



Mémoire présenté devant le jury de l'EURIA en vue de l'obtention du
Diplôme d'Actuaire EURIA
et de l'admission à l'Institut des Actuaire

le 18 Septembre 2024

Par : SYLLA Bandiougou

Titre : Gestion des cessions obligataires en cas d'impasse de liquidité

Confidentialité : Non

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

**Membre présent du jury de l'Institut
des Actuaire :**

CORREGE Pierre

MOYNE Cyril

MERER Jean-Christophe

Signature :

Entreprise :

Crédit Agricole Assurances

Signature :

Membres présents du jury de l'EURIA : Directeur de mémoire en entreprise :

BUCKDAHN Rainer

HETEA Michèle

BODIN Eric

Signature :

Tuteur en entreprise :

JARRAH Adil

Signature :

**Autorisation de publication et de mise en ligne sur un site de diffusion
de documents actuariels**

(après expiration de l'éventuel délai de confidentialité)

Signature du responsable entreprise :

Signature du candidat :

Résumé

Dans un contexte de hausse de taux, conséquence de la gestion d'une crise sanitaire mondiale et de conflits majeurs tels que la guerre en Ukraine ayant poussé la Banque centrale européenne (BCE) à remonter ses taux directeurs dans le cadre de sa mission de lutte contre l'inflation, les assureurs ayant passé une longue période de taux bas et acheté pendant cette période des actifs à faible rendement investis dans le passé sur une longue période, se retrouvent avec un portefeuille contenant des actifs obligataires en moins-value, La question de l'optimisation de la gestion de ce portefeuille afin de satisfaire d'éventuels besoins de liquidités (dans le cas de rachat massif notamment) devient cruciale pour l'assureur.

Nous nous intéresserons donc dans ce mémoire, aux différentes stratégies de gestion des actifs constitutifs du portefeuille de PREDICA et leurs impacts sur la solvabilité de l'assureur dans différents scénarios représentatifs des risques considérés dans la formule standard de calcul du Solvency Capital Requirement (SCR) et leurs impacts sur le ratio de solvabilité.

Pour ce faire, nous allons dans un premier temps expliquer le cadre théorique, constitué du cadre prudentiel Solvabilité II, du fonctionnement de l'assurance-vie et enfin des outils et principes de modélisation, puis dans un second temps, nous mettrons en place via une implémentation sur l'outil de modélisation actif passif des stratégies de gestion d'actifs et analyserons enfin les résultats obtenus avec le modèle de projection.

Mots clefs: Hausse des taux, ALM, Ratio de solvabilité, VIF, Réserve de capitalisation, Provision pour participation aux excédents.

Abstract

Against a backdrop of rising interest rates, resulting from the management of a global health crisis and major conflicts such as the war in Ukraine, which prompted the European Central Bank (ECB) to raise its key interest rates as part of its mission to combat inflation, insurers who have gone through a long period of low interest rates and bought low-yielding assets during this period, invested in the past over a long period, find themselves with a portfolio containing bond assets that have lost value. The question of optimising the management of this portfolio in order to meet any liquidity needs (particularly in the event of large-scale redemptions) becomes crucial for the insurer.

In this report, we will therefore look at the different asset management strategies that make up PREDICA's portfolio and their impact on the insurer's solvency in different scenarios that are representative of the risks considered in the standard formula for calculating the Solvency Capital Requirement (SCR) and their impact on the solvency ratio.

To do this, we will first explain the theoretical framework, comprising the Solvency II prudential framework, how life insurance works and, finally, the modelling tools and principles. We will then use the asset liability modelling tool to implement asset management strategies and, finally, analyse the results obtained with the projection model.

Keywords: Rising interest rates, ALM, Solvency ratio, VIF, Capitalisation reserve, Surplus participation reserve.

Note de Synthèse

Contexte

Après une période de taux bas de plus de vingt ans, la gestion d'une crise sanitaire mondiale ainsi que les conflits majeurs récents, en particulier la guerre en Ukraine, ont induit une hausse des marchés et une inflation contraignant la Banque centrale européenne (BCE) à remonter ses taux directeurs, entraînant ainsi une hausse des taux sur le marché. Cette décision a impacté le bilan des assureurs qui se retrouvent avec, dans leurs portefeuilles, des obligations globalement en moins-value, accroissant ainsi l'intérêt pour l'assureur de s'intéresser à l'optimisation de sa gestion d'actifs.

L'objectif de ce mémoire est de mettre en place des stratégies de gestion d'actifs plus performantes en termes d'impact sur le ratio de solvabilité que celles déjà mises en place au sein de PREDICA afin de faire face aux situations d'impasse de liquidités (situations dans lesquelles on se retrouve avec une trésorerie négative).

Nous allons donc dans un premier temps présenter le portefeuille de base ainsi que décrire les stratégies implémentées. Puis, nous étudierons, à l'aide d'indicateurs choisis, l'impact de nos stratégies sur le ratio de solvabilité. Enfin, nous étudierons la sensibilité de nos stratégies face à de fortes variations de taux.

Le portefeuille de PREDICA

le 31 décembre 2023, le portefeuille de PREDICA était constitué de 75% d'actifs obligataires R.343-9, qui sont globalement en moins-value, de 24% d'actifs de diversification R.343.10, les 1% restants consistant essentiellement en options, caps, swaps et swaptions, la duration moyenne des actifs est de 7,8.

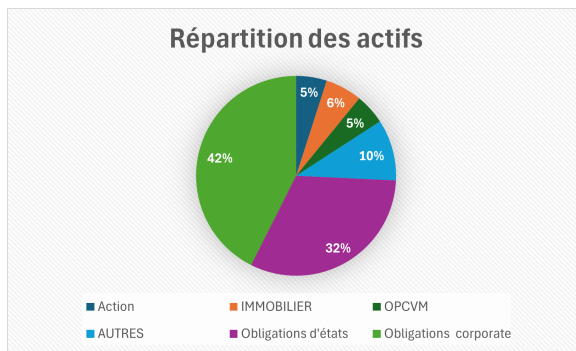


FIGURE 1 – Allocation des actifs au 31/12/2023

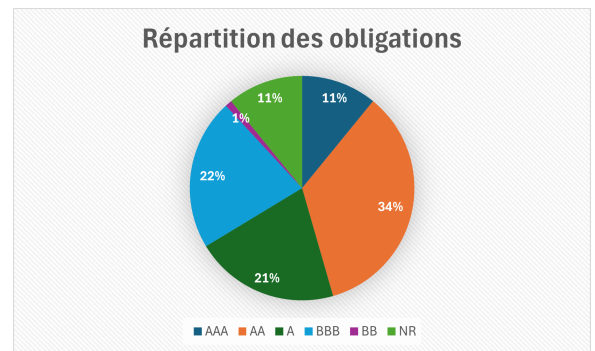


FIGURE 2 – Répartition des obligations en fonction de leurs notations au 31/12/2023

Il était constitué au passif de 91% de provisions mathématiques, à 1% de fonds propres durs, à 2% de dettes subordonnées, à 2% d'une réserve de capitalisation, à 4% d'une provision pour participation aux excédents, la durée moyenne des passifs est de 9,7.

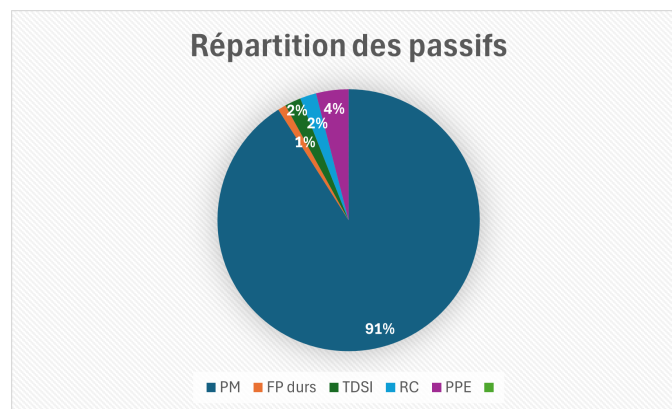


FIGURE 3 – Allocation des passifs au 31/12/2023

Les stratégies implémentées

La vente prioritaire des obligations courte maturité

C'est la stratégie implémentée anciennement au sein de PREDICA, elle consiste à vendre en situation de besoins de liquidités en priorité les actifs obligataires de courte maturité, l'idée étant que les obligations de courte maturité sont moins susceptibles d'être impactées par une variation des taux.

La vente prioritaire des obligations en plus-value

Comme son nom l'indique, cette stratégie consiste à vendre en priorité les obligations en plus-value, l'assureur bénéficie ainsi de la plus-value réalisée, ce qui lui permet de mieux faire face à ses besoins de liquidités. L'inconvénient de cette stratégie étant que les assurés sont privés des produits financiers qui devraient leurs revenir, ce qui pourrait entraîner leurs départs.

La vente en plus ou moins-value de façon à maintenir la réserve de capitalisation

Cette stratégie consiste, en fonction du nombre d'obligations à vendre, à en vendre des quantités en plus-value et en moins-value de façon à ce que les plus et moins-values réalisées se compensent, maintenant ainsi la réserve de capitalisation. En effet, la réserve de capitalisation de fin de projection appartenant à la VIF, la maintenir permettrait de réduire sa variation lors de l'application des différents chocs de la formule standard, réduisant par la même occasion la variation de VIF, donc le SCR.

La stratégie de vente en moins-value

Cette stratégie consiste à vendre en priorité les obligations en moins-value, l'assureur assume donc la perte résultant de la vente d'obligations en moins-value sans la partager avec les assurés.

Les indicateurs choisis

On a choisi deux types d'indicateurs, représentatifs des éléments servant au calcul du ratio de solvabilité : ceux représentatifs des fonds propres de l'assureur et ceux représentatifs de son capital de solvabilité requis.

Les indicateurs représentatifs du SCR choisis sont :

- La variation de la réserve de capitalisation entre le scénario centrale et les scénarios choqués
- La variation des chargements sur produits financiers entre le scénario centrale et les scénarios choqués
- La variation des frais de gestion entre le scénario centrale et les scénarios choqués

Les valeurs des indicateurs du SCR considérées sont celles de fin de projection.

Les indicateurs représentatifs des fonds propres sélectionnés sont :

- La marge de risque
- La VIF Euro en scénario centrale

Nous étudions également le Best Estimate pour observer l'impact de nos stratégies sur le passif.

Résultats obtenus en termes de ratio de solvabilité

On observe les valeurs suivantes en termes de couvertures du ratio de solvabilité, de fonds propres et de SCR :

Indicateurs	Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
Ratio	265%	263,6%	240,5%	231,7%
Fonds propres	38 448,7 M€	38 396,2 M€	36 712,6 M€	36 989,7 M€
SCR	14 511,7 M€	14 568,6 M€	15 263,2 M€	15 964,3 M€

TABLE 1 – Ratios obtenus par stratégie dans un contexte économique normal

Les meilleures stratégies en termes d'amélioration du ratio de solvabilité sont celles de maintien de la réserve de capitalisation et de vente priorisant les obligations en plus-value. Cette amélioration s'explique par une diminution du risque de rachat massif par rapport à celle engendrée par la stratégie de vente priorisant les obligations de courte maturité. Choisir les titres à céder lors du choc modulaire de SCR de rachat permet donc d'améliorer la solvabilité de l'assureur de 3300 bp pour notre meilleure stratégie. Une baisse de risque principalement causée par une plus forte augmentation de la réserve de capitalisation de fin d'année qui est la conséquence de la vente d'obligations en plus-value, entraînant des écarts de variation de réserve de la capitalisation entre les stratégies vraiment très grands par rapport à ceux de nos autres indicateurs. L'assureur accumule, en vendant ses obligations en plus-value, une réserve lui permettant de faire face aux différentes conséquences liées à cette vente d'actifs, comme la baisse des produits financiers, donc des chargements sur produits financiers.

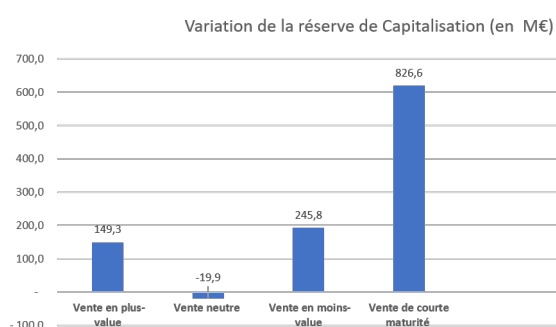


FIGURE 4 – Variation de la réserve de capitalisation dans un contexte économique normal

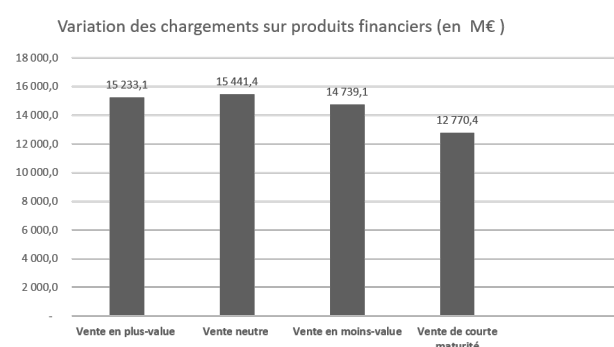


FIGURE 5 – Variation des chargements sur produits financiers par stratégie dans un contexte économique normal

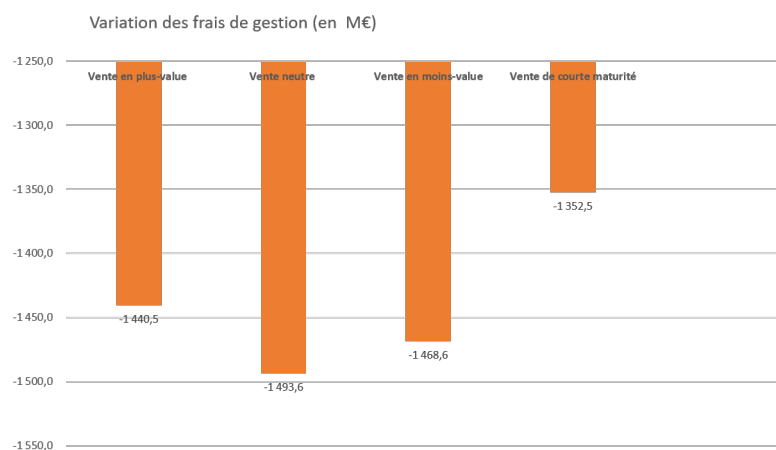


FIGURE 6 – Variation des frais de gestion par stratégie dans un contexte économique normal

De plus, du côté des fonds propres, on assiste pour nos stratégies les plus performantes à une augmentation de la VIF et une diminution de la marge de risque, conséquences respectives d'une plus grosse réserve de capitalisation de fin d'année et de la baisse des SCR, l'assureur a donc moins de fonds propres à immobiliser du fait de la baisse du risque. On assiste également à une baisse des engagements au passif, en effet la vente des obligations en plus-value réduisant énormément les produits financiers à venir, on assiste à une hausse des rachats dynamiques des stratégies réduisant ainsi les engagements.

Tests de sensibilité

Nos stratégies étant principalement axées autour des plus ou moins-values, il serait intéressant d'étudier leurs performances en termes de ratio de solvabilité face à de fortes variations des taux qui entraîneraient une forte variation des proportions d'obligations en plus et moins-value.

Avec une hausse de taux de +200 points de base, on obtient les ratios de solvabilité, fonds propres et SCR par stratégies suivants :

Indicateurs	Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
Ratio	175,2%	177,4%	174,7%	152,7%
Fonds propres	32 964,8 M€	33 096,1 M€	33 269,6 M€	31 148,6 M€
SCR	18 816,4 M€	18 661,5 M€	19 039,4 M€	20 400,8 M€

TABLE 2 – Ratios obtenus par stratégie dans un contexte de forte hausse des taux

Dans une situation avec peu d'obligations en plus-value, nos stratégies restent donc plus performantes que celle déjà implémentée, entraînant une amélioration de ratio de 2200 bp pour la plus performante. La vente d'obligations de façon à maintenir la réserve de capitalisation et la vente d'obligations en plus-value restent les stratégies les plus performantes en termes de couverture du ratio de solvabilité. Leurs performances résultant principalement au niveau du SCR, du fait qu'elles permettent de réduire les SCR de taux, de rachat massif et d'action, ces baisses des SCR de ces différents sous-modules, s'expliquent par le fait que ces deux stratégies de façon similaire au contexte normal maintiennent de plus grandes réserves de capitalisation de fin d'année en comparaison des autres stratégies entraînant de plus faibles variations de réserve de capitalisation, ce qui permet de faire face aux variations de chargements et frais de gestion sur produits financiers comparativement aux autres stratégies, ces dernières variations sont plus élevées par rapport à celles des autres stratégies.

