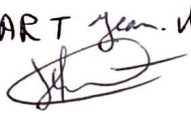




**Mémoire présenté le :  
pour l'obtention du diplôme  
de Statisticien Mention Actuariat  
et l'admission à l'Institut des Actuares**

Par : Jean Lagorce	
<b>Titre du mémoire : Garantie plancher en cas de décès sur des contrats d'assurance vie</b>	
Confidentialité : <input checked="" type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/> OUI (Durée : <input type="checkbox"/> 1 an <input type="checkbox"/> 2 ans)	
Les signataires s'engagent à respecter la confidentialité indiquée ci-dessus.	
<u>Membres présents du jury de la filière :</u>	Signature : <u>Entreprise :</u>  Nom : PREPAR-VIE Assurance  Signature :  <u>Directeur de mémoire en entreprise</u>
<u>Membres présents du jury de l'Institut des Actuares :</u>	Signature : Nom : HECART Jean-Marie Signature :   <u>Invité :</u> Nom : Signature :  <b>Autorisation de publication et de mise en ligne sur un site de diffusion de documents actuariels (après expiration de l'éventuel délai de confidentialité)</b> <u>Signature du responsable entreprise :</u>    <u>Signature du candidat :</u> 



## Résumé

Le secteur de l'assurance épargne-retraite, représenté par des contrats d'assurance-vie totalisant 1 479 milliards d'euros au premier trimestre 2023, fait face à des défis complexes liés à la modélisation pour respecter les engagements envers les assurés et les normes réglementaires. Comprendre les produits, de la conception à la commercialisation est crucial, avec des hypothèses cohérentes pour tarifier, provisionner et modéliser les événements futurs.

L'analyse se concentre sur le coût en capital lié à l'intégration d'une garantie plancher en cas de décès sur l'encours total de l'assuré. Cette garantie protège le souscripteur contre le risque de baisse de son épargne, assurant un capital aux bénéficiaires en cas de décès. Trois scénarios examinés mettent en évidence l'impact de l'absence de garantie, de l'exposition réelle de la société à cette garantie, et d'une éventuelle évolution de cette exposition. La tarification de la garantie considère des variables influentes telles que la proportion d'actif risqué, le rendement, la volatilité des actifs, et le taux de décès. La modélisation du portefeuille de contrats, intégrant les mécanismes actifs/passifs, vise à valoriser les engagements assureur/assuré. Les résultats indiquent que l'ajout de la garantie plancher peut considérablement impacter le ratio de solvabilité de l'assureur.

L'étude souligne également l'impact des règles de gestion du modèle sur la distribution des participations aux bénéficiaires et la variation du taux moyen servi. Les sensibilités aux paramètres de marché et de souscription mettent en évidence les variations du Best Estimate entre les scénarios central et élargi, soulignant l'importance de prendre en compte différentes hypothèses pour évaluer le risque global.

**Mots clefs** : Assurance épargne-retraite, modélisation, garantie plancher, engagements et normes réglementaires, Best Estimate

## Abstract

The sector of savings and retirement insurance, represented by life insurance contracts totaling 1.479 billion euros in the first quarter of 2023, is grappling with intricate challenges related to modeling in order to fulfill commitments to policyholders and adhere to regulatory standards. A comprehensive understanding of products, from conceptualization to commercialization, is paramount, necessitating consistent assumptions for pricing, provisioning, and forecasting future events.

The analysis specifically delves into the capital cost associated with incorporating a death floor guarantee on the total outstanding balance of the insured. This guarantee shields the policyholder from the risk of a decline in savings, ensuring capital for beneficiaries in the event of death. Three scrutinized scenarios illuminate the impact of the absence of a guarantee, the actual exposure of the company to this guarantee, and a potential evolution of this exposure. Pricing the guarantee takes into account influential variables such as the proportion of risky assets, yield, volatility of assets, and the death rate.

The modeling of the contract portfolio, integrating asset/liability mechanisms, seeks to evaluate the value of insurer/insured commitments. The findings suggest that the addition of the death floor guarantee can significantly affect the solvency ratio of the insurer. The study also underscores the influence of model management rules on the distribution of profit participations and the average served rate. Sensitivities to market and subscription parameters illuminate variations in the Best Estimate between central and expanded scenarios, underscoring the importance of considering diverse assumptions to assess overall risk.

**Key-words** : retirement savings insurance, modeling, floor guarantee, commitments and regulatory standards, Best Estimate

# Note de synthèse

Les assureurs détenant des contrats d'assurance épargne - retraite se posent des questions sur les choix de modélisation nécessaires pour pouvoir honorer les engagements pris envers les assurés dans le futur et respecter les exigences réglementaires. Les contrats en assurance-vie, plus précisément en épargne retraite, représentent un encours de 1 479 Md€<sup>1</sup> au T1 2023. Les acteurs doivent maîtriser leurs produits de la construction à la commercialisation pour connaître les caractéristiques des engagements sous-jacents. Les hypothèses retenues pour tarifier, provisionner et modéliser les événements pouvant survenir durant la vie des contrats restent un enjeu majeur.

Les principaux risques auxquels sont soumis les assureurs vie sont le risque de marché et de souscription dans le référentiel Solvabilité II. Ce mémoire se concentre sur le coût en capital S2 de l'ajout d'une garantie plancher en cas de décès sur la totalité de l'encours du contrat. Une garantie plancher en cas de décès permet au souscripteur du contrat de se couvrir contre le risque d'une baisse de son épargne et aux bénéficiaires de leur garantir un capital à son décès. Pour calculer l'exigence en capital, trois scénarios ont été étudiés : le premier ne possède aucun contrat à garantie plancher, le second représente l'exposition réelle de la société à cette garantie et le troisième représente une possible évolution de l'exposition réelle.

La tarification de cette garantie a été abordée pour permettre de cerner les variables influentes sur la modélisation et donc sur la marge de l'assureur. Lorsque la tarification est fixée, la marge reste stable dans le temps, alors que les pertes liées à la garantie plancher peuvent évoluer (sans couverture financière). Les hypothèses financières (proportion d'actif risqué, rendement et volatilité des actifs considérés) et les hypothèses biométriques (taux de décès) influent sur les pertes potentielles de l'assureur au cours de la durée de vie du contrat. Par ailleurs, d'autres éléments comme l'âge ou la part d'actif risqué impactent le montant provisionné par l'assureur au titre de la garantie plancher.

Généralement, lors de la modélisation d'une garantie plancher dans un modèle ALM, les chargements sont fixés pendant la projection, alors que les pertes liées au versement des prestations de garanties peuvent évoluer avec les hypothèses retenues pour la projection. En faisant varier les paramètres permettant de quantifier le risque couvert par cette garantie plancher, on se rend compte que les  $VaR_{95\%}$  peuvent être proches, tandis que les pertes maximales diffèrent.

Le graphique suivant montre la répartition marge/sinistre dans le cadre défini lors de la tarification sur deux scénarios, un central et un correspondant à une volatilité plus élevée (scénario stressé).

---

1. Source : Banque de France

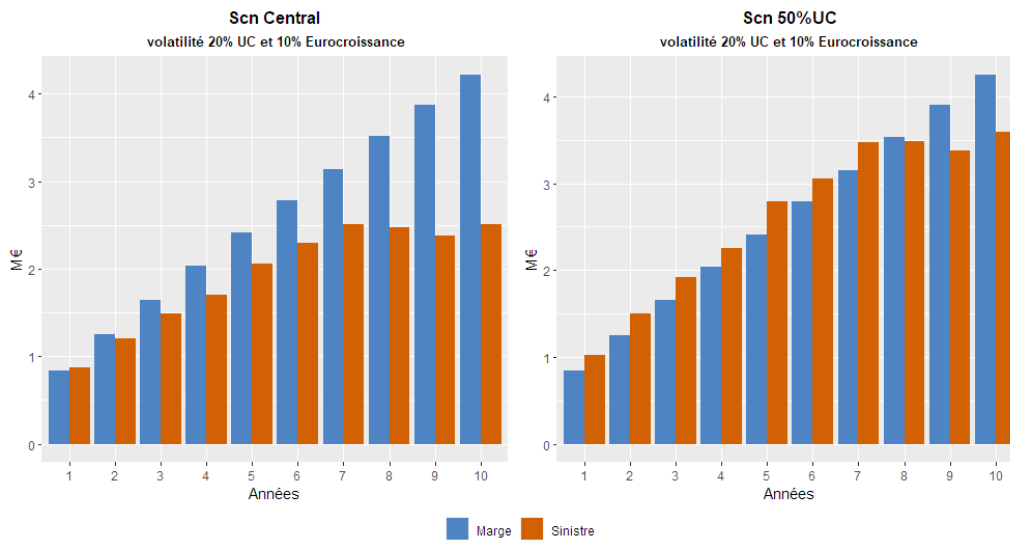


FIGURE 1 – Répartition Marge et Sinistre (Scénario Stress)

La répartition des investissements au sein de la PM totale influence le montant des prestations et le provisionnement de cette garantie plancher. Pour quantifier le coût en capital, une modélisation ALM est nécessaire pour valoriser les options et garanties détenues par l'assureur.

Les détails relatifs à la modélisation d'un portefeuille de contrat ont été décrits (comportement assuré et modélisation des marchés financiers) avec ses principaux mécanismes actifs/passifs, ce qui permet de modéliser les valeurs actuelles probables de l'engagement assureur/assuré.

La projection des flux constituant la meilleure estimation du passif a été décrite pour permettre de modéliser l'exigence de capital S2, le SCR. Les prestations liées à cette garantie plancher ont été modélisées dans le compte de résultat technique, impactant directement le résultat de l'assureur dans la projection ALM.

Les analyses ont été faites sur la totalité du passif rattaché à l'Actif Général (hors Euro-croissance) pour donner une indication du risque de ce type de garantie sur la totalité d'un canton. Trois scénarios ont été envisagés dans l'étude :

Scn 1 : central	Aucun contrat sur l'Actif Général ne possède la garantie
Scn 2 : réel	Les contrats commercialisés depuis 2020 possèdent la garantie
Scn 3 : élargi	La totalité des contrats rattachés à l'Actif Général possède la garantie

Les analyses se sont concentrées sur les Scn 1 et 3, car les résultats du Scn 2 n'étaient pas pertinents au regard du Scn 1. Le calcul du BE a permis de montrer la déformation de certaines variables dans la projection, comme le taux servi pour honorer les engagements envers les assurés.

Le graphique suivant montre l'évolution du taux servi moyen sur l'Actif Général dans la projection entre le scénario central et élargi. En moyenne, le scénario élargi sert 0,39 % de plus que le scénario central.

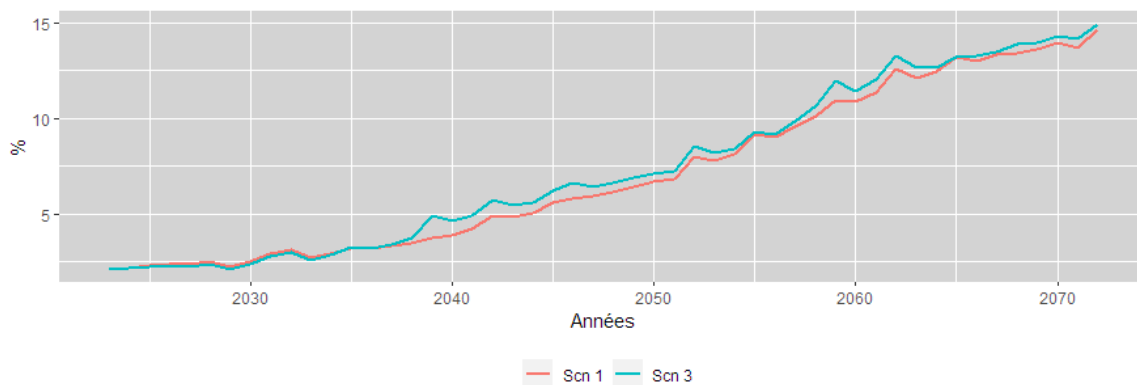


FIGURE 2 – Taux moyen servi, Scn 1 - 3

Les variations de taux servi s'expliquent par les règles de gestion du modèle, qui ont aussi une influence notable sur la vente des actifs en portefeuille pour permettre de payer les prestations. De plus, la variation de distribution de la PBB dans la projection impacte le taux servi sur l'Actif Général.

Les SCR marché et Souscription vie ont été calculés ainsi que l'exigence en capital globale de canton Actif Général avec les hypothèses datant de décembre 2022.

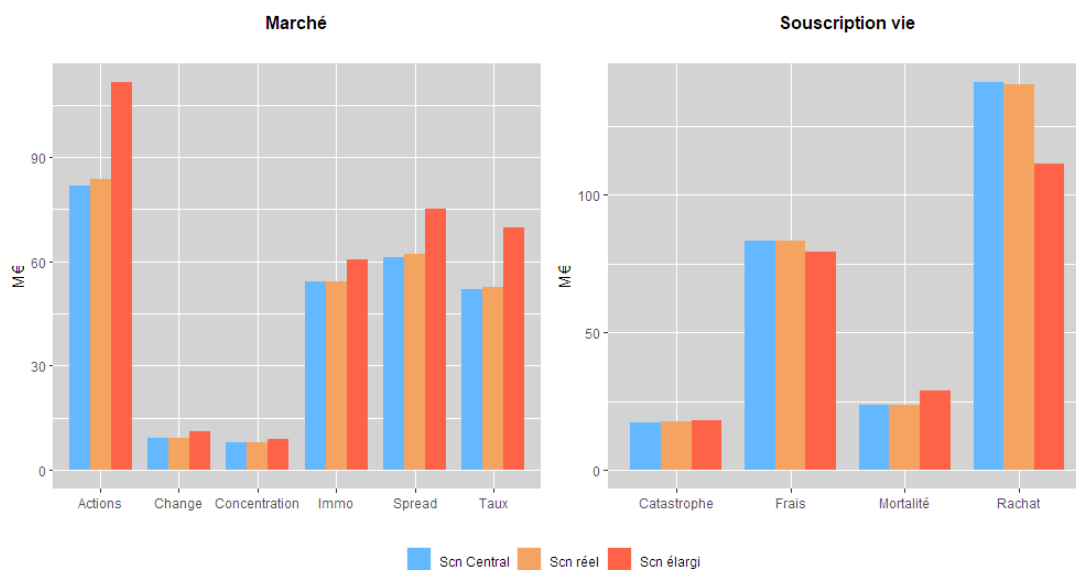


FIGURE 3 – Résultats SCR marché et souscription vie

L'exigence de capital S2 a été calculée pour matérialiser le risque porté par l'assureur dans le temps. Les capitaux requis peuvent augmenter jusqu'à 42 M€ dans le Scn élargi. Avec les hypothèses retenues pour faire les calculs, la garantie plancher modélisée peut faire diminuer le ratio de solvabilité de 30 %. La plus grosse variation est attribuée au SCR action dans le Scn élargi, il augmente de presque 30 M€ (36,7 %) par rapport au Scn central.

La distribution de participation aux bénéfices est affectée dans le Scn élargi. Le résultat comptable comptabilise les prestations payées au titre de la garantie plancher, il se ré-équilibre en réalisant des plus values comptables.

Les graphiques ci-dessous affichent les résultats des sensibilités à des paramètres de marché/souscription pour mesurer les variations du *Best Estimate* entre les scénarios central et élargi.

Référence	BE (M€)	$\Delta\%$ BE	Référence	BE (M€)	$\Delta\%$ BE
Scn 1	5 745	0	Scn 1	5 745	0
Scn 3	5 846	1,75	Scn 3	5 846	1,75
Hausse +100 bps	BE (M€)	$\Delta\%$ BE	Baisse 50% Actions	BE (M€)	$\Delta\%$ BE
Scn 1	5 574	0	Scn 1	5 687	0
Scn 3	5 657	1,5	Scn 3	5 789	1,8
Baisse -50 bps	BE (M€)	$\Delta\%$ BE	Volatilité Action 20 %	BE (M€)	$\Delta\%$ BE
Scn 1	5 854	0	Scn 1	5 800	0
Scn 3	5 969	2	Scn 3	5 915	2
Taux de décès : +20 %	BE (M€)	$\Delta\%$ BE	Volatilité Action 30 %	BE (M€)	$\Delta\%$ BE
Scn 1	5 838	0	Scn 1	5 845	0
Scn 3	6 297	7,9	Scn 3	5 966	2,1

Concernant la meilleure estimation du passif, les plus grosses variations (en montant) sont attribuées au changement d'hypothèse de mortalité (+ 7,9 %), au choc de rachat massif (+ 7,9 %) et à une hausse des taux couplée au choc de rachat de masse S2 (+ 6,9 %).



## Remerciements

Je tiens à remercier l'ensemble des personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire. Un grand merci à Jean-Marc Hécart pour ses conseils, remarques et ses relectures ainsi qu'à Cyril Mouton pour son aide.

Je remercie également l'ensemble des membres des équipes ALM, risques et investissements pour leur bienveillance.

Je tiens à remercier mon tuteur académique, Thomas Debais pour son accompagnement durant mon cycle au sein de l'ISUP.

Enfin, je souhaite remercier mes parents, ma soeur Marie et mon cousin Pierre pour m'avoir soutenu pendant mes études, sans qui rien de tout cela n'aurait été possible.

# Table des matières

Note de synthèse	1
Introduction	8
<b>I Généralités et Contexte réglementaire</b>	<b>9</b>
<b>1 Cadre réglementaire</b>	<b>10</b>
1.1 Bilan prudentiel . . . . .	11
1.2 Exigences de capital . . . . .	12
1.3 Modules de risque S2 . . . . .	17
<b>2 La garantie plancher dans un contrat d'assurance vie</b>	<b>24</b>
2.1 Les différents types de contrats . . . . .	24
2.2 Définition d'une garantie plancher . . . . .	27
2.3 Tarification . . . . .	29
2.4 Provisionnement . . . . .	39
<b>II Impact sur le calcul de Best Estimate</b>	<b>45</b>
<b>3 Modèle de projection actif/passif</b>	<b>46</b>
3.1 Modélisation théorique du <i>Best Estimate</i> . . . . .	46
3.2 Modélisation de l'actif . . . . .	47
3.3 Modélisation du passif . . . . .	51
3.4 Modélisation du comportement des assurés . . . . .	55
3.5 Projection ALM . . . . .	59
<b>4 Calcul du <i>Best Estimate</i></b>	<b>62</b>
4.1 Projection des flux de BE . . . . .	62
4.2 Calcul du BE . . . . .	69
<b>III Impact sur le SCR et sensibilités</b>	<b>74</b>
<b>5 Construction du SCR</b>	<b>75</b>
5.1 Calcul des différents modules de risques . . . . .	75
5.2 Calcul du SCR . . . . .	78
5.3 Indicateurs de rentabilité . . . . .	79

<b>6 Sensibilités</b>	<b>81</b>
6.1 Courbe des taux . . . . .	82
6.2 Risque de marché . . . . .	85
6.3 Risque de souscription . . . . .	88
<b>Conclusion</b>	<b>92</b>
<b>A Provisionnement : Méthode des puts</b>	<b>94</b>
<b>B Sensibilité et Convéxité</b>	<b>96</b>
<b>C Marge pour risque (<i>Risk Margin</i>)</b>	<b>97</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>99</b>

# Introduction

Historiquement, l'assurance vie permet de protéger l'épargne des assurés grâce aux options et garanties présentes dans les contrats. Les assureurs ont eu une période de taux bas qui a remis en cause leur modèle économique, avec des taux nets servis pouvant se rapprocher de l'inflation ou du livret A. D'autres produits ont vu le jour permettant de diversifier les investissements en Fond Euro, les unités de comptes et les fonds eurocroissance. Fin juin 2023, l'encours total français sous gestion représente 1911 Md€<sup>2</sup>.

Depuis 2016, Solvabilité II définit un cadre permettant de quantifier le coût en capital de la commercialisation de contrat d'assurance avec la construction d'un bilan en valeur de marché. Le calcul des provisions techniques *Best Estimate* nécessite la projection des contrats détenus en portefeuille, et des interactions actif/passif. Pour les contrats possédant des taux de revalorisation garantie, dépendant des marchés financiers et des options contractuelles (rachats, garanties) il est nécessaire de valoriser ces caractéristiques en conformité avec la réglementation, à l'aide d'un générateur de scénario économique et d'un modèle de projection.

Le coeur de ce mémoire est la modélisation d'une garantie plancher en cas de décès dans le modèle ALM, pour matérialiser le coût en fonds propres S2 de cette garantie. Le sujet de ce mémoire a été motivé par une recommandation de la fonction actuarielle courant 2022.

La première partie pose le cadre réglementaire pour pouvoir construire le bilan économique de l'assureur, et définit le principe de garantie plancher avec les principaux risques auxquels l'assureur peut être exposé, la tarification et son provisionnement sont aussi abordés. La deuxième partie apporte le cadre de modélisation ALM et formalise les hypothèses retenues. Enfin, la dernière partie contient le coût en capital induit par cette garantie, avec des sensibilités à des paramètres de marchés/souscription.

---

2. Les chiffres sont issus d'un communiqué de France Assureurs de juillet 2023

Première partie

Généralités et Contexte réglementaire

# Chapitre 1

## Cadre réglementaire

Solvabilité II introduit différents éléments permettant d'avoir un régime de solvabilité et de surveillance harmonisé au sein de l'UE. Solvabilité II est un ensemble de règles qui s'applique aux entreprises exerçant une activité d'assurance dans les pays membres de l'Union Européenne. Parmi ces règles on retrouve la construction d'un bilan prudentiel servant à calculer des exigences de capital, base de calcul du ratio de solvabilité des compagnies d'assurance.

Le passage d'un bilan Solvabilité I à Solvabilité II permet aux assureurs d'avoir une vision plus précise de leur profil de risque. Les exigences de prudence ne sont plus forfaitaires, elles dépendent de la nature de l'activité d'assurance, des options et garanties des contrats. Au sein des provisions techniques, les assureurs calculent des provisions mathématiques (PM) qui correspondent à la différence entre la valeur actuelle probable des engagements de l'assureur et de l'assuré.

Pour refléter une vision claire et fidèle des activités d'assurance, le référentiel S2 s'articule autour de 3 piliers fondamentaux :

- **Pilier 1, Exigences quantitatives** : Provisions techniques (*Best Estimate* + Marge pour risque), Exigences en capital, règles d'investissement et exigences de fonds propres. Ce pilier pose les normes quantitatives utilisées dans ce mémoire.
- **Pilier 2, Exigences qualitatives** : règles de gouvernance et gestion des risques unifiés au sein des sociétés soumises à S2. La production de rapport narratif par les acteurs du marché permet d'informer le régulateur et d'apporter une transparence sur les risques encourus. Le système de gouvernance repose sur quatre fonctions clés visant à garantir transparence et efficacité :
  - Fonction gestion des risques
  - Fonction actuarielle
  - Fonction d'audit interne
  - Fonction conformité
- **Pilier 3, transparence et reporting** : Communication avec le superviseur et le public. Le superviseur des assurances est l'Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution (ACPR) en France. Les obligations de diffusion annuelles de rapport au superviseur (RSR<sup>1</sup>) et au public (SFCR<sup>2</sup>) permettent d'informer et de suivre l'évolution des différents risques.

---

1. RSR : Rapport régulier au contrôleur

2. SFCR : Rapport sur la solvabilité et la situation financière, destiné au public

### 1.1 Bilan prudentiel

La construction du bilan prudentiel est détaillée dans le Règlement Délégué (RD).

L'actif est comptabilisé à sa juste valeur, en valeur de marché, pour être en cohérence avec les marchés financiers lors de la construction du bilan (Article 10).

Pour des sociétés d'assurance française, le bilan comptable et le bilan Solvabilité II (bilan économique) diffèrent. En opposition avec la prudence comptable, l'évaluation des actifs en valeur de marché permet de constater la variation de prix des actifs détenus en portefeuille (Article 10).

Le passif est évalué grâce à une vision *Best Estimate* (BE) pour refléter au mieux les engagements des assureurs. Les provisions techniques constituent une grosse partie du bilan des assureurs, elles correspondent au montant nécessaire pour honorer les engagements envers les assurés. Les assureurs calculent la valeur actuelle probable des flux de trésoreries futurs avec des hypothèses courantes/actualisées (Article 22), pour constituer les provisions mathématiques. Les provisions mathématiques correspondent à la différence entre la valeur actuelle probable des engagements de l'assureur et de l'assuré, en utilisant des modèles prenant en compte les options, garanties liées aux contrats détenus. Ces modèles utilisent des méthodes de pricings de produits dérivés, aussi utilisés sur les marchés financiers. L'utilisation de ces modèles permet de modéliser le sous-jacent sur lequel l'assureur a investi les primes issues des contrats et matérialisé l'engagement envers l'assuré.

L'argent investi par les assurés est matérialiser sous forme de provision qui dépend des engagements de l'assureur et l'assuré. Au sein des provisions techniques, on retrouve un autre poste, appelé marge pour risque qui correspond aux coûts de l'immobilisation du capital investi, qui serait nécessaire pour honorer et reprendre les engagements de l'assureur dans le futur (Article 37).

Les fonds propres (Article 71-78) sont obtenus en faisant la différence entre l'actif en valeur de marché et la meilleure estimation des provisions techniques au passif. Ils contiennent le capital social ainsi que la dette de l'entreprise classée en 3 tiers, utile pour le calcul des exigences de capital requises par Solvabilité II. Le tiers 1 regroupe les réserves qui doivent être disponibles totalement et sans aucune limite, le second celles disponibles sous condition, et le dernier toutes celles qui ne sont pas classées dans les deux premiers tiers.

Le calcul des différents postes du bilan va permettre de calculer des SCR qui définissent la solvabilité des assureurs en norme S2. Le principe central est le calcul de la "meilleure estimation" des engagements, pris par les assureurs et les assurés. Le calcul du SCR peut se faire en formule standard, préconisé par la réglementation S2, ou par un modèle interne complet ou partiel, après accord avec l'ACPR.

Dans un second temps, S2 insiste sur le principe de prudence, fiabilité dans le calcul des postes du bilan. Les hypothèses et les scénarios actuels et futurs ont une importance significative sur la valeur des postes du bilan économique.

## 1.2 Exigences de capital

Le pilier I énonce les pratiques de calculs de capital réglementaire, il permet de quantifier les risques présents dans les contrats. Il définit deux exigences de capital incluses dans les fonds propres du bilan prudentiel. Les montants minimum de fonds propres que les assureurs doivent posséder pour faire face à la réalisation de certains risques dans le futur sont :

- le **SCR** : *Solvency Capital Requirement* correspond au capital nécessaire pour absorber un risque majeur. Il se définit comme le montant en capital nécessaire pour limiter la probabilité de ruine à 0.5% à un an, soit une ruine tout les 200 ans. On peut le définir comme le quantile d'ordre 99.5%

- le **MCR** : *Minimum Capital Requirement* correspond à une fonction linéaire calibrée sur la valeur des fonds propres de base, avec un niveau de confiance de 85% à horizon un an. Il s'agit d'un sous ensemble de provisions techniques, primes souscrites, capital sous risque, impôts différés et dépenses administratives (Article 278 du RD).

Ces deux montants sont calculés à partir du bilan économique de l'entreprise et leurs principes de calculs sont définis dans le pilier I. Le calcul des exigences de capital est détaillé dans la directive S2 (PARLEMENT EUROPÉEN et CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE, 2009)

### Éléments de calcul de SCR (formule standard) :

Nous allons détailler le calcul du SCR, indicateur important pour les compagnies d'assurances, qui permet de suivre la stabilité financière de l'entreprise. Les compagnies d'assurance doivent calculer leur SCR à plusieurs périodes de l'année, en annuel et trimestriel. Si une situation de stress pour la société est constatée, le calcul peut être fait en mensuel pour suivre l'évolution de l'exposition au risque de la compagnie. Le calcul du SCR se fait sur l'hypothèse d'une continuité d'exploitation (Article 7 du RD), il doit prendre en compte l'ensemble du portefeuille détenu par l'entreprise, ainsi que la souscription des nouveaux portefeuilles/risques attendue sur 12 mois.

La construction du SCR se fait par l'agrégation de module de risques. On retrouve dans la directive S2 une cartographie de risques qui est sensée reproduire une image fidèle des risques encourus par une société d'assurance.

Le capital de solvabilité requis correspond à la somme du Capital de solvabilité de base (BSCR), du risque opérationnel et de l'ajustement pour risque (Adj). Le BSCR est le montant global nécessaire pour absorber l'ensemble des risques. Le risque opérationnel correspond aux risques identifiés par l'entreprise et non intégrés à la formule standard, on peut y retrouver le risque de réputation, ou de distribution pour une société d'assurance vie par exemple.

S2 permet aux assureurs d'utiliser deux options permettant d'absorber les chocs des différents SCR,  $Adj = Adj(PT) + Adj(ID)$

- Adj(PT), **l'ajustement des provisions techniques**. Il correspond à la différence entre la meilleure estimation des flux de passifs projetés (BE) et la meilleure estimation des flux de passifs projetés au taux garanti (BEG), cette différence est appelée la *Future Discretionary Benefit* (FDB) et correspond au montant qui n'est pas garanti à l'assuré en date de calcul. Ce levier concerne les activités concernées par une participation aux bénéfices uniquement. L'ajustement pour provision technique correspond au minimum entre la FDB et la différence des SCR bruts (BSCR) et nets (nBSCR). Les SCR bruts sont calculés sans le mécanisme



## CHAPITRE 1. CADRE RÉGLEMENTAIRE

de participations aux bénéficiaires, alors que les SCR nets le prennent en compte. On obtient  $Adj(PT) = \min(BSCR - nBSCR; FDB)$ .

