenarios

Apart from MA2, all management actions give a better VIF after five years, in the three scenarios tested.

3.3. Conclusion of the consistency study

The effects of modeled management actions can be described as consistent over time and changes in economic situations because, apart from MA2, they improve coverage ratio and VIF in the three interest rate scenarios studied. MA2 is also consistent, because it improves the coverage ratio in

the three interest rate scenarios used while being more realistic compared to the case without MA (case with a fixed allocation strategy).

4. Conclusion

This thesis has shown impacts that management actions, related to financial strategy, can have on profitability and solvency indicators, commonly used in the Solvency 2 regulatory framework.

The various studies highlight that the choice of calibration, for management actions, is very important because indicators studied (in particular the coverage ratio) can be very sensitive to it.

The method used to calibrate management actions allows to obtain strategies that improve the insurer's situation, both in the short run and over a longer period of time (five years), and in the various interest rates scenarios studied.

It has also been shown, that implementation of management actions (and / or their modeling) can be studied on a case by case basis, but that it is also necessary to study effects of combinations of strategies, because effects on indicators can be sub-additive or synergistic, depending on the consistency that actions have between them.

Annexes

Annexe 1 : Interaction entre TMG et options de rachats

Supposons que sous la probabilité risque neutre, l'actif de l'assureur suit une dynamique du type :

$$\frac{dA_t}{A_t} = rdt + \sigma dW_t$$

Avec :

- r le taux sans risque instantané (qu'on suppose constant) ;
- σ la volatilité ;
- W_t un mouvement brownien standard sous la probabilité risque neutre.

En appliquant la formule d'Ito à $\ln(A_t)$ on obtient :

$\ln\left(\frac{A_t}{A_{t-1}}\right) = (r - \frac{\sigma^2}{2}) + \sigma W_1$ où $W_1 \sim \mathcal{N}(0;1)$

Donc on peut assimiler la valeur temps du payoff de l'année t à :

$\mathbb{P}\left(\ln\left(\frac{A_t}{A_{t-1}}\right) \leq TMG\right) = \phi\left(\frac{TMG - \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)}{\sigma}\right)$ où ϕ désigne la fonction de répartition de la loi normale centrée réduite.

Comme la suite $\ln\left(\frac{A_t}{A_{t-1}}\right)$ est par hypothèse iid la valeur temps totale de l'option de TMG pour un contrat de maturité M ; serait M fois la valeur temps d'un *payoff* (aux facteurs d'actualisation près).

Annexe 2: Duration et sensibilité

La duration est très utilisée comme indicateur de risque parce qu'elle est liée à la sensibilité aux taux d'intérêt.
La sensibilité est définie comme la variation relative de la valeur du portefeuille en réponse à la variation de son taux actuariel :

$$S(r) = \frac{-\frac{\partial V(r)}{\partial r}}{V(r)}$$

Avec $-\frac{\partial V(r)}{\partial r} = \sum_{j=1}^{n} \frac{F_j \times j}{(1+r)^{j+1}}$ et $V(r) = \sum_{j=1}^{n} \frac{F_j \times j}{(1+r)^{j}}$

Où :

- $V(r)$ est la valeur du portefeuille en fonction de son taux actuariel ;
- F_j est le flux à percevoir dans j années ;
- r le taux actuariel du portefeuille ;
- n la maturité maximale du portefeuille.

Or la duration (notée $D(r)$) est égale à

$$D(r) = \frac{\sum_{j=1}^{n} \frac{F_j \times j}{(1+r)^{j+1}}}{\sum_{j=1}^{n} \frac{F_j \times j}{(1+r)^{j}}}$$

Donc $D(r) = (1+r) \times S(r)$

Cette mesure du risque de taux d'intérêt présente deux inconvénients :

- Elle est basée uniquement sur la variation du taux actuariel du portefeuille. En réalité les taux d'intérêts présentent une structure par terme, il convient donc de considérer la sensibilité du portefeuille pour chaque maturité ;
- La variation de valeur obtenue avec la sensibilité est une approximation linéaire du premier ordre, elle devient donc moins précise pour des variations de taux importantes.

Néanmoins, c'est un indicateur très répandu pour sa simplicité et son caractère synthétique.