La meilleure performance de la stratégie qui maintient ou augmente la réserve de capitalisation, résulte de ce que la vente d'obligations en plus et en moins-value, lui permet de maintenir une forte réserve de capitalisation plus longtemps que la stratégie de vente en priorité d'obligations en plus-value, qui vend des obligations en moins-value, une fois celles en plus-value écoulées.

Mais, conséquence de la hausse des taux, le portefeuille se retrouve avec beaucoup moins d'obligations en plus-value, ce qui réduit les différences en termes de performances par rapport à la stratégie priorisant la vente d'obligations en moins-value, du fait que nos stratégies vendent au prorata les obligations dans le portefeuille une fois celles-ci écoulées. Du côté des indicateurs de fonds propres, les résultats observés sont similaires en termes d'écart entre les stratégies à ceux décrits dans un contexte normal.

Quant à la forte baisse des taux, on constate des valeurs de ratio de solvabilité assez proches :

Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
311,2%	311,2%	310,4%	307,7%

TABLE 3 – Ratios obtenus par stratégie dans un contexte de forte baisse des taux

En effet, la forte baisse des taux a pour conséquence, la présence d'un grand nombre d'obligations en plus-value dans le portefeuille, la vente de ces obligations augmentera

la réserve de capitalisation entraînant ainsi une faible variation de la réserve de capitalisation ce qui réduira le risque de rachat. Toutes nos stratégies se comportant donc de façon presque similaire.

Executive summary

Context

After a period of low interest rates lasting more than twenty years, the management of a global health crisis and recent major conflicts, in particular the war in Ukraine, have led to a rise in the markets and inflation, forcing the European Central Bank (ECB) to raise its key interest rates, thereby pushing up market rates. This decision has had an impact on insurers' balance sheets, leaving them with portfolios of bonds that have lost value overall, making it all the more worthwhile for insurers to take an interest in optimising their asset management.

The aim of this dissertation is to put in place asset management strategies that are more effective in terms of their impact on the solvency ratio than those already implemented within PREDICA, in order to deal with liquidity impasse situations (situations in which we find ourselves with negative cash flow).

We will therefore first present the basic portfolio and describe the strategies implemented. Then, using selected indicators, we will study the impact of our strategies on the solvency ratio. Finally, we will study the sensitivity of our strategies to sharp variations in interest rates.

PREDICA's portfolio

At 31 December 2023, PREDICA's portfolio consisted of 75% R.343-9 fixed income assets, which are down in value overall, 24% R.343.10 diversification assets, and the remaining 1% consisting mainly of options, caps, futures and forward contracts. R343.10, with the remaining 1% consisting mainly of options, caps, swaps and swaptions, swaps and swaptions, with an average duration of 7.8.

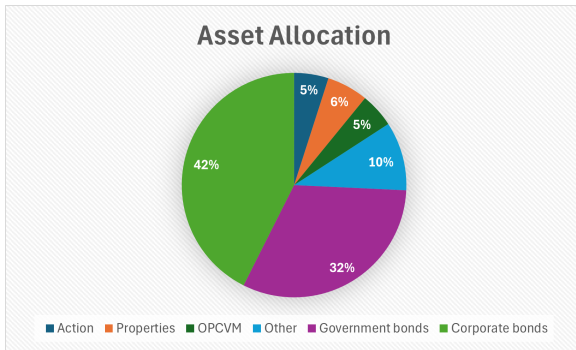


FIGURE 7 – Asset allocation at 31/12/2023

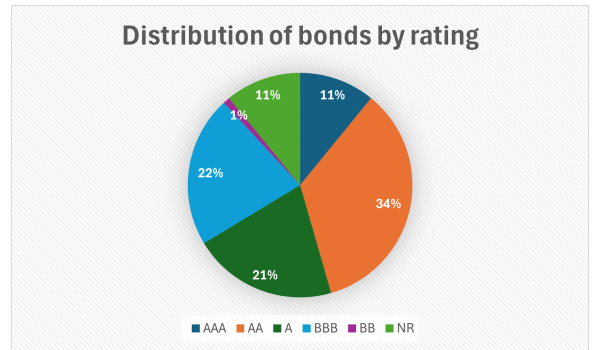


FIGURE 8 – Distribution of bonds by rating at 31/12/2023

On the liabilities side, it was made up of 91% mathematical provisions, 1% hard equity 2% in subordinated debt, 2% in a capitalisation reserve, and 4% in a provision for surplus participation. The average duration of liabilities was 9.7 .

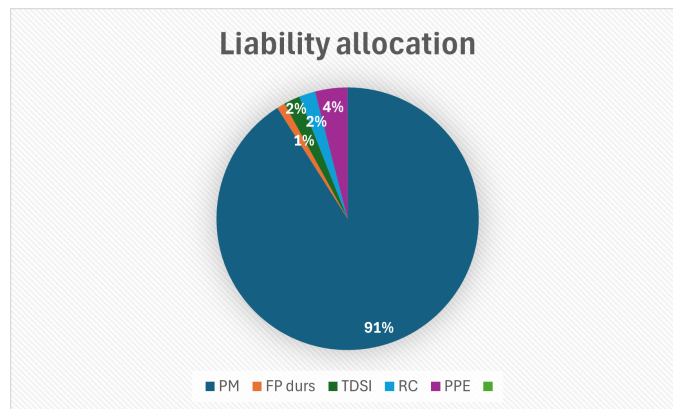


FIGURE 9 – Liability allocation at 31/12/2023

Strategies implemented

Priority sale of short-dated bonds

This is the strategy previously implemented by PREDICA, which consists of giving priority to selling short-dated bond assets when liquidity is needed, the idea being that short-dated bonds are less likely to be affected by a change in interest rates.

Priority sale of bonds with capital gains

As its name suggests, this strategy consists of selling bonds that are appreciating in value as a priority, so that the insurer benefits from the capital gains realised, enabling it to better meet its liquidity needs. The disadvantage of this strategy is that policyholders are deprived of the financial products that should accrue to them, which could lead to their departure.

The sale of capital gains or losses to maintain the capitalisation reserve

This strategy consists, depending on the number of bonds to be sold, of selling quantities of bonds with capital gains and losses so that the capital gains and losses offset each other, thereby maintaining the capitalisation reserve. Since the capitalisation reserve at the end of the projection is part of the VIF, maintaining it would reduce its variation when the various shocks in the standard formula are applied, thereby reducing the variation in the VIF and therefore the SCR.

The strategy for selling at a loss

This strategy consists of selling bonds with a loss of value as a priority. The insurer therefore assumes the loss resulting from the sale of bonds with a loss of value, without sharing it with the policyholders.

The chosen indicators

Two types of indicators have been chosen to represent the elements used to calculate the solvency ratio : those representing the insurer's own funds and those representing its Solvency Capital Requirement.

The SCR indicators chosen are representative of the SCR :

- The variation in the capitalization reserve between the central and shocked scenarios
- Variation in charges on financial products between the central scenario and the shocked scenarios
- The variation in management fees between the central scenario and the shocked scenarios.

The values of the SCR indicators considered are those at the end of the projection.

The insurer's own funds indicators selected are as follows :

- The risk margin
- The VIF Euro in central scenario

We also study the Best Estimate to observe the impact of our strategies on liabilities.

Solvency ratio results

The following values can be observed in terms of coverage of the solvency ratio, shareholders' equity and SCR :

Indicators	Capital gains sale	Neutral sale	Sale at a loss	Short maturity sale
Ratio	265%	263,6%	240,5%	231,7%
Equity capital	38 448,7 M€	38 396,2 M€	36 712,6 M€	36 989,7 M€
SCR	14 511,7 M€	14 568,6 M€	15 263,2 M€	15 964,3 M€

TABLE 4 – Ratios obtained by strategy in a normal economic context

The best strategies in terms of improving the solvency ratio are those of maintaining the capitalisation reserve and selling bonds at a premium. This improvement can be explained by a reduction in the risk of a large-scale redemption compared with the risk generated by a sale strategy that prioritises short-maturity bonds. Choosing which securities to sell during the buyback shock therefore improves the insurer's solvency by 3300 bp for our best strategy. A reduction in risk mainly caused by a greater increase in the capitalisation reserve at the end of the year as a result of the sale of appreciated bonds, leading to very large variations in the capitalisation reserve between strategies compared with our other indicators. By selling its bonds at a capital gain, the insurer accumulates a reserve that enables it to deal with the various consequences associated with this sale of assets, such as a fall in financial income, and therefore in charges on financial income.

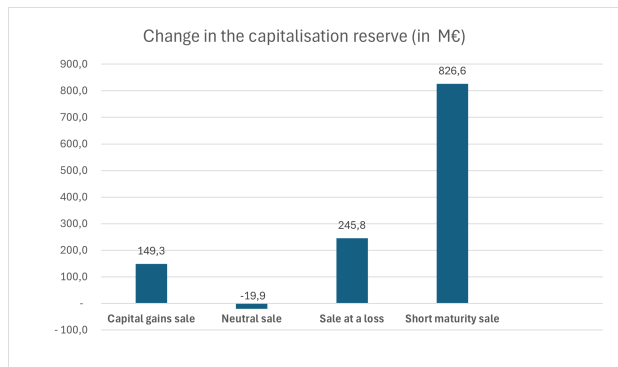


FIGURE 10 – Change in the capitalisation reserve in a normal economic context

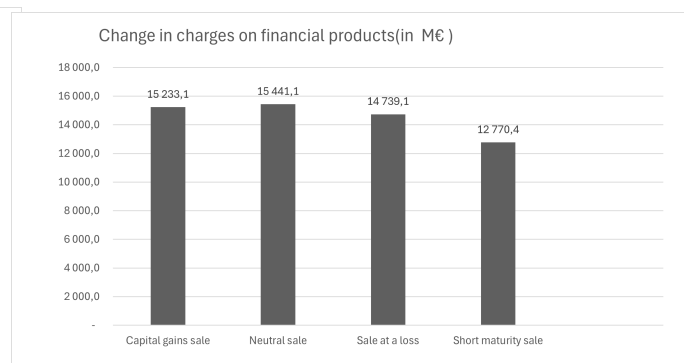


FIGURE 11 – Change in charges on financial products by strategy under normal economic conditions

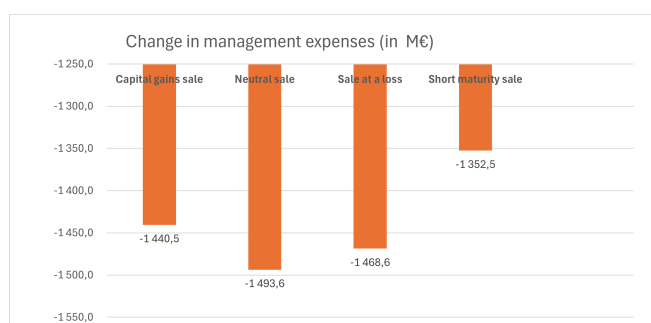


FIGURE 12 – Change in management expenses by strategy in a normal economic context

In addition, on the equity side, our best-performing strategies saw an increase in the VIF and a reduction in the risk margin, the respective consequences of a larger end-of-year capitalisation reserve and lower SCRs, meaning that the insurer has less equity to tie up as a result of lower risk. We are also seeing a fall in liabilities, as the sale of bonds at a capital gain greatly reduces future financial income, and we are seeing an increase in dynamic redemptions of strategies, thus reducing liabilities.

Sensitivity tests

As our strategies are mainly based on capital gains and losses, it would be interesting to study their performance in terms of solvency ratios in the face of sharp changes in interest rates, which would lead to a sharp change in the proportions of bonds in capital gains and losses.

With a rate increase of +200 basis points, we obtain the following solvency, equity and SCR ratios by strategy :

Indicators	Capital gains sale	Neutral sale	Sale at a loss	Short maturity sale
Ratio	175,2%	177,4%	174,7%	152,7%
Equity capital	32 964,8 M€	33 096,1 M€	33 269,6 M€	31 148,6 M€
SCR	18 816,4 M€	18 661,5 M€	19 039,4 M€	20 400,8 M€

TABLE 5 – Ratios obtained by strategy in a context of a sharp rise in interest rates

In a situation with few appreciated bonds, our strategies continue to outperform those already implemented, resulting in a 2200 basis point improvement in the ratio for the best performing strategy. The sale of bonds in order to maintain the capitalisation reserve and the sale of bonds in appreciation remain the best performing strategies in terms of solvency ratio coverage. The main reason for their performance in terms of SCR is that

they enable us to reduce the interest rate, mass redemption and equity SCRs. These reductions in the SCRs of these different sub-modules can be explained by the fact that these two strategies, in a similar way to the normal context, maintain greater end-of-year capitalisation reserves compared with the other strategies, resulting in smaller variations in the capitalisation reserve, This makes it possible to cope with variations in charges and management fees on financial products, which are higher than those of the other strategies.

The better performance of the strategy that maintains or increases the capitalisation reserve is due to the fact that the sale of appreciated and depreciated bonds enables it to maintain a high capitalisation reserve for longer than the strategy of selling appreciated bonds first, which sells depreciated bonds once the appreciated bonds have been sold.

However, as a result of the rise in interest rates, the portfolio has far fewer bonds in appreciation, which reduces the differences in terms of performance compared with the strategy that prioritises the sale of bonds in depreciation, since our strategies sell the bonds in the portfolio pro rata once they have been sold. In terms of equity indicators, the results observed are similar in terms of differences between strategies to those described in a normal context.

As for the sharp fall in rates, the solvency ratio values are fairly similar :

Capital gains sale	Neutral sale	Sale at a loss	Short maturity sale
311,2%	311,2%	310,4%	307,7%

TABLE 6 – Ratios obtained by strategy in a context of a sharp fall in interest rates

The sharp fall in interest rates means that there are a large number of appreciated bonds in the portfolio. Selling these bonds will increase the capitalisation reserve, leading to a small change in the capitalisation reserve, which will reduce the redemption risk. All our strategies behave in almost the same way.

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier mon tuteur JARRAH Adil, pour son suivi, sa disponibilité et ses conseils.

Je tiens également à remercier monsieur BODIN Eric, Directeur Adjoint de la Direction Financière et des Modèles, pour m'avoir guidé dans la réalisation de ce travail. Ses conseils et remarques ont contribué à ma montée en compétence et ma compréhension du sujet.

Je remercie également toute la Direction de la Gestion Financière pour m'avoir accueilli et accompagné tout au long de cette année, en particulier BEDO Gael et SPASIC Nikola pour leurs conseils et leurs implications.

Je tiens également à remercier mon tuteur académique, monsieur BUCKDAHN Rainer pour ses relectures et ses précieuses remarques.

Enfin, mes remerciements vont à l'ensemble des enseignants de l'EURIA pour la formation de qualité qu'ils m'ont prodiguée au cours de ces trois dernières années.