- **Adj(ID), l'ajustement lié aux impôts différés.** Après un choc SCR, l'assureur payera moins d'impôts dans le futur (le bilan est impacté négativement, noté Adj bilan), le montant à recouvrer correspond à la variation des impôts qui résulterait de cette perte, noté Adj notionnel. L'EIOPA distingue deux composantes d'impôts différés : pour un poste de bilan, on distingue les impôts différés actifs (IDA) (respectivement impôts différés passif (IDP)) si la valeur fiscale est inférieure (supérieure) à la valeur de marché. Ils correspondent à la différence entre valeur fiscale et marché multiplié par le taux d'imposition en vigueur. On obtient  $Adj(ID) = \min( ID\ bilan + ID\ notionnel ; SCR_{post\ impôt})$ , le  $SCR_{post\ impôt}$  correspond à l'exigence de capital prenant en compte un taux d'impôt.

On définit la NAV (Net Asset Value) comme les fonds propres économiques, ils correspondent à l'actif diminué des provisions au passif :  $NAV = Actif - BE$ . Ils permettent de calculer le capital réglementaire associé au risque des sous modules de risques. Le calcul d'un BSCR est défini comme l'agrégation des SCR de chaque sous module de risque. La somme requise de capitaux propres par module de risque est calculée comme la différence de NAV entre deux situations : la situation non choquée dite normale, et la situation choquée, correspondant à une situation de risque important pour le sous module. La formule standard regroupe six grands modules de risques :

- Marché
- Santé
- Contrepartie
- Souscription vie
- Souscription non-vie
- Intangible

Les catégories marché, santé, vie et non vie sont composées en sous modules de risques, qui forme une pyramide modulaire de risques :

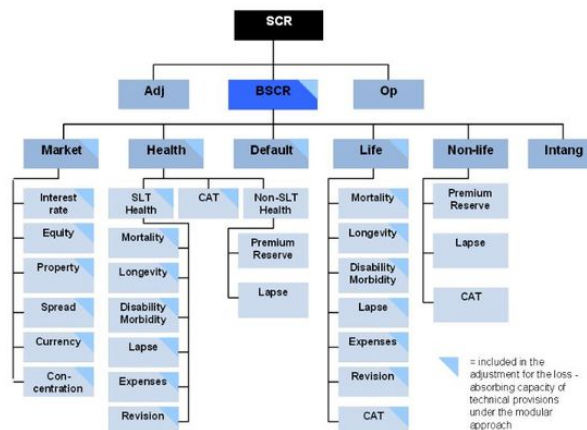


FIGURE 1.1 – Pieuvre S2  
Source ACPR

## CHAPITRE 1. CADRE RÉGLEMENTAIRE

Pour M modules de risques, on calcule un BSCR grâce à des coefficients de corrélations définis dans la directive S2, en faisant une agrégation inter-modulaire :

$$BSCR = \sqrt{\sum_{(i,j) \in M^2} \rho_{i,j}^M \times SCR_i \times SCR_j} + SCR_{intangible}$$

avec :

- BSCR est le capital global
- $\rho_{i,j}^M$  : les coefficients de corrélation liant les risques élémentaires i et j.
- $SCR_{intangible}$  : le capital requis lié aux risques des actifs incorporels (goodwill par exemple), égal à 80% de leur juste valeur
- $SCR_i$  : Capital réglementaire associé au risque i.

On utilise une matrice de corrélation pour agréger les modules de risques entre eux, les coefficients de corrélations sont fixes en formule standard.

Corrélation (%)	Marché	Contrepartie	Vie	Santé	Non vie
Marché	100				
Contrepartie	25	100			
Vie	25	25	100		
Santé	25	25	25	100	
Non vie	25	50	0	25	100

Les capitaux réglementaires au sein d'une même catégorie de risque sont calculés avec une agrégation inter-modulaire, qui consiste à quantifier le risque présent au sein d'un même module :

$$SCR_{m^r} = \sqrt{\sum_{i,j \in m} \rho_{i,j}^m C_i C_j}$$

avec :

- $m$  : module de risque
- $m^r$  ; ensemble de module de risque au sein du module m.
- $\rho_{i,j}^m$  : coefficient de corrélation associé aux risques i et j du module m
- $\forall i, j \in m^r, C_i = NAV - NAV_{choc}$

Après avoir calculé le BSCR, l'ajustement risk et le SCR opérationnel de la compagnie d'assurance, on peut calculer le SCR théorique de la façon suivante :

$$SCR = BSCR + Adj + SCR_{opérationnel}$$

**Calcul du BE :**

Selon l'article R343-1 du Code des Assurances (CA), le *Best Estimate* est calculé brut de réassurance. L'impact de la réassurance doit être calculé avec les mêmes principes que le calcul brut de réassurance, les montants issus de la réassurance sont ensuite intégrés aux calculs du BSCR.

Le Best Estimate (Article R351-2 du CA) vu en  $t = 0$  est la moyenne probabilisée des flux de trésorerie futurs. Il prend en compte la valeur temporelle de l'argent, en prenant en compte la courbe des taux sans risque dans son calcul. Pour un horizon fixé à T :

$$BE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^T \prod_{s \leq j} \frac{1}{1 + r_s} (CF_{(i,j)}^{entrant} - CF_{(i,j)}^{sortant})$$

avec :

- T : l'horizon de projection
- N : le nombre de scénarios économiques
- $r_s$  : taux forward de l'année de projection j du scénario i
- $CF_{(i,j)}^{entrant} - CF_{(i,j)}^{sortant}$  : Flux positifs et négatifs de l'année de projection j du scénario i

**Bilan S2 :**

La complexité de calcul amenée par le passage à Solvabilité II en 2016 reste un enjeu majeur pour les assureurs. Les options et garanties vendues par les assureurs impactent les postes du passif, et ont un impact direct sur le niveau des fonds propres détenus. Le bilan S2 représente les engagements actuels et futurs, il doit représenter une image fidèle de l'activité de l'assureur. Le calcul de la marge pour risque (*Risk Margin*), inscrit au passif du bilan est détaillé en Annexe (C).

## CHAPITRE 1. CADRE RÉGLEMENTAIRE

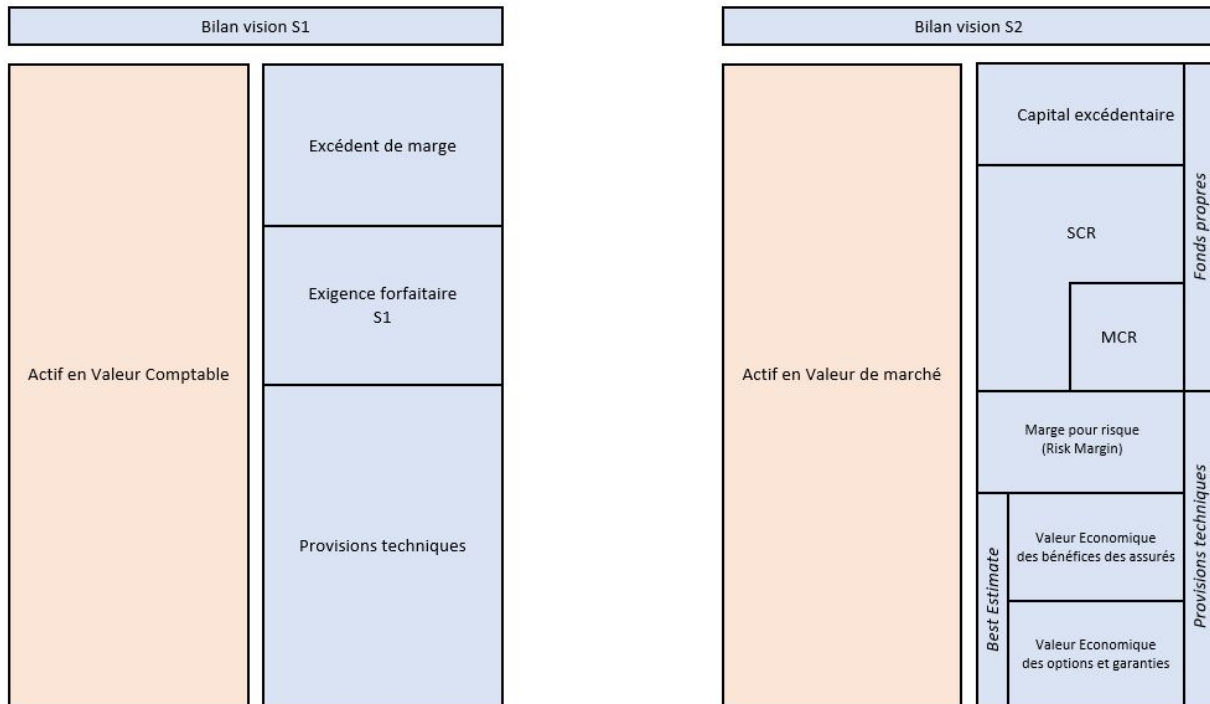


FIGURE 1.2 – Bilan S1 (à gauche) vs Bilan Économique S2 (à droite)

### Ratio de solvabilité :

La ratio de solvabilité, (Ratio S2 ou Ratio de couverture du SCR) est la division des fonds propres éligibles par les capitaux requis par S2 (SCR). Il peut être interprété comme le niveau de fonds propres nécessaire pour couvrir la solvabilité de l'assureur. Il constitue un indicateur important, définissant la solidité financière d'un assureur faisant face aux différents risques sous-jacents à son activité. La réglementation impose qu'il soit supérieur à 100%, pour que l'assureur soit en capacité d'honorer ses engagements.

### 1.3 Modules de risque S2

Les deux principaux risques pour les assureurs possédant des contrats à garantie plancher sont le risque de décès, et celui de baisse des marchés entraînant un capital garanti supérieur à l'épargne acquise. Ils sont pris en compte dans les modules marché et souscription-vie de S2.

Pour calculer le capital requis (SCR) dans Solvabilité II, la VaR suffit, même si dans certains cas elle n'est pas sous additive. L'étude d'autres mesures de risques peut être requise pour pouvoir apporter une décision, comme la TVaR en réassurance. Un désavantage majeur reste la difficulté d'implémentation de la TVaR comparée à la VaR. Si son implémentation est possible, il faut trouver la mesure de risque pertinente tel que le couple temps de calcul et précision soit optimal.

#### Risque de marché

Le risque de marché (Article R352-1 du CA) correspond au risque de perte, ou de changement défavorable de la situation financière, résultant directement ou indirectement de fluctuations affectant le niveau et la volatilité de la valeur de marché des actifs, des passifs et des instruments financiers détenus en portefeuille.

Pour calculer les capitaux requis, la formule standard donne un choc forfaitaire que l'assureur doit appliquer sur ses actifs détenus en portefeuille, pour évaluer l'impact des chocs sur l'actif et le passif. La gestion ALM permet aux assureurs de gérer des vases communicants, comme la participation aux bénéfices qui impacte le bilan prudentiel en fonction des taux servis aux assurés. Le choc de taux impacte le coefficient d'actualisation en fonction des scénarios utilisés pour la projection ALM : il faut équilibrer les flux entrants à l'actif (produits financiers) et ceux sortant au passif, résultant du règlement des sinistres et des prestations aux assurés.

Les risques financiers sont donc les risques liés à l'évolution des marchés, à la gestion financière ou aux caractéristiques des actifs financiers détenus en portefeuille. Le risque de marché est l'un des risques majeurs pour les assureurs vie ayant des encours en Euro. Il se décompose en six modules :

- Taux d'intérêt
- Action
- Immobilier
- Spread
- Devise
- Concentration

#### Module Taux d'intérêt (interest rate)

Le risque de taux correspond à un changement de la structure des taux d'intérêts. Il existe deux scénarios : un choc à la hausse et à la baisse (publié par l'EIOPA). L'impact du changement de la courbe des taux est double : les provisions techniques sont impactées car elles utilisent un facteur d'actualisation construit avec les taux issus de la courbe des taux sans risque ; certaines classes d'actifs peuvent se déprécier ou s'apprécier, comme les obligations par exemple. On applique un choc en fonction de la maturité des taux sans risque. Ce choc forfaitaire sur les taux d'intérêts implique que nous devons recalculer la valeur de nos actifs et nos provisions.

On prend comme base les taux publiés en décembre 2022, le graphique suivant retrace l'allure des 3 scénarios.

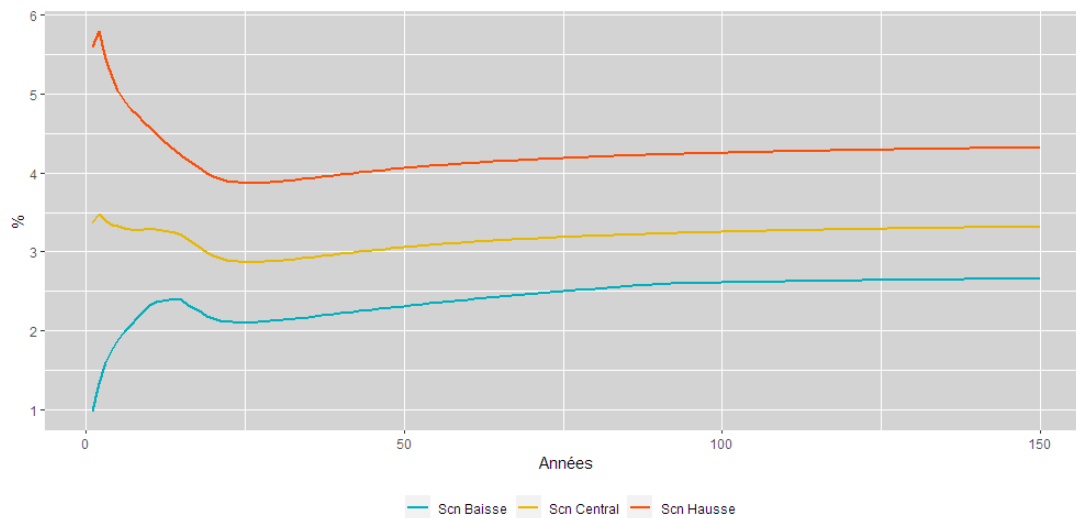


FIGURE 1.3 – Courbe des taux d'intérêts choqués  
Source EIOPA 12-2022

Le  $SCR_{Taux}$  correspond au montant maximum de capitaux entre la courbe choquée à la hausse et à la baisse :

$$SCR_{Taux} = \max(0; SCR_{Taux}^{Hausse}; SCR_{Taux}^{Baisse}) = \max(0; \Delta NAV|Hausse; \Delta NAV|Baisse)$$

Le risque de taux affecte principalement le Fond Euro, car le calcul des provisions et du rendement financier prend en compte les variations de taux. Concernant les UC, le risque de perte de rendement est entièrement supporté par les assurés.

Le risque de remontée rapide des taux pèse sur le rendement financier des actifs. Si les assureurs ont massivement investi en actifs obligataires lors des périodes de taux bas que nous avons connues par le passé, les actifs détenus en portefeuilles se déprécient aux profits des obligations fraîchement émises qui bénéficient de taux de rendements plus élevés.

### Module Action (Equity)

Le risque action correspond à la baisse du cours de bourse des actions en début de projection. On s'intéresse à l'impact de cette baisse sur l'actif, qui impacte le calcul des fonds propres économiques, et donc du bilan S2 de l'assureur. Ce choc s'applique à deux types d'actions :

- Action type 1 : les actions cotées sur des marchés régulés au sein d'un pays membre de l'Union Européenne ou de l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Économique).
- Action type 2 : les autres ; celles listées hors OCDE, non listées (Hedge Fund), etc.

Pour les actions de type 1 (respectivement type 2) on applique un choc forfaitaire de 39 % (respectivement 49 %) auquel on ajoute l'ajustement symétrique, aussi appelé *effet dampener*. Le *dampener* représente l'évolution des marchés actions dans les prochaines années. Un choc de 22 % est appliqué pour les participations stratégiques de type 1/2 et sur les investissements en infrastructures.

On calcule l'exigence en capital par différence de NAV pour les deux types d'actions, puis on agrège le résultat en corrélant les actions de type 1 et 2 par un coefficient de 75 % :

- $SCR_1 = \Delta(NAV | choc\ type\ 1)$
- $SCR_2 = \Delta(NAV | choc\ type\ 2)$
- $SCR_{Action} = \sqrt{SCR_1^2 + 2 \times 0,75 \times SCR_1 \times SCR_2 + SCR_2^2}$

Les modèles ALM peuvent contenir des couvertures optionnelles pour protéger l'épargne des assurés lorsque les valeurs de marchés des actions se dégradent. On remarque que le choc action ne prend pas en compte la manière dont sont évaluées les actions dans le modèle : l'ORSA<sup>3</sup> permet aux assureurs de pouvoir calibrer d'autres chocs correspondant à leurs actifs et de challenger la façon dont ils sont modélisés.

### Module Change (Currency)

Ce module de risque concerne tout les titres et produits délivrés dans une devise étrangère. Il vise à quantifier le capital nécessaire pour combler l'effet de change. On applique un stress de change sur la valeur de change en fonction de la devise, pour quantifier la perte/gain de valeur d'une monnaie étrangère par rapport à la monnaie locale.

### Module Crédit (Spread)

Le module risque de spread quantifie le risque lié à la fluctuation des spreads de crédit. La formule standard prend en compte aussi bien la hausse des spreads de crédit que la baisse (Credit Default Swap). Le spread de crédit est défini comme la différence entre le taux actuariel d'un produit de taux et le taux sans risque, en d'autres termes le spread est un écart de rendement. Le spread d'un titre est donc le coût du risque que l'investisseur supporte lors de la détention de ce titre. Ce risque est suivi de prêt par les acteurs du marché, S2 calcule ce risque par addition de 3 composantes :  $SCR_{spread} = SCR_{obligations} + SCR_{securisation} + SCR_{dérivé\ de\ crédit}$

---

3. Own Risk and Solvency Assesment : rapport narratif, pilier II

## CHAPITRE 1. CADRE RÉGLEMENTAIRE

Le  $SCR_{\text{obligation}}$  correspond aux capitaux requis par les obligations et prêts,  $SCR_{\text{securisation}}$  correspond aux titres issus de la titrisation et  $SCR_{\text{dérivé de crédit}}$  correspond aux produits dérivés de crédit.

Le  $SCR_{\text{obligation}}$  traduit l'exigence en capital requis par la diminution soudaine de la valeur de chaque obligation ou prêt. On quantifie ce risque en multipliant la valeur de marché de l'obligation par un facteur de risque, qui dépend de la duration modifiée et de la qualité de crédit du titre.

Le  $SCR_{\text{securisation}}$  se calcule sur le même principe que l'obligation, avec un facteur de risque qui dépend du type d'actif, de sa notation, de sa duration modifiée sur les positions de titrisation.

Enfin, le  $SCR_{\text{dérivé de crédit}}$  se calcule par différence de NAV : on calcule les capitaux requis pour absorber un choc à la hausse et à la baisse des spreads sur les dérivés de crédit.

### **Module Concentration**

Le risque de concentration apparaît chez les assureurs lorsqu'ils ont un manque de diversification de leurs actifs, ou une sur-exposition au risque de défaut d'un émetteur. Le calcul de ce module (Article 182-187 du RD) regroupe les actifs en société mère et prend en compte la notation de l'émetteur, pour choquer les expositions en excès. Les expositions d'entreprises appartenant au même groupe sont considérées comme une seule exposition.

### **Module Immobilier (Property)**

La formule standart impose un choc à la baisse de 25% sur les prix de l'immobilier. L'approche par transparence est obligatoire pour les actifs détenus de manière indirecte (SCI et SCPI par exemple).



## Risque souscription-vie

Pendant la projection ALM des contrats, toutes les variables mises en input du modèle ALM évoluent. Le module de souscription-vie quantifie les risques inhérents à la souscription et à la gestion des contrats, il se décompose en sept modules :

- Mortalité
- Longévité
- Incapacité/Invalidité
- Rachat
- Frais
- Révisions
- Catastrophe

Ce module de risque a pour but de challenger les provisions et tarifications des assureurs. Le risque de souscription vie est le second plus coûteux derrière le SCR marché dans cette étude.

### Mortalité

Le risque de mortalité correspond à l'évolution défavorable du taux de mortalité, pouvant augmenter les provisions techniques associées. Il correspond au risque qui n'est pas quantifié lors du calcul des provisions techniques. Il se traduit par la perte de fonds propres conséquence d'une hausse soudaine et permanente de 15 % des taux de mortalités.

### Longévité

Le risque de longévité correspond à l'évolution favorable des taux de mortalité, pouvant augmenter les provisions techniques associés, on compare la valeur de l'actif net avant et après une baisse des taux de mortalité de 25%. Ce risque peut être impactant lorsque les contrats servent des rentes aux assurés.

### Rachat

Le risque de rachat se traduit par l'impact du comportement des assurés sur les investissements et produits financiers futurs, qui eux même impactent le taux de rachat des assurés. Le risque de rachat correspond à une augmentation forfaitaire des taux de rachats, impactant les passifs qui sont sensibles au taux de résiliation, déchéance, rachat.

La réglementation prévoit 3 évolutions du taux de rachat :

- Hausse des rachats : augmentation de 50 % du taux de rachat total
- Baisse des rachats : diminution de 50 % du taux de rachat total
- Rachat massif : rachat instantané de 40% à 70% des contrats et une baisse instantanée de 40% du nombre de contrats pour lesquels une réassurance est prévue

Avec la remontée des taux, le risque de rachat est particulièrement suivi chez les assureurs vie. Lorsque les taux augmentent, les taux de rachats et de décès sont impactés dans le modèle du fait de la construction des probabilités de décès et de rachats (4.1). Ce module de risque a un impact sur les flux payés au titre de la garantie plancher en cas de décès, plus un assuré rachète son épargne, plus l'assureur diminue les primes nettes reçues, et donc diminue le capital garanti de l'assuré. L'assureur doit s'assurer d'avoir des positions liquides pour régler les rachats opérés par ses assurés.

## CHAPITRE 1. CADRE RÉGLEMENTAIRE

### **Frais - Dépenses**

Le risque de dépenses est défini comme la variation des frais de gestion des contrats d'assurance ou de réassurance. On compare les fonds propres économiques après une hausse générale des dépenses futures de 10% ainsi que de l'inflation de 1%.

### **Catastrophe Vie**

Les capitaux requis pour le risque de catastrophe en vie se matérialisent lorsque le capital sous risque est positif (différence entre les engagements de l'assureur diminués de ceux de l'assuré). Il correspond à un choc de mortalité de l'ordre de 0.15 % du portefeuille.

## CHAPITRE 1. CADRE RÉGLEMENTAIRE

**Conclusion** : Ce premier chapitre introduit le cadre réglementaire de l'étude. Les postes du bilan S2 ont été énoncés, ainsi que les grandes lignes de calculs. Les détails des principaux modules de risques marché et souscription ont été décrits, permettant de calculer l'exigence de capital. Le chapitre suivant définit le principe de garantie plancher en cas de décès, il constitue la base de développement de l'étude. La tarification et le provisionnement vont être abordés.

## Chapitre 2

# La garantie plancher dans un contrat d'assurance vie

Au fil du temps, la réglementation assurantielle s'est développée avec l'ambition de garantir la solvabilité des assureurs face à leurs engagements. Les contrats d'assurance vie ont plusieurs spécificités qui séduisent un certain nombre d'assurés : constitution d'un capital à long terme, compléments de revenu pour la retraite, transmission de capital aux bénéficiaires, contrats de prévoyance, etc. Les différentes spécificités entre les contrats commercialisés sont des options et garanties qui permettent d'avoir une visibilité sur l'évolution de l'épargne investie.

Le Code des Assurances (CA) régle les compagnies d'assurances pour encadrer et harmoniser les pratiques de place. Il permet de définir les relations entre assureurs et assurés. S2 définit des exigences de solvabilité, encourage les entreprises à connaître, évaluer et communiquer sur les risques auxquelles elles sont exposées. Il permet de construire un bilan vision S2 des acteurs, et inclut le calcul des provisions techniques. Cette norme définit la capacité d'un assureur à faire face à ses engagements envers ses créanciers et ses assurés.

### 2.1 Les différents types de contrats

Fin 2021, les français détenaient pas moins de 1874 Md €<sup>2</sup> investis sur des contrats d'assurance vie et capitalisation. L'enjeux pour les assureurs est de connaître l'exposition à laquelle ils sont soumis en commercialisant leurs contrats auprès des assurés : modéliser les caractéristiques des contrats détenus en portefeuille nécessite de quantifier les risques souscrits et sous-jacents, et de s'assurer d'être en capacité d'honorer leurs engagements lors de la réalisation du risque. Plus généralement, un contrat d'assurance met un cadre sur un aléa probable qui risque de se réaliser pendant la période de couverture par l'assureur. En assurance vie, il existe trois types de contrats :

- l'assurance en cas de vie
- l'assurance en cas de décès
- un contrat mixte vie/décès

---

2. Source : France Assureur, ce chiffre regroupe les provisions mathématiques et provisions pour participation aux bénéfices

## CHAPITRE 2. LA GARANTIE PLANCHER DANS UN CONTRAT D'ASSURANCE VIE

Détenir un contrat d'assurance vie permet à l'assuré de se constituer une épargne (assurance épargne) ou une retraite (assurance retraite). Au sein des contrats d'assurance vie épargne-retraite, on distingue 5 parties prenantes aux contrats :

- l'assureur : personne morale qui couvre le risque.
- l'assuré : personne physique qui supporte le risque (de vie ou de décès)
- le souscripteur : c'est le titulaire du contrat, qui peut être une personne physique ou morale.
- le bénéficiaire : personne qui est désignée pour recevoir l'épargne de l'assuré.
- le payeur de prime : personne mentionnée dans le contrat qui procède aux paiements des primes.

L'assuré choisit dans son contrat les supports d'investissements. En assurance épargne, on distingue 3 types d'investissements :

- les **contrats en "Euro"** garantissant un capital et un rendement aux assurés. Ce capital est revalorisé selon un taux minimum garanti (TMG), auquel l'assureur rajoute une possible participation aux bénéfices durant la vie du contrat. L'épargne des assurés est majoritairement investie sur des actifs sécurisés, en obligations public/privé et titres de créances. Les contrats investis fonds euros bénéficient d'un effet cliquet : les revalorisations sont acquises définitivement par les assurés, le rendement des actifs investis en euro doit assurer la revalorisation de l'épargne de l'assuré.
- les **contrats en Unités de compte (UC)** garantissant le nombre de parts d'un ou plusieurs actifs financiers. Ces supports d'investissements permettent à l'assureur de transférer le risque financier à l'assuré, l'assureur garantit uniquement le nombre de parts d'unités de compte dans le temps.
- les contrats "**Croissance**" ou **Eurocroissance**, ces contrats sont considérés comme le troisième pilier de l'assurance vie, commercialisés depuis 2014, l'épargne initiale de l'assuré permet de constituer une provision de diversification dont les montants sont garantis uniquement à date d'échéance (entre 8 et 30 ans maximum) à un niveau de garantie défini.

L'encours est investi sur les marchés financiers. La réglementation impose les supports d'investissements : pour des contrats en unités de comptes, l'assuré peut détenir des parts de valeurs mobilières, des placements collectifs dans des fonds, l'assureur doit se référer aux articles L131-1 et R131-1 du Code des Assurances pour faire ses investissements. Parmi les contrats en unités de comptes, on distingue deux catégories de contrats :

- **Support unique** : contrat dont le sous-jacent investi ne dépend que d'une seule unité de compte.
- **Multi-support** : contrat dont le portefeuille adossé contient plusieurs unités de comptes.

Les différents supports d'investissements n'ont pas le même coût en capital. Les contrats uniquement composés d'UC sont moins coûteux en capital grâce à l'absence de garantie sur la valorisation de l'encours. Le coût en capital est donc moins important pour l'assureur.

## CHAPITRE 2. LA GARANTIE PLANCHER DANS UN CONTRAT D'ASSURANCE VIE

Les contrats UC sont moins coûteux, uniquement si la marge prélevée sur l'encours est suffisamment élevée pour couvrir les autres garanties présentes dans ces contrats.

Commercialiser des contrats en unités de compte permet à l'assureur de diversifier ses investissements : généralement l'assureur travaille avec des sociétés de gestions pour souscrire à des fonds permettant d'assurer un rendement positif sur les UC. Les investissements UC peuvent être diversifiés, pour permettre à l'assureur d'être moins exposé au risque de marché et de proposer un potentiel rendement attractif pour les assurés. Le graphique suivant montre l'exposition par pays du principal UC commercialisé par Prepar, on remarque que les investissements se concentrent en Europe.