Annexe 3: Calculs pour le réalignement de la duration

Calcul de $coeff_{up}$

- ✓ Le portefeuille obligataire peut être considéré comme la somme de deux sous portefeuilles, l'un étant composé des cinq plus petites maturités résiduelles du portefeuille avec une duration D_{low} et le reste du portefeuille ayant une duration D_{high} ;

- ✓ Définition des proportions respectives des obligations de fortes maturités et de faibles maturités :

  $prop_{high} = \frac{\sum_{i \in H} VM(O_i)}{VM(Obligs)}$ et $prop_{low} = \frac{\sum_{i \in L} VM(O_i)}{VM(Obligs)}$ où L est l'ensemble des obligations des cinq plus petites maturités, H l'ensemble du reste des obligations et $VM(Obligs)$ la valeur de marché de la poche obligataire considérée ;

- ✓ Approximation de la duration $D_k(1)$ comme combinaison linéaire des durations des deux sous portefeuilles :
  $D_k(1) = prop_{high} \times D_{high} + prop_{low} \times D_{low}$

- ✓ On définit : La duration cible comme étant $D_{cible} = E + D_{passif}$ et D_{max} la duration de l'obligation de maturité 20 ans (calculée avec la formule de Mc Cauley) ;

- ✓ Si on remplace une proportion $coeff_{up}$ du portefeuille à faible duration par l'obligation 20 ans la duration du portefeuille devient :
  $D_k(1) = prop_{high} \times D_{high} + prop_{low}(D_{low} \times (1 - coeff_{up}) + coeff_{up} \times D_{max})$

- ✓ On détermine ensuite $coeff_{up}$ tel que $D_k(1) = D_{cible}$ ce qui donne :
  $$coeff_{up} = \frac{D_{cible} - prop_{high} \times D_{high}}{(D_{max} - D_{low}) \times prop_{low}}$$
  Par soucis de réalisme et pour éviter que la dotation en réserve de capitalisation soit trop grande, on limite la vente à 1/3 du portefeuille total autrement dit
  $$coeff_{up} = \min\left(\frac{D_{cible} - prop_{high} \times D_{high}}{(D_{max} - D_{low}) \times prop_{low}}; \frac{1}{3 \times prop_{low}}\right)$$

Calcul de coeff down

Par un raisonnement totalement symétrique on aboutit à

$$coeff_{down} = \min\left(\frac{D_{cible} - prop_{low} \times D_{low}}{(D_{min} - D_{high}) \times prop_{high}}; \frac{1}{3 \times prop_{high}}\right)$$

Avec :

- ✓ $D_{cible} = E + D_{passif}$

- ✓ $prop_{high}$ la proportion que représentent les cinq plus grandes maturités résiduelles dans la valeur de marché du portefeuille et D_{high} la duration de ce sous portefeuille ;

- ✓ $prop_{low}$ et D_{low} respectivement, la proportion que représente le reste du portefeuille dans la valeur de marché et la duration du reste du portefeuille ;

- ✓ D_{min} la duration d'un portefeuille composé (à parts égales) d'obligations 1 an, 2 ans et 3 ans.

Annexe 4: Effet de l'achat d'un *floor* sur les indicateurs

Trois niveaux de *strike* ont été testés pour déterminer la sensibilité des indicateurs à cette action du management. Les calibrages utilisés sont résumés dans le tableau suivant :

	Calibrage 10	Calibrage 11	Calibrage 12
Nominal en €	500 000 000	500 000 000	500 000 000
Maturité	10	10	10
Strike	-0,5%	0%	0,5%

Tableau 60: Calibrages utilisés pour l'achat d'un *floor*

PFVP, BEL et SCR

L'achat d'un *floor* réduit la trésorerie (du montant de sa prime) qui sert à payer les prestations, notamment de rachats dynamique, lorsque les scénarios économiques sont défavorables (hausse des taux qui entraine des rachats conjoncturels). En contrepartie il fournit des *cash-flow* quand les taux d'intérêts baissent. Or, dans ces scénarios l'assureur n'a pas besoin de trésorerie pour payer de rachats dynamiques. Ceci explique que la PVFP est plus faible que sans action du management, comme on le voit sur le tableau suivant :

En m€	Sans MA	Calibrage 10	Calibrage 11	Calibrage 12
PVFP	36,6	35 ,7	35,2	34,6
BEL	1 380,0	1382,2	1 383,0	1383,9
SCR	68,5	68,1	68,1	68,2

Tableau 61: Evolution de la PVFP du BEL et du SCR en fonction du strike du *floor* acheté

Le SCR reste à peu près stable et d'un montant proche du cas sans MA.