Abréviation

ACPR : Autorité de Contrôle Prudentielle

BE : Best Estimate

FP : Fonds Propres

LGD : Loss Given Default

MCR : Minimum Capital Requirement

MP : Model Point

NAV : Net Asset Value

PDD : Provision pour Dépréciation Durable

PM : Provisions mathématiques

PPB : Provisions pour Participation aux Bénéfices

PPE : Provisions pour Participation aux Excédents

PRE : Provision pour Risque d'Exigibilité

RC : Réserve de Capitalisation

SCR : Solvency Capital Requirement

TDSI : Titres de Dette Subordonnée à Durée Indéterminée

UC : Unité de Compte

VIF : Value In Force

VM : Valeur de Marché

Table des matières

I	Cadre théorique	3
1	Le métier d'assureur-vie	5
1.1	Définition	5
1.2	Les produits d'assurance-vie	5
1.2.1	Épargne	5
1.2.2	Retraite	6
1.2.3	Obsèques	6
1.3	Bilan comptable et compte de résultat	7
1.3.1	Le bilan comptable d'un assureur vie	7
1.3.2	Le compte de résultat d'un assureur-vie	9
1.4	Contexte, notion et mesure de liquidités	10
1.4.1	Notion de liquidités et d'impasse de liquidités	10
1.4.2	Mesure de la liquidité	10
2	Cadre réglementaire	13
2.1	Introduction	13
2.2	Focus sur le pilier I et sa modélisation	13
2.2.1	Bilan prudentiel	13
2.2.2	Le Capital de Solvabilité Requis (SCR)	16
3	Principes et outils de modélisation	23
3.1	Modélisation	23
3.1.1	Générateur de scénario économique (GSE)	23
3.1.2	Univers monde réel et univers risque neutre	25
3.1.3	Model Point	26
3.2	Modélisation des actifs	26
3.2.1	Les actifs obligataires R.343-9	26
3.2.2	Les actifs diversifiés R.343-10	29
3.2.3	Les produits dérivés	30
3.3	Modélisation des passifs	30
3.3.1	Cinématique	31
3.4	Modélisation des interactions entre actifs et passifs	32
3.5	Modélisation des rachats	33

3.6	Modélisation de la Value In Force sur le fonds Euro	34
3.7	Modélisation du Best Estimate sur le fonds Euro	35
II	Mise en application	37
4	Stratégie de gestion ou vente d'actifs	39
4.1	Introduction	39
4.2	Le portefeuille de PREDICA	39
4.3	Les stratégies de vente obligataire	41
4.3.1	La vente prioritaire des actifs obligataires de courte maturité	41
4.3.2	La vente en priorité des actifs obligataires en plus-value	41
4.3.3	La vente neutre en plus ou moins-value latente	42
4.3.4	La vente en priorité des obligations en moins-value	43
4.4	Les outils de comparaisons sélectionnés	43
4.4.1	Les indicateurs du SCR	43
4.4.2	Les indicateurs des fonds propres	44
4.5	Comparaison et analyse des résultats	44
4.5.1	Ratio de solvabilité	44
4.5.2	Interprétation à partir des indicateurs du SCR	45
4.5.3	Interprétation des résultats à partir des indicateurs de fonds propres	49
4.6	Conclusion	51
5	Tests de sensibilité	53
5.1	Introduction	53
5.2	Test de variation de taux	53
5.2.1	Forte hausse des taux	53
5.2.2	Forte baisse des taux	68
A		73
A.1	Fonctionnement de l'algorithme de vente en plus-value	73
A.2	Fonctionnement de l'algorithme de vente neutre	74
A.3	Fonctionnement de l'algorithme de vente en moins-value	76
	Bibliographie	83

Introduction

Le contexte économique actuel faisant que le portefeuille de la plupart des compagnies d'assurance, soit constitué d'obligations globalement en moins-value, du fait par exemple de la remontée des taux, il est intéressant pour l'assureur de s'intéresser à la question de l'optimisation de la vente d'actifs en situation d'impasse de liquidité. C'est dans cette optique que s'inscrit notre mémoire via la mise en place de stratégies de gestion obligataire. Nous procéderons ainsi en plusieurs étapes.

Dans un premier temps, nous présenterons les différentes notions réglementaires et actuarielles s'inscrivant dans le cadre de notre mémoire, ainsi que leurs modélisations.

Ensuite, nous décrirons les stratégies mises en place, les implémenterons et étudierons leurs impacts sur le ratio de solvabilité, via des indicateurs que nous aurons choisis.

Enfin, nous étudierons la sensibilité de nos différentes stratégies face à des situations de fortes variations des taux en termes d'impact sur le ratio de solvabilité. Les résultats obtenus seront un critère supplémentaire de sélection des meilleures stratégies.

Première partie
Cadre théorique

Chapitre 1

Le métier d'assureur-vie

1.1 Définition

L'activité d'assurance peut être définie comme étant la prise en charge d'un risque contre rémunération, l'on parle d'assurance-vie lorsque le risque associé est lié à la vie que ce soit un risque de décès, d'invalidité...

L'assurance-vie est donc un contrat établi entre un assureur et un souscripteur dans lequel, en échange du versement par le souscripteur de primes ou de cotisations, l'assureur s'engage à verser une rente ou un capital à un bénéficiaire désigné selon les modalités prévues par le contrat (généralement au décès ou après un certain nombre d'années en vie).

L'assurance-vie permet au souscripteur de se constituer une épargne. En effet, celui-ci effectue des versements qui seront investis selon le contrat sur différents fonds susceptibles de lui générer un rendement. Le souscripteur a également la possibilité de récupérer à tout moment une partie ou la totalité du capital investi ; on parle de **rachats partiels ou totaux**.

1.2 Les produits d'assurance-vie

1.2.1 Épargne

Un produit d'épargne est un contrat dans lequel l'assuré investit son argent en échange d'une capitalisation par l'assureur. Celui-ci se rémunère via des chargements appliqués aux différentes transactions ayant lieu tout au long de la vie du contrat (par exemple lors du versement de primes ou de revalorisation de l'encours).

Il existe deux types de supports d'épargne :

- **Les supports en euros** : Ce sont des contrats d'épargne dans lesquels, le capital de l'assureur lui est garanti. De plus, lors de la revalorisation annuelle de l'encours, cette revalorisation se fait au minimum à un taux minimum garanti (TMG) défini

contractuellement. Bien sûr, l'assureur peut, s'il le souhaite, revaloriser au-delà de ce taux minimum garanti selon les conditions du marché.

L'assureur se rémunère également pour ce type de support en prélevant une portion des bénéfices financiers selon ce que le résultat et les conditions contractuelles lui permettent.

- **Les supports en unités de compte (UC) :** Pour ces types de contrat, c'est l'assuré qui décide de la structuration de son épargne que ce soit en termes de rendement ou de disponibilités, il peut donc ainsi exposer son investissement (via l'assureur) aux marchés, mais il n'y a pas de garantie de capital dans ce type de contrat d'épargne.

L'assuré n'a pas l'obligation d'investir uniquement sur l'un des supports (on parle de contrats mono-support), il peut investir sur deux supports ou plus (on parle de contrats multisupport). L'encours net de chargements est restitué à l'assuré à l'échéance du contrat ou en cas de décès de celui-ci, l'assuré peut également décider de racheter tout ou partie de son contrat moyennant des frais de rachat.

1.2.2 Retraite

Les produits de retraite consistent en des contrats dans lesquels, en échange d'un capital versé en une ou plusieurs fois à la souscription, selon les termes convenus dans le contrat, l'assureur s'engage à verser une somme unique ou des versements réguliers au moment de son entrée en retraite. Ce produit est partitionné en deux phases :

- **Une phase de différé :** Phase pendant laquelle l'évolution du contrat est similaire à celui d'un contrat d'épargne, les seuls cas de sorties autorisées sont le décès de l'assuré, auquel cas, le capital accumulé est soit transformé en rente viagère versée à un bénéficiaire (généralement le conjoint) défini dans le contrat, ou en rente d'éducation versée aux bénéficiaires (généralement des enfants).
- **Une phase de service :** Elle se produit à la fin de la phase de différé et le capital accumulé est converti en rente versée à l'assuré selon une périodicité définie en contrat.
Une sortie en capital est néanmoins possible en cas de capital investi insuffisant.

1.2.3 Obsèques

Les produits obsèques sont des contrats dans lesquels, en échange d'un versement unique à la souscription ou de versements réguliers, l'assureur s'engage à verser un capital afin de fournir tout ou partie des frais d'obsèques. Contrairement à l'épargne, pour ce type de contrat le montant des versements est fixé dans le contrat, il y a aussi la possibilité

pour les contrats les plus récents de régler leurs cotisations de façon mixtes, c'est-à-dire un versement à la souscription et d'autres versements complémentaires à des dates fixées, mais dans les cas de règlements incluant des versements périodiques, une période de carence d'un an est fixée pour les décès non accidentel.

1.3 Bilan comptable et compte de résultat

1.3.1 Le bilan comptable d'un assureur vie

Le bilan comptable est un document représentant le patrimoine d'une entreprise. Il est constitué à gauche par ce que possède l'entreprise (les actifs) et à droite par ses dettes (les passifs).

La totalité du passif est toujours égale à la totalité de l'actif, on parle de bilan «équilibré».

L'actif

Du fait de la nature du produit d'assurance-vie, l'actif de l'assureur est principalement constitué de placements et de titres, essentiels pour générer des revenus permettant de couvrir ses engagements futurs, les principaux éléments de l'actif de l'assureur sont :

- **Les actifs obligataires R343-9 du code de l'assurance** : Ce sont principalement les obligations d'État à taux fixe, variable ou indexé sur l'inflation et des obligations d'entreprises à taux fixe ou variable, ces actifs assurent à l'assureur grâce à leur stabilité et fiabilité (principalement des obligations d'État) ainsi une source stable de liquidité et un rendement prévisible, il peut ainsi les ajuster afin que leurs dates et montant d'échéances matchent avec ceux où il doit honorer ses engagements.
- **Les actifs de diversification R343-10 du code de l'assurance** : Ce sont principalement les actions, l'immobilier, les Organismes de Placements Collectifs en Valeurs Mobilières (OPCVM). Ces actifs sont caractérisés par une forte volatilité, donc un rendement potentiellement plus élevé. De plus, l'assureur s'en sert pour réduire le risque global du portefeuille en répartissant les risques sur différents types d'actifs et de secteurs.
- **Les produits dérivés** : Ce sont, principalement, les swaptions, les swaps de taux, les caps, les spreads, les floors et les options. Ils sont principalement utilisés par l'assureur pour se couvrir contre différents risques.

Le passif

Du fait de la nature de l'activité d'assureur, le passif est principalement constitué de provisions, c'est-à-dire de fonds mis de côté afin d'honorer ses engagements futurs, les éléments du passif de l'assureur vie sont :

- **La Provision Mathématique (PM) :** La provision mathématique est la différence entre la valeur actuelle probable de l'engagement de l'assureur et celui de l'assuré. Elle peut donc être interprétée comme les fonds que l'assureur doit mettre de côté afin d'honorer ses engagements à condition que l'assuré honore les siens.
- **Les Provisions pour Participation aux Excédents (PPE) :** Le Code des assurances impose à l'assureur de reverser au minimum 85% de ses bénéfices financiers et 90% de ses bénéfices techniques aux assurés pris dans l'ensemble, ce montant à verser est appelé Participation Aux Bénéfices (PAB). Mais l'assureur dispose de 8 ans pour redistribuer cette participation aux bénéfices, en la transférant à une provision constituée : la Provision pour Participation aux Excédents (PPE).
- **La Provision pour Dépréciation Durable (PDD) :** La provision pour dépréciation durable est mise en place par l'assureur lorsqu'un actif R.343.10 a connu pendant au moins six mois une baisse de valeur de 20% sur les marchés peu volatils et 30% de sa valeur sur les marchés volatils, elle est donc constituée actifs par actifs.
- **La Provision pour Risque d'Exigibilité (PRE) :** C'est une provision constituée par l'assureur lorsque les actifs R.343.10 sont en moins-value latente globale nette de provision pour dépréciation durable.
- **La Réserve de Capitalisation (RC) :** C'est une réserve imposée par le Code des assurances à l'article 343-3, elle est constituée de deux sous-réserves :

- **La Réserve de Capitalisation brute :** Elle est alimentée par L'inverse des plus ou moins-values réalisées sur les actifs R.343-9 :

$$RCB(t) = RCB(t - 1) + \max(PMVR(t); -(RCB(t - 1) + \frac{RCNT(t - 1)}{1 - TIS(t)}))$$

- **La Réserve de Capitalisation non-technique :** Elle est alimentée de l'impôt sur les plus ou moins-values réalisées sur les actifs R.343-9 dans la limite de la réserve de capitalisation :

$$RCNT(t) = RCNT(t - 1) - TIS(t) \times \max\left(PMVR(t), -\frac{RCB(t - 1) + RCNT(t - 1)}{1 - TIS(t)}\right)$$

Où :

- RCB : la réserve de capitalisation brute ;
- RCNT : la réserve de capitalisation non-technique ;

- PMVR(t) : la plus ou moins-value réalisée en t ;
- TIS : le taux d'impôt sur les sociétés en t.

L'un des objectifs de sa mise en place est de limiter les ventes par l'assureur dans des situations défavorables, garantissant ainsi aux assurés des contrats stables et rentables jusqu'à leurs termes.

D'autres provisions existent également, par exemple les Provisions Globales de Gestion (PGG), mais elles ne seront pas présentées dans ce mémoire.

Les fonds propres

Les fonds propres constituent les ressources financières dont dispose une entreprise, on en distingue deux catégories :

- **Les fonds propres durs** : encore appelés capitaux propres, ils sont soit apportés par les actionnaires, soit formés à partir de bénéfices réinvestis.
- **Les fonds propres auxiliaires** : ce sont des ressources qui se rapprochent des fonds propres en termes de définition comptable sans en être, par exemple les titres subordonnés qui sont des titres de créances émis par l'assureur, mais qui en cas de faillite ne sont remboursés qu'en dernier, c'est-à-dire après les autres créanciers. Ils peuvent, sous certaines conditions, être comptabilisé comme fonds propres.

1.3.2 Le compte de résultat d'un assureur-vie

Le compte de résultat est un rapport comptable permettant de mesurer la rentabilité d'une entreprise, il répertorie les charges et les produits de l'entreprise, c'est-à-dire les opérations diminuant ou augmentant le capital économique de l'entreprise. Au sein de PREDICA, il est découpé en trois principales marges :

- **Une marge technique** représentative de la suffisance des primes par rapport aux prestations et aux variations des provisions techniques (retraitées des intérêts techniques et de la participation aux bénéfices.)
- **Une marge administrative** : mesurant la suffisance des chargements nets (sur prime, prestations, encours...) par rapport aux coûts de fonctionnements (Commissions d'acquisition et de gestion...).
- **Une marge financière** : elle mesure la suffisance des produits financiers par rapport aux charges financières et aux variations des provisions financières (Réserve de capitalisation, Provision pour risque d'exigibilité, provision pour participation aux excédents).

1.4 Contexte, notion et mesure de liquidités

1.4.1 Notion de liquidités et d'impasse de liquidités

Liquidités de financement et liquidités de marchés

La liquidité de financement d'un assureur peut se définir comme sa capacité à honorer ses engagements à court terme et la liquidité de marché comme la possibilité de vendre et d'acheter sur le marché des actifs sans que cela influe sur leurs valeurs ou leurs disponibilités, un actif est donc liquide s'il peut être vendu et acheter sur le marché en grandes quantités sans que son prix sur le marché ne fluctue énormément. Ces deux définitions sont donc liées en ce que la liquidité de financement d'un assureur est liée à la quantité d'actifs liquides qu'il possède, c'est-à-dire d'actifs qu'il peut facilement vendre.

Impasses de liquidités

Une impasse de liquidités est une situation dans laquelle l'assureur ne possède pas suffisamment de liquidités pour honorer ses engagements.

1.4.2 Mesure de la liquidité

Mesure de la liquidité de financement

Suite à la crise financière, le comité de Bâle en 2008 a mis en place une nouvelle réglementation, passant d'une réglementation centrée sur les exigences en fonds propres pour faire face aux autres risques, mais négligeant le risque de liquidité dont la surveillance ne consistait qu'en des reportings, à une réglementation tenant compte du risque de liquidité dans l'évaluation par les superviseurs et mettant en place deux exigences réglementaires : le **ratio de liquidité à court terme** (noté **LCR** pour Liquidity Coverage Ratio) et **ratio structurel de liquidité à long terme** (noté **NSFR** pour Net Stable Funding Ratio).

Mesure de la liquidité de marché

En termes de liquidité, 4 caractéristiques de la liquidité de marché sont identifiées :

- **Sa profondeur** : définie comme la possibilité d'effectuer des transactions importantes sur le marché sans que cela impacte les prix.
- **Son immédiateté** : définie comme la vitesse à laquelle un ordre y est exécuté.
- **Son étroitesse** : définie comme l'écart entre le cours d'achat et le cours de vente sur le marché.

- **Sa résilience :** définie comme la vitesse à laquelle après une forte perturbation sur le marché, les prix reviennent à la normale.