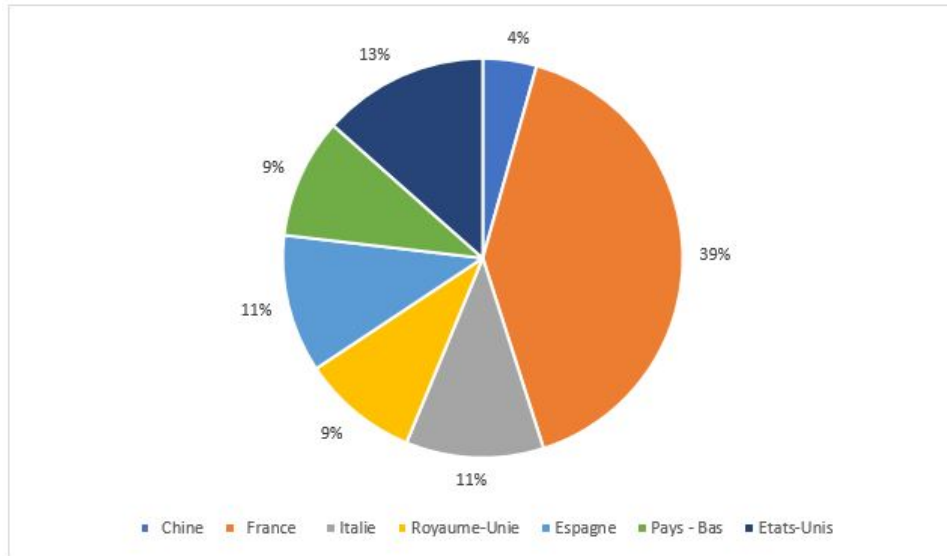


FIGURE 2.1 – Répartition par pays du principal UC

Les actifs détenus par des fonds d'investissements sont soumis aux principes de transparence (Article 84 du RD). Établir une transparence fiable permet à l'assureur de calculer ses expositions indirectes au risque de souscription, contrepartie et marché.

## 2.2 Définition d'une garantie plancher

Pour rendre attractif les contrats contenant des UC, l'assureur propose des options et des garanties à l'assuré. Un enjeu pour l'assureur est de pouvoir évaluer ses risques, de la tarification au provisionnement avec le suivi de la modélisation des garanties dans le temps. Dans certains cas, l'utilisation de la réassurance permet d'éviter une prise de risque non désirée par l'assureur. Pour être attractif, certains contrats Euro-croissance peuvent contenir une garantie plancher.

### Définition d'une garantie plancher en cas de décès

La garantie plancher dans un contrat en unités de compte ou sur un fond Eurocroissance, garantit au(x) bénéficiaire(s) du contrat le versement d'une somme d'argent fixée contractuellement en cas de décès de l'assuré.

Les différents types de garanties planchers sont généralement adossées à des contrats investis en unités de comptes. La garantie plancher en cas de décès, couvre la moins value éventuelle du contrat. Concrètement, l'assureur verse au(x) bénéficiaire(s) la différence lorsqu'elle est positive entre le capital garanti et la valeur de l'épargne acquise par l'assuré au moment de son décès.

Généralement, le capital garanti de l'assuré correspond au cumul des primes versées depuis l'origine du contrat net de frais et diminué des rachats. Dans certains cas, les assureurs peuvent garantir les primes brutes de frais.

Pour des contrats en unités de comptes, les rachats viennent diminuer le capital investi d'un montant égal à la valeur de rachat de la part d'UC acquis par l'assuré au moment du rachat.

La modélisation ALM de la garantie plancher consiste à évaluer la différence entre le capital garanti et l'épargne acquise dans le temps par l'assuré. D'un point de vue théorique, l'engagement de l'assureur correspond à une option de vente détenue par l'assureur pour assurer le versement du capital garanti à l'assuré si l'investissement fait par l'assureur est en moins value :

On peut écrire le coût  $C(t)$  de la garantie plancher dans le temps comme la différence entre le capital garanti  $K$  et la valeur  $S(t)$  de l'épargne investie :

$$\mathbf{C}(t) = \max(\mathbf{0}, \mathbf{K} - \mathbf{S}(t)) = (\mathbf{K} - \mathbf{S}(t))_+$$

L'assuré souscrit un contrat d'assurance vie auprès d'un assureur avec un versement unique noté  $S_0$  (net de frais). Notons  $S_t$  la valeur du sous-jacent investi en date  $t$ . Si l'assuré ne fait pas de rachat et qu'aucun frais n'est prélevé, les bénéficiaires recevront  $\max(S_0, S_T)$  au décès de l'assuré en date  $T$ . Ce type de garantie est appelée garantie de remboursement des primes, les bénéficiaires du contrat ont la garantie de récupérer au minimum le montant des primes versées sur le contrat.

Si la garantie plancher se déclenche, c'est-à-dire le sous-jacent est en moins value par rapport à la valeur de l'épargne acquise au moment du décès de l'assuré, le capital sous risque est positif et est payé au(x) bénéficiaire(s). Le schéma suivant représente en jaune le coût en capital pour l'assureur lorsque l'engagement de l'assureur est en dessous du capital garanti.

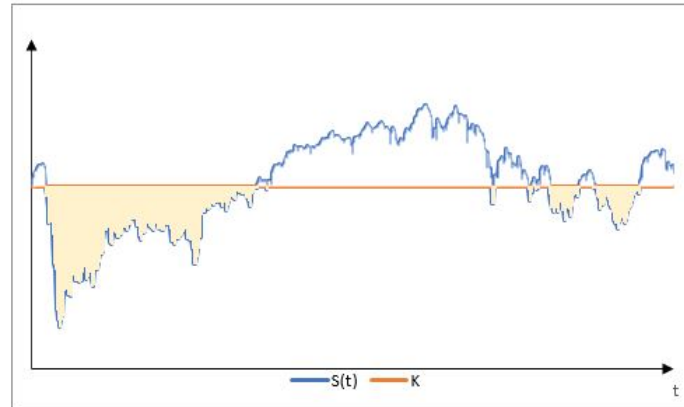


FIGURE 2.2 – Distinction capital sous risque/épargne acquise

### Garantie plancher indéxée

Il est possible de trouver des contrats où la garantie décès est indéxée sur un taux de revalorisation contractuel. En cas de décès en date  $T$ , les bénéficiaires recevront au minimum le versement initial investi, capitalisé à un certain taux d'intérêt. Si on prend un taux de revalorisation annuel  $r$ , les bénéficiaires recevront au minimum  $\max(S_T, S_0(1+r)^T)$ . L'assureur doit s'assurer de pouvoir verser à l'assuré  $(S_0(1+r)^T - S_T)_+$  au moment du décès.

### Garantie plancher cliquet

Ce type de garantie permet de garantir la plus haute valeur atteinte par l'épargne de l'assuré dans le temps. Elle permet de rassurer l'assuré : les intérêts réalisés par l'assureur sont acquis par l'assuré, l'épargne acquise par l'assuré évolue en fonction des marchés financiers, elle augmente uniquement des plus values réalisées sur l'investissement initial. L'assureur versera aux bénéficiaires  $K_T = \max_{0 \leq t \leq T} S_t$  au moment du décès de l'assuré.

### Les contrats à garanties planchers

Lors d'une fluctuation de marché à la baisse, la garantie plancher permet de protéger les ayants droits du souscripteur en cas de réalisation du risque financier présent dans les supports d'investissements. La baisse de valorisation de certaines UC peut être garantie à l'adhésion.

Des contrats d'assurance vie et de capitalisation ont été commercialisés par les assureurs, garantissant l'épargne initiale en fonction de choix contractuels des assurés. Ces types de contrats sont appelés *Variable Annuities*, et permettent d'intégrer des garanties sur les supports d'investissements.

Sur des contrats de type Eurocroissance, la garantie vie entière assure un capital minimum en cas de vie de l'assuré aux bénéficiaires. Cette garantie s'applique à échéance du contrat, et sans limite sur l'épargne acquise lors de la résiliation du contrat. Elle permet de rendre le contrat attractif aux yeux des assurés, grâce à la fiscalité des contrats d'assurance vie.



## 2.3 Tarification

La tarification d'un contrat doit permettre de couvrir le risque lié au contrat dans le temps. En assurance vie, pour tarifer une prime d'assurance correctement, l'assureur s'intéresse à la perte individuelle de l'assuré, alors que les tarifications de contrats d'assurances non vie (MRH par exemple) s'intéressent à la couverture d'un montant global de perte.

Lors de la tarification, les assureurs cherchent à se couvrir contre les risques qu'ils ont vendus dans leurs contrats. Dans l'hypothèse d'un coût de gestion nul, on distingue deux primes complémentaires :

- la prime pure permet de payer les sinistres survenus
- la prime commerciale correspond à la prime pure augmentée des chargements. Les chargements/frais de gestion sont des charges prélevées en plus de la prime pure pour couvrir les dépenses de l'assureur pour la gestion des contrats.

La prime pure dépend uniquement des aléas liés aux garanties et options du contrat, les méthodes de calculs peuvent être communes entre les assureurs. La prime commerciale prend en compte les dépenses liées à la gestion et à la distribution des contrats (frais de gestion et frais d'acquisition).

Ce mémoire n'a pas pour sujet la tarification d'une garantie plancher sur certains contrats, cependant nous allons rappeler deux principes de tarification utilisée par le marché, et estimer la rentabilité de la tarification pratiquée en estimant la marge nette de la garantie plancher étudiée dans ce mémoire.

### Tarification à posteriori

L'assureur tarifie le contrat **selon sa connaissance du risque**. Généralement, l'assureur possède un historique des sinistres qui lui permet d'avoir une vision globale des pertes financières attendues. La difficulté de mise en place de cette tarification est de tenir compte des hétérogénéités présentes dans l'historique, et d'estimer la crédibilité des modèles utilisés.

Cette tarification varie selon le risque présent dans le contrat, plus le nombre d'année à pricer est élevée, plus la prime pure couvre le risque financier.

Le capital sous risque prime correspond au capital sous risque pour lequel la tarification de la garantie plancher a été faite. Entre deux dates, le capital sous risque peut augmenter ou diminuer car le sous-jacent dans lequel la prime a été investie évolue. Ainsi, le pourcentage fixe prélevé entre deux périodes peut ne pas être suffisant pour couvrir la moins value.

Si la fréquence de paiement de l'assuré est assez élevée (mensuelle par exemple) le risque de garantie plancher en cas de décès est réduit : l'assuré paye chaque mois une prime égale à la probabilité de décès dans le mois multiplié par le capital sous risque de son investissement initial : le risque de décès est relativement faible, alors que le risque financier reste présent.

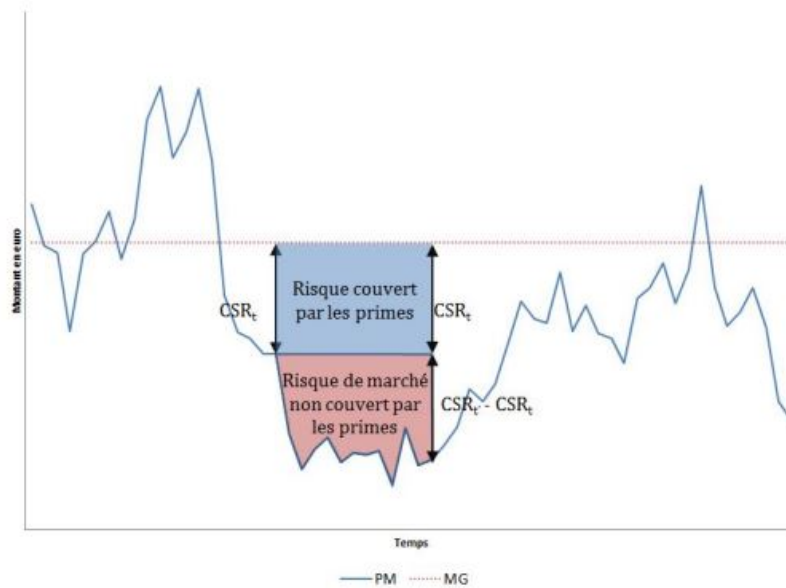


FIGURE 2.3 – Distinction risque prime / marché  
 Source : Mémoire THIBAUT KERVEVAN, 2016

Généralement ce type de risque se matérialise sur des investissements en UC, soumis à des conditions de marchés volatiles.

### Tarification à priori

L'assureur prélève un pourcentage fixe sur une assiette. L'assiette peut être définie de plusieurs façon : la provision mathématique de l'assuré, le capital sous risque. Cette tarification correspond à un montant forfaitaire, prélevé de manière périodique, elle peut aussi être appelée tarification à la prime sur encours. Cette tarification est simple d'implémentation car le prélèvement est inclus dans les chargements sur encours de manière explicite ou implicite.

Lorsque les chargements sont prélevés uniquement sur les unités de comptes, l'assureur s'expose à un risque potentiel lors du décès de l'assuré si les UC sont en moins values, l'assureur peut se couvrir sur les marchés grâce à des options financières. Ce type de tarification est désavantageux pour l'assuré lorsque sa provision mathématique est nettement supérieure au capital sous risque ; le prélèvement élevé sera identique peu importe la valeur du capital sous risque de l'assuré, le prélèvement sur prime pour provisionner le risque lié à la garantie plancher est proportionnel à la provision mathématique de l'assuré, inversement proportionnel au risque porté par l'assureur.

Le taux de frais prélevé sur l'encours est le taux qui **égalise les engagements probables de l'assuré et de l'assureur**, pour couvrir la moins value potentielle du contrat de l'assuré. Les engagements probables de l'assureur/assuré sont tous les flux qui vont être versés entre l'assureur et l'assuré durant la vie du contrat. La valeur actuelle probable (VAP) des engagements de l'assureur/assuré correspond aux flux actualisés en date  $t = 0$ .

**Tarification du capital sous risque ( $C_r$ ) à l'aide du modèle de B&S**

Le modèle de Black and Scholes classique repose sur certaines hypothèses : la volatilité du sous-jacent est constante dans le temps, le taux d'intérêt qui revalorise le sous-jacent est connu, constant dans le temps, et le marché est complet (il n'y a pas d'opportunité d'arbitrages sur le marché). De plus, il n'y a pas de dividende distribué pendant la durée de vie de l'option (entre la date de pricing et l'échéance de l'option), les échanges sur le marché se font au taux sans risque. Si la date de valorisation de l'option est supérieure à la durée de vie du support sous-jacent, alors l'option qui couvre le capital sous risque lié à la garantie plancher est nulle.

La garantie plancher classique en cas de décès garantit la différence lorsqu'elle est positive entre le cumul des primes nettes de rachats et l'épargne acquise par l'assuré au moment du décès. Le capital sous risque en  $t$  peut être assimilé à une option de vente européenne  $P(K, S_t) = (K - S_t)_+$ .

Posons la dynamique du sous-jacent  $S(t)$ , correspondant à la provision mathématique de l'assuré au cours du temps. Il suit un mouvement Brownien standard :

$$\begin{cases} dS(t) = rS(t)dt + \sigma S(t)dB(t) \\ S(0) = S_0, \end{cases}$$

où :

- $\mu$  et  $\sigma$  sont constants et positifs
- $B_t$  est un mouvement brownien standard sous la probabilité historique  $P$
- $r$  le taux d'intérêt sans risque, continu

En changeant de mesure de probabilité, en passant (avec Girsanov) sous la probabilité risque neutre  $P^*$ , la dynamique du brownien en risque neutre s'écrit :  $dB_t = dB_t^* - \frac{\mu-r}{\sigma}dt$ .

Sous cette probabilité, la dynamique  $S_t$  suit un processus log normal :  $\frac{dS_t}{S_t} = rdt + \sigma dB_t^*$

En appliquant le lemme d'Ito, on obtient une expression du sous-jacent :  $S_t = S_0 e^{\sigma B_t^* + (r - \frac{\sigma^2}{2})t}$   
Enfin, en se mettant dans l'univers risque neutre défini par  $P^*$ , on peut pricer à l'aide de la méthode de Black & Scholes le Put européen qui définit le capital sous risque, en fonction du capital garanti  $K$ , la valeur du sous-jacent,  $(S_t)_{t \geq 0}$  d'échéance  $T$ , et trouver une expression en  $t = 0$  :

$$\begin{aligned} Put(K, S_0, r, T, \sigma) &= e^{-rT} \mathbb{E}^{P^*} [(K - S_T)_+] \\ &= K e^{-rT} \Phi(-d_2) - S_0 \Phi(-d_1) \end{aligned} \tag{2.1}$$

avec :

- $\Phi$  : la fonction de répartition d'une loi normale centrée réduite
- $d_1$  et  $d_2$  les bornes de Black & Scholes :  $d_1 = \frac{\ln(\frac{S_0}{K}) + (r + \frac{\sigma^2}{2})T}{\sigma\sqrt{T}}$  et  $d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$

Pour chaque contrat possédant la garantie plancher, l'assureur détermine son engagement en calculant le prix d'une série de Put lui permettant de se couvrir contre la moins value potentielle des actifs investis. Notons  $x$  l'âge de l'assuré, l'engagement en date de souscription jusqu'au terme  $t$  :

$$VAP_{\text{assureur}}(t) = \sum_{k=1}^t {}_{k-1}p_x \times q_{x+i-1} \times Put(K, S_k, r, k, \sigma) \mathbb{1}_{x+k-1 < t} \tag{2.2}$$

avec :

- ${}_{k-1}p_x = \frac{l_{x+k-1}}{l_x}$  la probabilité qu'un assuré d'âge  $x$  soit en vie après  $k - 1$  années
- $q_{x+i-1} = \frac{l_{x+k-1} - l_{x+k}}{l_{x+k-1}}$  la probabilité qu'un assuré décède entre l'année  $x + k - 1$  et  $x + k$

En contrepartie de cette couverture, l'assuré paie annuellement des primes annuelles pour garantir son capital. Ces primes sont comprises dans les chargements sur encours, exprimées en pourcentage de la provision mathématique. En notant  $\lambda$  la prime annuelle :

$$VAP_{\text{assuré}}(t) = \lambda \sum_{k=1}^t {}_{k-1}p_x S_k e^{-rk} \mathbb{1}_{x+k-1 < t} \quad (2.3)$$

**Estimation de la prime annuelle :**

Si l'assureur commercialise une couverture garantie plancher sur  $t = 1, \dots, T$  années, la tarification annuelle à appliquer sur l'encours de l'assuré peut s'assimiler au taux de prélèvement  $\lambda$  en égalisant les valeurs actuelles probables entre assureur et assuré :

$$\lambda = \frac{\sum_{k=1}^T {}_{k-1}p_x \times q_{x+i-1} \times \text{Put}(K, S_k, r, k, \sigma) \mathbb{1}_{x+k-1 < T}}{\sum_{k=1}^T {}_{k-1}p_x S_k e^{-rk} \mathbb{1}_{x+k-1 < T}} \quad (2.4)$$

La tarification de la prime destiné à couvrir la moins value des contrats garantie plancher n'est pas le coeur de l'étude. La suite de cette partie se concentre sur la distribution de la marge/PMVL (Plus ou Moins Values Latentes).

Pour plus de détails concernant les méthodes de tarification d'une garantie plancher, le lecteur peut se référer au mémoire de OUMAR DIARRA, 2020.

La tarification de la garantie plancher prend en compte les évolutions de marchés pour quantifier la valeur de l'épargne de l'assuré. L'objectif pour l'assureur est de déterminer avec précision les paramètres influants sur son investissement : le rendement  $\mu$  et la volatilité  $\sigma$ . Une sélection d'investissement a été faite pour regarder le rendement moyen et la volatilité des 15 plus grosses UC commercialisées (en encours investi). Les exports ont été réalisés pour tracer le rendement minimal et maximal de la sélection d'UC.

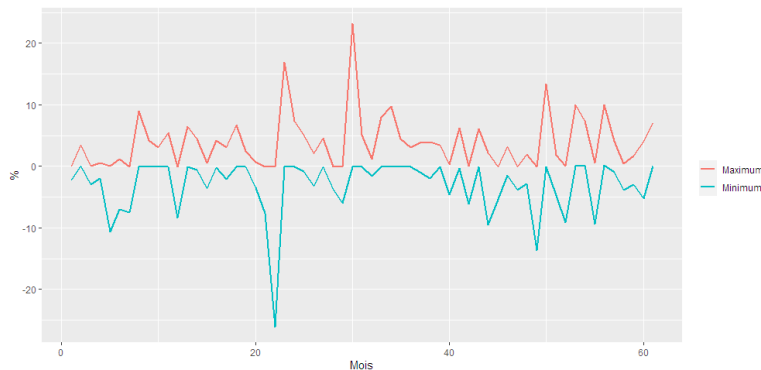


FIGURE 2.4 – Rendement de la sélection d'UC, mai 2018 - mai 2023

## CHAPITRE 2. LA GARANTIE PLANCHER DANS UN CONTRAT D'ASSURANCE VIE

On remarque que les rendements peuvent être incertains et varier dans le temps. On a laissé le mois de mars 2020 lié à la crise sanitaire, le mois de novembre 2020 où les actions européennes performaient, ou encore le mois de juillet 2022 qui a été porté par le marché actions aux US. La dispersion des rendements autour de la moyenne (ie la volatilité) permet de se rendre compte du risque de performance porté par les UC.

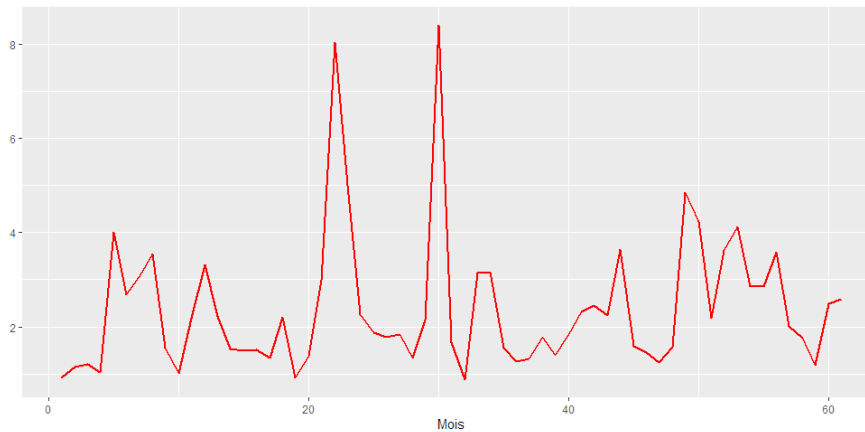


FIGURE 2.5 – Volatilité de la sélection d'UC, mai 2018 - mai 2023

Ni l'immobilier, ni le private equity ont été intégrés dans la sélection d'UC, peu de cotations sont disponibles à cause du peu de données relevées (investissement peu liquide).

### Illustration

La tarification doit prendre en compte les supports d'investissements du contrat pour pouvoir refléter le risque dans la prime commerciale payée par l'assuré. Un contrat investi en fond obligataire ne représente pas le même risque de dépréciation qu'un contrat investi en UC non coté par exemple.

Pour se couvrir contre l'évolution défavorable de l'épargne investie, l'assureur peut se réserver le droit de réviser annuellement la tarification du contrat. La tarification d'un contrat à garantie plancher se doit d'être cohérente avec le capital sous risque, pour prendre en compte les pertes potentielles auxquelles l'assureur doit s'attendre.

### Cadre

On se met dans un cadre hypothétique, qui va nous permettre de regarder des éléments de tarification, provisionnement lié à une garantie plancher en cas de décès sur la totalité de l'encours du contrat :

- Primes initiales : 200 M€
- Primes annuelles : 600 M€
- Répartition : 1/3 Eurocroissance, 1/3 UC, 1/3 Fond Euro
- Age des assurés : 70 ans
- Taux de décès : 2,87%
- Taux de rachat : 0%
- Frais de gestion : 0,9% sur le Fond Euro, 0,8% sur le FEC (canton Eurocroissance) et 0,7% sur les UC
- pas de prise en compte de la provision pour garantie plancher en cas de décès

Sur les 10 années de projection, le rendement annuel du Fond Euro est de 3% avec une volatilité de 0%. Pour les UC, on choisit une approche historique en regardant la volatilité et le rendement des principales UC commercialisées par PREPAR : on fixe un rendement de 4 % avec une volatilité de 10%. Concernant l'Eurocroissance, le rendement est fixé à 3 % avec une volatilité de 2%.

Pour revaloriser l'encours à chaque pas de temps, on fait l'hypothèse que les rendements des actifs suivent une loi log-normale : on price le sous-jacent (Eurocroissance, UC, Fond Euro), avec une équation B&S discrétisé sur 10 ans :  $S_{t+\Delta t} = S_t \times e^{(\mu - \frac{\sigma^2}{2})\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}\Phi(0,1)}$

Après avoir simulé une loi normale centrée réduite sur 10 K simulations, on obtient une distribution de la marge de cette garantie. La marge correspond aux frais sur encours prélevé au titre de la garantie plancher (0,07% de l'encours).

Les graphiques suivants montrent la répartition **cumulée** des PMVL augmentées de la marge sur les 5 années de projections. Les résultats sont actualisés avec les taux forward de la courbe EIOPA publiée en décembre 2022.

**Scénario Central**

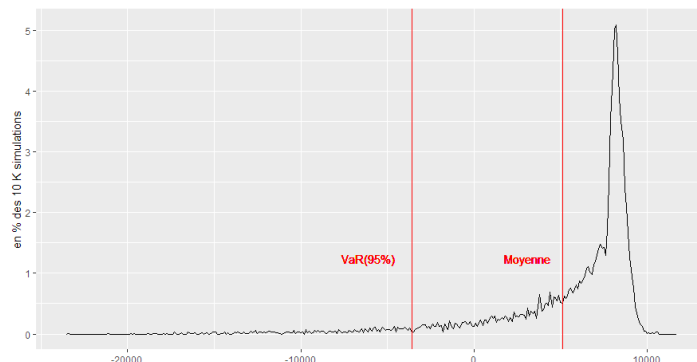


FIGURE 2.6 – Distribution de la marge + PMVL en % des simulations

Sur les 5 années de projection, la tarification appliquée sur les contrats est rentable, la moyenne des simulations est de 5,7 M€. Le quantile d'ordre 95 % est de -3,6 M€, sur une période de projection de 100 ans, l'assureur doit pouvoir absorber une perte de 3,6 M€ au moins 5 fois.

**Volatilité des UC fixée à 20 %**

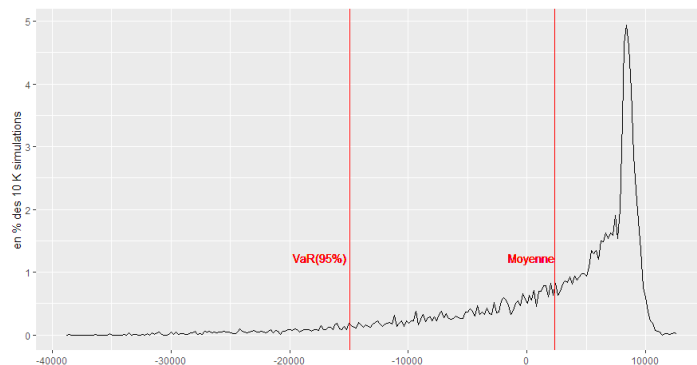


FIGURE 2.7 – Distribution de la marge + PMVL en % des simulations

Lorsque la volatilité des UC passe de 10 à 20 %, le cumul du résultat est toujours positif. En moyenne le résultat est de 2,4 M€. La tarification de cette garantie est suffisante pour combler les moins values des contrats. La mutualisation des investissements entre les 3 supports permet de combler la moins values liée à la volatilité du support UC.

**Taux de décès 4 %**

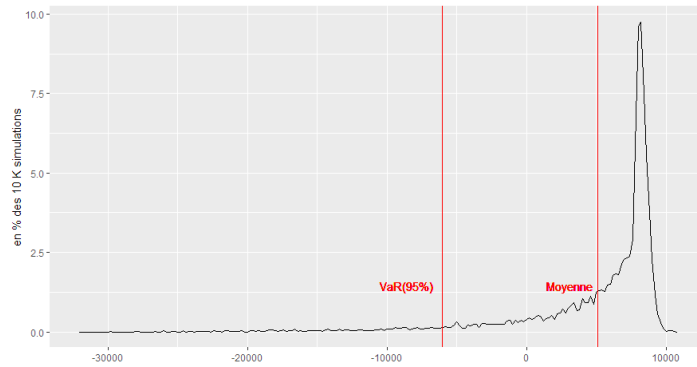


FIGURE 2.8 – Distribution de la marge + PMVL en % des simulations

L'évolution du taux de décès de 2,87 % à 4 % est une hypothèse forte. Le résultat cumulé est en moyenne de 5.1 M€, avec une  $VaR_{95}$  de - 6.1 M€. La tarification de 0,07 % de l'encours est suffisante pour couvrir le risque biométrique. On perd en moyenne 500 K€ de résultat par rapport au Scn Central.

**50% UC**

La composition du portefeuille influence le montant des moins values. En investissant 50 % UC, 25 % Fond Euro et 25 % Eurocroissance, le résultat baisse par rapport à la situation centrale.

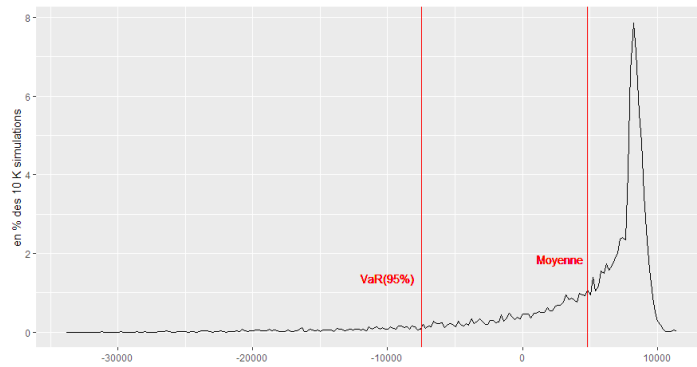


FIGURE 2.9 – Distribution de la marge + PMVL en % des simulations

Lorsque le portefeuille est composé pour moitié d'UC, le résultat cumulé sur 5 ans baisse en moyenne de 900 K€. La  $VaR_{95}$  double et passe à - 7.6 M€. Si on calcule la  $TVaR_{95}$ , la perte moyenne au dessus de la  $VaR_{95}$ , elle est de - 13 M€, alors qu'elle n'était que de - 8.3 M€ pour le scénario central.