Ratio de couverture

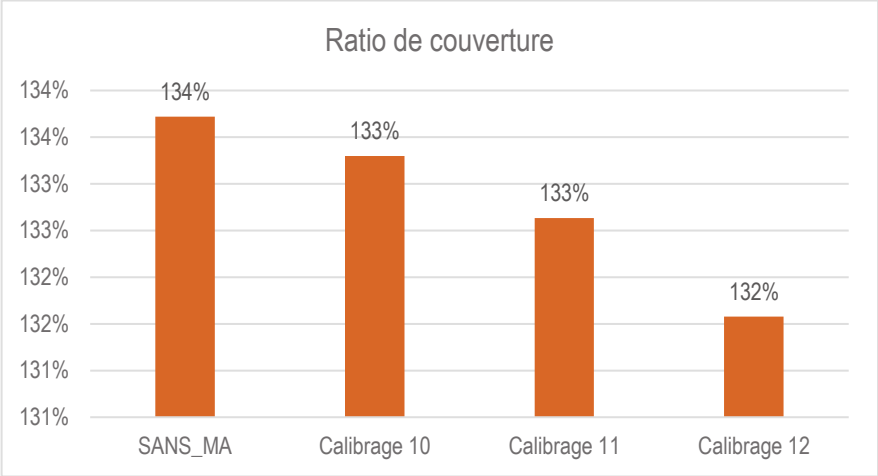


Figure 46: Evolution du ratio de couverture en fonction du calibrage du *floor*

En conséquence, le ratio de couverture diminue par rapport au cas sans MA et ce, d'autant plus que le *strike* est élevé.

Annexe 5 : démonstration de la formule de pricing du cap

La valeur théorique d'un *caplet* payé en t+1 pour le période $[t, t+1]$ est

$$PV_{Caplet}(t) = \mathbb{E}^{\mathbb{Q}}[DF(0, t+1) \times (L(t, t+1) - K)^{+}]$$

Comme le déflateur $DF(0, t+1)$ et le taux sans risque un an $L(t, t+1)$ sont corrélés il est plus facile de passer par la probabilité forward-neutre $\mathbb{Q}^{t+1}$ équivalente à $\mathbb{Q}$, associée au numéraire $B(0, t+1)$ c'est-à-dire le zéro coupon de maturité t+1. Sous la mesure $\mathbb{Q}^{t+1}$ on a

$$\begin{aligned} PV_{Caplet}(t) &= B(0, t+1)\mathbb{E}^{\mathbb{Q}^{t+1}}[(L(t, t+1) - K)^{+}] \\ &= B(0, t+1)\mathbb{E}^{\mathbb{Q}^{t+1}}\left[\left(\frac{1}{B(t, t+1)} - (1+K)\right)^{+}\right] \end{aligned}$$

Le *caplet* apparait comme un *call* sur une obligation zéro-coupon *forward* qui peut s'évaluer avec une formule de type Black & Scholes :

$$PV_{Caplet}(t) = B(0, t+1)BS_{Call}\left(t, 1+K, \frac{B(0, t)}{B(0, t+1)}, \Gamma\right)$$

Avec :

- $B\ (0, t)$ le prix en t=0 d'une obligation zéro coupon de maturité t
- Γ la volatilité de l'obligation zéro coupon *forward* dans le modèle Hull & White
- BS_{Call}, une fonction définie comme suit
  $BS_{Call}(t, K, F, \Gamma) = F\phi(d_1) - K\phi(d_2)$
  où $d_1 = \frac{\ln\left(\frac{F}{K}\right) + \frac{1}{2}\Gamma^2 t}{\Gamma\sqrt{t}}$ et $d_2 = d_1 - \Gamma\sqrt{t}$ et ϕ désigne la fonction de répartition d'une loi normale centrée, réduite.