La réglementation de Bâle concernait principalement les banques. En 2016 a été mise en place, la directive Solvabilité II plus spécifique au secteur des assurances, qui s'est inspirée de cette philosophie de gestion des risques.

Chapitre 2

Cadre réglementaire : Solvabilité II

2.1 Introduction

Parmi les raisons qui peuvent expliquer la mise en place du cadre réglementaire Solvabilité II, nous pouvons citer la volonté d'une harmonisation au niveau européen du bilan des compagnies d'assurance et une prise en compte plus réaliste des risques.

En effet, la norme précédente, **Solvabilité I**, permettait de calculer l'exigence minimale de fonds propres pour une compagnie d'assurance sans prendre en compte tous les risques de la compagnie, l'amélioration dans Solvabilité II consiste en l'introduction de deux nouvelles mesures de solvabilité prenant en compte les risques de manière plus réaliste, à savoir le **SCR** qui est la quantité de fonds propres nécessaire à une compagnie d'assurance pour qu'elle ne fasse faillite qu'une fois tous les 200 ans et le **MCR** qui est la quantité de fonds propres en deçà de laquelle la continuité de l'activité d'assureur par la compagnie est dangereuse.

Solvabilité II est constituée de trois piliers, numérotés de I à III, qui traitent pour le pilier I de l'établissement du bilan prudentiel et du calcul des ratios de solvabilité, pour le pilier II des règles de gouvernance et de gestion des risques ainsi que sa propre évaluation de sa solvabilité et pour le pilier III du reporting prudentiel auprès de l'**Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution** abrégé **ACPR**.

2.2 Focus sur le pilier I et sa modélisation

2.2.1 Bilan prudentiel

Taux sans risque

Comme mentionné dans les actes délégués (Articles 43 à 54), sous Solvabilité II, l'actualisation doit se faire en utilisant la courbe des taux sans risque (courbe zéro-coupon) fournie par l'EIOPA trimestriellement.

Duration d'une obligation

La duration d'une obligation est la somme des durées des différents flux de l'obligation, pondérés par la valeur actualisée de ses flux financiers sur son prix actuel. Elle peut être interprétée comme le temps moyen de remboursement de la somme nécessaire pour acheter l'obligation si elle est achetée à la date actuelle. Elle symbolise également sa sensibilité par rapport à une variation du taux d'intérêt. Elle est définie par la formule :

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

avec :

D : la duration de l'obligation

F_t : Symbolise le flux de l'obligation perçu à la date t

r : le taux d'actualisation de l'obligation

n : la date de remboursement de l'obligation

Best Estimate

La directive Solvabilité II définit le Best Estimate comme : « La meilleure estimation est égale à la moyenne pondérée par leurs probabilités des flux de trésorerie futurs, compte tenu de la valeur temporelle de l'argent (valeur actuelle probable des flux de trésorerie futurs), déterminée à partir de la courbe des taux sans risque pertinente. Le calcul de la meilleure estimation est fondé sur des informations actuelles crédibles et des hypothèses réalistes et il fait appel à des méthodes actuarielles et des techniques statistiques adéquates », le Best Estimate est donc égal à l'espérance des flux de trésorerie futurs actualisés au taux sans risque.

La Value In Force

La Value In Force ou VIF se définit comme étant l'espérance de la valeur actuelle probable des profits futurs

La marge de risque

La marge de risque est égale au montant à ajouter au Best Estimate que demanderait un assureur ou réassureur pour récupérer les engagements d'une autre compagnie d'assurance, elle permet de s'assurer que les provisions techniques soient suffisantes. Elle se calcule via la formule :

$$RM = Coc * SCR_{RU} * \sum_{t \geq 0} \frac{BE(t)}{BE(0)} \times (1 + r(t))^{-t}$$

avec :

- Coc : le cout du capital =6%
- SCR_{RU} : Le SCR du sous-module de souscription en début de projection.
- $BE(t)$ le Best Estimate à l'instant t
- $r(t)$: le taux sans-risque à l'instant t
- $t \in N$

Cette formule utilisée par Predica est l'une des simplifications possibles lors du calcul de la marge de risque.

Les impôts différés

Les impôts différés constituent une imposition sur les résultats futurs de l'entreprise liés à la valorisation de la valeur de marché. La directive Solvabilité II prévoit son établissement au bilan, à l'actif et au passif, on parle d'impôts différés d'actifs et d'impôts différés de passif. Il est constitué du produit du taux d'imposition par la différence entre la valeur de marché et la valeur fiscale des actifs. Ainsi :

- Si la valeur de marché est supérieure à la valeur fiscale : Un différé est payé, on a donc un différé de passif.
- Si la valeur de marché est inférieure à la valeur fiscale : On a un différé d'actif, déductible sur les profits futurs.

Bilan prudentiel

Le bilan prudentiel sous Solvabilité II est constitué à l'actif :

- Des placements et immobilisations corporelles qui sont comptabilisés à leurs valeurs de marché.
- Des actifs incorporels qui sont, pour ceux non cessibles, comptabilisés avec une valeur nulle.
- Des autres actifs

Il est constitué au passif :

- Des fonds propres.
- Du Best Estimate et de la marge de risque constituant les provisions techniques.
- Des autres résultats.

Passif	Actif
	Fonds propres SII
Actifs (en valeur de marché)	Best estimate +
	Marge de risque
Autres actifs	Autres passifs

FIGURE 2.1 – Bilan prudentiel sous Solvabilité II

La Net Asset Value (NAV)

La **valeur de l'actif net**, en anglais **Net Asset Value** abrégée **NAV** est calculée à une date t comme la différence entre la valeur de marché de l'actif et le Best Estimate évalué à cette date t .

Les Frontières

Les frontières d'un contrat délimitent les limites de comptabilisation des flux pour ce contrat lors du calcul des provisions techniques, sous Solvabilité II, on cesse la comptabilisation à l'instant où l'assuré a la possibilité de rompre son contrat ou de modifier sa contribution.

Segmentation

Lors du calcul des provisions techniques, les contrats sous Solvabilité II doivent être regroupés en portefeuille de risques homogènes, selon leurs lignes d'activités.

2.2.2 Le Capital de Solvabilité Requis (SCR)

le SCR est la quantité de fonds propres nécessaire à une compagnie d'assurance pour qu'elle ne fasse faillite qu'une fois tous les 200 ans, quantitativement, c'est la Value-At-

risk à 99.5% à l'horizon 1 an :

Soit X une variable aléatoire de fonction de probabilité associée Pr et $\alpha \in [0, 1]$:

$$VaR(X, \alpha) = \inf \{x | Pr [X \leq x] \geq \alpha\}$$

La directive Solvabilité II définit deux méthodes de calcul du SCR, **la formule standard** proposée par la directive et **le modèle interne** développé par la compagnie d'assurance.

La formule standard

La formule standard est proposée par la directive Solvabilité II, elle présuppose l'existence d'un bilan initial et identifie les différents risques qu'elle classe en sous-modules et agrège en modules, représentée par le schéma suivant :

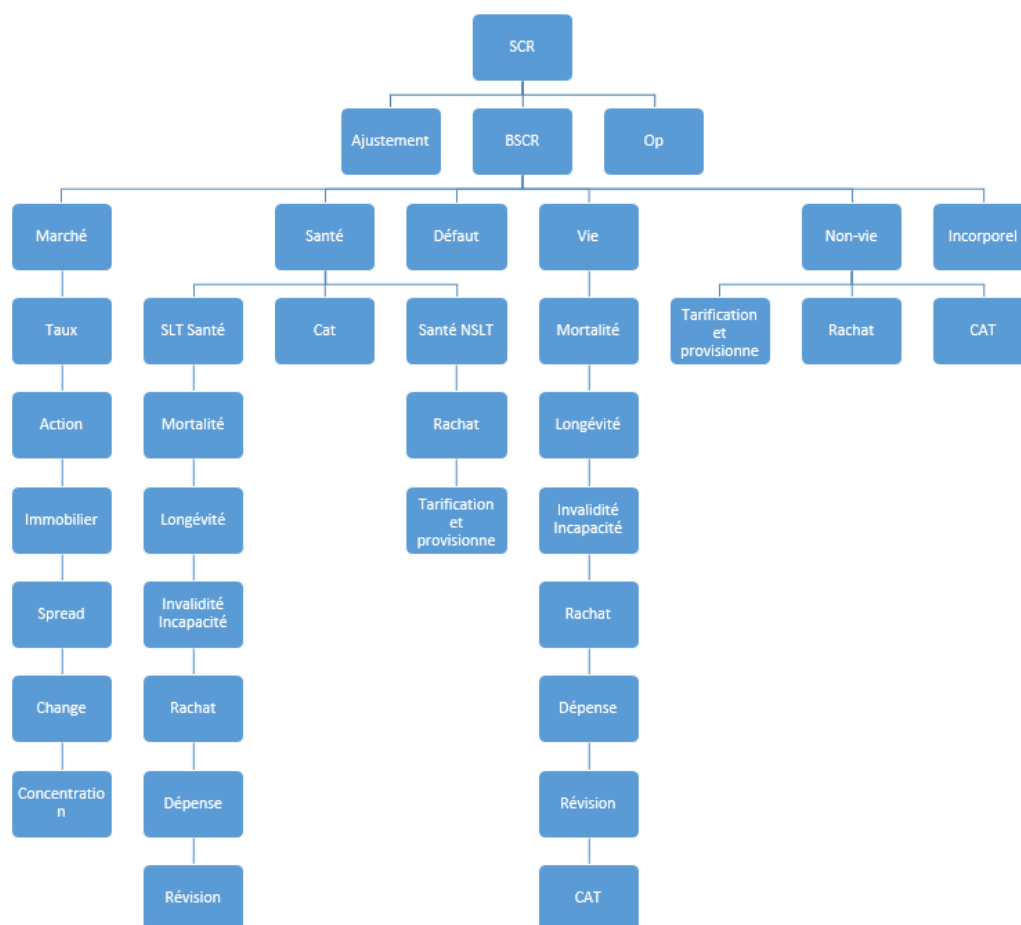


FIGURE 2.2 – Schéma Pieuvre, représentatif des différents modules et sous-modules du SCR

Le SCR est donc calculé par la somme du **Basic Solvency Capital Requirement (BSCR)** et du **SCR Opérationnel**, le tout diminué d'un **ajustement** représentatif de la capacité d'absorption de la perte par les provisions techniques et les impôts différés.

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

Le principe est d'appliquer un choc représentatif du risque du sous-module considéré au bilan lors de la projection et d'ainsi estimer le SCR du sous-module qui est calculé, ensuite, les risques des différents sous-modules sont agrégés à l'aide d'une matrice de corrélation pour déterminer le SCR du module. L'agrégation se fait selon la formule :

$$BSCR = \sqrt{SCR^T \cdot Cor_{SCR} \cdot SCR}$$

où :

- SCR est un vecteur contenant les SCR des sous-modules
- Cor_{SCR} est la matrice de corrélation entre les vecteurs de SCR

Le risque de marché

Le risque de marché tient compte de plusieurs risques et son SCR est donc constitué de l'agrégation de plusieurs sous-modules qui sont :

- **Le risque de taux** : il s'agit de refléter le risque résultant d'une variation des taux d'intérêts. En pratique deux chocs sont appliqués, l'un à la hausse de 1% minimum et un à la baisse qui n'est pas appliqué en cas de taux négatifs, son SCR correspond à la différence de Net Asset Value entre le scénario centrale et le choqué, pour le risque de taux d'intérêts, le SCR est la plus élevée des deux différences.
- **Le risque action** : il s'agit de refléter le risque résultant d'une variation des prix du marché action. il est constitué de deux sous-modules : le module «Action type 1» comprenant les actions cotées dans les pays membres de l'espace économique Européen (EEE) et l'organisation pour la Coopération et le Développement économique (OCDE), dont le SCR est calculé comme la variation de valeur de marché des actions concernées suite à l'application d'un choc de 39%.
Le sous-module «Action type 2» comprenant les autres types d'actions, dont le SCR est calculé comme la variation de valeur de marché des actions concernées suite à l'application d'un choc de 49%.
les SCR des deux sous-modules sont ensuite agrégés suivant un coefficient de corrélation de 75%.
- **Le risque immobilier** : il s'agit de refléter le risque résultant d'une variation de la valeur de marché des actifs immobiliers à la hausse et à la baisse de +/-25%. En pratique son SCR correspond à la différence de Net Asset Value entre le scénario centrale et le choqué, pour le risque immobilier, le SCR est la plus élevée des deux

différences.

- **Le risque de change** : il s'agit de refléter le risque résultant d'une variation des taux de change par rapport aux devises étrangères. En pratique pour le calculer : un choc de +/-25% à la hausse et à la baisse pour chaque devise (celle non arrimée à l'euro) est appliqué en général et le SCR du risque de change par devise est la différence de NAV la plus élevée, le SCR du risque de change est la somme des SCR du risque de change par devise.
- **Le risque de spread** : il s'agit de refléter le risque résultant d'une variation du niveau des marges («spread») de crédits par rapport au taux sans risque. Il est constitué de III sous-modules : le risque de spread sur les obligations et les prêts, le risque de spread sur positions de titrisation et enfin le risque de spread sur les dérivés de crédits. En pratique, pour calculer son SCR, une diminution de la valeur de marché de l'actif est provoquée via l'application d'une fonction stress, pour les obligations le type de fonction stress utilisé dépend des caractéristiques de l'obligation (type, rating, maturité, duration, etc). Le SCR est le maximum des différences de NAV avant et après application des chocs.
- **Le risque de concentration** : il s'agit de refléter le risque résultant d'une augmentation de la volatilité du portefeuille du fait de sa concentration sur un même émetteur, ce risque est également lié au risque de défaut. En pratique, son SCR est calculé comme la racine de la somme des carrés des chargements au titre de la concentration des risques par émetteur.

Le risque de souscription vie

Le risque de souscription vie tient compte de plusieurs risques et son SCR est donc constitué de l'agrégation de plusieurs sous-modules qui sont :

- **Le risque de longévité/mortalité** : le risque de longévité/mortalité est le risque qu'une fluctuation du niveau et de la volatilité des taux de mortalité, entraîne une augmentation du montant nécessaire pour couvrir les engagements de l'assureur. En pratique, pour le risque de longévité, un choc est appliqué à la baisse des taux de mortalité de 20% et pour celui de mortalité un choc à la hausse de 15%.
- **Le risque d'invalidité/incapacité** il s'agit du risque d'une variation des taux de passage d'invalidité à incapacité et de sortie. En pratique, un choc de 35% sur le taux de passage la première année est réalisé et ensuite un autre de 25% pour les autres années et une baisse du taux de sortie de 20%, le SCR est la différence de NAV avant et après application du choc.

- **Le risque de rachat** : il s'agit du risque de perte résultant de variations du niveau ou de la volatilité des taux de cessation, d'échéance, de renouvellement et de rachat des polices. En pratique, un choc à la hausse de 50% est appliqué, un à la baisse de -50% et un choc d'une hausse de 40% la première année, le SCR est le maximum des différences de NAV avant et après application des chocs.
- **Le risque de frais** : il s'agit du risque de variation des frais futurs et de leurs taux d'inflation associés. En pratique, pour calculer le SCR, l'on prend la différence de Net Asset Value avant et après application d'un choc d'augmentation de +10% des dépenses futures et de +1% de l'inflation.
- **Le risque de révision** : il s'agit du risque d'une révision imprévue du montant des rentes. En pratique, le SCR est la différence de NAV avant et après application d'un choc d'augmentation de +3% des annuités pour les rentes concernées.
- **Le risque de catastrophe** : il s'agit du risque de survenance d'un événement rare et imprévu (tremblement de terre, cyclone...), entraînant une hausse du taux de mortalité. En pratique, son SCR correspond à la différence de NAV avant et après application d'un choc d'augmentation du taux de mortalité de 0,15%.

Le risque de défaut ou risque de contrepartie

Le risque de défaut correspond au risque qu'une contrepartie fasse défaut, c'est-à-dire ne soit plus en état d'honorer ses engagements. En pratique, deux types de défaut sont distingués selon la contrepartie, le risque de défaut du type 2 principalement constitué des contreparties non notées et les risques de type 1 correspondant à la réassurance, aux titrisations au cash en banque, etc.