Après s'être intéressé à la distribution de la marge et des PMVL cumulée sur 5 ans, on peut regarder l'équilibre marge/sinistre pour savoir si la tarification de 0.07 % est adaptée dans notre cadre.

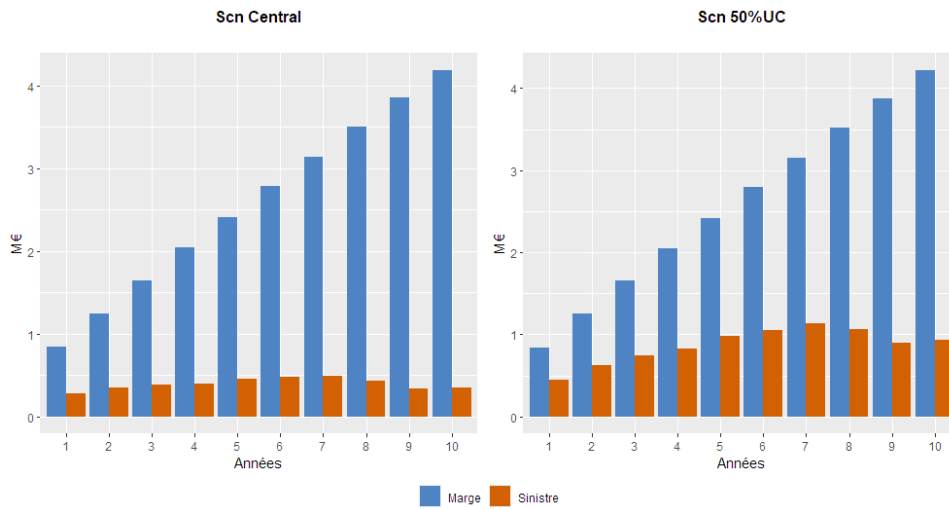


FIGURE 2.10 – Répartition marge et sinistre (Scénario Central)

La tarification semble être suffisante, puisqu'elle couvre largement les sinistres dans les deux scénarios. Les sinistres doublent presque en montant lorsque le portefeuille est composé de 50 % d'UC. La marge prélevée est stable pendant les 10 ans de projection, l'absence de rachat permet à la provision d'être affectée uniquement par le risque de décès et celui lié à la valorisation de l'épargne (rendement et volatilité du support d'investissement).

Lorsque les marchés financiers sont instables, les cours des UC évoluent rapidement. Supposons que la volatilité des supports Eurocroissance et UC passent de 3 à 10 % et de 10 à 20 %, le montant des flux de décès devient supérieur à la marge prélevée au titre de la garantie plancher dans le scénario 50 % UC.

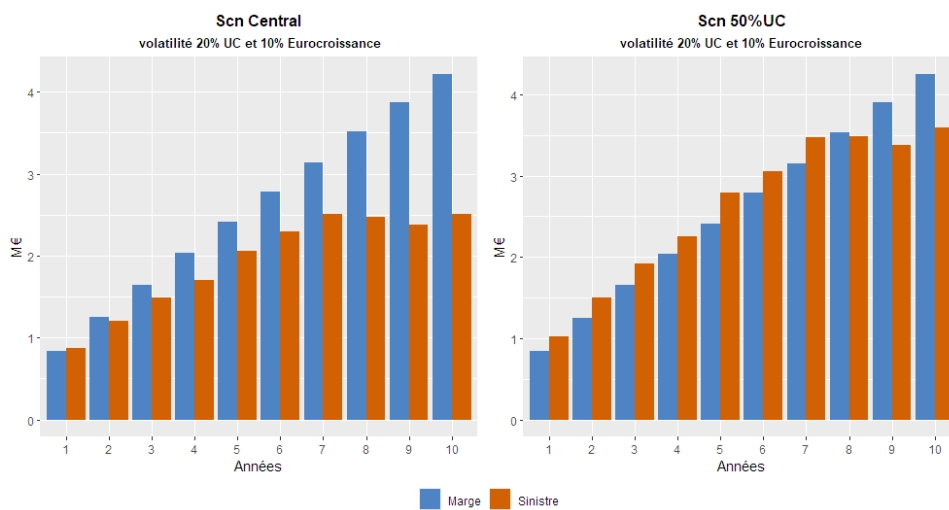


FIGURE 2.11 – Répartition marge et inistre (Scénario Stress)

Dans ce type de situation, le besoin de transférer le risque, ou de pouvoir modifier la tarification rapidement pour combler le déficit lié à la garantie plancher sont deux options envisageables afin de retrouver une stabilité financière pour l'assureur.

### La réassurance

La réassurance permet de céder certains risques pris auprès des assurés selon un traité signé avec un réassureur, en contrepartie l'assureur cède une partie des primes collectées. Elle constitue une alternative à la couverture sur les marchés financiers.

Il existe deux grands types de réassurance : la réassurance proportionnelle et non proportionnelle.

La **réassurance proportionnelle** permet à l'assureur de céder un pourcentage de ses primes et de ses sinistres à un réassureur. La variable la plus importante dans ce type de traité est la proportion de risque cédé au réassureur, suivi de la commission de réassurance : l'assureur cède au réassureur une proportion de ses primes et sinistres, en échange le réassureur reçoit une commission de réassurance fonction des primes reçues, pour assurer la gestion des contrats et des sinistres. La commission est la source de revenu de l'assureur. On distingue deux types de traités sur le marché, les traités en quote part, ou en excédent de plein.

La **réassurance non proportionnelle** consiste à céder son exposition à un risque selon une prime unique annuelle versée au réassureur, selon trois paramètres : la survenance du sinistre, la priorité et la portée. La survenance peut être regardée sur les sinistralités passées, la priorité est la limite en dessous de laquelle le réassureur ne participe pas dans le paiement du sinistre, et la portée représente l'engagement maximal du réassureur. Les traités de réassurance non proportionnelle sont en excédents de sinistres (XS) par risque ou par événement, ou en Excédent de perte (*StopLoss*) pour éviter une sinistralité élevée.

Les couvertures sont diverses concernant les garanties planchers en cas de décès. Plusieurs paramètres sont à prendre en compte dans la négociation du traité : le support couvert et le pourcentage de baisse pris en charge par le réassureur en fonction du rendement/volatilité du sous-jacent, le type des assurés pris en charge (âge, CSP, type de contrat), et la durée de couverture peuvent aussi être pris en compte. On peut se référer au mémoire de THIBAUT KERVEVAN, 2016 pour plus de détails.

## 2.4 Provisionnement

Pour pouvoir apporter une décision concernant un produit d'assurance, l'assureur cherche à quantifier le coût total de son produit dans le temps. L'entreprise calcule des valeurs actuelles probables de ses produits commercialisés. La valeur actuelle probable d'une entreprise mesure l'engagement de celle-ci en fonction du temps, vue en date de calcul  $t = 0$ .

Concernant la garantie plancher, la provision mathématique peut être calculée de différentes façons, en fonction du strike et du sous-jacent choisi. La provision mathématique d'un contrat se définit comme le montant détenu par l'assureur pour pouvoir honorer son engagement vis à vis de ses assurés lorsque le(s) risque(s) présent(s) dans le contrat se réalise(nt). Dans la projection ALM, les provisions techniques sont calculées comme actualisation des engagements futurs.

Pour montrer l'importance du calcul de la couverture, qui couvre l'engagement de l'assureur auprès du souscripteur du contrat à garantie plancher, on peut simuler la baisse de rendement des supports UC et regarder ainsi les variations potentielles des différentes couvertures financières pour l'assureur.

Il existe deux façons de déterminer la provision mathématique des contrats à garanties planchers, de manière déterministe ou stochastique. Prepar provisionne le maximum entre ces deux méthodes existantes concernant la provision pour garantie plancher en cas de décès. Une troisième méthode de place, celle de la Value at Risk peut être utilisée.

**Méthode déterministe**

Le régulateur propose un provisionnement prudent, basé sur la baisse annuelle de 15 % des rendements des "actifs risqués" (les UC dans notre étude), limitée à 50 % sur toute la période de provisionnement, la baisse des cours futurs des UC est fonction de la volatilité de chaque support. L'épargne en euro est projetée avec le taux sans risque.

En pratique, le rendement moyen se calcule comme le taux de variation des supports :  $R_{t+1} = \frac{S(t+1) - S(t)}{S(t)}$ , sur une période de temps fixé.

La provision au titre de la garantie plancher pour l'année  $t + k$  :

$$PM_{t+k} = \max(PM_t \times 0,85\sigma; 0,5 \times \sigma PM_0)$$

$$\underline{\text{Engagement de l'assureur}} : \sum_{i=1}^d \frac{{}_{i-1}p_x q_{x+i-1}}{1+r_{zc}^i} (K - PM_t)_+ = \sum_{i=1}^d \frac{l_{x+i-1} - l_{x+i}}{l_x} \frac{(K - PM_t)_+}{1+r_{zc}}$$

$$\underline{\text{Engagement de l'assuré}} : \tau \sum_{i=1}^{\omega} p_{x+i} \frac{PM_i}{1+r_{zc}^i} = \tau \sum_{i=1}^{\omega} \frac{l_{x+i}}{l_x} \frac{PM_i}{1+r_{zc}^i}$$

avec :

- $i$  : la date de projection
- $x$  : l'âge de l'assuré
- $\tau$  : le taux de chargement de la garantie plancher sur l'encours
- $K$  : le capital garanti par l'assureur
- $r_{zc}$  : taux annuel sans risque.
- $\omega$  : l'âge maximal de l'assuré
- $d$  : le nombre d'années de projection, fonction de la capacité de l'assureur d'ajuster unilatéralement le taux de chargement au titre de la garantie plancher.

On arrive à l'expression d'une provision concernant les contrats avec une garantie plancher en cas de décès, égale à la différence positive entre l'engagement de l'assureur et celui de l'assuré :

$$PM_{GP}(t) = \left( \sum_{i=1}^d \frac{l_{x+i-1} - l_{x+i}}{l_x} \frac{(K - PM_t)_+}{1 + r_{zc}} - \tau \sum_{i=1}^{\omega} \frac{l_{x+i}}{l_x} \frac{PM_i}{1 + r_{zc}^i} \right)_+$$

### Méthode des puts

Déterminer une provision par des options de ventes nécessite de savoir estimer le décès de l'assuré, et la valeur de l'épargne acquise par l'assuré au moment du décès.

Engagement assuré : L'actif sous-jacent,  $S_T$  dépend des variations dans le temps du support sur lequel il a été investi, la méthode classique revient à évaluer  $S_T$  grâce à un modèle de pricing. La méthode de Black and Scholes pour l'évolution du sous-jacent est détaillée dans l'annexe A.

Soit  $\tau$  le chargement prélevé sur l'encours des assurés concernant la garantie plancher,  $r$  le taux sans risque,  $\omega$  et  $d$  respectivement l'âge maximal de l'assuré et le nombre d'années de projection, on a :

$$\begin{aligned} VAP_{\text{assuré}}(t) &= \mathbb{E}\left[\sum_{k=0}^{T-t-1} \frac{\tau S_{t+k}}{(1+r)^k}\right] \\ &= \sum_{i=1}^{\omega-x} \tau S_t \times \frac{l_{x+i-1}}{l_x} \end{aligned} \quad (2.5)$$

Engagement assureur : Pour déterminer l'engagement de l'assureur en date de calcul ( $t=0$ ) pour  $d$  années de projection risque neutre, on retrouve la garantie plancher sous forme de Put en décomposant l'engagement. Soit  $T$  la maturité du contrat,  $S_T$  le sous-jacent (valeur de l'épargne à la date  $T$ ),  $r$  le taux sans risque :

$$\begin{aligned} VAP_{\text{assureur}}(t) &= \mathbb{E}\left[\frac{(K - S_T)_+}{e^{-r(T-t)}}\right] \\ &= \sum_{i=1}^d \mathbb{E}^{\mathbb{Q}}\left[\frac{(K - S_T)_+}{e^{-r(T-t)}} \mid T = t + i\right] P(T = t + i) \\ &= \sum_{i=1}^d Put_i(t + i, K, S_t, r, \sigma) \frac{l_{x+n}}{l_x} \times \frac{l_{x+n} - l_{x+n-1}}{l_x} \\ &= \sum_{i=1}^d Put_i \cdot {}_{i-1}p_x q_{x+i-1} \end{aligned} \quad (2.6)$$

On note  $Put_i$  le prix d'exercice du Put en date  $i$  (2.1), et  ${}_{i-1}p_x q_{x+i-1}$ , la probabilité qu'un assuré décède entre  $x + i - 1$  et  $x + i$ .

Pour un nombre d'assurés  $n$ , l'assureur provisionne en date  $t$ , pour une durée (théorique) de  $\omega - x$  années :

$$PM_{GP}(t) = \sum_n \left( \sum_{i=1}^d Put_i \cdot {}_{i-1}p_x q_{x+i-1} - \sum_{i=1}^{\omega-x} \tau S_t \times \frac{l_{x+i-1}}{l_x} \right)_+ \quad (2.7)$$

**Illustration**

Les graphiques suivants ont été obtenu avec le cadre défini lors de la Tarification (2.3).

La composition du portefeuille influence le montant provisionné au titre de la garantie plancher en cas de décès. En investissant 50 % UC, 25 % Fond Euro et 25 % Eurocroissance, le montant moyen varie entre 0,07 % la première année et atteint 0,73 % de plus que le Scn Central à 10 ans.

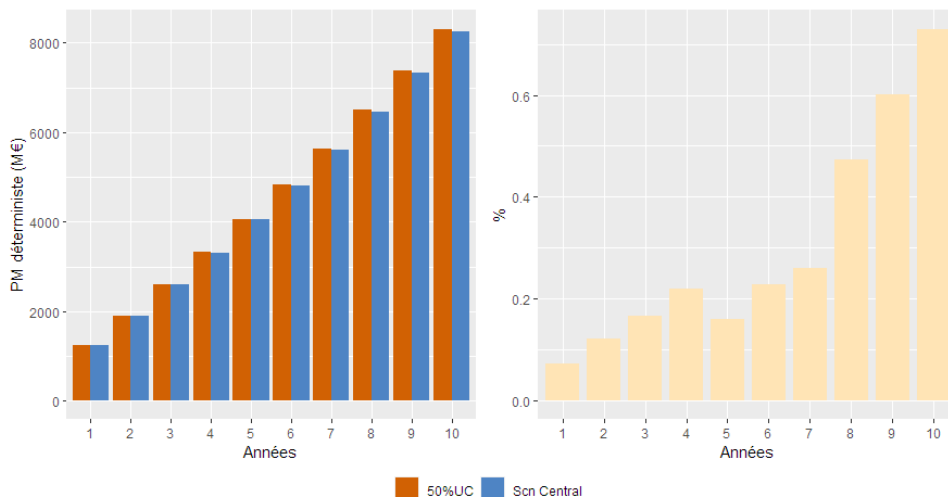


FIGURE 2.12 – Évolution et variation de la PM moyenne sur 10 ans

Les montants provisionnés varient de 0,05 % année après année, à partir de la 8<sup>ème</sup> année ils augmentent de 0,13 % de plus par an.

Le capital décès est le montant que l'assureur peut potentiellement devoir verser à l'assuré si l'assuré décède. Il correspond à la probabilité de décès multipliée par la PM de l'assuré.

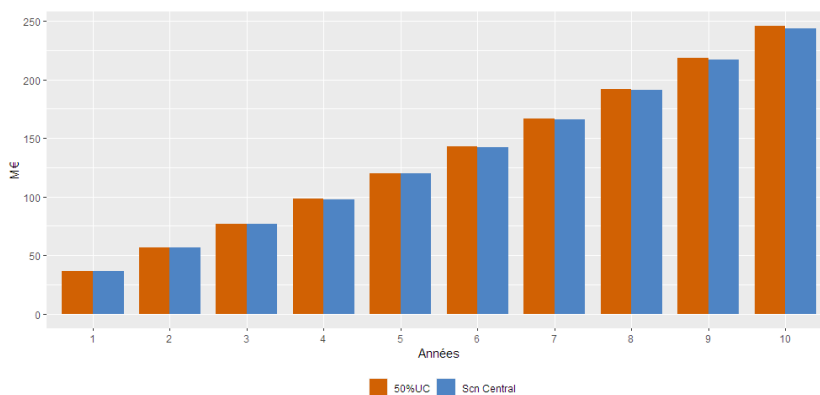


FIGURE 2.13 – Évolution moyenne du Capital décès sur 10 ans

## CHAPITRE 2. LA GARANTIE PLANCHER DANS UN CONTRAT D'ASSURANCE VIE

Les variations en proportion sont identiques à l'évolution de la PM entre le scénario 50 % UC et central. En moyenne, le capital décès est multiplié par 6 sur 10 ans. Pour illustrer les variations de provisions, on peut s'intéresser au taux de décès. Si les taux de décès suivent la loi établie par Prepara (3.4) pour un assuré ayant 75 ans en début de projection.

Age assuré	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
Probabilité de décès (%)	3,18	3.52	3.91	4.37	4.91	5.53	6.25	7.05	7.93	8.90

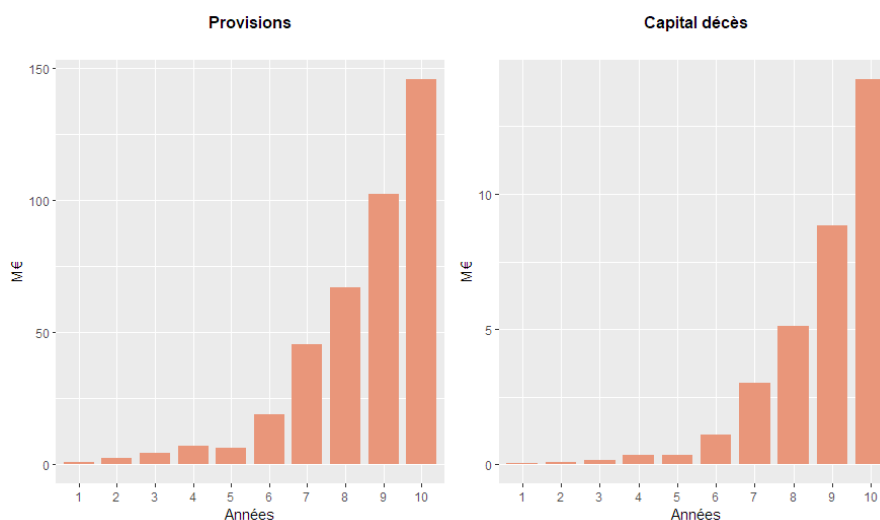


FIGURE 2.14 – Différence de provisions, capital décès entre Scn central et 50 % UC

Lorsque le portefeuille est composé de 50 % UC et que l'assuré atteint 85 ans, la provision mathématique et le capital décès augmentent de plus de 1,8 % par rapport au Scn central. Le Scn central (1/3 de Fond Euro, 1/3 Eurocroissance et 1/3 d'UC) maintient un capital décès plus faible dans le temps du fait de la croissance de l'épargne quasi stable par rapport au scénario 50 % UC.

Durant la dernière année de projection du Scn 50 % UC, le capital décès est plus élevé de 14 M€ et la provision augmente de plus de 145 M€ : une mauvaise anticipation des taux de décès peut affecter le résultat de l'assureur.

Après avoir abordé la tarification et le provisionnement d'une garantie plancher en cas de décès couvrant la moins value globale de l'encours, nous allons aborder la modélisation des flux de décès dans le moteur ALM.

**Conclusion** : Le principe de garantie plancher en cas de décès a été défini, il constitue la base de développement de l'étude.

Rendement, volatilité, proportion d'investissement risqué d'un contrat sont des éléments qui influencent la tarification. Le taux prélevé au titre de la garantie plancher permet d'équilibrer les flux payés par l'assureur et ses revenus. L'âge de l'assuré influence le montant provisionné, et permet de fixer une limite de versement du capital sous risque en cas de décès de l'assuré. Après avoir abordé la tarification et le provisionnement, nous allons aborder la modélisation des flux de décès dans le moteur ALM pour permettre de calculer l'exigence de capital requis par S2.



Deuxième partie

Impact sur le calcul de Best Estimate

## Chapitre 3

# Modèle de projection actif/passif

### 3.1 Modélisation théorique du *Best Estimate*

S2 met en place un bilan économique avec une méthode de valorisation cohérente avec le marché. L'estimation des flux nécessaires aux calculs de BE implique une modélisation actif/passif, de l'interaction actif/passif dans ce que nous appellerons projection ALM ou modèle/moteur ALM.

L'horizon de projection dépend de l'écoulement des PM dans le temps : comme la projection ALM est faite en *run-off*, nous devons nous assurer que les PM résiduelles sont d'un faible montant en fin de projection. Selon l'année, des paiements (frais, versements...) ont lieu sur le passif, ils sont comptabilisés dans le *Best Estimate*. Son expression peut s'écrire :

$$BE = \mathbb{E}^{\mathbb{P} \otimes \mathbb{Q}} \left[ \sum_{i=0}^T \delta(0, i) Flux(i) \right]$$

Le calcul du *Best Estimate* doit quantifier l'incertitude des flux futurs. La construction des simulations de Monte-Carlo intègre les probabilités et les évolutions des facteurs de risques pertinents (environnement économique et comportement des assurés).

Pour obtenir des distributions de probabilités, on utilise la méthode de simulation Monte-Carlo pour simuler la projection des variables qui s'appuie sur les scénarios économiques futurs :

$$BE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^T \delta(i, j) Flux(i, j)$$

avec :

- T : l'horizon de projection
- N : le nombre de scénarios économiques
- Flux(i,j) : les flux de trésorerie du scénario i de l'année j
- $\delta(i, j)$  : déflateur du scénario i de l'année j

## 3.2 Modélisation de l'actif

### Gestion de l'actif dans le modèle

L'actif est comptabilisé en valeur de marché, il doit être en adéquation avec les engagements des contrats au passif. Il est projeté ligne à ligne.

A la fin de chaque année de projection, on retrouve les tombées de coupons et remboursements de capital qui ont été potentiellement capitalisées jusqu'à la fin d'année. Les règles d'investissements s'appliquent à la fin du pas de calcul. Lorsque le modèle est en situation d'investissement, les titres de taux sont alors achetés à l'émission, au pair, avec une maturité de 10 ans.

Toutes les composantes de l'actif sont regroupées dans deux programmes parents, appelés R343-09 et R343-10 en référence au Code des assurances. Un parent permet de classifier les actifs selon l'investissement initial, il permet aussi de structurer les réinvestissements du modèle. L'actif se décompose en neuf catégories :

- Obligations à taux fixe (R343-09, RDC)
- Obligations convertibles à taux fixe (R343-09, RDC)
- Obligations à taux variable (R343-09)
- Obligations à taux fixe puis variable (R343-09)
- Actions (R343-10)
- OPCVM (R343-10)
- Immobilier (R343-10)
- Titres R332-10 taux fixe (R343-10)
- Titres R332-10 taux variable (R343-10)

### Générateur de Scénarios Economique (GSE)

La reproduction du comportement des marchés financiers est centrale pour la modélisation du capital. Les scénarios produits par un GSE ont pour but de modéliser plusieurs variables économiques, qui vont définir l'environnement économique qui structure le modèle de projection :

- structure par terme des taux d'intérêts (Zéros coupons nominaux sans risque et risqué)
- indice action
- indice de gestion alternative
- indice immobilier

Pour modéliser les taux d'intérêts, on utilise un modèle de diffusion qui permet de suivre dans l'univers risque-neutre l'évolution de ces variables en fonction du temps. Il permet aussi de suivre les corrélations entre ces variables. Le modèle utilisé dans ce mémoire est un modèle de taux court à deux facteurs, le G2 ++ (équivalent au modèle à deux facteurs de Hull and White selon le BRIGO MERCURIO, 2005). On va utiliser un modèle de B&S sans dividendes pour simuler l'indice action, gestion alternative. L'immobilier est modélisé par un B&S avec dividendes (les loyers seront assimilés à des dividendes).

Les variables aléatoires sont générées par des tirages de nombres pseudo-aléatoires, en utilisant l'algorithme de Mersenne Twister. Modéliser des courbes de scénarios nécessite 4 étapes : choisir les variables à modéliser, déterminer les modèles avec les paramètres à déterminer, calibrer ses paramètres, générer les aléas et déterminer leur corrélation. La projection des indices voulus permet de générer les tables de scénarios économiques qui alimentent le modèle ALM. On pourra se référer au mémoire

### CHAPITRE 3. MODÈLE DE PROJECTION ACTIF/PASSIF

de J-M HÉCART, 2016 pour l'implémentation et l'importance d'un générateur GSE en assurance vie.

Pour l'évaluation des risques financiers, dans le futur, on se place dans un marché complet en absence d'opportunité d'arbitrage. Sous ces deux hypothèses, il existe une unique mesure de probabilité appelée risque-neutre, noté  $\mathbb{Q}$ . Les indices générés permettent de respecter la condition du monde risque neutre.

Le GSE permet de modéliser les rendements de certains actifs en univers risque neutre : pour les contrats investis en UC, les différents supports d'investissements ont été regroupés en 4 supports qui sont revalorisés selon leur composition au cours de la projection :

Regroupement	Évolution Actif
Actions	Indice Action
Formule	Indice Action
Monétaire	Taux 1 an
Obligataire	Taux 1 an

L'indice action correspond au taux d'évolution des actions fourni par le GSE en monde risque neutre. Le taux 1 an correspond au taux Zéro-Coupon de maturité 1 an.

Concernant la risque neutralisation des titres obligataires, nous pouvons procéder par risque neutralisation en  $t=0$ , en modifiant le montant des cash flows reçu pendant la période de détention du titre. Pour se placer dans l'univers risque neutre, nous devons avoir l'égalité entre :

- La valeur réelle de l'obligation (noté  $VM_0$ )
- La valeur des tombées de coupons actualisée au taux sans risque

Pour respecter cette condition, on introduit une variable noté  $d$  (*default*), qui permet d'ajuster le taux de coupon du titre. Pour chaque titre détenu, nous calculons par valeur cible cette variable :

$$VM_0 = \sum_{i=1}^T \frac{C_i + d}{(1 + ZC_i)^{t_i}} + \frac{N}{(1 + ZC_t)^{t_T}}$$

Il est aussi possible de risque neutralisé en  $t = 0$  les titres obligataires par introduction d'un *spread* sur les ZC. La modification des tombées de coupons affecte le stock de coupons courus à  $t = 0$  car nous calculons les coupons courus à la fin du premier pas sur la variable coupon  $C_i$  ajusté de la variable *default*, et non plus uniquement sur le coupon  $C_i$ . Cette modification dans le calcul des rendements risque neutre permet de ne pas avoir d'impact sur les produits/charges financières en modifiant le stock de coupons courus comptabilisés avant de réaliser les projections.

### Univers Risque Neutre

La valorisation des actifs en monde risque neutre repose sur l'hypothèse que tous les actifs rapportent en moyenne le taux sans risque. Cette hypothèse est assez restrictive, car elle impose une prime de risque nulle entre les rendements des actifs.

La prime de risque ou prime de risque de marché est la différence entre la rentabilité d'un actif détenu en portefeuille et le rendement de l'actif sans risque. Elle exprime le rendement supplémentaire attendu par l'investisseur, conséquence de son investissement risqué. Donc les diffusions d'indice dans l'univers risque neutre doivent respecter deux hypothèses :

- les prix actualisés sont des martingales
- l'espérance des rendements des actifs est égale au rendement de l'actif sans risque.

L'EIOPA fournit mensuellement une courbe des taux sans risque corrigée d'une volatilité pour lisser les rendements obligataires. Une courbe des taux/rendements sans risque est une fonction qui associe à une date, pour chaque maturité, le niveau de taux d'intérêt pour un placement sans risque de défaut de l'émetteur.

### Ré-allocation des actifs

A chaque pas de projection, certaines classes d'actifs rentrent dans le processus d'allocations. L'allocation d'actifs prend en compte les flux de trésoreries générées par les actifs pour gérer la composition de l'actif. Elle doit aussi être garante de l'adéquation actif-passif, ce paragraphe décrit les montants réinvestis dans le moteur ALM Euro/UC.

Dans un premier temps, à la fin d'une année de projection, on comptabilise les actifs arrivés à échéance ou vendus, pour constituer le solde de trésorerie, différence entre les encaissements et décaissements par classe d'actifs. Dans un second temps, on intègre les flux actif/passif du pas de projection, et on suit les règles de gestion pour les investissements.

**Étape 1** : Entre deux pas de projections, certains titres obligataires arrivent à échéance, les remboursements de nominaux sont une source de liquidité que le moteur ALM doit ré-allouer au pas de projection suivant. D'autres types d'actifs, comme les actions, sont partiellement ou totalement vendus pour respecter les règles de gestion. Les titres concernés par les règles de gestion ou arrivant à maturité affectent la valeur de marché des titres en portefeuille. La valeur comptable est affectée par les variations de surcote-décote des titres obligataires.

**Étape 2** : Le montant de cash à ré-investir suit une allocation définie dans le modèle pour les différentes classes d'actifs. Il peut exister différentes stratégies d'investissement : elle peut dépendre de l'environnement économique projeté (fourni par le GSE) ou être statique, fixé en début de projection. Les différentes stratégies sont validées par les dirigeants effectifs et intégrées dans les "**management rules**".

A chaque fin de pas de projection, les flux de trésoreries sont regroupés dans une variable appelée *CF* qui correspond au flux de trésorerie final. Il prend en compte les flux d'actif (remboursements de nominaux, coupons, dividendes...) et les flux de passif (prestations, frais, rachats...). La variable *CF* détermine si le modèle va investir dans des titres fictifs ou vendre certains actifs en fonction de son signe.