La dynamique Hull & White du taux court utilisée dans ce mémoire s'écrit :

$$dr(t) = [b(t) - \alpha r(t)]dt + \sigma dW(t)$$

Où :

- α est le paramètre de retour à la moyenne ;
- σ est le paramètre de volatilité ;
- $b()$ est une fonction déterministe du temps calibrée pour reproduire la courbe des taux sans risque initiale.

Dans ce cadre la volatilité du prix zéro coupon *forward* s'obtient comme (PONCET.P, PORTAIT.R, [2012] « Finance de marché » chapitre 17) :

$$\Gamma = \sigma\left(\frac{1 - e^{-\alpha}}{\alpha}\right)\sqrt{\left(\frac{1 - e^{-2\alpha t}}{2\alpha}\right)}$$

Table des figures et tableaux

Tableau 1: Valorisation de l'actif et du passif selon la méthode "Fair Value" 10
Tableau 2 : Matrice de corrélations pour le module risque de marché (hausse des taux) 27
Tableau 3: Description du passif initiale de l'assureur 28
Tableau 4: Bilan comptable initial en m€ 29
Tableau 5: Plus-value latentes initiales 30
Tableau 6: Bilan Solvabilité 2 en m€ 30
Tableau 7: Comparaison du rapport entre la VIF et le SCR pour les compartiments euro et UC .. 30
Tableau 8: SCR initial en m€ 31
Tableau 9: Allocation du capital social initial de l'assureur 31
Tableau 10: Calcul des fonds propres économiques en m€ 32
Tableau 11: Allocation initiale 37
Tableau 12: Allocations actions utilisées pour l'étude de sensibilités 38
Tableau 13: Allocations immobilier utilisées pour l'étude de sensibilités 38
Tableau 14: Evolution du SCR en fonction de la part actions 39
Tableau 15: Evolution de la TVOG, de la PVFP et du BEL en fonction de la part actions 40
Tableau 16: Evolution du SCR en fonction de la part d'immobilier 42
Tableau 18: Evolution de la TVOG, de la PVFP et du BEL en fonction de la part d'immobilier 42
Tableau 19: Allocations croisées étudiées pour l'étude de sensibilités 44
Tableau 20: Evolution du SCR en fonction de l'allocation d'actifs 45
Tableau 21: Evolution de la TVOG, PVFP et BEL en fonction de l'allocation d'actifs 45
Tableau 22: Allocation du portefeuille d'actifs utilisée pour la MA1 (action du management basée sur l'allocation fixe) 46
Tableau 23: Processus d'achat/vente d'actifs pendant l'étape de rebalancement 48
Tableau 24: Calibrages étudiés 49
Tableau 25: Evolution du SCR en fonction des bornes de flottement de la part actions 50
Tableau 26 : Nombre de déclenchements, en fonction des bornes de flottement de la part actions 51
Tableau 27 : Evolution de la TVOG, de la PVFP et du BEL en fonction des bornes de flottement de la part actions 51
Tableau 28: Taux de rachats conjoncturels après choc action sur les 11 premières années 53
Tableau 29: Proportion de TRA inférieurs au TMG moyen (0,6%) sur les dix premières années .. 55
Tableau 30: Effet d'une variation de taux en fonction de la duration 56
Tableau 31: Variation du SCR en fonction de l'écart de duration autorisé 61
Tableau 32: Comparaison entre la somme des participations aux bénéfices moyennes sans management action et avec $E = -5\ ans$ 62
Tableau 33: Evolution du TRA en fonction de l'écart de duration autorisé 64
Tableau 34 : Evolution de la TVOG, PVFP et BEL en fonction de l'écart de duration autorisé 65
Tableau 35: Valorisation du Cap par simulation 69
Tableau 36 : Calibrations utilisées pour la sensibilité à la maturité 70
Tableau 37: Evolution du SCR en fonction de la maturité du *cap* 70
Tableau 38: Evolution de la PVFP et du BEL en fonction de la maturité du cap 71
Tableau 39: Calibrages utilisés pour la sensibilité au *strike* 72
Tableau 40: Evolution du SCR en fonction du *strike* du *cap* 73
Tableau 41: Evolution du SCR en fonction du *strike* du *cap* 73
Tableau 42: Evolution du BEL et de la PVFP en fonction du *strike* du *cap* 74
Tableau 43: Rappel des management actions pour le reste de l'étude 75
Tableau 44: Méthodes de projection des indicateurs 78