Le risque de défaut de type 2 se calcule à l'aide de la formule :

$$SCR_{Defaut,1} = 15\%E + 90\%E_{past}$$

Avec :

E : Les créances de moins de 3 mois.

E_{past} : Celles de plus de 3 mois.

Le risque de défaut de type 1 se calcule à l'aide de la formule :

$$-si \sqrt{V} \leq 5\% \sum_i LGD_i :$$

$$SCR_{Defaut,2} = 3\sqrt{V}$$

-sinon :

$$SCR_{Defaut,2} = \min\left(\sum_i LGD_i; 5\sqrt{V}\right)$$

Ici V désigne la variance des distributions de pertes de type 1.
On applique les chocs qu'aux contrats qu'ils impactent négativement.

Chapitre 3

Principes et outils de modélisation

3.1 Modélisation

3.1.1 Générateur de scénario économique (GSE)

C'est un outil qui, lorsqu'il est calibré avec les données de marché, permet de projeter dans le temps de manière aléatoire plusieurs scénarios économiques, un scénario économique étant le regroupement de plusieurs grandeurs économiques (taux, actions, immobilier ...), ces grandeurs sont simulées selon différents modèles. Dans le cadre de ce mémoire, nous avons utilisé l'outil Moodys utilisé en interne chez PREDICA. L'ensemble des tables stochastiques utilisées a été contrôlé et validé.

la section suivante présente les principales grandeurs modélisées dans le cadre du GSE :

Modèles utilisés par le GSE

Obligation zéro-coupon

Une obligation zéro-coupon est une obligation ne versant pas de coupon à l'acquéreur, celui-ci l'achète à un montant inférieur à son nominal et est payé à son arrivée à échéance. La valeur de marché $P(t, T)$ à la date t d'une obligation zéro-coupon délivrant 1 euro à la date T est égale à :

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

avec :

— $T > t$

— $R(t, T)$: le taux zéro-coupon nominal en t d'échéance T

Le taux zéro-coupon se déduit des prix de marché zéro-coupons selon la formule :

$$R(t, T) = \left[\frac{1}{P(t, T)} \right]^{\frac{1}{T-t}} - 1$$

Le modèle de Cox-Ingersoll-Ross (CIR)

Soit V une volatilité stochastique, modélisée à partir du modèle de Cox-Ingersoll-Ross (CIR), alors :

$$\begin{cases} dV(t) = \kappa(\theta - V(t))dt + \epsilon\sqrt{V(t)}dW(t) \\ V(0) = 1 \end{cases}$$

Avec la condition de Feller : $2\kappa\theta \geq \sigma^2$, garantissant que la volatilité V soit strictement positive, $\kappa \geq 0, \theta \geq 0, \epsilon \geq 0$ et $W \geq 0$

Où :

κ la vitesse de retour vers la moyenne

θ la moyenne à long terme de la variance

ϵ la volatilité de la variance

W un mouvement brownien

Modèle de taux LMM+

Les taux nominaux Euro et USD sont modélisés par le modèle LMM^+ qui est une amélioration du LMM (Libor Market Model) en ce que :

- Il ajoute une volatilité stochastique, plus représentative des fluctuations de la volatilité implicite.
- Il introduit un coefficient δ qui permet, via la modélisation des taux négatifs, de résoudre le problème de génération de taux explosifs.

Soit $F_i(t)$ le taux forward en t entre les dates $[T_i, T_{i+1}]$, la dynamique du modèle LMM^+ est :

$$F_i(t) = \frac{1}{\Delta} \left(\frac{P(t, T_i)}{P(t, T_{i+1})} - 1 \right)$$

$$dF_i(t) = (F_i(t) + \delta) \left(V(t) \left(\sum_{j=m(t)}^i \frac{\Delta(F_j(t) + \delta) \sum_{q=1}^2 \xi_j^q(t) \xi_i^q(t)}{1 + \Delta F_j(t)} \right) dt + \sqrt{V(t)} \sum_{q=1}^{N_f} \xi_k^q(t) dZ^q(t) \right)$$

Avec :

$P(t, T)$ le prix en t d'une obligation zéro-coupon d'échéance T

δ le coefficient de déplacement (shift)

Z un mouvement brownien à N_f dimension

Δ le pas de temps

V la volatilité stochastique suivant le modèle CIR
 $m(t)$ l'indice du prochain taux forward qui n'est pas fixé en t

Modèle action

L'action Euro est modélisée à partir d'un modèle SJVD (stochastic Volatility Jump Diffusion) qui est formé de la combinaison entre un modèle de Heston et un modèle de Merton à sauts :

$$S(t) = S^H(t) \times S^J(t)$$

Le modèle de Heston $S^H(t)$ est défini par :

$$\frac{dS_t^H}{S_t^H} = (\mu_t dt + \sqrt{V_t} dW_t^1)$$

$$dV_t = \alpha(\theta - V_t)dt + \xi\sqrt{V_t}dW_t^2$$

Où

- $S^J(t)$ valeur de l'action en t modélisée selon le modèle de Merton
- $\mu(t)$ le rendement moyen en t
- (W^1, W^2) est un mouvement brownien avec $\rho_t = \langle W^1, W^2 \rangle \forall t \geq 0$
- ρ est la corrélation entre les mouvements browniens W_t^1 et W_t^2
- α est la vitesse de retour à la moyenne
- θ la variance à l'infini
- V la volatilité stochastique de l'action
- ξ joue le rôle de volatilité de la volatilité

3.1.2 Univers monde réel et univers risque neutre

L'univers risque neutre correspond à un cadre théorique dans lequel les prix des actifs financiers sont cohérents à ceux observés sur le marché et leur rendement moyen est égal au taux sans risque, c'est-à-dire que les investisseurs sont indifférents au risque. Il est mis en place via l'existence d'une unique probabilité risque neutre lorsqu'on a absence d'opportunité d'arbitrage et complétude des marchés et permet de valoriser des actifs financiers notamment les produits dérivés de manière plus simple qu'en univers monde réel sans se soucier des préférences des investisseurs en termes de risques.

En univers monde réel, les investisseurs se soucient du risque et toute prise de risque doit être accompagnée d'une rémunération supplémentaire pour la prise de risque.

3.1.3 Model Point

Sous Prophet, les données utilisées pour la modélisation sont des données agrégées et la plus petite unité d'agrégation de données est le Model Point. Les Models Points d'actifs sont constitués en agrégeant des actifs présentant des caractéristiques communes (catégorie, émetteur...) et ceux des passifs, par un regroupement de polices d'assurances présentant des caractéristiques communes (garantie, âge, sexe...).

Afin de distinguer les Models Points d'actifs et de passifs dans la suite de ce chapitre, lorsque nous parlerons de Model Point, il s'agira de Model Point d'actifs et les Models Points de Passif seront appelés Segments.

Au sein du modèle, une même modélisation est appliquée à des segments appartenant à la même catégorie d'actifs (obligations à taux fixe, obligations à taux variable, OPCVM action, etc.) et également pour deux Models Points de passif appartenant au même produit (épargne, produits de rente, obsèques).

Les éléments associés à l'actif sont ensuite agrégés en fonction des différents fonds et cantons qui sont le fonds Euro constitué des cantons CA, LCL (qui forment le fonds général) du PERP et des fonds propres et le fonds UC constitué des cantons UC action, UC immobilier, UC Obligation, nous interviendrons principalement sur le fonds Euro, dans le cadre de notre mémoire.

3.2 Modélisation des actifs

Les actifs sont projetés de manière stochastique à l'aide des trajectoires issues du générateur de scénarios économiques et modélisés selon leurs catégories.

3.2.1 Les actifs obligataires R.343-9

Ce sont principalement :

- Les obligations d'État à taux fixe
- Les obligations d'État à taux variable
- Les obligations d'État indexées sur l'inflation
- Les obligations d'entreprises à taux fixe
- Les obligations d'entreprises à taux variable
- Les obligations à départ différé

Pour les obligations d'État, la valeur de marché est établi comme étant la somme actualisée des flux futurs, l'actualisation se faisant à partir des taux zéro-coupons générés par le GSE auquel on ajoute un spread.

$$MV(t) = \sum_{k>t}^M F(k) \times \left[\frac{1}{(1 + R(t, k - t) + s_t)} \right]^{\frac{k-t}{12}} + N \times \left[\frac{1}{(1 + R(t, M - t) + s_t)} \right]^{\frac{M-t}{12}}$$

où :

$$F(k) = \tau_{\text{fixé}} \times N \times \frac{t}{12}$$

avec :

- MV : la valeur de marché de l'obligation
- M : la date de maturité
- N : le nominal de l'obligation
- $\tau_{\text{fixé}}$: le taux fixé
- k : les dates de tombée des coupons en mois
- f : la fréquence de tombée du coupon qui correspond au nombre de tombées de coupon dans l'année
- $R(t, T)$: le taux zéro-coupon obtenu en date t, d'échéance $T > t$, avec $t, T \in \mathbb{N}$
- s_t : le spread implicite de l'obligation

La valeur comptable est modélisée comme étant la somme entre la valeur comptable pied de coup et le coupon couru :

$$VNC = FAV + CC$$

où :

- VNC : La valeur comptable plein de coupon
- FAV : La valeur comptable pied de coupon
- CC : le coupon couru de l'obligation.

La valeur comptable pied de coupon est égale à l'amortissement linéaire entre la valeur d'acquisition et la valeur de remboursement :

- Si $t=0$: la valeur comptable est fournie en entrée
- Si $t > 0$:

$$FAV(t) = FAV_{\text{init}}(t_{\text{achat}}) + (V_{\text{remb}} - FAV_{\text{init}}(t_{\text{achat}})) \times \frac{t - t_{\text{achat}}}{D_t - t_{\text{achat}}}$$

avec :

- $FAV(t)$: la comptable pied de coupon de l'obligation à l'instant t ;
- $FAV_{\text{init}}(t_{\text{achat}})$: la valeur comptable pied de coupon d'achat ;

- V_{remb} : la valeur de remboursement ;
- D_t : la durée restante jusqu'à l'échéance.

Tandis que le coupon couru est la fraction de coupon proportionnel au temps passé depuis la date de versement par rapport au temps séparant deux échéances :

$$CC = \tau_{fixé} \times \frac{f}{12} \times \frac{t - \text{Dernier mois de paiement}}{\text{Prochain mois de paiement} - \text{Dernier mois de paiement}}$$

avec :

CC : le coupon couru de l'obligation ;

N : le nominal de l'obligation ;

$\tau_{fixé}$: le taux fixé ;

f : la fréquence de tombée du coupon qui correspond au nombre de tombées de coupon dans l'année ;

Dernier mois de paiement : le mois auquel a été effectué le dernier versement de coupon ;

Prochain mois de paiement : le mois au cours duquel aura lieu le prochain versement de coupon.

Les obligations font l'objet d'une risque neutralisation, c'est-à-dire un processus permettant de passer à l'univers risque neutre via un ajustements des différents flux (coupons et nominal) permettant de supprimer le spread implicite.

Par exemple pour une obligation d'état à taux fixe de formule théorique :

$$MV_{théorique} = \sum_{k=1}^M c_k \times \left[\frac{1}{(1+r_k)} \right]^k + N \times \left[\frac{1}{(1+r_M)} \right]^M$$

L'objectif étant d'obtenir l'égalité :

$$MV_{théorique} = MV_{marché}$$

Les coupons et le nominal sont ajustés de la manière suivante :

$$c_i^{ajusté} = c_i \times \frac{MV_{marché}}{MV_{théorique}}$$

$$N^{ajusté} = N \times \frac{MV_{marché}}{MV_{théorique}}$$

On obtient ainsi une nouvelle formule de valeur théorique en univers risque neutre correspondant à celle observée sur le marché :

$$MV_{\text{théorique}}^{\text{ajusté}} = \sum_{k=1}^M c_k^{\text{ajusté}} \times \left[\frac{1}{(1+r_k)} \right]^k + N^{\text{ajusté}} \times \left[\frac{1}{(1+r_M)} \right]^M$$

avec :

- c_i le coupon perçu à la date i
- N le nominal de l'obligation
- r_k le taux sans risque
- M la date de maturité de l'obligation.

Les obligations d'État à taux variable et celles indexées sur l'inflation ont leurs valeurs comptables et de marché modélisées de façon similaire, hormis que pour les premières, le taux d'intérêt évolue en fonction d'un taux dépendant des conditions du marché, et pour les secondes, le taux d'intérêt et le nominal évolue selon un prix de référence.

Les obligations d'entreprises à taux fixe et variable sont respectivement modélisées de la même façon que les obligations d'État à taux fixe et variable hormis :

- L'ajustement du terme d'actualisation avec une marge de crédit ou spread, représentatif du risque lié à cette obligation d'entreprise
- L'ajout d'une probabilité de transition représentant une amélioration ou une dégradation de la note de l'émetteur et entraînant ainsi respectivement une dégradation ou une amélioration de son spread
- Une probabilité de défaut, représentative de la probabilité de défaut de l'émetteur et la portion recouvrable le cas échéant.

Les obligations à départ différé sont modélisées de façons identiques, leur utilité étant qu'elles permettent à l'entreprise de s'assurer des tombées régulières de coupons aux dates fixées.

La règle de gestion normale des obligations est de les détenir jusqu'au terme et les investissements répliquent la stratégie qui prévaut chez Predica (part d'investissement obligataire (souverain/corporate et maturité).)

3.2.2 Les actifs diversifiés R.343-10

Ces actifs sont présents de façon minoritaire dans le portefeuille et, bien qu'ils soient plus risqués du fait de leurs dépendances aux fluctuations du marché, ils fournissent des rendements plus élevés que les actifs obligataires et donc jouent un rôle crucial dans la performance financière du portefeuille. ils sont rangés en deux catégories :

- Les Organismes de Placement Collectif de Valeurs Mobilières (OPCVM) de taux.

— Les autres actifs diversifiés.

Les OPCVM de taux sont constitués, d'une part, d'OPCVM monétaire investi en SICAV monétaire et en trésorerie (de durée inférieure à un an) et d'OPCVM obligataire constitué d'obligations d'État, d'entreprises et de collectivités locales.

Leurs valeurs de marché sont calculées en appliquant un indice à sa valeur de marché au pas précédent, fonction des prix zéros-coupon fournis par le GSE. Leurs valeurs comptables sont égales à leurs valeurs d'achat.

Les autres actifs diversifiés sont les autres actifs R.343-10, à savoir les actions, immobilier détenus en propre, private equity etc , tout comme pour les OPCVM de taux, leurs valeurs de marché sont obtenues en multipliant la valeur de marché détenue au pas précédent par un rendement, leurs valeurs comptables restent constantes dans le modèle étant donné la non-modélisation de la provision pour dépréciation durable. Ces actifs peuvent générer des dividendes et des plus-values lors de leurs cessions dont les taux sont obtenus à partir du GSE.

3.2.3 Les produits dérivés

Les produits dérivés permettent à PREDICA de sécuriser son rendement et d'optimiser sa solvabilité. Ce sont principalement :

- Les swaps de taux
- Les swaptions
- Les caps, spreads et floors
- Les options

Ayant fait le choix de ne pas les utiliser dans le cadre de ce mémoire, nous ne nous attarderons pas dessus.

3.3 Modélisation des passifs

Les passifs sont projetés dans un modèle de projection déterministe, et ce sont les résultats obtenus que l'on fera interagir avec les actifs après un calage afin de prendre en compte les éléments non inclus dans le passif. Les calculs sont donc effectués au niveau de la maille Model Point de passifs, mais comme expliqué plus haut, la méthodologie appliquée varie en fonction du produit et pour effectuer ces calculs, différentes hypothèses doivent être prises, hypothèses que nous classifions en deux mailles, c'est-à-dire niveaux de regroupement, la première étant constituée d'un regroupement de Model Point présentant des caractéristiques communes et la seconde une maille Produit traduisant un niveau d'agrégation plus élevé, celui-ci étant très représentatif des produits. Dans les Models Points associés aux produits d'épargne, trois supports sont utilisés afin de représenter les différents placements (un support par exemple pour les Models Points Euro).