**Stratégie d'allocation :**

- Si  $CF > 0$ , le modèle achète des titres. Si les obligations à taux fixes représentent moins de 50 % de l'actif investi, la totalité du flux de trésorerie final est réinvestie en obligations à taux fixe. Lorsque les obligations à taux fixes représentent plus de 50 % de l'actif en valeur de marché, alors on réinvestit une proportion  $x$  dans chaque classe d'actif soumise au processus d'allocation  $i$  : on réinvestit  $x_i^{t-1} \times CF$  par classe d'actif.

- Si  $CF < 0$ , le modèle vend des titres. Le modèle vend dans un premier temps les titres en plus values latentes : on vend par classe d'actifs un ratio égal à  $\min(\frac{-CF}{\sum VM_{PVL}}; 1)$ . Si tous les titres en plus values ont été vendus, le modèle vend une proportion égale à  $\min(\frac{-(CF + \sum VM_{PVL})}{\sum VM_{MVL}}; 1)$  des actifs en moins values. Ces ventes d'actifs se font sous la condition que la part des obligations à taux fixe dans l'allocation d'actifs soit toujours supérieure à 50%

### 3.3 Modélisation du passif

Parmi les provisions techniques, on retrouve les provisions mathématiques, la provision pour participations aux bénéficiaires, la provision globale de gestion, la provision pour aléa financier, la provision pour risque d'exigibilité, les provisions pour sinistres à payer..., pour que les assureurs puissent régler leurs engagements envers les assurés.

#### Portefeuille d'étude

Des actifs sont cantonnés (regroupés et identifiables par une variable) en regard de certains engagements pris au passif. Prepar dispose de trois cantons : Actif Général (AG) et 467 (canton contractuel) et un canton retraite PEUR/PERI (constitution/paiement des mensualités). Les contrats étudiés dans ce mémoire sont rattachés au canton Actif général.

Le tableau suivant comptabilise les provisions mathématiques détenues sur les 3 cantons :

	PM (M€)	Nombre Contrats
AG	4 397	203 594
467	703	9 594
Eurocroissance	1 062	12 654

Les investissements dépendent du type de canton auxquels le contrat est rattaché. Ils permettent d'agréger les PM des assurés selon certains critères.

Le graphique ci-dessous montre la répartition des provisions mathématiques investies sur l'Actif Général de Prepar à fin 2022 (l'Eurocroissance est rattachée au passif de l'Actif Général). Le canton contractuel est investi en Fond Euro pour respecter ses engagements.

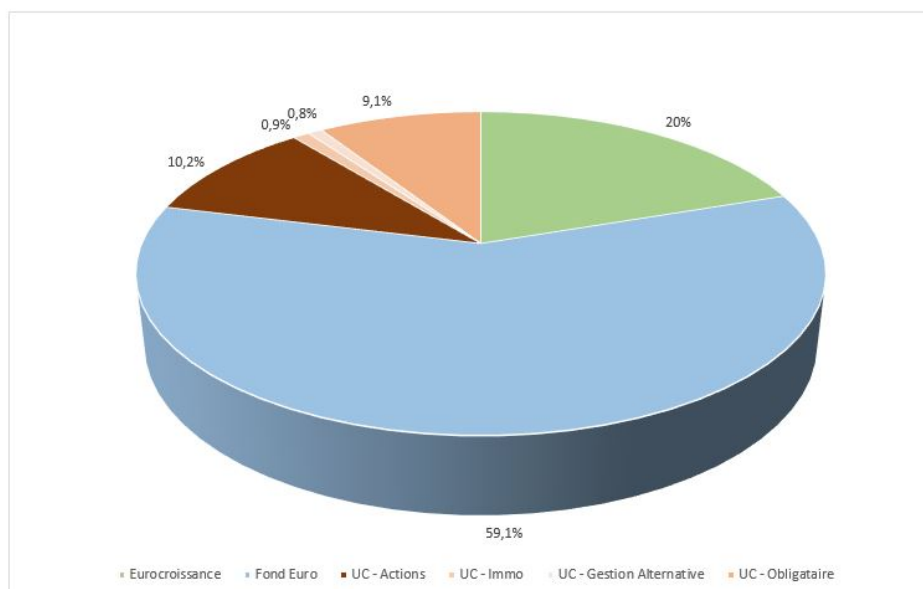


FIGURE 3.1 – Répartition des PM, Actif Général

Connaître la proportion d'actif investi nous sert à calibrer les paramètres de marché qui impactent la prime de la garantie plancher : le rendement et la volatilité des UC. La volatilité des UC est un paramètre central dans la tarification de la prime, quantifier la volatilité historique est un enjeu dans la section tarification (2.3).

### Construction de model points

Le passif des sociétés d'assurance-vie est généralement évalué avec une approche de type Monte-Carlo. Cette méthode permet d'évaluer les prestations futures en utilisant plusieurs scénarios dans la projection. L'un des enjeux d'un moteur ALM est le temps de calcul nécessaire pour modéliser les interactions actif-passif. Pour diminuer le temps de calcul, on regroupe les contrats en paquets homogènes. Plusieurs méthodes statistiques de regroupement (*clustering*) permettent de regrouper les caractéristiques des contrats dans un vecteur aux caractéristiques homogènes appelé model point. Pour comparer la classification des contrats en model points avec le total des contrats, une comparaison sur le calcul du *Best Estimate* est faite sur l'arrêté annuel. Le regroupement des contrats permet donc de diminuer les lignes de contrats mise en input du moteur ALM. Les axes de regroupements utilisés sont les suivants :

- Portefeuille de rattachement et nom du produit
- Année d'effet des contrats
- Frais de gestion
- Type de contrats
- Taux d'intérêts techniques et taux minimum garanti
- Proportion de participation aux bénéfices
- Classification de l'âge (+/- 70 ans pour les rachats conjoncturels)

Les contrats sont regroupés par groupe homogène selon les caractéristiques énoncées ci-dessus. Pour savoir si une ligne de contrat homogène dispose de la garantie plancher en cas de décès, une indicatrice a été rajoutée en fonction du nom de produit en portefeuille. Cette indicatrice est lue en entrée du moteur ALM et permet de modéliser les flux liés à la garantie plancher au niveau du model point.

### Construction des données de passif

Les données utilisées dans ce mémoire sont issues de contrats commercialisés par un accord entre Prepar-Vie et le réseau BRED Banque Populaire. Le canton de rattachement est l'Actif Général. Lorsque l'assureur pratique une politique financière particulière et identifiable, l'actif est cantonné en regard de certains engagements pris au passif. Les primes versées sur ces contrats permettent d'acheter des titres qui permettent d'honorer les engagements envers les assurés.

Les contrats étudiés sont des contrats d'assurance-vie groupe à capital variable, soit de type capital différé couplé à une assurance en cas de décès, soit de type vie entière à durée viagère.

Les contrats commercialisés possédant une garantie plancher, garantissent le paiement d'un capital au(x) bénéficiaire(s) désigné(s) : en cas de décès de l'assuré en cours d'adhésion (paiement en capital ou rente viagère, indivisible ou réversible à 60 % ou 100% au profit du conjoint).



## CHAPITRE 3. MODÈLE DE PROJECTION ACTIF/PASSIF

Par le passé deux versions de garanties planchers en cas de décès ont été commercialisées. La GP1 porte sur des contrats commercialisés à partir des années 2000, alors que la GP2 a été majoritairement commercialisée dans les années 2020 dans le réseau BRED. Le tableau suivant présente les principales caractéristiques des deux garanties planchers commercialisées au sein de l'Actif Général.

		GP 1	GP 2
<b>Périmètre</b>		Evolutive I à III, Valvea	VIP II - Valvie IV, Evolutive IV
<b>Assiette garantie</b>		Primes nettes (et non rachetées)	Primes brutes (et non rachetées)
<b>Coût</b>		0,24% sur UC	0,07% sur tous supports
<b>Bornes d'âge</b>	Adhésion	< 75 ans	< 70 ans
	Versements	illimité	< 70 ans
	Décès	illimité	< 85 ans
<b>Plafond</b>	Versements	Néant	Néant
	Moins-Value	61.000 € ou 20% Prime(s) nette(s)	300.000 €

FIGURE 3.2 – Caractéristiques des garanties planchers de l'étude

L'encours de la GP1 n'est plus significatif, il ne représente qu'une fraction des actifs de l'Actif Général. Nous allons nous concentrer sur la garantie GP2, qui est à ce jour encore commercialisée par le réseau BRED.

Pour pouvoir intégrer la garantie plancher dans la projection ALM, il faut faire des choix concernant l'information disponible dans les bases de données et l'information nécessaire pour modéliser le risque de décès et de marché dans le modèle ALM. On essaye de trouver la granularité qui convient au mieux pour maximiser le temps de calcul - précision des résultats.

### Caractéristiques des contrats

La présentation des données va être centrée sur les contrats possédant la GP2 qui sont commercialisés depuis quelques années et toujours distribués au public; savoir le coût potentiel pour l'assureur de sa vente est important. Nous allons distinguer 3 scénarios, avec 3 passifs de contrats :

Scn 1 : Central	Aucun contrat sur l'Actif Général ne possède la garantie.
Scn 2 : réel	Les contrats commercialisés depuis 2020 possèdent la garantie.
Scn 3 : élargi	La totalité des contrats rattachés à l'Actif Général possède la garantie.

Les contrats de notre étude ont donc la même clef de regroupement au passif, **l'Actif Général**. Le Scn 2 représente le cas réel pour Prepara-Vie. Le Scn 3 est important car il peut être envisagé comme une évolution du Scn 2 : les contrats du Scn 2 peuvent "remplacer" l'encours actuel, en renouvelant les anciens contrats de l'Actif Général dans le futur. Le tableau suivant regroupe les principales informations sur les contrats possédant la GP2 :

PM (K€)	Scn 2	Scn 3	PM moyenne (K€)	Scn 2	Scn 3
Euro	221 417	3 240 306	Euro	12	16
UC	266 084	1 156 776	UC	3	1

### CHAPITRE 3. MODÈLE DE PROJECTION ACTIF/PASSIF

	Scn 2	Scn 3
Age moyen	51	54
Nombre contrat	17 905	203 594

Il y a des différences dans les **montants moyens provisionnés**, conséquence du nombre de contrats possédant la garantie plancher sur les Scn 2 et 3, et du type de clientèle visée dans le Scn 3. En date d'extraction, le Scn 2 représente 11% de l'encours total provisionné du Scn 3. La différence du nombre de contrats commercialisés est importante : le Scn 2 représente 9 % du nombre présent dans le Scn 3. L'âge moyen des assurés est sensiblement le même, 51 pour le Scn2 et 54 pour le Scn 3.

La Moins Values (MV) en date de projection des contrats correspond au capital sous risque, alors que les Plus-Values (PV) correspondent à la différence positive entre l'épargne acquise par l'assuré et son versement initial. Les montants sont différents entre les deux scénarios, les montants affichés dans le tableau ci-dessous reprennent les contrats possédant la GP2 dans le Scn 2 et 3.

K€	Scn 2	Scn 3
MV	8 752	182 015
PV	35 660	667 221

On peut s'intéresser à la différence de moins values entre les primes brutes et nettes de frais pour regarder le montant de moins values supplémentaires lié au frais. Les frais concernant la garantie plancher GP2 sur l'encours euro et UC sont de 0,07 % par an (révisable annuellement), ils constituent la source de revenu de l'assureur pour pouvoir payer les flux de décès liés à la garantie plancher. Logiquement, les marges bénéficiaires sont réduites de 208 K€ lorsque les primes nettes sont garanties, tandis que les pertes de valeur sont augmentées de 1 218 K€ (sur le Scénario 2).

### 3.4 Modélisation du comportement des assurés

Après avoir posé un cadre sur la modélisation de l'actif et du passif du modèle ALM, on va détailler la modélisation du comportement des assurés (rachats et décès), qui permet de modéliser des mouvements de flux actifs/passifs dans la projection.

#### Loi de mortalité

Par le passé, les assureurs ont distingué deux catégories qui conditionnent la mortalité des populations :

- des éléments propres à l'assurance, impactant les assurés (dossier médical, autosélection...)
- des circonstances générales influant une population (mortalité, profession, sexe, localisation...)

Des tables de mortalité sont utilisées par les assureurs pour la tarification et le provisionnement des contrats. Une **table de mortalité est une table donnant pour chaque âge la probabilité annuelle de décès d'un individu**. Elle est établie selon des données observées, l'INSEE établit une table pour la population française chaque année. Les probabilités de décès sont construites par l'estimation des taux bruts de décès puis par un lissage des taux pour se rapprocher des décès constatés au moment de la construction d'une table. Un assureur peut utiliser des tables réglementaires, ou des tables d'expériences certifiées par un actuaire indépendant agréé (A132-18 du CA).

Lorsque les compagnies d'assurance ont des informations sur leurs assurés, il est aussi possible de faire un abattement sur les coefficients de décès sur des tables existantes pour retrouver la mortalité constatée dans le passé. L'abattement permet d'utiliser les tables réglementaires et de pouvoir ajuster les coefficients de mortalités appliqués sans construire de tables d'expériences.

#### Les tables de mortalité réglementaires

- TH00-02 et TF00-02 : elles ont été établies à partir des données de l'INSEE issues d'observations réalisées entre 2000 et 2002, la table TH concerne la mortalité masculine et TF féminine ; ces tables sont utilisées pour les contrats d'assurance vies (hors rente viagère).
- TGH05 et TGF05 : il s'agit de tables dites "prospectives"/générationnelles. Elles prennent en compte l'âge et l'année de la personne lors du calcul du taux de mortalité. Elles permettent de suivre l'évolution de la mortalité correspondant à une génération de naissance, on peut donc estimer l'évolution de l'espérance de vie d'une génération, ce qui est utile pour les engagements longs.

#### Loi de mortalité utilisée dans le modèle ALM

Une étude a été réalisée pour calibrer une loi de mortalité. Le modèle ALM modélise les décès par moyenne des tables TH00-02 et TF00-02 avec un coefficient d'abattement.

### Loi de rachat

Le contexte économique définit des paramètres macroéconomiques et microéconomiques qui spécifient la modélisation des rachats faits par les assurés dans le modèle. Selon les conditions de son contrat, l'assuré peut avoir le droit de racheter partiellement ou totalement son contrat. La valeur acquise par son versement initial correspond à sa valeur totale de rachat, en prenant compte les options et garanties du contrat à la date de rachat. Au cours de la projection ALM des contrats, on distingue deux catégories de rachats : structurels et conjoncturels.

**Rachat structurel** : leur modélisation dépend de l'analyse des rachats passés. Ils correspondent au besoin de l'assuré, généralement une vague de rachat structurel peut avoir lieu lorsque les conditions de marchés sont défavorables, ils peuvent dépendre de plusieurs paramètres :

- des caractéristiques de l'assuré (âge, catégorie socio-professionnelle...)
- type de contrat (épargne, retraite, viager...)
- caractéristiques du contrat (montant de la provision mathématiques, fréquence des versements, frais du contrat...)

**Rachat exceptionnel - dynamique** : lorsque l'environnement économique évolue, le comportement des assurés est modifié. Les rachats conjoncturels sont liés aux conditions de marchés. Lors de la souscription d'un contrat d'assurance vie, les assurés recherchent un rendement qu'ils jugent satisfaisant dans le temps : quand les conditions de marchés se dégradent, les détenteurs d'un contrat sans taux garanti percevront un rendement plus faible, conséquence de la baisse de rendement des actifs de l'assureur. Au contraire, les assurés possédant un taux garanti percevront un rendement connu lors de la signature du contrat. Les rachats dynamiques sont liés à la conjoncture économique ou aux résultats du contrat de l'assuré. Plusieurs facteurs influencent ces rachats dans le temps, on peut en distinguer plusieurs classes :

- Bonne santé de la compagnie (réputation, notation)
- Contexte économique et financier : employabilité, inflation, état des marchés financiers...
- Etat du marché : concurrence et distribution de nouveaux produits concurrentiels.

Trois paramètres rentrent en jeu pour déterminer les rachats dynamiques : la granularité des rachats, la définition du taux attendu et servi aux assurés, et la loi choisie pour les modéliser. Lorsque les données de l'assureur n'ont pas été suffisamment observées par le passé, la calibration d'une loi peu devenir complexe, sa construction peut être faite avec un expert ou avec l'utilisation d'autres données.

La satisfaction de l'assuré se mesure par le rendement qu'il reçoit de son contrat : plus l'écart entre le taux attendu et le taux servi augmente, plus l'assuré est censé être satisfait.

Les taux de rachats sont calculés de manière déterministe, ils font partis des hypothèses de projection. Un taux de rachat global est calculé, égal à la somme des rachats partiels et totaux, fonction de l'ancienneté du contrat des assurés. Prepara Assurances ayant été fondé en 1984, il ne peut y avoir plus de 39 ans d'ancienneté en 2022.

Une loi de rachat dynamique a été définie dans les ONC<sup>1</sup> de 2013, le modèle ALM se base sur cette loi pour modéliser les rachats exceptionnels.

Les rachats sont modélisés par une fonction qui dépend de l'écart entre le taux servi aux assuré et un taux de rendement espéré (qui dépend de l'environnement économique). Le taux de rachat est alors encadré par deux lois : une est un plafond maximum de rachat, et l'autre un minimum. Si le taux dépasse les seuils fixés, il est admis que d'autres facteurs expliquent les rachats, et non l'écart de taux.

L'objectif de ce cadre est de cantonner le taux de rachat à l'intérieur de l'intervalle pour isoler les intensités de rachats en fonction des groupes homogènes d'assurés, les taux de rachats dynamiques sont équivalents à une fonction linéaire par morceau.

Les lois plafonds qui encadrent les rachats dynamiques définissent 4 seuils, ou l'assuré est "indifférent", entre racheter son épargne ou non.

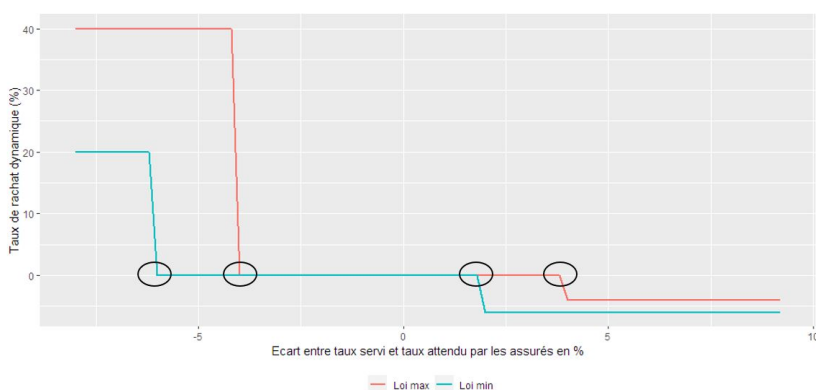


FIGURE 3.3 – Rachats dynamiques issus des ONC

Ces seuils peuvent être expliqués par d'autres paramètres que la différence de taux : les différentes options et garanties qui ne sont pas reflétées dans l'écart de rémunération (garantie plancher, revalorisation, de fidélité, etc) ; le coût d'entrée dans le contrat pour l'assuré (frais initiaux de versements), le coût fiscal et la gestion administrative du contrat, ainsi que les pénalités de rachats imputées à l'assuré quand il rachète partie ou totalité de son épargne.

Pour notre étude, **on fait l'hypothèse qu'après 70 ans, un assuré ne rachète plus son contrat pour des motivations économiques**. Dans le modèle ALM, la différence de taux servi et assuré correspond à l'écart entre le taux servi l'année précédente et le TME 10 ans. On fait l'hypothèse que les assurés ont une revalorisation peu volatile. D'autres taux de référence peuvent être choisis pour simuler le taux attendu par les assurés : TME de différentes maturités, pourcentage de taux d'intérêts observés.

Les assureurs peuvent essayer de lisser l'impact d'une vague de rachat massif. Les rachats dynamiques sont particulièrement regardés en période de hausse des taux pour éviter une décollecte massive dans la projection. L'utilisation d'une méthode de lissage est pertinente si l'assureur montre que les assurés ne sont pas sensibles aux décalage ponctuel entre le taux servi et les indices de marché de référence. Le taux servi par la concurrence peut être retenu comme un investissement non assurantiel, pour dissuader un assuré de racheter son contrat en cas d'écart ponctuel.

1. Orientations Nationales Complémentaires aux Spécifications Techniques, ACPR 2015

### Choix d'investissement et versement initial

#### Arbitrages

Pour gérer son épargne dans le temps, l'assuré peut prendre plusieurs actions : il peut faire un rachat (total ou partiel) pour récupérer tout ou partie de son épargne, et/ou faire de(s) arbitrage(s). Un arbitrage (total ou partiel) permet de réorienter tout ou partie de son investissement en changeant de support d'investissement. Un assuré peut faire des transferts du fond euro vers des unités de comptes ou inversement.

Tout comme les rachats, les arbitrages structurels et conjoncturels doivent être modélisés dans la projection ALM. La réglementation impose l'analyse du comportement passé ainsi que la modélisation prospective du comportement des assurés. D'un point de vue technique, les arbitrages ont un impact direct sur la solvabilité d'un assureur à cause des différentes options et garanties liées aux supports Euro et UC.

Pour un portefeuille de contrats d'assurance vie, il faut donc regarder les arbitrages du fond Euro vers UC et inversement. Il faut aussi prendre compte des arbitrages liés au passage en retraite de certains contrats pour la conversion de l'épargne des assurés en PM de rentes.

Un mode de gestion permet d'investir l'épargne initiale de l'assuré en suivant les termes contractuels définis dans le contrat. Une gestion pilotée/déléguée permet de transférer la gestion des investissements à un organisme qui va gérer les arbitrages de l'épargne de l'assuré en fonction des objectifs prédéfinis. La gestion libre permet à l'assuré d'avoir le choix des supports d'investissements, l'assuré opère lui-même aux arbitrages dans le temps.

Prepar-Vie modélise les arbitrages selon deux modes de gestion, pilotée et libre, en se basant sur une analyse antérieure des différents arbitrages réalisés sur les contrats détenus. Concernant l'étude de la garantie plancher en cas de décès, les arbitrages ne seront pas pris en compte.

#### Versements

Les contrats prévoient plusieurs options pour le versement des primes aux assureurs. On distingue trois types de versements :

- Les primes périodiques/versements échelonnés sont des montants virés à l'assureur qui arrive selon un échelon de temps défini.
- Les primes exceptionnelles/versements libres sont des versements dont le montant exact n'est pas contractuel, ce type de versement correspond aux assurés ayant une capacité d'épargne fluctuante. Ils sont difficiles à estimer car il y a beaucoup d'incertitude.
- Les primes uniques/de souscription correspondent à un versement initial unique à la date d'effet du contrat.

L'étude va être réalisée sur des **versements uniques** faits à des dates antérieures à 2022.

### 3.5 Projection ALM

La projection ALM est faite en *run-off*. Le passif a été constitué grâce à SAS, le GSE développé en interne. L'actif a été constitué grâce à des exports en valeur de marchés des actifs détenus en portefeuille. On peut visualiser la projection grâce à ce schéma pour un scénario *i* sur N horizon de temps, les flux servant à calculer le *Best Estimate* :

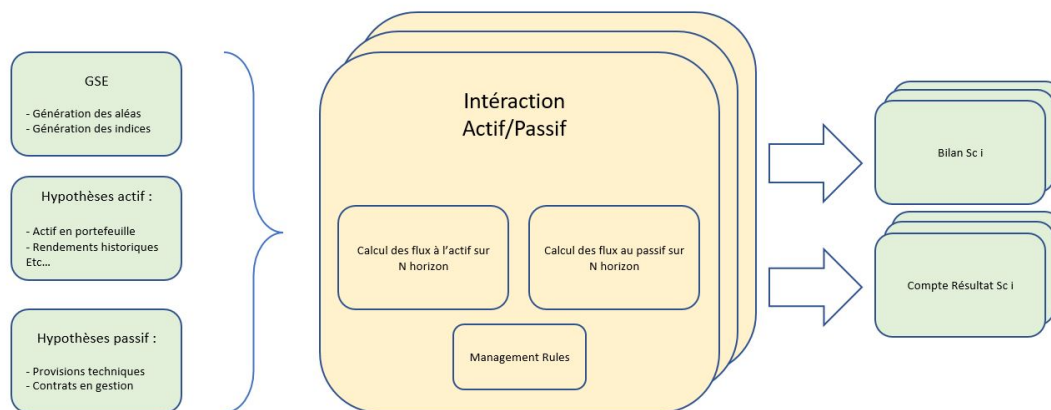


FIGURE 3.4 – Hypothèse de fonctionnement du moteur ALM

Les flux d'actif et de passif sont projetés conjointement à chaque pas de temps. L'évolution des actifs est faite grâce aux indices générés par le GSE. Les éléments du passif évoluent grâce aux hypothèses de projection. Les hypothèses de projection sont des variables exogènes utilisées dans la projection pour faire évoluer les contrats, on pourra retenir :

- Taux (issu de la courbe sans risque publié par l'EIOPA)
- Rendement (Rendement passé par canton, prévisions annuelles, benchmark)
- Hypothèses techniques (frais, rachats, décès, inflation, primes exceptionnelles)
- Futures règles/décisions de gestion (management rules)

Les futures règles de gestion (Management Rules, Article 23 du RD) sont déterminées de manière objective, cohérentes entre elles. Concernant les règles présentes dans le modèle, elles peuvent se décliner en trois parties :

- **Gestion des prestations discrétionnaires** : concerne la définition des taux servis aux assurés durant la projection sur les différents cantons, la gestion des provisions de l'assureur (PPB, PD), ainsi que les éventuelles décisions pour pouvoir respecter les exigences réglementaires.
- **Politique financière** : définition de la stratégie d'allocations d'actifs, gestion des possibles couvertures financières, et des plus-values sur les différents cantons.
- **Gestion des résultats** : concerne la gestion des soldes du compte de résultats dans la projection

## CHAPITRE 3. MODÈLE DE PROJECTION ACTIF/PASSIF

A chaque pas de temps, les flux sont agrégés, en fonction de la politique de taux servi sur les contrats, on obtient un résultat comptable et un compte de résultat. Le schéma suivant résume la projection des flux ALM entre deux années de projections.

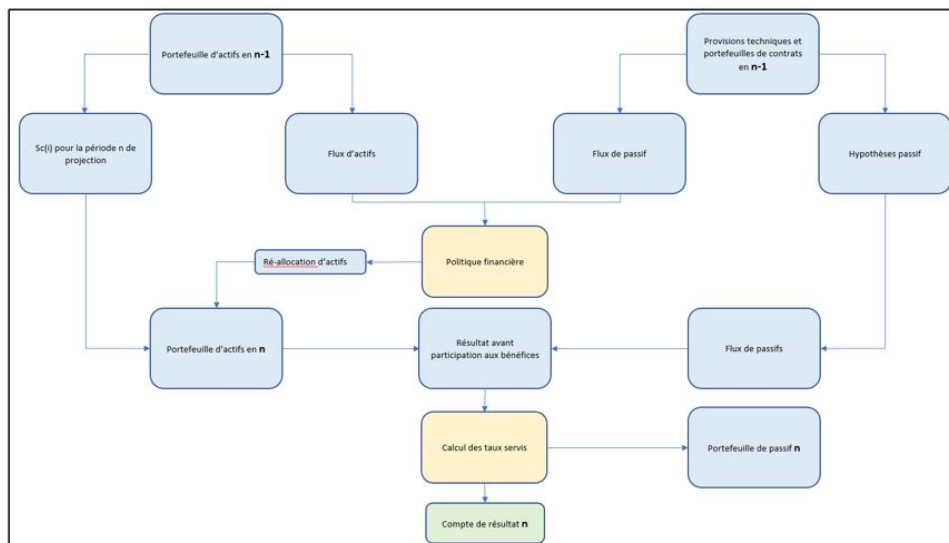


FIGURE 3.5 – Projection des flux de *Best Estimate*

### Compte de résultat

Les flux nécessaires à la construction d'un compte de résultat sont exportés de la projection, pour chaque pas de projection. On peut établir le bilan en valeur comptable et de marché par canton. Le solde du compte de résultat est soit positif (produit) soit négatif (charge). Les soldes de comptes de résultats dans la projection peuvent influencer les règles de gestion et les politiques financières.

- **Résultat technique** : Il correspond aux primes reçues diminuées des prestations. Il prend en compte le décaissement des provisions mathématiques, conséquence des sinistres, et comptabilise les potentiels arbitrages.
- **Résultat financier** : Il prend en compte les produits financiers réalisés pendant l'année et des plus ou moins values réalisées, il correspond au rendement des actifs détenus par l'entreprise. Ce poste prend aussi en compte les potentielles variations de la provision pour participations aux bénéfices (PPB), provision visant à garantir un rendement sur le fond euro.
- **Résultat charges** : Les flux liés aux frais et commissions de l'assureur sont comptabilisés années par années dans la projection. On retrouve les frais de gestion sur l'encours, frais d'administration, de décès, rachats, acquisitions. Ce résultat est négatif car les frais et commissions sont des flux payés par l'assureur.

Les flux payés aux assurés au titre de la garantie plancher n'impactent pas le résultat de charges, car l'ajout de la garantie plancher dans le modèle ALM n'a pas d'incidence sur les frais et les commissions modélisés.