Tableau 45: Ecart entre les indicateurs estimés et les valeurs obtenues par calcul complet 79
Tableau 46: Rappel des management actions et des notations associées 81
Tableau 47: Effet de la combinaison des MA sur le ratio de couverture 82
Tableau 48 : Evolution du SCR taux d'intérêt (en m€) dans le scénario central 84
Tableau 49: Modification de l'allocation d'actifs et impacts sur la PVFP et le ratio de couverture suite à la mise en place de la MA1 89
Tableau 50 : Impact de la MA2 sur la PVFP et le ratio de couverture..... 90
Tableau 51: Impact de la MA3 sur la PVFP et le ratio de couverture 91
Tableau 52: Impact de la MA4 sur la PVFP et le ratio de couverture 92
Tableau 53: Evolution du ratio de couverture selon les scénarios 93
Tableau 54: Evolution de la VIF selon les scénarios 94
Table 55 : Reallocation of assets and impacts on PVFP and coverage ratio after the setting of MA1 96
Table 56 : Impact of MA2 on PVFP and coverage ratio..... 97
Tableau 57: Impact of MA3 on PVFP and coverage ratio..... 98
Table 58: Management actions definitions..... 99
Table 59 :Coverage ratio evolution, in the three interest rates scenarios 100
Table 60: VIF Evolution, in the three interest rate scenarios..... 100
Tableau 61: Calibrages utilisés pour l'achat d'un *floor* 106
Tableau 62: Evolution de la PVFP du BEL et du SCR en fonction du strike du *floor* acheté..... 106

Figure 1: Architecture de Solvabilité 2 en 3 piliers (source : Balagourou. B [2014]) 9
Figure 2: Bilan économique d'un assureur..... 11
Figure 3 : Contrainte règlementaire sur la capital disponible..... 12
Figure 4 : Travaux requis par le pilier 1 12
Figure 5: Evolution du TRA et du taux de participation aux bénéfices pour les 12 principaux assureurs français (source ACPR [2017])..... 13
Figure 6: Architecture du modèle actif passif 17
Figure 7: Déroulement du vieillissement du bilan 18
Figure 8: Algorithme du mécanisme de participation aux bénéfices..... 19
Figure 9: Calcul de la TVOG 22
Figure 10: Structure modulaire du calcul de SCR (source : Balagourou. B [2014])..... 26
Figure 11: Répartition de la provision mathématique du fonds euros par TMG 28
Figure 12: Répartition des actifs en valeur de marché 29
Figure 13: Evolution du ratio de couverture en fonction de la part actions..... 39
Figure 14 : Evolution du TRA en fonction de la part actions..... 39
Figure 15 : Evolution de la moyenne Monte Carlo des produits financiers selon l'allocation actions 40
Figure 16: Evolution du ratio de couverture en fonction de la part d'immobilier..... 41
Figure 17 : Evolution du TRA en fonction de la part d'immobilier..... 42
Figure 18: Evolution du ratio de couverture en fonction de l'allocation d'actifs 44
Figure 19: Evolution du TRA en fonction de l'allocation d'actifs 45
Figure 20: Evolution du ratio de couverture en fonction des bornes de flottement de la part actions 50
Figure 21: Evolution du TRA en fonction des bornes de flottement de la part actions..... 50
Figure 22 : Evolution de l'allocation action après choc sur la valeur des actions (formule standard) 52
Figure 23 : Evolution du delta de flux BEL choqué entre le cas MA (+/-3%) et sans MA..... 52
Figure 24: Taux de rachats conjoncturels après choc action 53