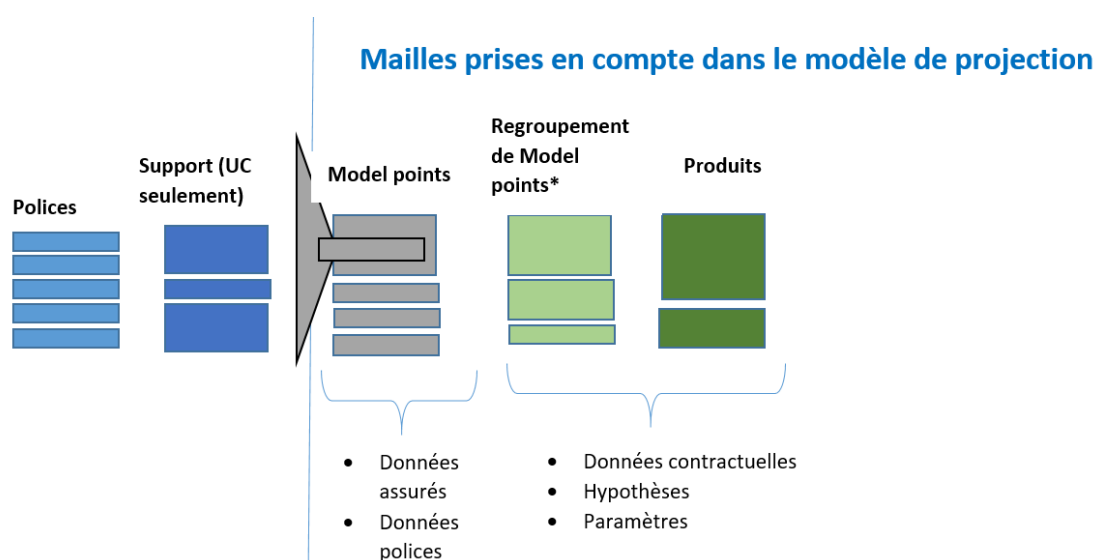


FIGURE 5.0 - Représentation des différents niveaux d'agrégation du passif

3.3.1 Cinématique

La modélisation du passif en scénario déterministe peut être décomposée en trois étapes :

Une première étape au cours de laquelle sont fixées les conditions de début de projection, à savoir pour chaque Model Point : la prime encaissée, ainsi que le montant des provisions mathématiques.

Une seconde étape au cours de laquelle s'effectue, selon les hypothèses et paramètres définies, le calcul du nombre de polices en début et en fin de période. L'hypothèse que les échéances en épargne et les sorties de capital pour la phase de différé des rentes se produisent en début d'année est faite, tandis que les décès et rachats se produisent en milieu d'année.

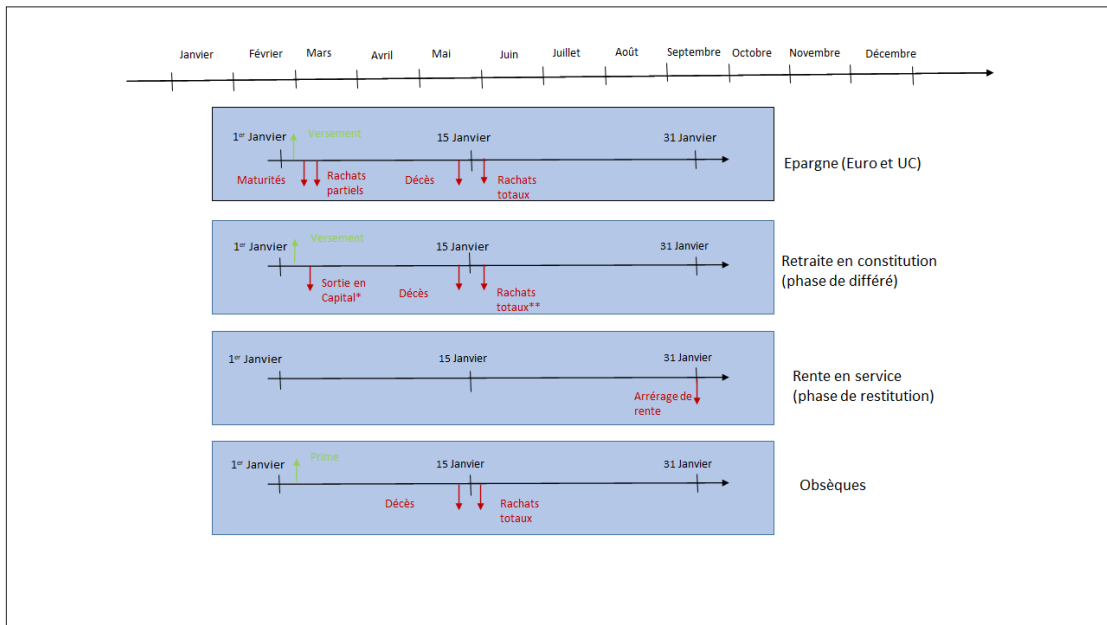


FIGURE 3.1 – Représentation des différents flux financiers par produits

Une troisième étape au cours de laquelle on projette réellement afin de calculer le montant des primes encaissées, dont le calcul utilise le nombre de polices de début de période et les provisions techniques dont le calcul dépend des primes encaissées, échéances atteintes, potentiels rachats etc

3.4 Modélisation des interactions entre actifs et passifs

En sortie du modèle, le passif modélisé en scénario déterministe est d'abord flexé, c'est-à-dire utilisé pour calculer les flux de passifs en scénario stochastique, le processus de flexing consistant à multiplier les flux de passifs déterministes par un ratio calculé par récurrence au sein du modèle de façon générale à tout instant t selon la formule :

$$\rho_{flex}(t+1) = \frac{PM_{ALM}(t)}{PM_{Passif}(t)}$$

avec :

- $PM_{ALM}(t)$ la provision mathématique fictive calculée dans le modèle stochastique ALM(c'est-à-dire la PM calculée à cette étape de la modélisation sans avoir tenu compte de la participation au bénéfice et du taux minimum garantie)
- $PM_{Passif}(t)$ la provision mathématique calculée au sein du modèle déterministe

Puis ils sont par la suite ajustés afin de tenir compte des éléments du passif modélisés dans Prophet ALS (rachat dynamique et affectation des PAB).

Enfin, les passifs et les actifs interagissent via le solde de trésorerie selon le schéma ci-dessous :

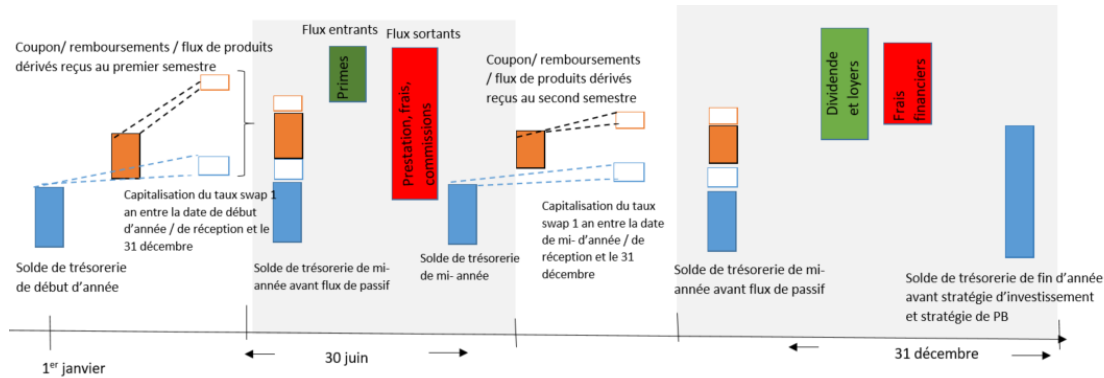


FIGURE 3.2 – Évolution du cash

Le solde de trésorerie de début de projection est projeté jusqu'en mi-année et ainsi augmenté d'une capitalisation sur six mois au taux swap un an et également des différents flux obligataires et ceux des produits dérivés.

Ensuite, les flux de passif tombent en mi-année et impactent le solde de trésorerie de mi-année.

Le nouveau solde de trésorerie de mi-année est ensuite augmenté de nouveau d'une capitalisation sur six mois et de flux obligataires et dérivés tombant en fin d'année, ainsi que des dividendes et loyer. Après cela, en cas de flux de trésorerie net de fin d'année positif, les liquidités disponibles sont investies selon une stratégie d'allocation d'actifs prédéfinie qui cadre les capacités de réinvestissement (en valeur de marché) et dans le cas contraire, les titres sont vendus au prorata de leurs poids dans le portefeuille en valeur de marché (il s'agit de la stratégie anciennement mise en place avant développement de celles présentées dans ce mémoire).

Ensuite la stratégie de participation au bénéfice est mise en place et les rachats dynamiques sont calculés, ceux-ci étant modélisés comme les situations au cours desquelles les taux servis par l'assureur s'éloignent de ceux attendus par l'assuré.

3.5 Modélisation des rachats

Un rachat est une clause de contrat permettant à un assuré de retenir tout ou partie (selon les conditions définies dans le contrat) de son encours.

Deux principaux types de rachats sont distingués :

Les **rachats structurels** sont les rachats se déroulant dans un contexte économique "normal" et peuvent être estimés à partir des caractéristiques des assurés, de la durée du contrat...

Les **rachats conjoncturels ou dynamiques** sont les rachats se produisant dans un contexte économique "différent", ou si le taux de revalorisation de leur capital est en deçà de leurs attentes

Les rachats structurels sont donc fournis en entrée par l'utilisateur.

Les rachats conjoncturels quant à eux sont modélisés selon la loi suivante :

$$RC(TS, TA) = \begin{cases} RC_{\max} & \text{si } TS - TA < \alpha \\ RC_{\max} \frac{TS - TA - \beta}{\alpha - \beta} & \text{si } \alpha < TS - TA < \beta \\ 0 & \text{si } \beta < TS - TA < \gamma \\ RC_{\min} \frac{TS - TA - \gamma}{\delta - \gamma} & \text{si } \gamma < TS - TA < \delta \\ RC_{\min} & \text{si } TS - TA > \delta \end{cases}$$

Avec :

- RC : Taux de rachat conjoncturel de l'année N ($N \geq 1$).
- TS : Taux servi aux assurés durant l'année $N-1$
- TA : Taux attendu par les assurés
- RC_{\max} Taux de rachat conjoncturel maximal
- RC_{\min} Taux de rachat conjoncturel minimal
- α : Seuil en deçà duquel les rachats conjoncturels sont constants valant RC_{\max} . Une différence plus faible entre le taux servi et le taux attendu ne justifie pas une augmentation des rachats.
- β et γ : Respectivement les seuils d'indifférences à la baisse et à la hausse du taux servi. Lorsque la différence entre le taux servi et le taux attendu se situe entre ces deux seuils, il n'y a pas de rachats conjoncturels.
- δ : Seuil en deçà duquel les rachats conjoncturels sont constants valant RC_{\min} . Une différence plus grande que δ entre le taux servi et le taux attendu ne justifie pas une diminution des rachats.

C'est-à-dire comme dépendant de certains taux en deçà desquels le taux de rachats est minimum, au delà desquels il est maximum et d'autres entre lesquels il a tendance à augmenter ou à baisser, cette formule a été proposée par l'ACPR.

3.6 Modélisation de la Value In Force sur le fonds Euro

Comme définie précédemment, la Value In Force est l'espérance de la valeur actualisée des profits futurs, l'espérance est calculée par Monte-Carlo, elle est calculée comme suit :

$$\begin{aligned} \text{VIF} &= \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^N \frac{1}{n} \text{Deflateur}_i^t \times ((\text{Profit}_i^t)) \\ &+ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \text{Deflateur}_j^N \times (\text{Eléments de fin de projection}(N)_j) \end{aligned}$$

où :

- Profit_i^t symbolise la somme des résultats futurs, c'est-à-dire des résultats administratifs, techniques et financiers sous des hypothèses Best Estimate, associée à la i -ième simulation stochastique.
- Deflateur_i^t déflateur utilisé afin d'actualiser les flux en t à la date d'évaluation, associée à la i -ième simulation stochastique.
- $\text{Eléments de fin de projection}(N)$ symbolise la valeur totale des éléments de fin de projection, que sont :
 - La réserve de capitalisation technique de fin de projection qui revient en totalité à l'assureur
 - La réserve de capitalisation non technique de fin de projection qui revient en totalité à l'assureur
 - La provision pour risque d'exigibilité de fin de projection qui revient en totalité à l'assureur
 - Les plus-values de fin de projection qui reviennent à 85% aux assurés et à 15% à l'assureur
 - Les moins-values de fin de projection qui reviennent en totalité à l'assureur

3.7 Modélisation du Best Estimate sur le fonds Euro

Comme décrit précédemment, le Best Estimate est égal à l'espérance sous probabilité risque neutre des flux de trésorerie futur actualisés au taux sans risque, l'espérance est calculée par Monte-Carlo comme suit :

$$\begin{aligned} \text{BE} &= \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^N \frac{1}{n} \text{Deflateur}_i^t \times ((\text{Prestation}_i^t + \text{Frais}_i^t + \text{Commissions}_i^t + \text{PrelevSociaux}_i^t) - \\ &\text{Prime}_i^t) \\ &+ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \text{Deflateur}_j^N \times (\text{Eléments de fin de projection}(N)_j) \end{aligned}$$

où :

- $Prestation_i^t$ inclus : les décès, les arrivées à maturité, les rachats totaux structurels et dynamiques et les rachats partiels de la i -ième simulation stochastique à l'instant t
- $Frais_i^t$ inclus : les frais de gestion, d'acquisition et d'investissement de la i -ième simulation stochastique à l'instant t
- $Commissions_i^t$ inclus : les commissions d'acquisition et de gestion de la i -ième simulation stochastique à l'instant t
- P_i^t inclus : les commissions d'acquisition et de gestions de la i -ième simulation stochastique à l'instant t
- $PrelevSociaux_i^t$: les prélèvements sociaux de la i -ème simulation à l'instant t
- $Deflateur_i^t$: déflateur utilisé afin d'actualiser les flux en t à la date d'évaluation, associée à la i -ième simulation stochastique.
- Eléments de fin de projection(N) symbolise les éléments de fin de projection, que sont :
 - Les provisions (provisions mathématiques, provision pour sinistres à payer, provision incurred but not reported) de fin de projection
 - Les plus-moins-values de fin de projection.

Deuxième partie

Mise en application

Chapitre 4

Stratégie de gestion ou vente d'actifs

4.1 Introduction

L'une des solutions selon les stress tests EIOPA 2021 pour faire face à une situation d'impasse de liquidités consiste en la vente d'actifs liquides afin de débloquent la liquidité dont a besoin l'assureur.

Mais dans le contexte de remontée des taux actuel, un nombre important de nos actifs est en moins-value et nous nous retrouvons donc en moins-value globale.

Notre objectif sera donc d'organiser la vente de la façon la plus optimale possible.

Pour cela, plusieurs hypothèses sont considérées :

- Les actifs sont hautement liquides, l'impact d'une variation de taux ne se traduisant donc que par une baisse de la valeur de l'actif.
- Le marché est profond, étroit et résilient

Nous ne sommes donc confrontés ici qu'à une impasse de liquidités de financement.

4.2 Le portefeuille de PREDICA

Le portefeuille de PREDICA utilisé dans notre étude est constitué à l'actif au 31 décembre 2023, proportionnellement à la valeur de marché totale, de 75% d'actifs obligataires R.343-9, qui sont globalement en moins-value, et de 24% d'actifs de diversification R343.10, les 1% restants consistant essentiellement en options, caps, swaps et swaptions, la durée moyenne de l'actif est de 7,8.

Nous nous concentrerons principalement sur les actifs obligataires R.343-9 du fait de leurs fortes présences dans le portefeuille.