### **Report à nouveau (RAN)**

Le report à nouveau est un poste du passif des assureurs. Le report à nouveau est le cumul des résultats comptables des cantons projetés. Son solde représente la somme des résultats négatifs et positifs qui ne sont pas affectés en provisions ou distribués.

Lorsque le solde du report à nouveau Euro est négatif, le modèle va simuler un apport de capital pour combler la perte de l'exercice. Le modèle simule cette montée en capital de manière qu'elle disparaisse lorsque le report à nouveau redevient positif. Cet apport de capital a été modélisé pour ne pas déformer le rendement servi aux assurés en produits financiers au cours de la projection.

### **Bilan S2**

Le compte de résultat (CR) est la somme des trois résultats énoncés ci-dessus. Il vient alimenter le bilan économique S2 ainsi que le bilan en norme française au passif.

# Chapitre 4

## Calcul du *Best Estimate*

La tarification de cette garantie permet de fixer une marge, source de revenu pour l'assureur servant à couvrir les versements du capital sous risque au(x) bénéficiaire(s). Le provisionnement permet de constituer une réserve en attendant que le sinistre se réalise (potentiellement), pour que l'assureur puisse honorer ses engagements envers les assurés.

Ce chapitre apporte les éléments théoriques (et appliqués dans le modèle ALM) pour pouvoir modéliser la garantie plancher GP2. Le coût S2, (ou provision S2) est assimilé au calcul du *Best Estimate* qui permet de construire le bilan en valeur de marché, et de connaître les capitaux S2 requis par le calcul du SCR.

### 4.1 Projection des flux de BE

Les modèles Eurocroissance et Fond Euro/UC sont indépendants dans la projection ALM. La garantie GP2 a été implémentée sur le modèle Euro/UC. Prepar utilise un logiciel de projection de Cash-Flows développé par RNA Analytics.

Le stock est projeté à chaque clotûre comptable et à l'arrêté annuel. Le logiciel projette les variables et leurs interactions sur des périodes de 1 an sur un horizon de projection renseigné en input. Sur une date de calcul (une année), les flux modélisés peuvent être calculés à chaque fin d'année (step), ou dans les *events* qui interviennent entre deux pas de calculs. On peut citer les flux de passifs modélisés :

- Décès
- Rachats partiels
- Rachats totaux (structurels et conjoncturels)
- Primes
- Échéances (contrats arrivant à termes)
- Arbitrages
- Versements des rentes (arrérages)
- Chargements

A chaque step/events, l'encours de l'assuré peut être ponctuellement impacté par des primes, rachats, décès... Concernant la garantie plancher en cas de décès, il faut calculer un capital sous risque model point par model point à chaque pas de temps.

### Valorisation des flux dans le temps

Après chaque pas de projection, les chargements sont prélevés sur l'encours euro et UC des assurés. Entre deux pas de projection la PM € est augmentée des intérêts techniques et de sa part de participation aux bénéfices, calculée selon les produits financiers réalisés. La PM € comme la PM UC sont revalorisées à un taux prédéfini et net de frais de gestion. La PM UC d'un assuré est répartie sur 4 supports : Actions, Monétaire, Obligataire et Formule.

La garantie GP2 portant sur la totalité de l'encours de l'assuré, sa modélisation ALM nécessite de distribuer la moins-value entre les supports UC et Euro à chaque pas de calcul. Pour un model point, la moins-value potentielle des UC peut être atténuée par les intérêts capitalisés sur le Fond Euro. Pour modéliser la garantie GP2, **la moins value est distribuée selon le rapport en valeur de marché des supports d'investissements.**

Les différents pas de temps permettent d'affecter à l'encours des assurés différents éléments comme les chargements, les flux de décès, de rachats qui peuvent être définis selon une périodicité choisie par l'utilisateur.

### Projection des flux de décès

Le capital sous risque correspond à l'assiette de calcul de la garantie plancher. Noté  $C_r$ , le capital garanti correspond au cumul des primes nettes de frais, diminué des rachats partiels faits par l'assuré. Il est calculé model point par model point, égal au capital garanti diminué des provisions mathématiques.

Lors d'une modélisation police par police, les événements de rachats et de décès sont indépendants : si un assuré décède alors son épargne est liquidée et la ligne "disparaît" au passif de l'assureur (identique si il rachète totalement son épargne). Lorsqu'on s'intéresse à des models points, nous pouvons faire l'hypothèse que ces deux événements sont indépendants.

Notons  $p_{RT}$  la probabilité qu'un model point rachète son contrat, et  $p_{DC}$  la probabilité qu'il décède. Notre but est de ventiler les flux de rachats et de décès, de telle sorte qu'ils puissent avoir lieu à la même date de calcul, donc les rachats et décès sont des événements disjoints dans le modèle.

On pose :

$$\begin{cases} \overline{p_{RT}} = p_{RT} \times \left(1 - \frac{p_{DC}}{2}\right) \\ \overline{p_{DC}} = p_{DC} \times \left(1 - \frac{p_{RT}}{2}\right) \end{cases} \text{ tel que } p_{DC \cup RT} = p_{DC} + p_{RT} - p_{DC \cap RT} = \overline{p_{RT}} + \overline{p_{DC}}$$

La variation due aux décès, rachats entre  $t$  et  $t+1$  est notée :  $P_{DC \cup RT} = 1 - (1 - p_{DC})(1 - p_{RT})$

$$\begin{aligned} P_{DC \cup RT} &= p_{DC} + p_{RT} - p_{DC}p_{RT} \\ &= p_{DC}[1 - p_{RT}] + p_{RT} \\ &= p_{DC}\overline{p_{RT}} + 1 + p_{RT} - 1 \\ &= p_{DC}\overline{p_{RT}} + 1 - p_{RT} \\ &= \overline{p_{RT}}[p_{DC} - 1] + 1 \\ &= 1 - \overline{p_{DC}}\overline{p_{RT}} \\ &= 1 - (1 - p_{DC})(1 - p_{RT}) \end{aligned} \tag{4.1}$$

La ventilation entre décès et rachat se note :  $\frac{\overline{p_{DC}}}{\overline{p_{DC}} + \overline{p_{RT}}}$

En faisant l'hypothèse que le capital sous risque entre  $t$  et  $t+1$  a été revalorisé à un taux  $r$  dépendant du capital investi (euro/uc), on a :

$$\begin{aligned} C_r(t+1) &= C_r(t)(1+r)^{t+1-t}(1 - (1 - p_{DC})(1 - p_{RT})) \\ &= C_r(t)(1+r)(1 - (1 - p_{DC})(1 - p_{RT})) \end{aligned} \tag{4.2}$$

On peut écrire le flux associé au décès lié à la garantie plancher en  $t+1$ , avec  $d$  le temps séparant l'événement précédent ou les flux liés aux rachats/décès sont survenus et on obtient :

$$CF_{GP}(t+1) = C_r(t)(1+r)^d [1 - (1 - p_{DC})(1 - p_{RT})] \frac{\overline{p_{DC}}}{\overline{p_{DC}} + \overline{p_{RT}}} \tag{4.3}$$

En remplaçant l'expression du capital sous risque en  $t$  par l'expression précédente (4.2), on obtient :

$$CF_{GP}(t+1) = C_r(t+1) \frac{1}{(1+r)^{\frac{d}{2}}} \left[ \frac{1}{(1 - p_{DC})(1 - p_{RT})} - 1 \right] \times \frac{\overline{p_{DC}}}{\overline{p_{DC}} + \overline{p_{RT}}} \tag{4.4}$$

Nous avons construit deux expressions, une pour le capital sous risque et celle du flux correspondant, conséquence de la garantie dans le temps. L'écoulement des montants des flux de décès lié à la garantie plancher affectera directement certains postes au bilan.

### **Intégration des flux dans le Best Estimate**

Les flux payés par l'assuré et l'assureur au cours de la projection ALM constituent des flux de passifs. Ils doivent être comptabilisés dans un poste du bilan. Ils rentrent dans le BE, pour pouvoir refléter au mieux les provisions techniques détenues par l'assureur. Les flux payés par l'assureur au titre de la garantie plancher augmentent les prestations versées aux assurés.

Les flux de décès augmentent dans le temps (lié au vieillissement du portefeuille). La garantie plancher est censée être couverte par la tarification du contrat. Il ne faut pas oublier que les **intérêts réalisés par l'assureur sont capitalisés dans la projection et permettent une mutualisation du risque de décès en cas de moins-value des contrats.**

Au cours de la projection ALM, les flux liés à la garantie plancher sont comptabilisés dans le compte de résultat. Les comptes de résultats sont calculés par canton réglementaire. Les flux GP2 affectent directement le solde du compte de résultat car nous ne modélisons pas de provisions pour garantie plancher dans le modèle ALM (choix de modélisation). Une mutualisation est faite entre les primes des assurés et les flux liés à GP2.

**Illustration** : Les flux comptabilisés dans le compte de résultat (Euro/UC) sont les flux issus des deux scénarios Scn 2 et Scn 3. La garantie plancher GP2 a été implémentée dans le moteur ALM, avec les caractéristiques suivantes :

- Pas de versement au titre de la garantie plancher si l'assuré dépasse les 85 ans.
- Garantie en capital sur les primes brutes et non rachetées versées avant les 70 ans de l'assuré.
- Indemnisation maximale de 300 K€
- Frais annuel sur encours de 0.07 % (révisable annuellement)

La moins value des contrats est calculée sur l'encours du model point, le modèle répartit le flux de décès GP2 sur l'Euro et l'UC en fonction de la proportion Euro/UC dans la provision mathématique totale du model point à chaque pas de calcul.

Les calculs ont été réalisés avec 1000 simulations. On rappelle les 3 scénarios qui permettent de mesurer l'ajout de la garantie GP2 dans le modèle ALM :

Scn 1	Aucun contrat sur l'Actif Général ne possède la GP2
Scn 2	Les contrats commercialisés depuis 2020 possèdent la GP2
Scn 3	La totalité des contrats rattachés à l'Actif Général possède la GP2

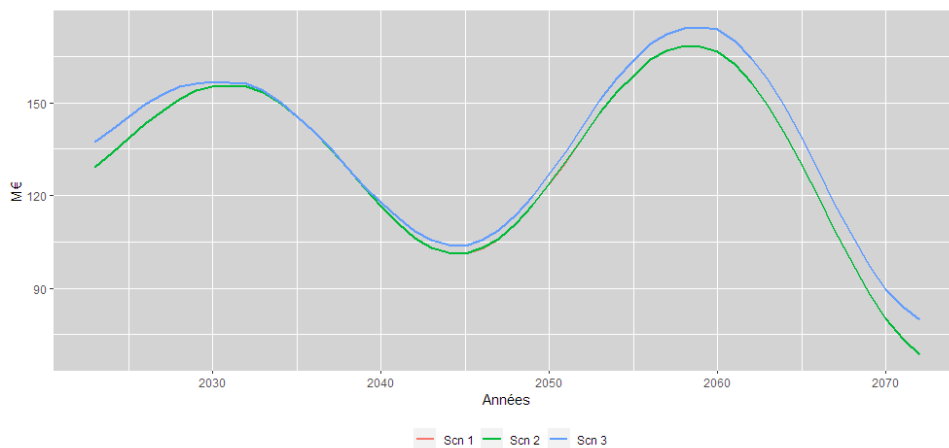


FIGURE 4.1 – Flux de décès, Scn 1 - 2 - 3

Les flux de décès du Scn 1 et 2 sont confondus, l'encours soumis à GP2 dans le Scn 2 ne permet pas de voir des prestations payées conséquence de cette garantie. Au contraire, lorsque la garantie est activée sur la totalité du portefeuille, les prestations de décès sont supérieures de 320 M€.

Dans le Scn 3, les flux de garanties planchers impactent fortement le compte de résultat technique de l'Actif Général, ils augmentent de 8,1 M€ les prestations versées la première année de projection.

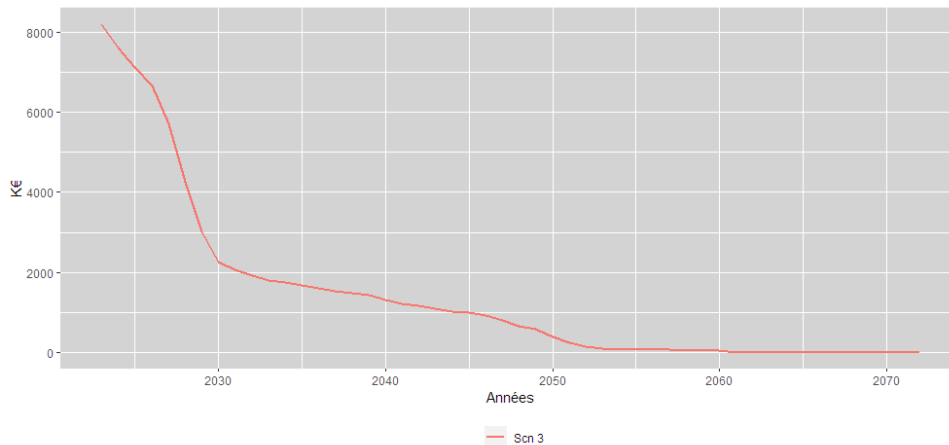


FIGURE 4.2 – Flux de décès GP2, Scn 3

Au fur et à mesure des années, les frais de chargements prélevés augmentent le capital sous risque (certains model points ont un TMG brut de 0 %). Les probabilités de décès augmentent, ce qui affecte le résultat de l'assureur. Après 30 années de projection les flux s'atténuent fortement : d'une part les rachats et décès diminuent la PM des assurés ce qui limite les flux de garantie en cas de décès, d'autre part, l'âge limite de versement de capital est atteinte pour la majorité des MP du Scn 3. La limite fixée sur l'âge des assurés protège l'assureur du versement du capital sous risque dans la projection, le nombre de model point possédant la garantie GP2 est différent selon le scénario 2/3, le graphique suivant montre la proportion de model point ayant moins de 85 ans dans la projection.

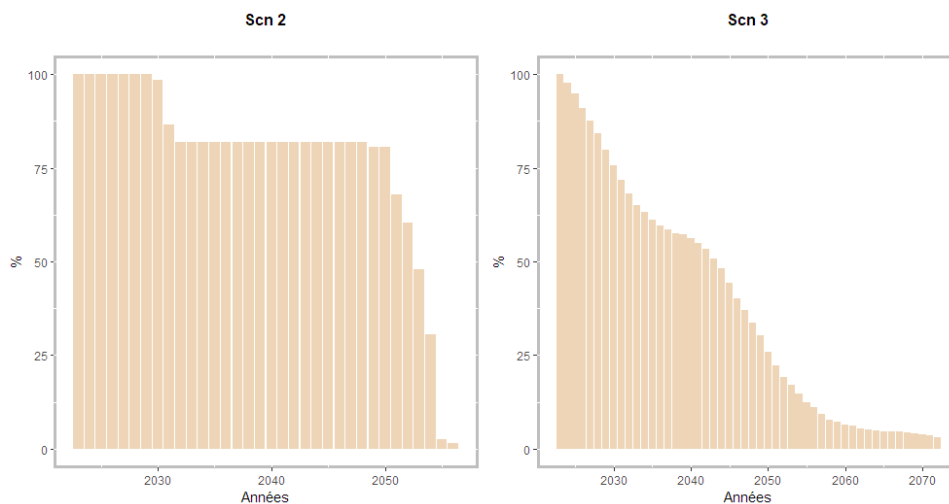


FIGURE 4.3 – Proportion des MP ayant moins de 85 ans, Scn 2 - 3

La limite d'indemnisation fixée dans la projection fonctionne. Elle protège l'assureur de verser le capital sous risque aux bénéficiaires lorsque le décès se produit de façon naturelle.

## CHAPITRE 4. CALCUL DU *BEST ESTIMATE*

A partir de 2040, la PM des assurés dans le Scn 3 est supérieure à celle du Scn 1 (les flux GP2 s'atténuent fortement après cette date). Pour rappel, la loi de décès utilisée dans les trois scénarios est identique.

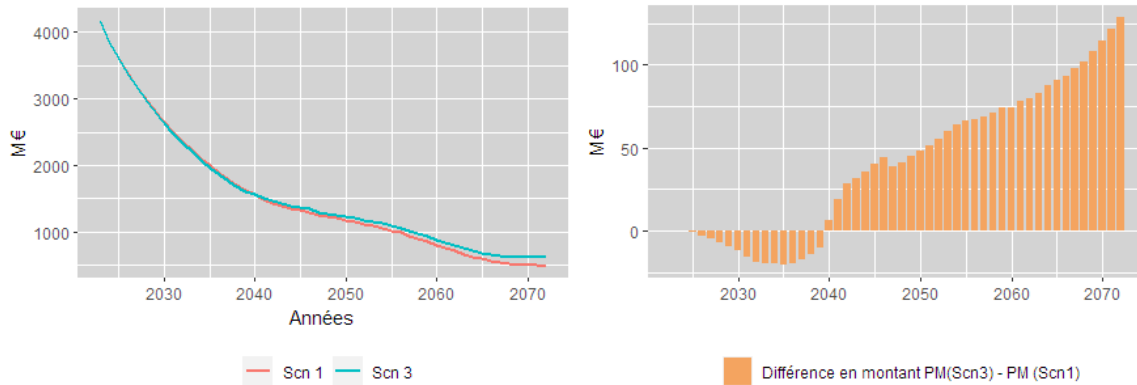


FIGURE 4.4 – PM des assurés, Scn 1 - 3

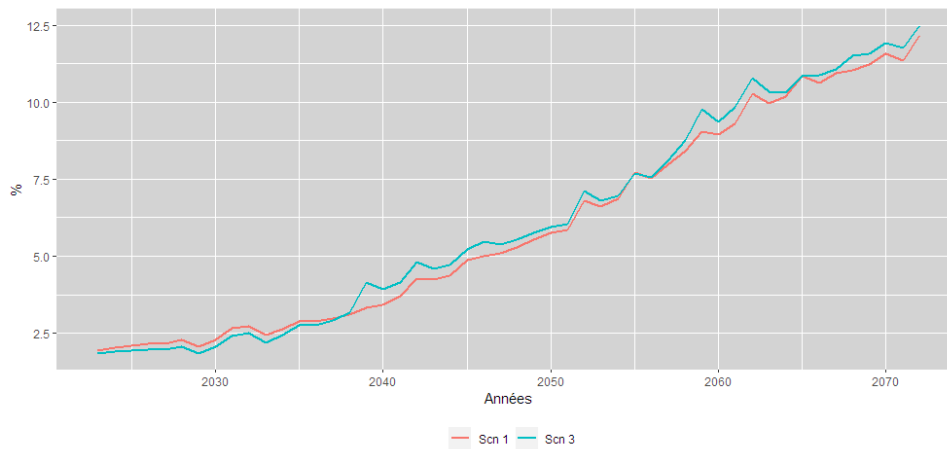


FIGURE 4.5 – Ratio  $\frac{PPBServi}{PM}$  au cours de la projection, Scn 1 - 3

L'assureur a été contraint de vendre des titres pour honorer ses engagements envers les assurés possédant la garantie plancher (la totalité des contrats du Scn 3 est concernée), des plus values comptables ont donc été réalisées, pour être ensuite reversées aux assurés via la distribution de la participation aux bénéfices. Dans le Scn 3, le ratio  $\frac{PPBServi}{PM}$  dépasse celui du Scn 1 à partir de 2035, conséquence des règles de gestion du modèle. La PPB distribuée dans le Scn 3 est plus importante que le Scn 1 après 2035, ce mécanisme a une influence **directe** sur le montant de PM dans la projection, il est plus important dans le Scn 3. Autrement dit, l'algorithme de participation aux bénéfices sert un taux supérieur dans le Scn 3 après 2035, ce qui justifie la variation du stock de PM entre les deux scénarios.



## 4.2 Calcul du BE

Les BE sont exprimés en date d'actualisation  $t = 0$ , calculé brut de réassurance.

	Scn 1	Scn 2	Scn 3
<b>Best Estimate (K€)</b>	5 745 081	5 746 354	5 845 585
$\Delta\%$ du Scn 1	0	0,02	1,75

Dans le Scn 2, l'ajout de la garantie GP2 a un impact **marginal** sur le BE, on observe une variation de 0,02 % soit 1 272 K€. Le nombre de contrat du Scn 2 possédant la GP2 ne représente que 8,8 % des contrats de l'Actif Général (11 % en encours), nous allons nous concentrer sur le Scn 3. On fait l'hypothèse que les contrats commercialisés depuis 2020 ont remplacé les contrats existants au sein de l'Actif Général, autrement dit que les contrats rattachés au canton Actif Général possèdent la garantie GP2.

L'ajout de la GP2 dans la projection augmente le *Best Estimate*, **les prestations** versées au titre de la garantie plancher dans la projection **sont supérieures aux primes reçues** : la garantie GP2 semble mal tarifée avec les hypothèses utilisées pour la projection.

Pour les UC, le BE baisse : la tarification permet de combler le déficit causé par les flux de décès GP2. Le résultat Euro du Scn 3 verse 53,7 M€ aux assurés au titre de la garantie plancher, le compte de résultat Euro verse une participation discrétionnaire plus importante que dans le Scn 1, ce qui explique le "gonflement" du *Best Estimate* dans le Scn 3.

Lorsque tout le canton Actif Général possède la garantie GP2, le BE varie de 1,75% par rapport au Scn 1, il augmente de 100,5 M€.

On remarque que les flux de décès Euro sont plus importants que ceux des UC dans la projection : les moins values des UC sont "absorbées" par les investissements en Euro. Distribuer la MV sur la totalité de l'encours du model point dégrade le résultat technique Euro/UC.

Dans le Scn 3, le résultat technique est nettement dégradé jusqu'à ce que les flux de décès GP2 soient atténués par la limite d'âge.

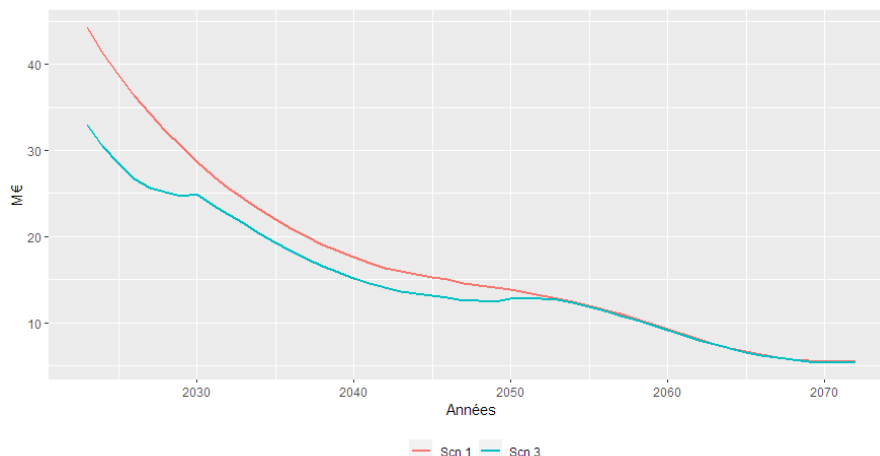


FIGURE 4.6 – Évolution du résultat Technique, Scn 1 - 3

Les variations du résultat technique entre le Scn 3 et le Scn 1 s’expliquent par les flux de décès GP2 (4.1).

Le résultat de charges reste stable au cours de la projection. Les frais généraux et les commissions ne sont pas impactés directement au cours de la projection. Il peut se produire des trajectoires qui déclenchent une variation du taux servi qui impacte le taux de rachat, ainsi les pénalités de décès peuvent varier (en montant).

Le résultat financier est affecté par la garantie GP2 : les flux de décès qui sont comptabilisés dans le compte de résultat baissent le résultat la première année. Pour rétablir l’équilibre, la somme des prestations que l’assureur doit payer est pris en compte dans le processus d’allocation d’achat-vente d’actif du modèle pour réaliser des plus values comptables et permettre de payer l’engagement envers les assurés. On retient des produits financiers pour pouvoir payer les engagements de l’assureur, et l’algorithme de participation aux bénéfices est affecté.

Les flux passant dans le compte de résultat financier permettent de calculer le taux de revalorisation global de l’épargne des assurés (ie le taux que le modèle peut réellement servir aux assurés). Ce taux doit être compris entre le taux servi par la concurrence et le taux minimal de revalorisation permis (cf rachat conjoncturel 3.4).

Les flux positifs du résultat financier sont les produits financiers (revenu des investissements réalisés à l’actif : tombée de coupons, loyers, dividendes), et des plus ou moins values (PMV) réalisées sur les actifs détenus : achat/vente de titres, titres arrivés à maturité. Les flux négatifs sont assimilés aux variations/dotations de PBB, aux intérêts distribués aux assurés et aux prélèvements sociaux.

Pour rappel, la vente d’actifs en plus-values ou moins-values a été définie dans les règles de gestion (3.5), ces règles sont utilisées pour prendre des décisions dans le processus d’allocation et ventes d’actifs entre deux pas de projection. Dans le Scn 3, au pas de temps 2054, une vente de titres en moins values commence alors que le Scn 1 possède encore des titres en PVL qui permet de garder des produits financiers plus importants que le Scn 3.

## CHAPITRE 4. CALCUL DU *BEST ESTIMATE*

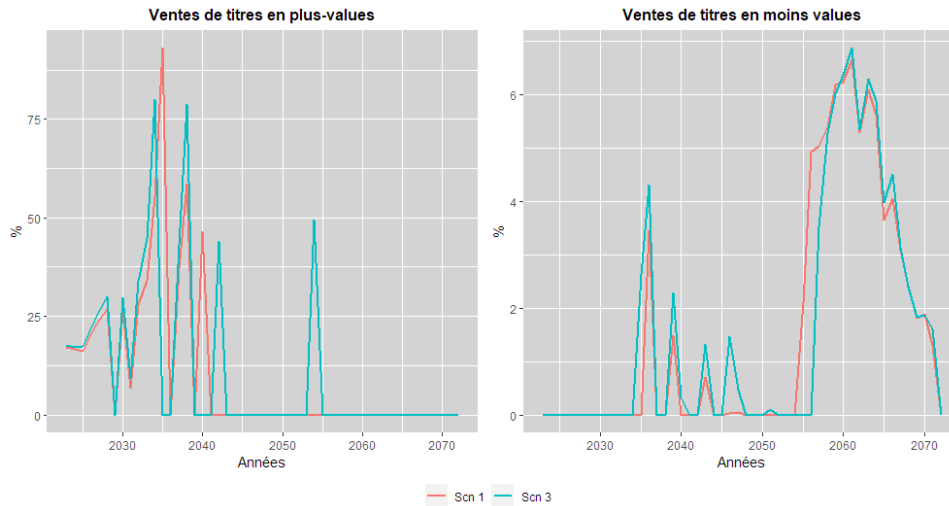


FIGURE 4.7 – Évolution PMV Réalisées

Les variations du résultat financier entre le Scn 1 et le Scn 3 sont majoritairement expliquées par les achats/ventes d’actifs qui influencent les produits financiers et les plus ou moins values réalisées entre les pas de calcul. Le Scn 3 sert en moyenne 0,39 % de plus que le Scn 1. En fin de projection, lorsque les ventes d’actifs en moins-values commencent, le Scn 3 sert 8,72% alors que le Scn 1 se contente de servir 6,81 % en 2059.

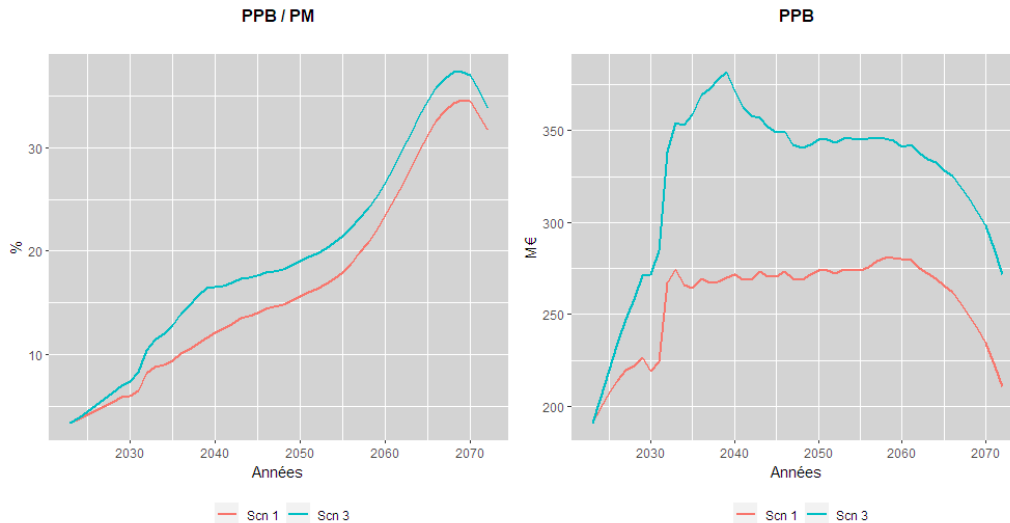


FIGURE 4.8 – Ratio  $\frac{PPB}{PM}$  et PPB, Scn 1 - 3

Le Scn 3 dote un montant plus important pour la PPB que le Scn 1, conséquence des flux de garanties qui oblige le modèle à vendre des titres en début de projection ; le remboursement de nominal de certains titres obligataires vient augmenter la dotation de PPB.