Figure 25: Impacts de l'augmentation des rachats sur le BEL 53
Figure 26: Comparaison de la valeur des *floorlets* pour 1 € de Provision mathématique après choc sur les actions 54
Figure 27: Interaction entre l'allocation obligataire et flux de passif 57
Figure 28: Evolution du ratio de couverture en fonction de l'écart de duration autorisé 60
Figure 29: Explication de la variation du SCR longévité pour la management action gestion de la duration 62
Figure 30: Taux de rachat conjoncturel avant et après choc de baisse des rachats structurels, pour la simulation avec fermeture du gap de duration 63
Figure 31: Taux de rachat conjoncturel avant et après choc de baisse des rachats structurels pour la simulation sans MA 63
Figure 32: Evolution de la moyenne des scénarios de taux 10 ans sur les 40 années de projection 64
Figure 33: Comparaison de la valeur des *floorlets*, liés à l'option de TMG 65
Figure 34: Evolution du TRA en fonction de la maturité du *cap* 71
Figure 35: Evolution du ratio de couverture en fonction de la maturité du *cap* 72
Figure 36: Evolution du TRA en fonction du *strike* du *cap* 74
Figure 37: Courbe des taux initiale en fonction du scénario 76
Figure 38: Méthode de vieillissement du bilan pour le scénario central 80
Figure 39 : Méthode de vieillissement du bilan 80
Figure 40: Evolution du ratio de couverture sur cinq ans dans le scénario central 82
Figure 41: Evolution du ratio de couverture sur cinq ans dans le scénario 1 83
Figure 42: Evolution du ratio de couverture sur cinq ans dans le scénario 2 83
Figure 43: Evolution de la VIF (en m€) sur cinq ans dans le scénario central 84
Figure 44: Evolution de la VIF (en m€) sur cinq ans dans le scénario 1 85
Figure 45: Evolution de la VIF (en m€) sur cinq ans dans le scénario 2 85
Figure 46: Evolution du ratio de couverture en fonction du calibrage du *floor* 106

Bibliographie

ACPR (2017) *« Assurance vie en France et environnement de taux bas »*

ANSAR.A (2013) *« Optimisation du capital économique dans un cadre ORSA »*, Mémoire d'actuaire

AUBRY.L (2011) *« Optimisation de stratégies de gestion actif-passif dynamiques »*, Mémoire d'actuaire

BAETA.I (2015) *« Environnement de taux bas : problématique de gestion actif-passif d'un fonds de pension helvétique»,* Mémoire d'actuaire

BALAGOUROU.B (2013) *« Détermination du SCR New Business et analyse de l'impact sur la profitabilité »*, Mémoire d'actuaire

CEIOP (2009) *« Level 2 Implementing Measures on Solvency II:Technical Provisions - Assumptions about Future Management Actions »*

CEIOP (2010) *« QIS5 Technical Specifications »*

DA SILVA.A (2014) *« Mise en œuvre opérationnelle de stratégie pilotées ALM pour un contrat d'Epargne euro »*, Mémoire d'actuaire

EIOPA (2015) : Actes délégués

GERBER.G (2010) *« Allocation d'actifs sous Solvabilité 2 : cas de l'assurance vie épargne »*, Mémoire d'actuaire

GERONDEAU.E (2017) *« Ratio de couverture Solvabilité II d'un contrat d'épargne en euros, quels leviers de pilotage pour l'assureur ? »,* Mémoire d'actuaire

Institut des Actuaires (2016): Groupe de Travail Best Estimate Liabilities Vie *« Exemples de pratiques actuarielles applicables au marché français »*

InsuranceERM (2012) « *Insurers face challenges on management actions* »

MICHEL.L (2015) *« Impacts de management actions sur des indicateurs de risque et de rentabilité dans le cadre d'un contrat d'épargne Euro »*, Mémoire d'actuaire

PONCET.P, PORTAIT.R (2012) *« Finance de marché »*

RADI.R (2015) *« Valorisation des options et garanties par formules fermées dans le cadre d'un modèle ORSA »*

UNG.A *« Apparition de nouveaux indicateurs de risque dans les études d'allocation stratégique »*, Mémoire d'actuaire

XAVIER GRAZINA.J (2016) *« Modélisation des management actions sur les fonds propres économiques d'une compagnie d'assurance »*, Mémoire d'actuaire