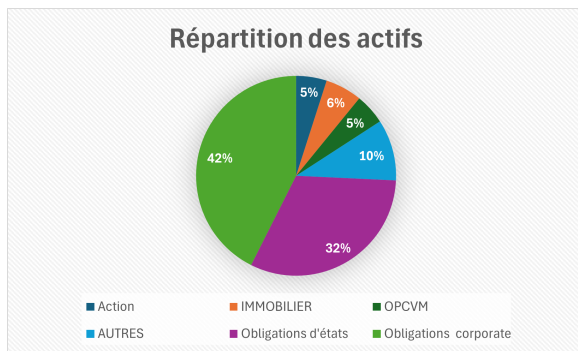


FIGURE 4.1 – Allocation des actifs au 31/12/2023

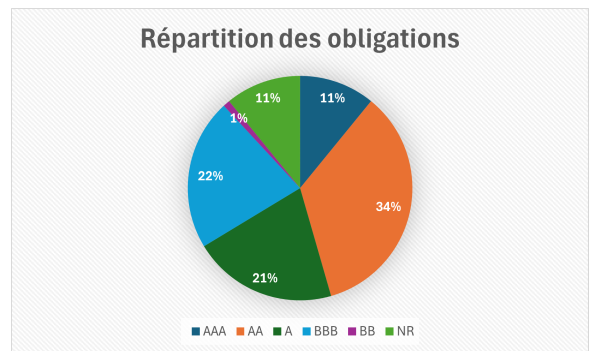


FIGURE 4.2 – Répartition des obligations en fonction de leurs notations au 31/12/2023

Les obligations de type AAA et A représentent plus de 45% du nombre d'obligations totales.

Il est constitué au passif à 91% de provisions mathématiques, à 1% de fonds propres durs, à 2% de dettes subordonnées, à 2% d'une réserve de capitalisation, à 4% d'une provision pour participation aux excédents, la durée moyenne du passif est de 9,7.

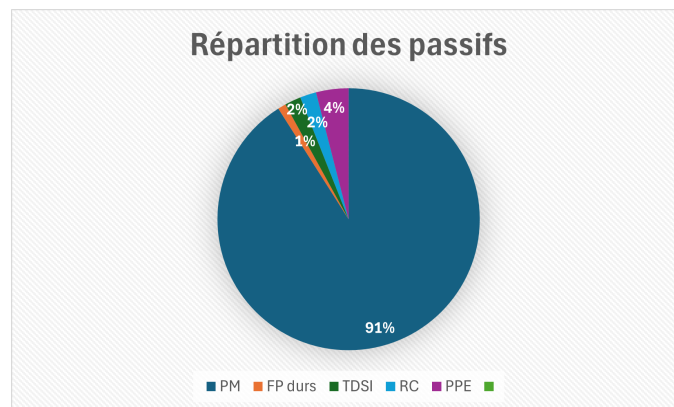


FIGURE 4.3 – Allocation des passifs au 31/12/2023

La différence entre les durées de passifs et d'actifs ($9.7 > 7.8$) implique une plus forte sensibilité des passifs aux variations de taux par rapport aux actifs ainsi que des maturités d'actifs plus courtes que celles des passifs.

Nous avons donc la présence d'un risque de réinvestissement, les actifs arrivant plus tôt à maturité, il faut les réinvestir une fois la maturité atteinte aux nouveaux taux en vigueur

de façon à matcher avec les flux de passifs.

Cette différence de duration n'impactera pas notre analyse, en effet, la duration aura un impact sur les simulations « normales » mais peu dans un scénario de sorties brutales non anticipées. Plus l'actif est court (c'est-à-dire de faible duration par rapport à celles du passif) moins, il sera sensible aux sorties importantes du passif.

4.3 Les stratégies de vente obligataire

Les stress tests de l'EIOPA en 2021 ont également montré l'utilité des stratégies de vente d'actifs liquides afin de faire face aux situations de besoin de liquidité en période de stress de marché, en particulier lors de rachats. Trois stratégies de vente obligataire ont donc été mises en place en plus de celle déjà existante au sein du modèle :

- La vente en priorité des actifs obligataires en plus-value
- La vente neutre en plus ou moins-value latente
- La vente en priorité des obligations en moins-value.

4.3.1 La vente prioritaire des actifs obligataires de courte maturité

Motivation

Cette stratégie repose sur le fait que les actifs obligataires de courte maturité ayant une faible duration, ils sont moins susceptibles d'être impactés par une variation des taux, donc moins susceptibles d'être en moins-value. Le seuil de vente est fixé en entrée par l'utilisateur et une fois ces actifs obligataires vendus, les actifs obligataires restants sont vendus au prorata de leur présence dans le portefeuille. C'est la stratégie implémentée de base par PREDICA, dans la suite de ce mémoire cette stratégie sera nommée « **Vente de courte maturité** ».

4.3.2 La vente en priorité des actifs obligataires en plus-value

Motivation

En cas de nécessité de liquidités de financement, les actifs obligataires en plus-value seront vendus afin que l'assureur n'ait pas à subir de perte, toutefois l'inconvénient de cette stratégie est qu'en vendant nos obligations en plus-value, une partie des produits financiers qui devraient revenir à nos assurés est captée, les plus-values réalisées dotant notre réserve de capitalisation, ce qui pourrait entraîner un départ de nos assurés via les rachats dynamiques et conjoncturels.

Fonctionnement de l'algorithme

L'algorithme de vente en plus-value fonctionne en vendant en priorité les obligations en plus-value au prorata de la totalité des obligations en plus-value dans le portefeuille

selon la quantité d'obligations à vendre, en cas d'absence d'obligations en plus-value, la vente est effectuée au prorata des obligations dans le portefeuille, dans la suite de ce mémoire, cette stratégie sera nommée «**Vente en plus-value**». (Voir en annexe A.1 pour l'algorithme détaillé)

4.3.3 La vente neutre en plus ou moins-value latente

Motivation

Cette stratégie de vente consiste à impacter le moins possible la réserve de capitalisation, en effet celle-ci étant impactée par les plus ou moins-values réalisées, nous vendrons donc à la fois des actifs obligataires en plus-value et en moins-value de façon à ce que la plus ou moins-value totale réalisée soit proche de zéro, ceci tant qu'il existe des actifs obligataires en plus-value, en effet ce raisonnement repose sur le fait que la réserve de capitalisation de fin d'année revient à l'assureur.

Modélisation du problème

$$\text{Soit } \alpha = \frac{PVL_{tot}}{MV_{PVL}}, \beta = \frac{MVL_{tot}}{MV_{MVL}},$$

avec PVL_{tot} , MVL_{tot} respectivement : la plus-value totale pour les obligations en plus-value, la moins-value totale pour les obligations en moins-value et MV_{MVL} , MV_{PVL} respectivement la valeur de marché totale des obligations en moins-value et la valeur de marché totale des obligations en plus-value.

On cherche X et Y les quantités à vendre pour atteindre le montant cible, tel que :

- $\alpha X - \beta Y = 0$
- $X + Y = \text{montantcible}$

On en déduit que :

$$X = \text{montantcible} - Y$$

$$\alpha(\text{montantcible} - Y) - \beta Y = 0$$

d'où :

- $Y = \frac{\alpha \text{montantcible}}{\alpha + \beta}$
- $X = \frac{\beta \text{montantcible}}{\alpha + \beta}$

Fonctionnement de l'algorithme

La stratégie de vente neutre en plus ou moins-value, détermine les proportions de plus-value par rapport aux obligations en plus-value et de moins-value par rapport aux obligations en moins-value à vendre, une fois ces quantités calculées, elles sont utilisées pour déterminer les quantités d'obligations en plus-value et d'obligations en moins-value à vendre de façon à ce que le montant des plus-values réalisées lors de la vente soit égal à

celui de moins-values, en cas d'absence d'obligations en plus-value, la vente est effectuée au prorata des obligations en moins-value et inversement, dans la suite de ce mémoire, cette stratégie sera nommée dans la suite «**Vente neutre**». (Voir en annexe A.2 pour l'algorithme détaillé)

4.3.4 La vente en priorité des obligations en moins-value

Motivation

Cette stratégie consiste à vendre les obligations en moins-value prioritairement, l'assureur privilégie donc les assurés en vendant les obligations en moins-value et donc assume la perte en puisant dans sa réserve de capitalisation.

Fonctionnement de l'algorithme

L'algorithme de vente en moins-value fonctionne en vendant en priorité les obligations en moins-value au prorata de la totalité des obligations en moins-value dans le portefeuille, selon la quantité d'obligations à vendre, en cas d'absence d'obligations en moins-value, la vente est effectuée au prorata des obligations dans le portefeuille, dans la suite de ce mémoire, cette stratégie sera nommée « **vente en moins-value** ». (Voir en annexe A.3 pour l'algorithme détaillé)

4.4 Les outils de comparaisons sélectionnés

Notre objectif étant d'améliorer le ratio de solvabilité via nos stratégies de gestion obligataire, le point de vue des assurés influencerait difficilement le choix de la stratégie à adopter, il peut toutefois être en partie observé à travers les variations de rachats.

Par ailleurs, la vente obligataire en moins-value affectant essentiellement la réserve de capitalisation, donc les fonds propres, la seule situation impactant les assurés serait la réalisation de moins-values au-delà de la réserve de capitalisation entraînant ainsi la réduction des produits financiers distribuables.

Nous nous limiterons donc dans notre étude au point de vue de l'assureur et choisirons des indicateurs permettant d'étudier les impacts de nos stratégies sur le ratio de solvabilité, celui-ci étant formé par le quotient du SCR et des fonds propres, il est normal que les indicateurs permettant de comparer les différentes stratégies leur soient liées ; des indicateurs pour le SCR et d'autres pour les fonds propres seront donc choisis.

4.4.1 Les indicateurs du SCR

Le SCR pouvant se ramener à la variation de VIF (Value In Force) au regard de l'équation fondamentale :

$$SCR = \Delta VM - \Delta BE = \Delta VIF$$

La VIF étant la valeur actualisée des profits futurs, sa diminution représenterait une diminution des profits à venir et donc la nécessité pour l'assureur d'augmenter les fonds propres immobilisés du montant de cette diminution afin d'y faire face, nous choisirons donc comme indicateur du SCR, la variation de certains des composants de la VIF, à savoir **Les variations de réserve de capitalisation, de chargements sur produits financiers et de frais de gestion** entre le scénario centrale et les scénarios avec chocs modulaires. Nous avons également voulu considérer le taux de rachat, celui-ci étant impacté par la sélection des poches (processus servant à s'assurer que lors d'un choc de souscription, le choc ne doit pas être bénéfique à l'assureur, c'est-à-dire que le Best Estimate ne doit pas baisser auquel cas on garde le Best Estimate central pour ce choc de souscription), mais nous avons constaté en pratique que les taux de rachat variaient peu d'une stratégie à une autre. Les valeurs des indicateurs du SCR considérées sont celles de fin de projection.

4.4.2 Les indicateurs des fonds propres

Comme indicateur des fonds propres, nous choisirons **la VIF associée à l'euro en scénario centrale**, la **marge de risque**, ces deux éléments étant les plus susceptibles d'impacter le modèle, en effet du fait de l'appartenance de la VIF aux fonds propres économiques, une VIF plus élevée entraînerait des fonds propres plus élevés ce qui améliorerait le ratio de solvabilité et inversement, de même les provisions techniques équivalentes sous Solvabilité II à la somme du Best Estimate et de la marge de risque, une marge de risque ou un Best Estimate plus faible entraînerait des provisions techniques moins élevées, donc améliorerait le ratio de solvabilité et inversement.

Nous y ajouterons également le **Best Estimate** pour analyser l'impact de nos stratégies sur le passif.

4.5 Comparaison et analyse des résultats

Notre portefeuille initial est donc projeté sur 30 ans avec les différentes stratégies mises en place cela, afin d'observer et ensuite expliquer les impacts de nos différentes stratégies sur la solvabilité de l'assureur.

4.5.1 Ratio de solvabilité

Les différents ratios de solvabilité obtenus, et les valeurs de SCR et de fonds propres correspondantes, sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Indicateurs	Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
Ratio	265%	263,6%	240,5%	231,7%
Fonds propres	38 448,7 M€	38 396,2 M€	36 712,6 M€	36 989,7 M€
SCR	14 511,7 M€	14 568,6 M€	15 263,2 M€	15 964,3 M€

TABLE 4.1 – Ratios obtenus par stratégie dans un contexte économique normal

Les meilleures stratégies en termes d'impact sur le ratio de solvabilité sont dans l'ordre de la meilleure à la pire : la vente en plus-value, la vente neutre, la vente en moins-value, la vente de courte maturité, les deux meilleures stratégies ont les fonds propres les plus élevés et les SCR les moins élevées.

Les principales différences de SCR résultent de différences au niveau des sous-modules de rachats, plus précisément de rachat massif. Les stratégies ayant des SCR de sous-modules de rachats les moins élevés sont celles ayant des SCR moins-élevés et donc une meilleure couverture du ratio. Nous nous intéresserons donc dans la suite aux indicateurs choisis afin d'interpréter les différences constatées.

4.5.2 Interprétation à partir des indicateurs du SCR

Les indicateurs du SCR ont les valeurs suivantes :

Pour le scénario central :

Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
2 802,4 M€	2 796 M€	2 758 M€	2 562,7 M€

TABLE 4.2 – Réserve de capitalisation en scénario central dans un contexte économique normal

Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
21 782,2 M€	21 785 M€	21 809,2 M€	21 943,4 M€

TABLE 4.3 – Chargements sur produits financiers en scénario central dans un contexte économique normal

Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
-7 922,9 M€	-7 923 M€	-7 925,3 M€	-7 936 M€

TABLE 4.4 – Frais de gestion en scénario central dans un contexte économique normal

Pour le scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif :

Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
2 133,9 M€	2 075,8 M€	1 521,1 M€	971,7 M€

TABLE 4.5 – Réserve de capitalisation en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte économique normal

Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
14 242,2 M€	14 140,6 M€	14 837,4 M€	15 664,8 M€

TABLE 4.6 – Chargements sur produits financiers en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte économique normal

Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
-3 569,7 M€	-3 559,3 M€	-3 566 M€	-3 610,9 M€

TABLE 4.7 – Frais de gestion en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte économique normal

Le SCR pouvant être ramené à une variation de VIF (Scénario central-Scénario de rachat massif), nous comparerons les variations de ses composants que nous avons choisis :

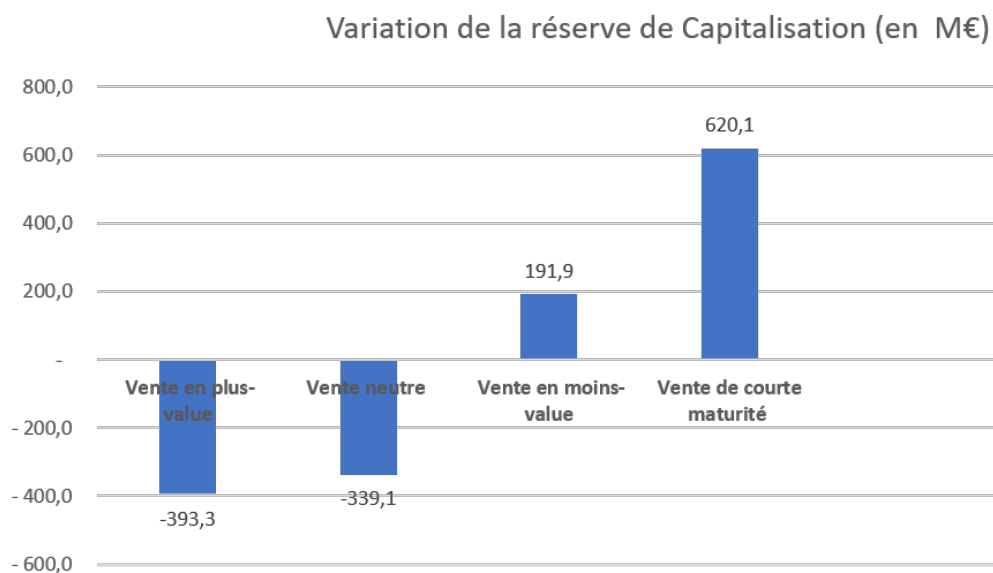


FIGURE 4.4 – Variation de la réserve de capitalisation par stratégie en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte économique normal

D'importants écarts entre les variations de réserve de capitalisations des différentes stratégies impactent significativement le SCR. Les stratégies avec les meilleurs ratios sont également celles pour lesquelles la réserve de capitalisation augmente dans le scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif, car dans celles-ci le fait de vendre nos obligations en plus-value alimente la réserve de capitalisation et donc produit une plus grosse réserve de capitalisation de fin de projection.