## CHAPITRE 4. CALCUL DU *BEST ESTIMATE*

Jusqu'au pas de calcul 2038, le Scn 1 sert en moyenne 4,7 M€ de plus à ses assurés : le Scn 1 sert une revalorisation plus importante aux assurés car il obtient un résultat plus élevé sans GP2. Quand les flux GP2 commencent à s'atténuer (après 2040), le résultat technique s'améliore et permet de distribuer un montant supplémentaire aux assurés, le modèle ayant vendu des actifs pour payer les flux GP2, la revalorisation devient plus important que celle du Scn 1, en moyenne le Scn 3 sert 9,3 M€ de plus que le Scn 1. Le pic de PB distribué en 2039 correspond à un remboursement de titre couplé à une PPB déjà dotée à son maximum : le modèle distribue directement le surplus de PB aux assurés dans le Scn 3 alors que le Scn 1 garde de la PB en réserve.

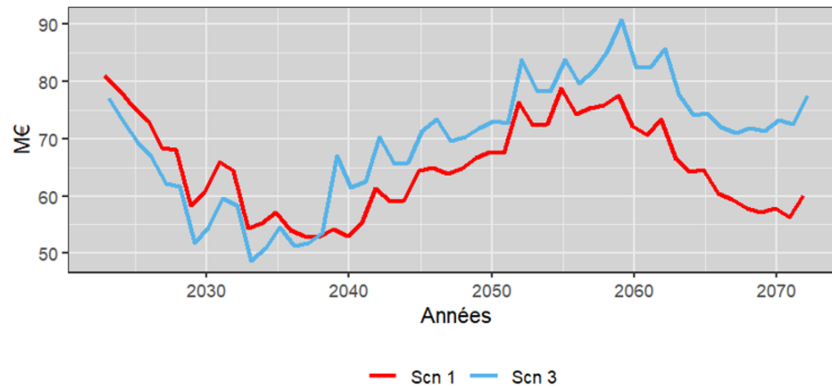


FIGURE 4.9 – Montant de participations aux bénéfices distribuées, Scn 1 - 3

Le taux moyen servi dans le Scn 3 devient supérieur au Scn 1 à partir de 2039, en partie causé par une distribution de PPB plus importante, ainsi que la réalisation des PMV qui améliore le résultat financier. Les règles de gestions ont une influence sur le rendement servi aux assurés dans la projection mais aussi sur le roulement de la PPB, elles permettent de servir un rendement plus élevé dans le Scn 3.

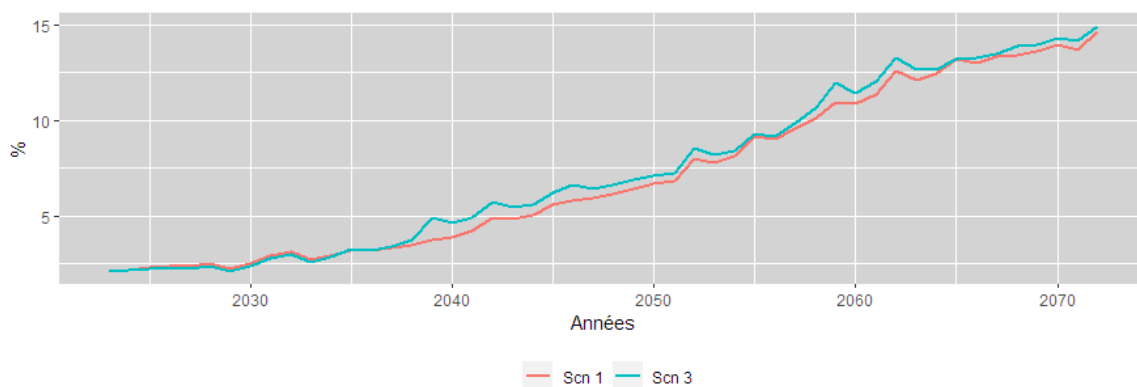


FIGURE 4.10 – Taux moyen servi, Scn 1 - 3

**Conclusion** : Cette partie pose le cadre de modélisation ALM des contrats d'épargne avec garanties planchers en cas de décès, qui constituent le coeur de notre étude. Il contient l'analyse du BE, avec le détail des principaux flux affectés par la garantie plancher.

Il introduit le modèle de projection et donne les éléments pour quantifier l'exigence en capital induit par le risque de garantie plancher en cas de décès sur des contrats d'épargne, avec le calcul du *Best Estimate*.

Projeter des flux de contrats possédant une garantie plancher sur la totalité de l'encours impacte le compte de résultat technique et financier de l'assureur ainsi que le taux de revalorisation de l'épargne des assurés lié à la déformation de la PBB dans la projection, conséquence des règles de gestion et de l'algorithme de participations discrétionnaires.

## Troisième partie

# Impact sur le SCR et sensibilités

## Chapitre 5

# Construction du SCR

L'objectif de ce chapitre est de présenter les résultats de l'étude. L'ajout de la garantie GP2 impacte le bilan économique ainsi que l'exigence de capital requis. L'accent va être mis sur l'analyse des résultats entre le Scn 1 et 3 pour éviter des interprétations incertaines sur le Scn 2 (les *Best Estimate* entre les Scn 1 et 2 sont trop proches).

### 5.1 Calcul des différents modules de risques

Cette partie regroupe le calcul des différents modules de risques énoncés dans la partie I (1.2), on va se consacrer à l'analyse de la modification des participations discrétionnaires suite à l'intégration de la garantie GP2, en regardant les modifications entre le Scn 1 et 3. Les résultats affichés regroupent la totalité des cantons de Prepar.

#### Risque de marché

	Scn 1	Scn 3	Différence en montant (M€)	Variation en %	Scn 2	Différence en montant (M€)	Variation en %
<b>RISQUE DE MARCHÉ</b>	<b>211,9</b>	<b>269,9</b>	<b>58,0</b>	<b>27%</b>	<b>215,3</b>	<b>3,3</b>	<b>2%</b>
<b>Risque de taux</b>	<b>52,0</b>	<b>69,6</b>	<b>17,6</b>	<b>34%</b>	<b>52,7</b>	<b>0,7</b>	<b>1%</b>
Risque qui l'emporte	Baisse des taux	Baisse des taux			Baisse des taux		
risque brut (+) / gain brut (-)	-301,7	-301,7	0,0		-301,7	0,0	
absorption du risque par le passif (-) / désabsorption (+)	353,6	371,3	17,6		354,3	0,7	
<b>Risque actions</b>	<b>81,6</b>	<b>111,4</b>	<b>29,8</b>	<b>36%</b>	<b>83,7</b>	<b>2,1</b>	<b>3%</b>
risque brut	678,7	678,7	0,0		678,7	0,0	
absorption du risque par le passif	-597,1	-567,3	29,8		-595,0	2,1	
<b>Risque immobilier</b>	<b>54,1</b>	<b>60,5</b>	<b>6,4</b>	<b>12%</b>	<b>54,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0%</b>
risque brut	229,2	229,2	0,0		229,2	0,0	
absorption du risque par le passif	-175,2	-168,7	6,4		-175,0	0,2	
<b>Risque de spread</b>	<b>61,1</b>	<b>74,9</b>	<b>13,9</b>	<b>23%</b>	<b>61,9</b>	<b>0,9</b>	<b>1%</b>
risque brut	443,6	443,6	0,0		443,6	0,0	
absorption du risque par le passif	-382,6	-368,7	13,9		-381,7	0,9	
<b>Risque de concentration</b>	<b>7,9</b>	<b>8,8</b>	<b>0,9</b>	<b>11%</b>	<b>7,9</b>	<b>0,0</b>	<b>0%</b>
risque brut	55,9	55,9	0,0		55,9	0,0	
absorption du risque par le passif	-48,0	-47,1	0,9		-48,0	0,0	
<b>Risque de change</b>	<b>9,1</b>	<b>11,2</b>	<b>2,0</b>	<b>22%</b>	<b>9,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0%</b>
Effet de diversification	-53,8	-66,5	-12,7	24%	-54,4	-0,6	1%

FIGURE 5.1 – SCR Marché

## CHAPITRE 5. CONSTRUCTION DU SCR

Pour refléter la réalité actuelle, le risque de marché a été calculé avec le Scn 2. Les résultats permettent de dire que le risque de marché ne connaît pas de variations majeures entre le Scn 1 et 2, il augmente de 3,3 M€.

Le risque de marché augmente de 58 M€ dans le Scn 3. La garantie GP2 impacte marginalement les risques concentration et change car une faible quantité d'actifs détenus sont concernés par ces chocs sur le canton Actif Général. Même si une portion des UC est investie en immobilier (8 % des PM de l'Actif Général), le risque immobilier ne représente qu'un cinquième du risque action.

On remarque que l'impact sur le passif de l'assureur évolue dans le Scn 3. L'absorption par le passif permet de connaître les variations du BE en fonction du module de risque, elle est différente selon chaque module de risque marché. Pour un module de risque, une désabsorption par le passif signifie que le BE choqué est supérieur au BE central, les engagements de l'assureur ont été augmentés (module taux dans le Scn 3) et inversement pour l'absorption. La différence de NAV permet d'absorber 61 M€ du risque brut des modules taux, actions et spread, l'absorption par le passif comprend l'écoulement de la participations aux bénéfices aux assurés dans la projection.

Les flux de décès GP2 actualisés dans les sous modules de risque ne sont pas égaux : ils dépendent de la moins values liée au marché, des taux utilisés dans l'actualisation. Ils impactent fortement le BE dans le Scn 3 dans les modules taux, actions et spread. Les règles de gestions ajustent les investissements/ventes des actifs en fonction des flux passant dans le compte de résultat, qui permet d'observer des variations de distribution de participations.

Dans le module taux d'intérêt, la distribution des flux de décès n'est pas identique à celle du Scn 3 non choqué : les taux choqués à la baisse servent dans la construction du déflateur qui augmente les flux GP2 dans la projection. Le BE Taux augmente de 371 M€.

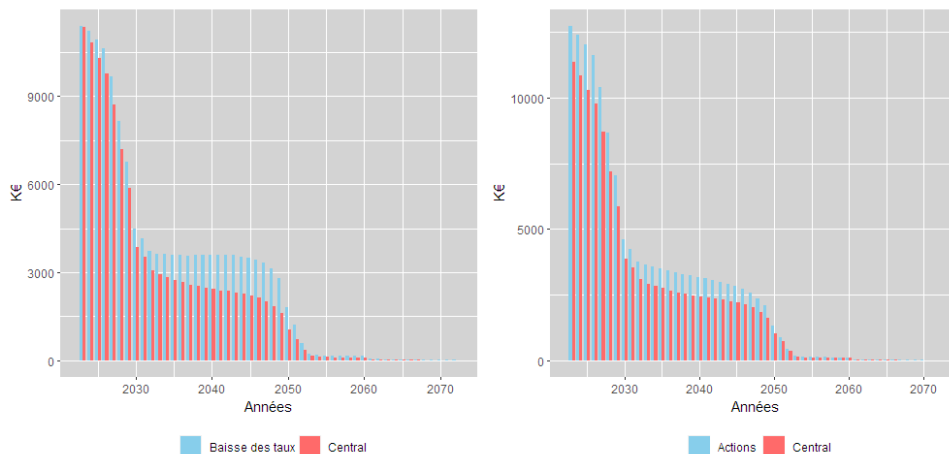


FIGURE 5.2 – Flux décès GP2, Module Taux et Actions, Scn 3

Les flux GP2 dans le sous module actions sont caractérisés par un CSR nettement plus élevé en début de projection, qui tend à se réduire dans le temps avec les hypothèses utilisées par le modèle ALM. Dans le module spread et actions, les prestations GP2 ont une distribution similaire : l'actif est choqué (pour rappel le risque de spread fait augmenter les moins values latentes (1.3)) et le modèle



## CHAPITRE 5. CONSTRUCTION DU SCR

doit honorer la garantie GP2 sur la totalité de l'Actif Général dans le Scn 3.

L'effet de diversification se calcule en agrégeant les modules de risques entre eux au sein du module marché, dans le Scn 3 l'effet diversification fait baisser le SCR marché de 66,5 M€.

### Risque de souscription

	Scn 1	Scn 3	Différence en montant (M€)	Variation en %	Scn 2	Différence en montant (M€)	Variation en %
<b>RISQUE DE SOUSCRIPTION VIE</b>	<b>206,3</b>	<b>178,4</b>	<b>-27,9</b>	<b>-14%</b>	<b>205,9</b>	<b>-0,4</b>	<b>0%</b>
Risque de mortalité	23,5	28,8	5,3	22%	23,7	0,1	1%
Risque de longévité	0,0	0,0	0,0	0%	0,0	0,0	0%
Risque de rachat	140,9	111,5	-29,4	-21%	140,4	-0,5	0%
Risque qui l'emporte	Rachat de masse	Rachat de masse			Rachat de masse		
Risque de frais	83,4	79,3	-4,2	-5%	83,4	0,0	0%
Risque catastrophe	17,4	17,8	0,5	3%	17,4	0,0	0%
Effet de diversification	-58,9	-59,0	-0,1	0	-59,0	-0,1	0
Risque NSLT	35,6	35,6			35,6		
Risque de contrepartie	19,2	19,2			19,2		

FIGURE 5.3 – SCR Souscription Vie, NSLT, Contrepartie

Dans le Scn 2, le risque de souscription vie reste stable.

Le risque de souscription vie baisse de presque 30 M€ avec l'ajout de la GP2 sur la totalité de l'Actif Général, conséquence d'une baisse du risque de rachat. Lorsque le risque de rachat de masse est appliqué au canton Actif Général, les PM globales du canton sont diminuées de 40 %. Le risque rachat de masse fait baisser les flux GP2 de 23,7 M€, le BE choqué baisse de 44 % dans le Scn 3, les rachats diminuent le risque lié à la détention d'une garantie plancher en cas de décès sur le portefeuille (en diminuant le risque de MV), la distribution de la PPB dans la projection rééquilibre le résultat de l'assureur dans le Scn 3.

Le risque de mortalité augmente les flux de décès de 8,1 M€ dans la projection, le BE augmente de 11 M€. Le risque de frais baisse de 4,2 M€, l'encours géré diminue dans le Scn 3 tout au long de la projection. Le risque de catastrophe reste stable, les flux de décès augmentent de 657 K€ dans la projection. Le risque de contrepartie et les contrats non similaires à la vie (NSLT) ne sont pas impactés par la garantie GP2.

## 5.2 Calcul du SCR

Après avoir calculé le SCR soucription vie et marché, il reste à établir les fonds propres éligibles à la couverture du SCR pour calculer le ratio de couverture.

	Scn 1	Scn 3	Différence en montant (M€)	Variation en %	Scn 2	Différence en montant (M€)	Variation en %
<b>SOMME DES COMPOSANTS DE RISQUE</b>	473,0	503,1	30	6%	475,6	3	1%
Effet de diversification	-122,6	-124,9	-2,3	2%	-123,0	-0,4	0%
Impôts Différés Passif	-24,0	-9,5	14,5	-60%	-23,8	0,2	-1%
<b>SCR AVANT RISQUE OPERATIONNEL</b>	326,4	368,6	42,3	13%	328,8	2,4	1%
<b>RISQUE OPERATIONNEL</b>	34,1	34,1			34,1		
<b>SCR</b>	360,5	402,7	42,3	12%	362,9	2,4	1%
<b>Capital éligible pour SCR</b>	663,2	619,5	-43,7	-7%	662,5	-0,7	0%
dont Capital Social	182,2	182,2	0,0		182,2	0,0	
dont Primes d'Emissions	3,4	3,4			3,4		
dont Réserve de Réconciliation	367,5	325,8	-41,7		366,8	-0,7	
dont Surplus Fund	110,1	108,2	-2,0		110,1	0,0	
dont IDA (Tier 3)	0,0	0,0			0,0		
<b>Ratio de couverture SCR</b>	184%	154%	-30%	-16%	183%	-1%	-1%

FIGURE 5.4 – Ratio de couverture

Le ratio de solvabilité reste stable dans le Scn 2, il ne perd qu'un point.

Le risque opérationnel (évalué selon une approche qualitative/quantitative réalisé trimestriellement) est identique au Scn 1. L'agrégation des SCR Marché et Souscription vie diminue l'actif net de 125 M€.

Dans le Scn 3, on constate des IDP net dans le bilan S2, les IDP sont supérieurs aux IDA : les fonds propres sont réduits des IDP net, ce qui correspond à un montant de 9.4 M€.

La garantie GP2 modifie le montant de réserve de réconciliation. Il correspond à l'excédent des actifs en valeur de marché par rapport aux passifs, diminué de plusieurs éléments de fonds propres de base (actions propre de l'entreprise, dividendes prévus et distribués, les IDA net ..., cf Article 70 du RD). La réserve de réconciliation atteint 69 M€ dans le Scn 3.

Depuis 2019, un décret permet l'utilisation d'une partie de la PPB comme fonds propres excédentaires, noté Surplus fund dans le tableau précédent. Ils sont calculés avec la "méthode simplifiée" (ACPR, 2020) basée sur l'écoulement des prestations dans la projection. Le Scn 3 voit la valeur du Surplus fund diminué, du fait de l'augmentation des prestations, il est de 108.2 M€ dans le Scn 3.

Les capitaux requis dans le Scn 3 sont de 402 M€, leur augmentation est due à une forte hausse du risque de marché (+58 M€). Les fonds propres éligibles à la couverture du SCR baissent de 43 M€ à cause d'une baisse de la réserve de réconciliation de 11 % par rapport au Scn 1.

Le ratio de couverture est de 154 %, la garantie plancher GP2 diminue le ratio S2 de 30 % lorsqu'elle est activée sur la totalité de l'Actif Général.

### 5.3 Indicateurs de rentabilité

#### Return on Risk Capital (RoRC)

Le RoRC mesure la rentabilité d'un produit par rapport au capital de solvabilité requis. Il permet de donner une performance attendue en fonction des capitaux immobilisés. Plusieurs variantes de calcul existent et sont propres aux assureurs. Dans notre étude, il se définit :

$$RORC = \frac{VAN}{PVSCR}$$

avec :

- VAN : valeur actuelle nette des résultats
- PVSCR : valeur présente des capitaux requis (5.2)

La VAN permet de donner un montant potentiel disponible à une période donnée en fonction du scénario choisi en début de projection. Elle correspond à la valeur actualisée des flux de résultats que l'assureur accumule dans la projection : elle prend en compte les flux constitutifs du compte de résultat, augmentés de la provision d'ajustement, et des possibles augmentations de capital réalisées par le modèle pour ré-équilibrer le compte de résultat. Elle prend aussi en compte la réserve de capitalisation ainsi que les PMVL des titres R-343-10 pour les contrats investis en Fond Euro.

Elle est calculée chaque année de projection, jusqu'à extinction du passif de l'assureur. La VAN est un indicateur important : elle donne des indications sur la façon dont les différents facteurs de risques interagissent entre eux. Sa valeur peut être volatile : elle dépend fortement du scénario utilisé pour actualiser les flux.

Les flux liés à la garantie plancher déforment le solde du compte de résultat Euro et UC dès le premier pas de projection. La valeur temps présente dans le calcul de la VAN est à nuancer avec les différentes hypothèses choisies pour la projection : elle devient positive entre 5 et 6 ans de projection, le report à nouveau du compte de résultat comptabilise les résultats années après années, et ils sont actualisés par les déflateurs utilisés pour actualiser les flux du BE. La VAN peut devenir positive plus rapidement si d'autres taux (plus faibles) étaient utilisés.

Dès le premier pas de calcul, la VAN 1 an est négative, les deux scénarios comptabilisent tous une VAN inférieure à -150 M€. Cette valeur se justifie par la valeur des prestations élevées (environ 480 M€) qui dégrade le résultat de l'Actif Général dans le Scn 3.

La PVSCR doit être calculé jusqu'à extinction des flux de passifs (ce que nous avons fait dans la section précédente), la VAN est calculée en fin de projection : elle reflète tout les flux des portefeuilles de l'assureur actualisés en premier pas de projection.

	Scn 1	Scn 3
RoRC (%)	12,8	7,8

## CHAPITRE 5. CONSTRUCTION DU SCR

La  $VAN_{t=50}$  baisse de 14,87 M€ dans le Scn 3, le RAN UC étant négatif dégrade fortement sa valeur. L'ajout de la garantie GP2 dans le Scn 3 diminue de 5 % le RoRC.

## Chapitre 6

# Sensibilités

La remontée des taux amorcée en 2021 permet aux assureurs de revoir à la hausse leur prévisions de rendement sur le Fond Euro. L'EIOPA publie mensuellement des taux d'intérêts servant de base à la construction des taux risque neutre utilisés pour construire les déflateurs (3.2).

Fin 2022, les publications de l'EIOPA concernant l'évolution des taux considérés sans risque étaient incertaines, en trois mois, trois courbes aux allures différentes ont été publiées.

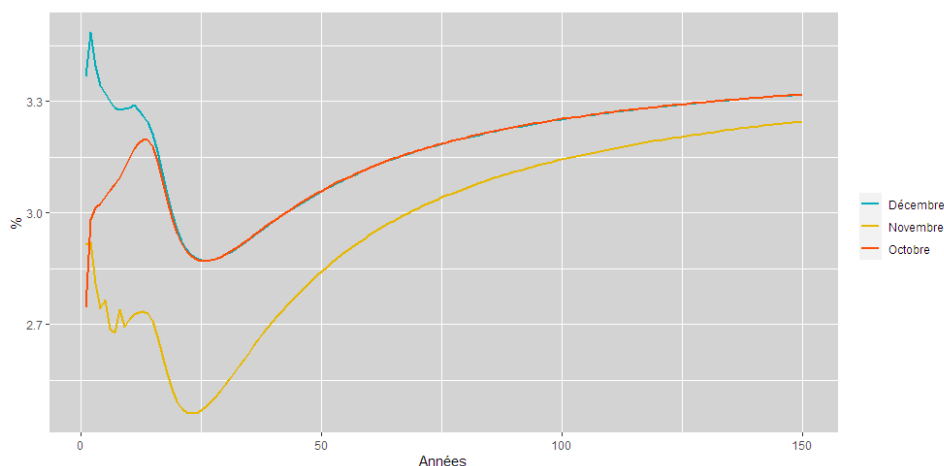


FIGURE 6.1 – Courbe des taux mensuels avec V.A. 2022  
Source : EIOPA

Dans cet environnement de clôture 2022, trois types de sensibilités au BE de l'Actif Général ont été faites : deux concernant les paramètres marchés/souscription et la dernière concernant le changement de trajectoire de la courbe des taux sans risque, base de construction des scénarios risque-neutre. L'objectif étant de regarder l'impact d'un changement de la courbe des taux sur les Scn 1 et 3 du BE.

Dans ce chapitre, le scénario "Référence" renvoie aux résultats obtenus en fin de chapitre 4 pour le BE et au chapitre 5 pour le SCR.

## 6.1 Courbe des taux

Le changement de courbe des taux se traduit par une translation de la courbe des taux (utilisée pour valoriser l'actif et calculer la meilleure estimation du passif). Les hypothèses retenues pour projeter le portefeuille doivent aussi évoluer : les valeurs de marchés des titres de taux doivent être recalculées. On peut utiliser l'approximation d'une variation de prix suite à une variation de taux d'intérêt (B). Les taux de rendements cibles du modèle doivent prendre en compte le changement de trajectoire, ainsi que les scénarios risque neutre construit à l'aide du GSE.

### Hausse des taux + 100 bps

Référence (4.2)	BE (M€)	$\Delta\%BE$
Scn 1	5 745	0
Scn 3	5 846	1,75
Hausse +100 bps	BE (M€)	$\Delta\%BE$
Scn 1	5 574	0
Scn 3	5 657	1,5

### Baisse des taux - 50 bps

Référence (4.2)	BE (M€)	$\Delta\%BE$
Scn 1	5 745	0
Scn 3	5 846	1,75
Baisse -50 bps	BE (M€)	$\Delta\%BE$
Scn 1	5 854	0
Scn 3	5 969	2

Lorsque les taux prennent 100 bps, le BE Scn 3 augmente de 84 M€ de plus que le Scn 1. La baisse des taux de 50 bps augmente le BE Scn 3 de 115 M€ de plus que le Scn 1. La baisse des taux produit une augmentation plus marquée sur le Scn 3, **les engagements envers les assurés pèsent davantage dans le résultat de l'assureur du fait des déflateurs plus élevés.**

Si on s'intéresse uniquement à l'ajout de la garantie GP2 couplée à la hausse des taux dans le calcul du BE, la hausse des taux fait baisser le *Best Estimate* de 3 % (172 M€) dans le Scn 1 et 3,27 % (191 M€) dans le Scn 3. Concernant la baisse des taux, le BE augmente de 1,9 % (109 M€) dans le Scn 1 et 2,07 % (121 M€) dans le Scn 3.

Une hausse des taux impose aux assureurs de revoir le calcul du taux servi aux assurés. Pour éviter des vagues de rachats conjoncturels, l'algorithme de participations aux bénéfices doit prendre en compte cette hausse des taux pour limiter les rachats.

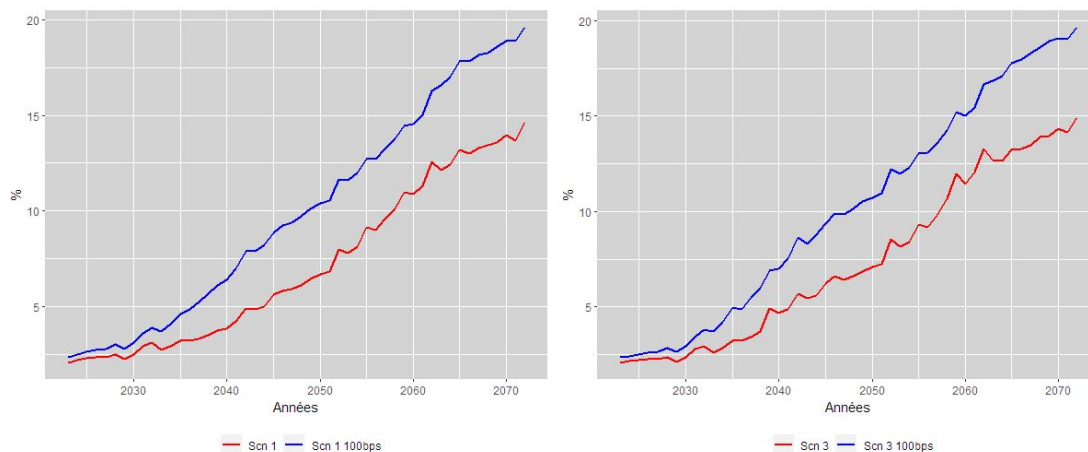


FIGURE 6.2 – Taux moyen servi sur l'Actif Général

Le taux moyen servi diffère entre le Scn 1 et 3. Le scénario hausse des taux augmente la distribution de PPB. Le modèle doit réaliser des produits financiers pour pouvoir servir un taux de rendement plus important que dans le scénario sans hausse des taux. En fin de projection (après 2060), la baisse du résultat financier est causée par la baisse du résultat technique.

Les dotations/reprises de PPB affectent le résultat financier de l'assureur. La distribution des "réserves" constituées par l'assureur pour l'assuré est fonction de l'environnement économique défini dans le modèle.

La distribution de PB prend (entre autres) en compte le niveau des taux sans risque mis en input du modèle, le solde du compte de résultat financier, et la revalorisation contractuelle du model point.

La hausse des taux affecte directement la distribution de PB, elle est supérieure de 7.5 M€ la première année de projection, 55 M€ la 20<sup>ème</sup> pour le Scn 3; le montant distribué reste supérieur tout au long de la projection à la situation sans hausse des taux.

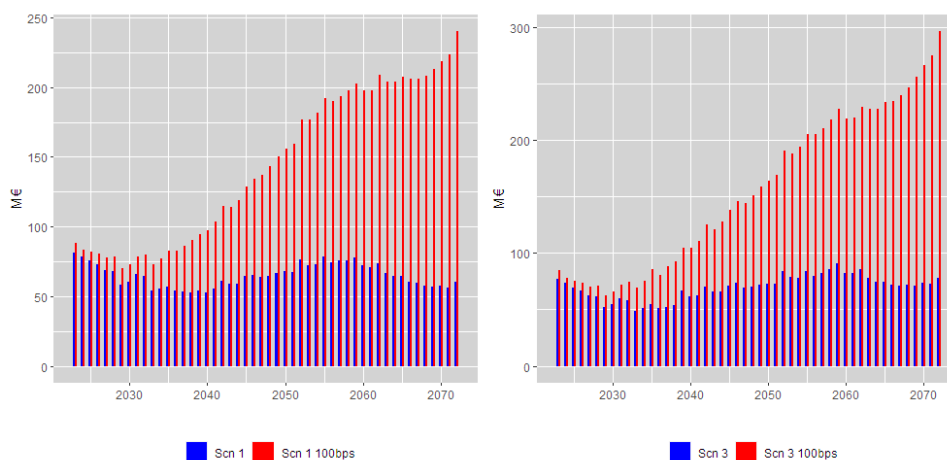


FIGURE 6.3 – Distribution de la PB, Référence - Hausse des taux

## CHAPITRE 6. SENSIBILITÉS

La hausse des taux fait augmenter la distribution totale de PB de 78 M€ dans le Scn 1 et de 86 M€ dans le Scn 3, soit une augmentation de 121% et de 123%.

La baisse des taux réduit la distribution totale de PB de 27 M€ (-42%) dans le Scn 1 et de 30 M€ (-43%) dans le Scn 3.

En conclusion, la garantie GP2 amplifie la variation de BE lors de la baisse des taux, alors que la hausse des taux produit l'effet inverse.



## 6.2 Risque de marché

### Baisse des marchés actions

La baisse du marché action impacte l'actif et le passif de l'assureur. La valeur de marché des actions détenues par l'assureur diminue et la valeur de l'épargne de l'assuré investie en action baisse également. La tarification fixée à 0.07 % pour la garantie GP2 est restée fixe durant toute la projection.

Un contrat multi-support déjà en moins values voit son capital sous risque augmenter lors d'une baisse du marché action. Dans notre simulation, le capital sous risque GP2 est réparti selon la proportion investie en UC et Euro du contrat : les flux de décès Euro/UC vont augmenter.

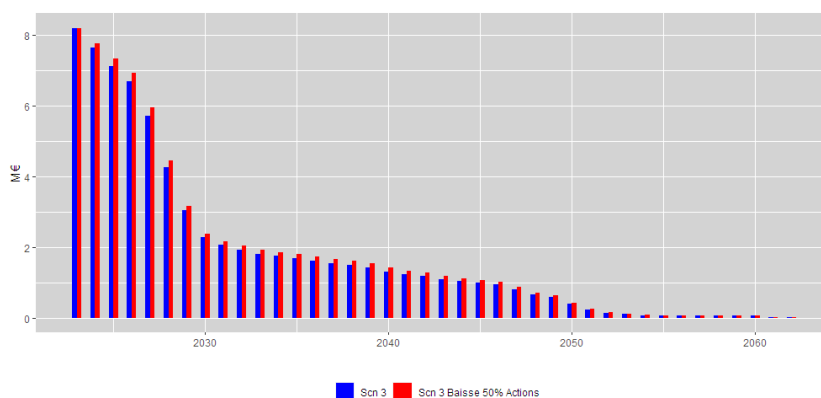


FIGURE 6.4 – Flux de décès GP2, Scn 3 : Baisse 50 % Actions

Lors de la baisse des actions, les flux décès GP2 varient entre 3 et 10 % de plus que le Scn 3. Leur montant moyen est supérieur de 65 K€.

Référence	BE (M€)	$\Delta\%BE$
Scn 1	5 745	0
Scn 3	5 846	1,75
Baisse 50% Actions	BE (M€)	$\Delta\%BE$
Scn 1	5 687	0
Scn 3	5 789	1,8

Le BE de l'Actif Général augmente de 102 M€, la baisse des marchés actions diminue la valeur de marché initiale au bilan économique et augmente les prestations GP2. Les variations du *Best Estimate* sont sensiblement identiques, le BE Scn 1 baisse de 1.01 % (58 M€) et le BE Scn 3 baisse de 1.03 % (60 M€).

### Volatilité des actions

La volatilité des actions est prise en compte dans la construction de l'indice action (3.2). Changer un paramètre servant à la construction du rendement de l'indice action en projection risque neutre permet de faire varier la revalorisation des actions à chaque pas de temps tout au long de la projection, pas simplement lors du premier pas de calcul, comme la sensibilité précédente.

La volatilité des actions retenue en fin 2022 est de 15 %.

Les UC pesant 1.5 Md de BE sur l'Actif Général, une sensibilité à la hausse de la volatilité action permet d'observer la déformation du résultat technique UC. Plus la volatilité est augmentée dans la construction de l'indice action (avec le modèle de B&S sans dividendes) plus les variations de flux sont marquées dans la projection. Par exemple, en 2028 les flux GP2 diminuent fortement (30 %), ce qui améliore le résultat technique UC, lorsque la volatilité augmente, le montant augmente légèrement pendant la projection, le BE est affecté. Bien que le BE soit une moyenne de scénarios, certains scénarios peuvent avoir des trajectoires de rendement très pessimistes. La variation du rendement action entre le Scn 15 % de volatilité et 30 % permet de dire qu'en fonction du pas de projection, les rendements ne sont pas monotones.

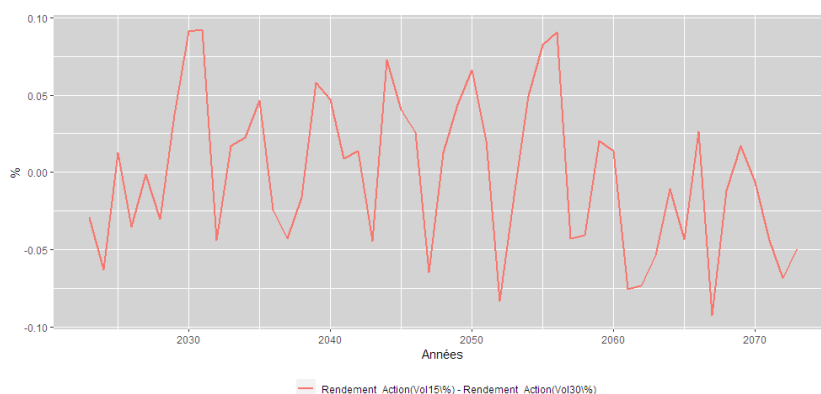


FIGURE 6.5 – Variation du rendement action projeté en risque-neutre

		BE (M€)	$\Delta\%BE$
Référence (4.2, Volatilité Action 15 %)	Scn 1	5 745	0
	Scn 3	5 846	1,75
Volatilité Action 20 %	Scn 1	5 800	0
	Scn 3	5 915	2
Volatilité Action 30 %	Scn 1	5 845	0
	Scn 3	5 966	2,1

Le BE Actif Général avec GP2 augmente de 115 M€ lorsque la volatilité est fixée à 20 %, il augmente de 121 M€ (2.1 %) lorsqu'elle est de 30 % entre les Scn 1 et 3.

Lorsqu'on calibre l'indice action avec une volatilité de 20 %, le *Best Estimate* augmente de 0.95 % (55 M€) dans le Scn 1 et de 1,13 % (66 M€) dans le Scn 3.

Les variations s'accroissent lorsque la volatilité est fixée à 30 %, le BE Scn 3 augmente de 2,01 % (117 M€) et 1,73 % (100 M€) pour le Scn 1.

## CHAPITRE 6. SENSIBILITÉS

Lorsque la volatilité des UC double (en passant de 15 % à 30 %) dans le Scn 3, le BE Actif Général augmente de 120 M€ : les variations en montant de BE entre le doublement de la volatilité UC sur le Scn 3 et l'ajout de la GP2 sur la totalité de l'Actif Général sont identiques dans notre étude (cas particulier).

SCR Action		M€	$\Delta\%$
Référence (5.1)	Scn 1	81,6	∅
	Scn 3	111,4	36,7
Volatilité Action 30 %	Scn 1	114,9	∅
	Scn 3	136,3	18,6

La variation du SCR Action entre le scénario de référence avec et sans garantie plancher est plus forte que lorsque la volatilité des actions est plus élevée (35 % contre 18,6 %). L'absorption du passif est plus importante lorsque la volatilité augmente, les provisions absorbent 21,6 M€. Lorsque la volatilité est de 30 %, la différence de NAV est de 136 M€ pour le Scn 3, alors quelle est de 115 M€ pour le Scn 1.

En conclusion, la volatilité des actions amplifie les variations de *Best Estimate* entre les Scn 1 et 3. Concernant l'exigence de capital, le montant de capital est plus élevé lorsque la volatilité des actions double (de 15 à 30 %), mais la variation de SCR diminue (en passant de 35 à 18,6 %), grâce à une absorption du passif plus importante lorsque la volatilité est de 30 %.

### 6.3 Risque de souscription

#### Hausse des taux de décès

Après une hausse des taux de mortalités de 20 %, les moins values potentielles se réalisent avec une probabilité augmentée de 20 %.

Référence (4.2)	BE (M€)	$\Delta\%BE$
Scn 1	5 745	0
Scn 3	5 846	1,75
Hausse taux de décès : + 20%	BE (M€)	$\Delta\%BE$
Scn 1	5 838	0
Scn 3	6 297	7,9

Augmenter le taux de décès pendant toute la projection a un impact direct sur le montant des flux GP2, cela coûte cher à l'assureur : entre le Scn 1 et 3 les prestations ont augmenté de 322 M€, conséquence en partie de la forte hausse des flux de décès.

Le BE augmente de 7,68 % (449 M€) dans le Scn 3, alors qu'il augmente "uniquement" de 1,61 % (92 M€) dans le Scn 1.

La garantie GP2 amplifie la variation du *Best Estimate* entre le Scn 1 et 3, elle passe de 1,75 % à 7,9 %, les taux de décès ont une influence directe sur le montant des flux de décès que l'assureur doit payer dans la projection ALM.

#### Évitement

Lorsqu'on décide d'enlever la clause d'âge concernant le paiement de la garantie à l'assuré (85 ans pour GP2), le paiement de la moins value des contrats arrive sans distinction d'âge de décès. Cette clause permettait de protéger l'assureur contre les contrats ayant capitalisé sur leur prime depuis de nombreuses années, ou contre les assurés voulant bénéficier d'un capital garanti pour les bénéficiaires lorsqu'ils deviennent âgés. En enlevant l'hypothèse d'indemnisation maximale de 300 K€, on s'expose à verser des flux plus importants.

Référence (4.2)	BE (M€)	$\Delta\%BE$
Scn 1	5 745	0
Scn 3	5 846	1,75
Absence limite d'indemnisation Absence limite d'âge	BE (M€)	$\Delta\%BE$
Scn 1	5 745	0
Scn 3	5 883	2,4

Le BE Actif Général augmente de 138 M€ (2,4 %). Les flux de décès GP2 continuent d'être conséquent, et passent en dessous des 100 K€ en 2066.

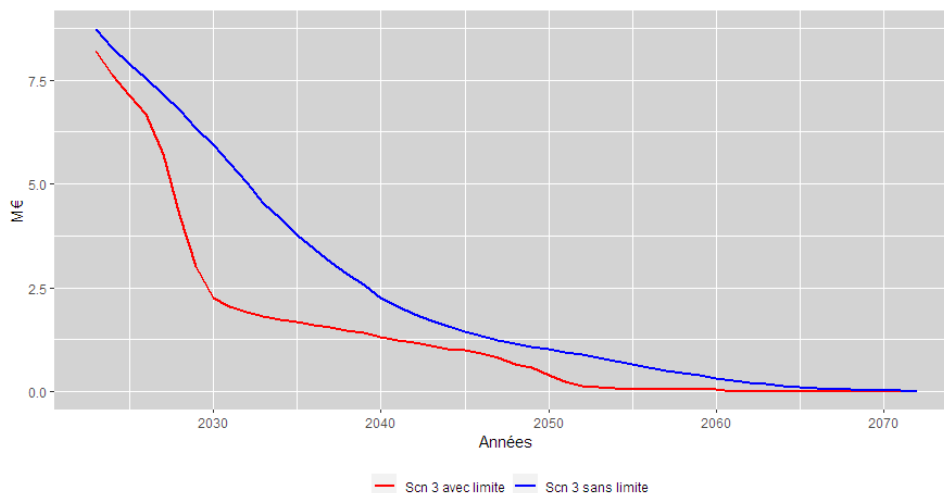


FIGURE 6.6 – Flux décès GP2 avec et sans limites, Scn 3

La différence en montant des flux de décès GP2 avec et sans limite est de 46,2 M€. Sans ces deux limites de versements, une conjoncture des marchés baissière couplée à un vieillissement du portefeuille peut affecter sérieusement le résultat de l'assureur. Le risque de vente en moins values peut se matérialiser.

### Hausse des taux et rachats massifs

La hausse des taux a un double effet : elle pénalise les actifs déjà en portefeuille et elle permet à l'assureur de dégager des produits financiers en investissant sur des actifs ayant un meilleur rendement. La valeur des options et garanties des assurés est aussi diminuée au passif. En cas de hausse des taux, les différents acteurs de la place essaient de garantir un rendement suffisant pour conserver leurs encours, garantissant une source de revenu avec les chargements sur encours.

Le moteur ALM modélise le taux servi par la concurrence, pour définir des règles de gestions à appliquer sur les taux servis dans la projection, il est aussi utilisé pour modéliser les rachats dynamiques (3.4). Lorsqu'on simule une hausse des taux, des rachats exceptionnels peuvent se matérialiser.

		BE (M€)	$\Delta\%BE$
Référence (4.2)	Scn 1	5 745	0
	Scn 3	5 846	1,75
Hausse 100bps et Rachat Massif S2	Scn 1	3 662	0
	Scn 3	3 896	6,4
Rachat Massif S2	Scn 1	3 862	0
	Scn 3	4 168	7,9

Le BE est nettement diminué par rapport à la situation Hausse des taux - sans rachat massif, - 52 % pour le Scn 1, 66 % pour le Scn 3. L'ajout de la GP2 fait augmenter le BE de 233 M€. L'allocation de participations aux bénéfices du Scn 3 devient plus importante après 2040 que le Scn 1.

## CHAPITRE 6. SENSIBILITÉS

Lors de la hausse des taux et du rachat massif, le Scn 1 voit son BE baisser de 36,3 % (2 083 M€), alors que le BE Scn 3 baisse de 33,6% (1 953 M€).

Lors du rachat massif, la baisse de la meilleure estimation du passif est plus faible avec la hausse des taux, conséquence des déflateurs plus faibles.

**Conclusion** : Cette partie contient les principaux chiffres (BE, SCR) concernant l'ajout de la garantie plancher GP2 sur l'Actif Général dans la projection ALM : le SCR vie a été calculé, ainsi que certains postes du bilan prudentiel. Nous avons regardé comment l'indicateur RoRC est impacté par cette garantie dans la projection. Plusieurs sensibilités à des paramètres de marchés (rendement, volatilité) et à des paramètres biométriques (taux de décès, rachats) ont été faites pour mesurer les variations du *Best Estimate*. Les variations du BE ne sont pas identiques en fonction des paramètres : le taux de décès augmente le BE dans la projection, tout comme l'absence de limite d'indemnisation. Une remontée des taux fait mécaniquement baisser les engagements de l'assureur, le choc couplé hausse des taux 100 bps et rachat induit une forte baisse du BE.

# Conclusion

Dans ce mémoire, nous nous sommes intéressés à l'intégration d'une garantie plancher en cas de décès dans le calcul du *Best Estimate*.

Premièrement, nous avons introduit la norme Solvabilité II (bilan prudentiel avec le calcul de certains postes), puis nous avons défini les caractéristiques de la garantie plancher en cas de décès, ainsi que les principaux risques concernés en formule standard.

Dans un second temps, nous avons décrit le modèle ALM utilisé pour l'étude, avec la construction des modèles points permettant de projeter les flux liés à cette garantie. Le cadre permettant de projeter le comportement des assurés a été introduit (décès, rachats, gestion du contrat) pour calculer les flux qui composent le BE.

Nous nous sommes intéressés aux paramètres influant la tarification (rendement et volatilité des UC, proportion d'actif risqué dans l'épargne, taux de décès). La méthode utilisée pour le provisionnement (déterministe, méthode des puts) de cette garantie a été abordé.

Enfin, nous avons calculé le *Best Estimate* avec cette garantie pour mesurer l'impact qu'elle pouvait avoir sur la totalité d'un canton réglementaire, le SCR a été calculé ainsi que certains indicateurs, sensibilités aux paramètres de projection ALM.

La garantie modélisée porte sur l'encours détenu par l'assuré. La non modélisation de la provision pour garantie plancher dans la projection ALM affecte directement le résultat de l'assureur et impacte directement le ratio de solvabilité. Avec les contrats possédant actuellement la garantie plancher, le ratio reste stable, il baisse d'un point. Le scénario où la totalité de l'Actif Général possède la garantie plancher voit le ratio S2 fortement se dégrader, en passant de 184 % à 154 % (sans couverture financière des flux de décès additionnels).

Les flux payés aux titres de cette garantie affectent le résultat technique, financier, la distribution des participations discrétionnaire et donc le taux servi aux assurés dans la projection. Nous avons remarqué que les intérêts capitalisés sur le Fond Euro peuvent permettre de baisser la moins value éventuelle des contrats, et que la limite d'âge fixée pour le versement au titre de la garantie protège le résultat de l'assureur.

Plusieurs hypothèses simplificatrices ont été faites pour faciliter notre étude. La modélisation des unités de comptes avec une volatilité déterministe constitue une hypothèse forte. La non modélisation des arbitrages possibles entre Fond Euro et UC due à la remontée des taux peut influencer le prix, le montant provisionné de cette garantie, et par conséquent les capitaux requis par S2.

La marge fixée pendant la projection ne permet pas de re-équilibrer le résultat de l'assureur pour pouvoir se protéger du risque marché et biométrique lié à la garantie plancher. Une étude de tarification minutieuse ou un possible passage en réassurance pourrait avoir lieu pour diminuer la perte de capitaux.



# Annexes

## Annexe A

# Provisionnement : Méthode des puts

Pour démontrer la valeur actuelle probable de l'assuré, il faut connaître la loi de l'actif sous jacent  $S_t$ . La dynamique du sous-jacent est :

$$\begin{cases} dS(t) = rS(t)dt + \sigma S(t)dB(t) \\ S(0) = S_0, \end{cases}$$

**Lemme d'Itô** : On appelle processus d'Itô, un processus  $(X_t)_{0 \leq t \leq T}$  à valeur dans  $\mathbb{R}$  tel que :

$$\forall t \leq T, \quad X_t = X_0 + \int_0^t a(s, X_s)ds + \int_0^t b(s, X_s)dW(s) \quad \text{avec} \quad \begin{cases} a(s, S(t)) = \mu S(t) \\ b(t, S(t)) = \sigma S(t) \end{cases}$$

Soit  $\phi \in \mathbb{C}^2(\mathbb{R})$ , on obtient :

$$\phi(t, X_t) = \phi(0, X_0) + \int_0^t \phi'_s(s, X_s)ds + \int_0^t \phi'_x(s, X_s)dX_s + \frac{1}{2} \int_0^t \phi''_{xx}(x, X_s)dX_s dX_s$$

$$d\phi(t, X_t) = \frac{\partial \phi}{\partial t}(t, X_t)dt + \frac{\partial \phi}{\partial x}(t, X_t)dX_t + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2}(t, X_t)d \leq X \geq t$$

Avec l'aide de la formule d'Ito appliqué à  $\ln(S_t)$  :

$$dY_t = d\ln(S_t) = \left[ \frac{\partial S_s}{\partial S} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 S_s}{\partial S^2} \right] dt + \frac{\partial S_s}{\partial S} dW(t) \quad \text{avec} \quad \frac{\partial S_s}{\partial S} = \frac{1}{S_s}, \quad \frac{\partial S_s}{\partial t} = 0, \quad \frac{\partial^2 S_s}{\partial S^2} = -\frac{1}{S_s^2}$$

$$dY_t = \left[ \frac{1}{S} \mu S + \frac{1}{2} \left( -\frac{1}{S^2} \right) \sigma^2 S^2 \right] dt + \frac{1}{S} \sigma S dW(t)$$

$$\ln(S_t) - \ln(S_0) = \left( \mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) t + \sigma [W_t - W_0]$$

$$\ln\left(\frac{S_t}{S_0}\right) = \left( \mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) t + \sigma W_t$$

La variable  $\ln(S_t)$  suit une loi normale :  $\ln(S_t) \sim N(\ln(S_0) + (\mu - \frac{\sigma^2}{2})t; \sigma\sqrt{t})$

La dynamique  $S_t$  suit une loi log-normale :  $S_t = S_0 e^{(\mu - \frac{\sigma^2}{2})t + \sigma W_t}$ ,

$$\mathbb{E}(S_t) = S_0 e^{\mu t} \quad \text{et} \quad \text{Var}(S_t) = S_0^2 e^{2\mu t} (e^{\sigma^2 t} - 1)$$

Donc on obtient  $\mathbb{E}(S_{t+k}) = S_t e^{\mu k} = S_t (1 + \mu)^k$

ANNEXE A. PROVISIONNEMENT : MÉTHODE DES PUTS

Soit  $\tau$  le taux de chargement au titre de la garantie plancher. La démonstration suivante est reprise d'un mémoire d'actuariat (FLORENCE. BROCHARD, 2009).

$$\begin{aligned}
 VAP_{\text{assuré}}(t) &= \mathbb{E}\left[\sum_{k=0}^{T-t-1} \frac{\tau S_{t+k}}{(1+r)^k}\right] \\
 &= \mathbb{E}^P\left[\mathbb{E}^Q\left[\frac{\tau S_{t+k}}{(1+r)^k}\right] \middle| T\right] \\
 &= \sum_{i=1}^{w-x} \left[\mathbb{E}^Q\left[\sum_{k=0}^{T-t-1} \frac{\tau S_{t+k}}{(1+r)^k} \middle| T = t+i\right] \times P(T = t+i)\right] \quad (\times) \\
 &= \sum_{i=1}^{w-x} \left[\mathbb{E}^Q\left[\sum_{k=0}^{T-t-1} \frac{\tau S_t e^{rk}}{(1+r)^k} \middle| T = t+i\right] \times P(T = t+i)\right] \\
 &= \sum_{i=1}^{w-x} \tau S_t i \times P(T = t+i) \quad \text{car } \sum_{k=0}^{i-1} 1 = i \\
 &= \sum_{i=0}^{w-x-1} \tau S_t P(T > t+i) \\
 &= \sum_{i=1}^{w-x} \tau S_t P(T > t+i-1) \\
 &= \sum_{i=1}^{w-x} \tau S_t \times \frac{l_{x+i-1}}{l_x}
 \end{aligned} \tag{A.1}$$

## Annexe B

# Sensibilité et Convéxité

Cette annexe permet de donner une formule de calcul utile pour éviter de repricer complètement certains titres, en particulier les obligations taux fixes.

Considérons un titre générant la chronique de flux  $F_1, \dots, F_t$ , avec sa valeur :  $V(r) = \sum_{i=1}^t \frac{F_i}{(1+r)^i}$

Une variation infinitésimale du taux d'intérêt  $dr$  induit une variation de la valeur du titre ( $dV$ ). Notons la variation de prix :  $\frac{dV(r)}{dr} = -\frac{1}{1+r} \sum_{i=1}^t \frac{i \times F_i}{(1+r)^i} \times \frac{dV(r)}{dr}$

On définit la sensibilité (S) du titre comme la variation en pourcentage de la valeur ( $V(r)$ ) conséquence d'une variation absolue de 1% du taux d'intérêt  $r$ . La sensibilité peut aussi être qualifiée de duration modifiée ou d'élasticité (élasticité de la valeur de marché suite à une variation des taux).

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

Donc si les taux évoluent de  $\Delta r$ , on peut approximer à l'ordre un la variation de prix :  $\Delta V = -S \times \Delta r \times V(r)$ . En définissant la duration (duration de Maccaulay) par  $D = \sum_{i=1}^t \frac{i \times F_i}{V(r) \times (1+r)^i}$ , on obtient  $D = S \times (1+r)$

Pour plus de précisions, on peut approximer à l'ordre 2 la variation de prix, en utilisant la convéxité :

$$C = \frac{1}{V(r)} \times \frac{d^2V(r)}{dr^2} = \frac{1}{V(r)} \times \frac{1}{(1+r)^2} \times \sum_{i=1}^t \frac{i \times (i+1) \times F_i}{(1+r)^i}$$

On trouve une expression d'ordre 2 :  $\Delta V = -S \times \Delta r \times V(r) + \frac{1}{2} \times C \times V(r) \times (\Delta r)^2$

## Annexe C

# Marge pour risque (*Risk Margin*)

La marge pour risque ou *Risk Margin* (RM), permet de quantifier le coût en capital de transfert des engagements d'un assureur envers une autre société d'assurance/réassurance. Il vient compléter les provisions techniques, l'assureur doit en disposer pour être sûr d'honorer ses engagements : il correspond au coût du capital non couvrable.

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

avec :

- CoC : le coût du capital égal à 6%
- SCR(t) : le capital de solvabilité requis projeté pendant t années
- $z_t$  : le taux sans risque de maturité t

En pratique, l'orientation 62 de la NOTICE SOLVABILITÉ II, 2015<sup>1</sup> donne quatre méthodes pour calculer la marge pour risque :

1. Effectuer un calcul complet de tous les SCR futurs sans utiliser de simplifications (méthode illustrée ci-dessus).
2. Utiliser un proxy du SCR global, en faisant l'hypothèse que les SCR futurs sont proportionnels, on utilise le ratio « meilleure estimation pour une année à venir donnée » sur « meilleure estimation à la date de valorisation », c'est à dire le rapport des BE net de réassurance, sur T années de projection :

$$SCR(t) = SCR(0) \times \frac{BE_{Net}(t)}{BE_{Net}(0)} \quad t = 1, 2, 3, \dots, T$$

3. Utiliser une approximation des risques pour estimer la totalité des exigences futures de solvabilité, en utilisant la durée modifiée des passifs d'assurance comme facteur d'échelle. Cette méthode permet de ne pas estimer les SCR futurs. Elle est basée sur la maturité du passif et sur la durée de liquidation des engagements d'assurance.

---

1. publiée par l'ACPR, cette notice détaille le calcul des provisions techniques en norme SII

## ANNEXE C. MARGE POUR RISQUE (*RISK MARGIN*)

Le profil de risque de l'assureur doit répondre à certaines hypothèses pour être considérées comme inchangées au cours du temps, pour que le résultat soit interprétable : il faut être capable d'interpréter les variations du profil de risque pour pouvoir interpréter les variations de la marge pour risque :

$$RM = CoC \times Dur_{mod}(0) \times \frac{SCR(0)}{1+r}$$

avec :

- $CoC$  : Coût du capital, 6%
- $Dur_{mod}(0)$  : Duration modifiée
- $r$  : taux de rendement actuariel annuel

4. Estimer la marge pour risque par un pourcentage ( $\alpha$ ) du BE net de réassurance :

$$RM = \alpha \times BE_{Net}(0).$$

# Bibliographie

- ACPR (2020). Modalités des calculs prudentiels concernés par l'arrêté ministériel relatif aux fonds excédentaires en assurance vie. *Journal Officiel du 28 décembre 2019*, p. 45-74.
- BRIGO MERCURIO (2005). Interest Rates Models - Theory and Practice.
- FLORENCE. BROCHARD (2009). Etude du coût de la couverture de la garantie plancher en cas de décès. URL : <https://www.institutdesactulaires.com/se-documenter/memoires/memoires-d-actuariat-4651?id=6b621efc8feb9f354e6ccf5fae48f344>.
- J-M HÉCART (2016). La place du générateur de scénarios économiques dans les calculs de solvabilité en assurance-vie.
- NOTICE SOLVABILITÉ II (2015). Provisions techniques (y compris mesures « branches longues »). URL : [https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/media/2020/08/07/9.\\_notice-solvabilite2-provisions-techniques.pdf](https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/media/2020/08/07/9._notice-solvabilite2-provisions-techniques.pdf).
- OUMAR DIARRA (2020). Tarification de la garantie plancher en cas de décès à l'aide d'algorithmes d'apprentissage.
- PARLEMENT EUROPÉEN et CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE (2009). Directive 2009/138/CE du 25 novembre 2009 sur l'accès aux activités de l'assurance et de la réassurance et leur exercice (Solvabilité II). OJ L. 335/I. URL : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0138>.
- THIBAUT KERVEVAN (2016). Valorisation de la commutation d'un traité de réassurance portant sur la garantie plancher.

# Table des figures

2	Taux moyen servi, Scn 1 - 3 . . . . .	3
1.2	Bilan S1 (à gauche) vs Bilan Économique S2 (à droite) . . . . .	16
2.1	Répartition par pays du principal UC . . . . .	26
2.2	Distinction capital sous risque/épargne acquise . . . . .	28
2.4	Rendement de la sélection d'UC, mai 2018 - mai 2023 . . . . .	32
2.5	Volatilité de la sélection d'UC, mai 2018 - mai 2023 . . . . .	33
2.6	Distribution de la marge + PMVL en % des simulations . . . . .	35
2.7	Distribution de la marge + PMVL en % des simulations . . . . .	35
2.8	Distribution de la marge + PMVL en % des simulations . . . . .	36
2.9	Distribution de la marge + PMVL en % des simulations . . . . .	36
2.12	Évolution et variation de la PM moyenne sur 10 ans . . . . .	42
2.13	Évolution moyenne du Capital décès sur 10 ans . . . . .	42
3.1	Répartition des PM, Actif Général . . . . .	51
3.2	Caractéristiques des garanties planchers de l'étude . . . . .	53
3.3	Rachats dynamiques issus des ONC . . . . .	57
3.4	Hypothèse de fonctionnement du moteur ALM . . . . .	59
3.5	Projection des flux de <i>Best Estimate</i> . . . . .	60
4.1	Flux de décès, Scn 1 - 2 - 3 . . . . .	66
4.2	Flux de décès GP2, Scn 3 . . . . .	67
4.3	Proportion des MP ayant moins de 85 ans, Scn 2 - 3 . . . . .	67
4.4	PM des assurés, Scn 1 - 3 . . . . .	68



TABLE DES FIGURES

4.5	Ratio $\frac{PPBServi}{PM}$ au cours de la projection, Scn 1 - 3 . . . . .	68
4.6	Évolution du résultat Technique, Scn 1 - 3 . . . . .	70
4.7	Évolution PMV Réalisées . . . . .	71
4.8	Ratio $\frac{PPB}{PM}$ et PPB, Scn 1 - 3 . . . . .	71
4.9	Montant de participations aux bénéfices distribuées, Scn 1 - 3 . . . . .	72
4.10	Taux moyen servi, Scn 1 - 3 . . . . .	72
5.1	SCR Marché . . . . .	75
5.2	Flux décès GP2, Module Taux et Actions, Scn 3 . . . . .	76
5.3	SCR Souscription Vie, NSLT, Contrepartie . . . . .	77
5.4	Ratio de couverture . . . . .	78
6.6	Flux décès GP2 avec et sans limites, Scn 3 . . . . .	89