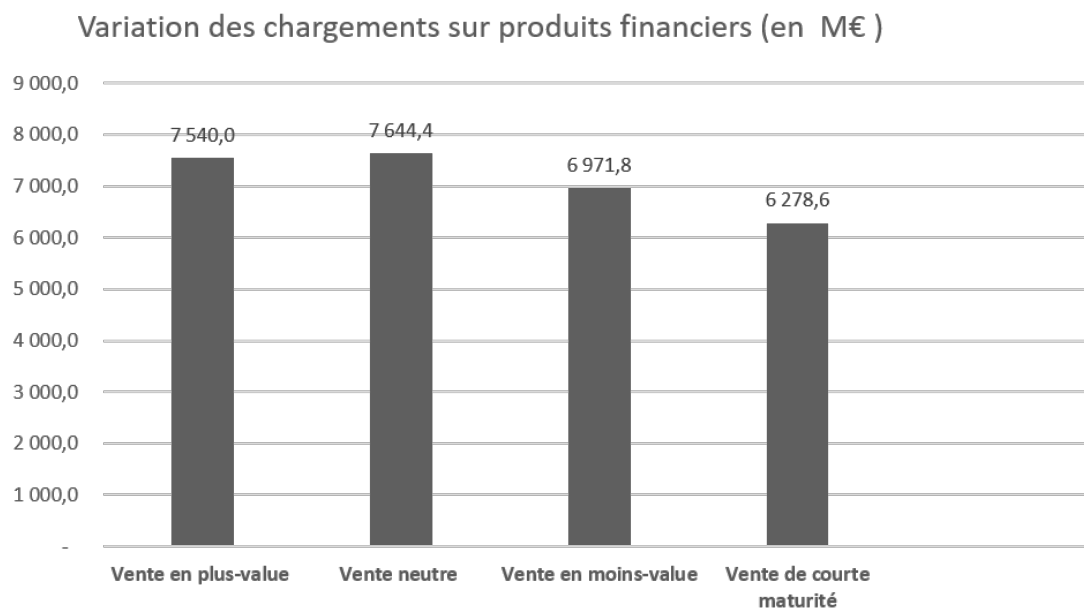


FIGURE 4.5 – Variation des chargements sur produits financiers par stratégie en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte économique normal

D'importants écarts entre les variations de produits financiers des différentes stratégies impactent significativement le SCR. Le choc modulaire de SCR de rachat massif entraîne la vente de davantage d'obligations, ce qui entraîne une diminution des produits financiers dans les années suivants le choc. De plus, les stratégies avec les meilleurs ratios sont également celles ayant les chargements sur produits financiers les plus faibles, du fait qu'elles vendent les obligations en plus-value, et génèrent donc moins de produits financiers.

Les variations de produits financiers sont également les plus grandes pour ces stratégies.

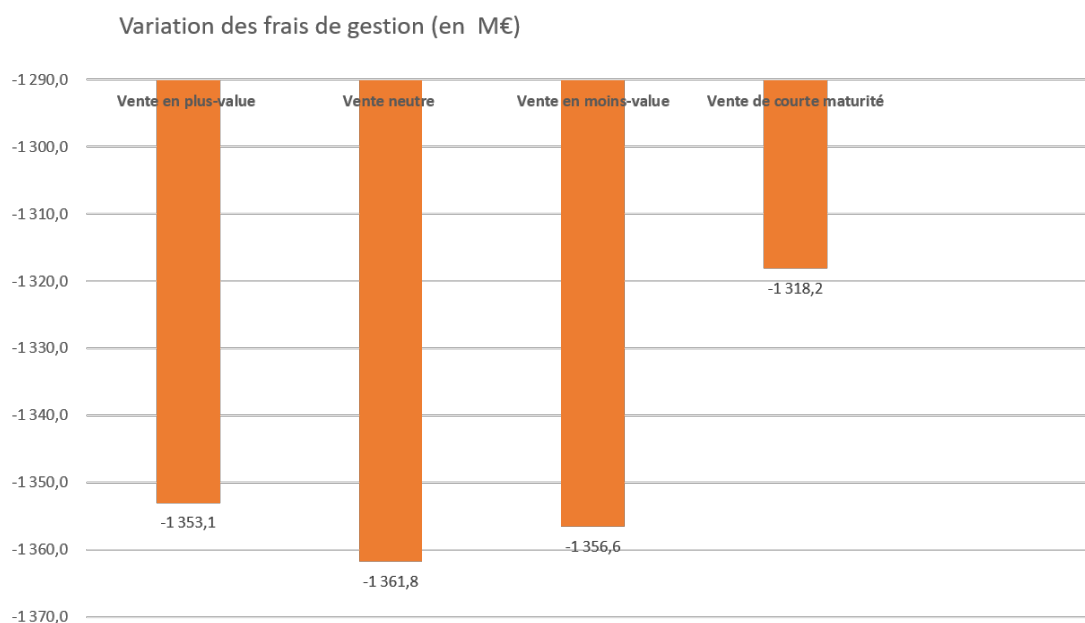


FIGURE 4.6 – Variation des frais de gestion par stratégie en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte économique normal

La baisse des frais de gestion (en valeur absolue) dans le scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif par rapport au scénario central s'explique par la baisse du nombre d'encours sous gestion après le choc modulaire de SCR de rachat massif. Les écarts de variation entre les stratégies pour cet indicateur sont assez proche.

4.5.3 Interprétation des résultats à partir des indicateurs de fonds propres

Les indicateurs de fonds propres ont les valeurs suivantes :

Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
15 625,7 M€	15 619,1 M€	15 558,4 M€	15 298,8 M€

TABLE 4.8 – VIF Euro par stratégie dans un contexte économique normal

Les stratégies avec une VIF Euro plus élevée sont celles ayant les ratios de solvabilité les plus élevés, cela est cohérent, car cette augmentation de la VIF est une conséquence de l'augmentation de la réserve de capitalisation et une VIF élevée entraîne de plus grands

fonds propres économiques donc un meilleur ratio de couverture.

Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
3 978,7 M€	4 018,5 M€	4 227,8 M€	4 984 M€

TABLE 4.9 – Marge de risque par stratégie dans un contexte économique normal

On observe de forts écarts entre les marges de risque de nos différentes stratégies, ce qui impacte significativement les fonds propres.

De plus, les stratégies ayant les meilleurs ratios ont également des marges de risque plus faibles, ce qui entraîne des fonds propres plus élevés et donc une meilleure couverture du ratio de solvabilité. Cela peut s'expliquer par le fait que nos stratégies réduisent le risque de rachat et donc la quantité de fonds propres nécessaires pour y faire face, l'assureur se retrouve ainsi avec moins de risques à couvrir et donc moins de marge de risque.

Les stratégies les plus performantes sont, malgré des valeurs de Best Estimate assez proches, celles présentant les valeurs de Best Estimate les moins élevées, les valeurs en scénario central étant moins élevées que celles en rachat massif, du fait de l'application d'un choc modulaire de SCR de rachat massif :

Pour le scénario central :

Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
314 683,6 M€	314 691 M€	314 753,2 M€	315 011,4 M€

TABLE 4.10 – Best Estimate par stratégie dans un contexte économique normal

Pour le scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif :

Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
318 500 M€	318 556,4 M€	319 901,1 M€	321 333 M€

TABLE 4.11 – Best Estimate par stratégie en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte économique normal

Cette observation s'explique par le fait que nos stratégies les plus performantes en vendant nos obligations en plus-value, vendent les obligations les plus génératrices de produits financiers ce qui réduit les bénéfices financiers réalisés par l'assureur et donc reversés aux assurés, augmentant ainsi le nombre de rachats dynamiques qui à leurs tours diminuent les engagements futurs et donc le Best Estimate.

Pour le vérifier, observons le nombre de rachats dynamiques :

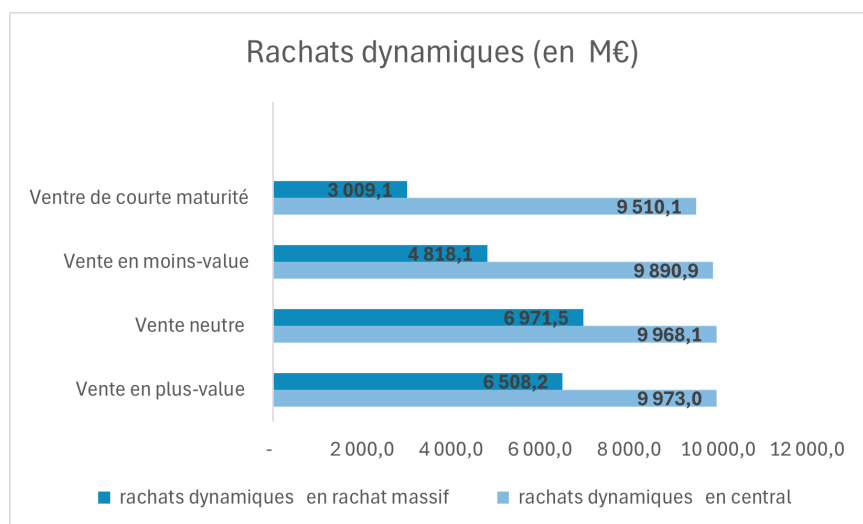


FIGURE 4.7 – Rachats dynamiques par stratégie en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte économique normal

En somme, ces indicateurs montrent que nos stratégies permettent d'une part de réduire le risque de rachat massif et donc la marge de risque, tout en augmentant également la VIF via la dotation à la réserve de capitalisation pour les plus performantes ce qui entraîne des fonds propres plus élevés pour les stratégies ayant les meilleurs ratios, mais également d'autre part de réduire le Best Estimate en provoquant une vague de rachats du fait de la diminution des produits financiers versés aux assurés.

4.6 Conclusion

Le choix des titres à céder lors du choc modulaire de SCR de rachat revêt donc une importance notable et permet d'augmenter la solvabilité de l'assureur de 3300 bp. Les principaux facteurs entraînant une amélioration du ratio de solvabilité sont une réduction des risques, plus précisément du risque de rachat via la constitution d'une grosse réserve de capitalisation et une augmentation des fonds propres résultant de la diminution de la marge de risque. L'assureur accumule donc une richesse qui lui permet de faire face aux différentes conséquences en termes de rachats et frais liées à la captation de bénéfices

futurs revenant potentiellement aux assurés, augmentant également par le même coup ses fonds propres.

Chapitre 5

Tests de sensibilité

5.1 Introduction

Les stratégies de gestion d'actifs obligataires implémentées ont, pour les meilleures, un bon impact sur le ratio de solvabilité, mais cela dans une situation économique "normale", la question de la performance de ces stratégies dans des situations économiques différentes est donc nécessaire et servira de critère supplémentaire pour désigner la meilleure stratégie parmi celles considérées.

À première vue, deux principales situations valent la peine d'être étudiées : une forte hausse des taux et une forte baisse des taux.

5.2 Test de variation de taux

5.2.1 Forte hausse des taux

Motivation

Nous avons choisi une hausse des taux de l'ordre de +200 points de base. En effet, la meilleure stratégie dans un contexte économique "normal" est celle vendant en priorité nos obligations en plus-value, mais en l'absence d'obligations en plus-value, celle-ci n'est plus pertinente. Il est donc intéressant d'observer l'impact de nos stratégies dans un contexte de forte hausse des taux qui entraînerait une forte baisse de la valeur des obligations.

Analyse des résultats via le ratio de solvabilité

En termes de ratio de couverture, les différentes stratégies implémentées ont toujours de meilleures performances que celles de vente privilégiant les obligations de courte maturité :

Indicateurs	Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
Ratio	175,2%	177,4%	174,7%	152,7%
Fonds propres	32 964,8 M€	33 096,1 M€	33 269,6 M€	31 148,6 M€
SCR	18 816,4 M€	18 661,5 M€	19 039,4 M€	20 400,8 M€

TABLE 5.1 – Ratios obtenus par stratégie dans un contexte de forte hausse des taux

Ces résultats résultent surtout d'une diminution des risques de rachat massif, de taux et actions (principalement celui action de type 1) induit par nos stratégies par rapport à la stratégie de vente priorisant les obligations de courte maturité. Les valeurs suivantes en termes de SCR observées sont :

— Pour le risque de rachat massif :

Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
13 178,2 M€	12 974,7 M€	13 419,3 M€	14 891,2 M€

TABLE 5.2 – SCR de rachat massif par stratégie dans un contexte de forte hausse des taux

Pour le risque de taux :

Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
3 609,8 M€	3 528,8 M€	3 836,3 M€	4 373,3 M€

TABLE 5.3 – SCR de taux dans un contexte de forte hausse des taux

Pour le risque action :

Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
10 989,9 M€	10 952,5 M€	11 082,2 M€	11 515,9 M€

TABLE 5.4 – SCR action dans un contexte de forte hausse des taux

On observe toujours que les deux stratégies les plus performantes en termes de ratio de solvabilité, sont celles ayant les SCR les plus faibles dans chacun des sous-modules, la stratégie de vente neutre étant celle avec les SCR les plus faibles, suivie de celle priorisant la vente de nos obligations en plus-value.

Interprétation du SCR à partir de ces indicateurs

Les données observées pour nos indicateurs du SCR sont les suivantes :

— Pour le risque de rachat massif :

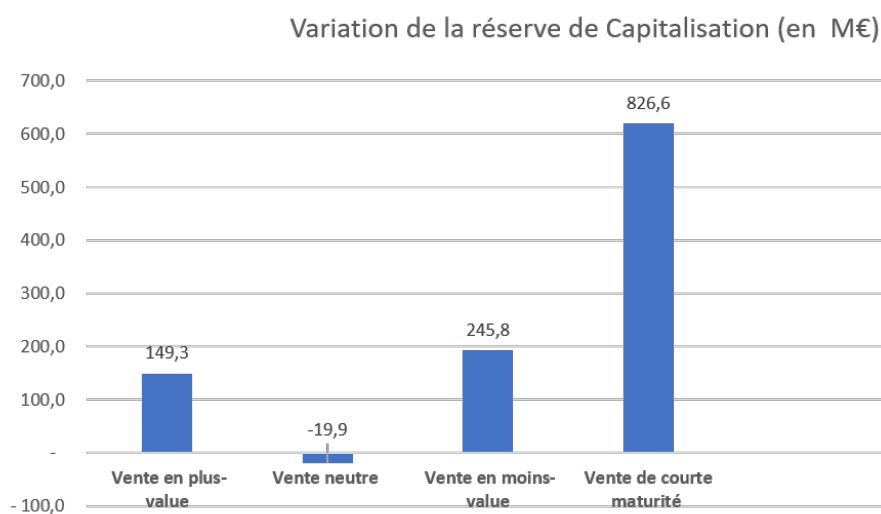


FIGURE 5.1 – Variation de la réserve de capitalisation en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte de forte hausse des taux

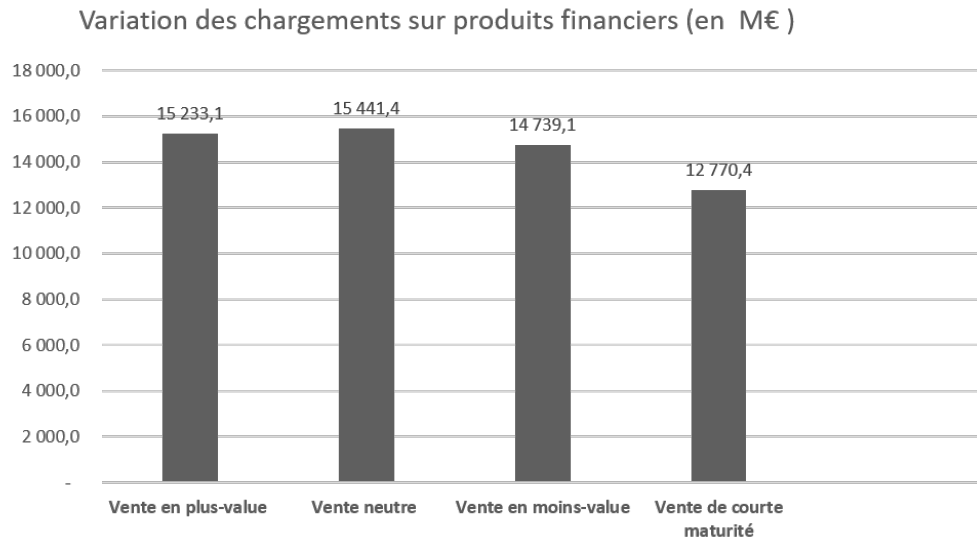


FIGURE 5.2 – Variation des Chargements sur produits financiers en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte de forte hausse des taux

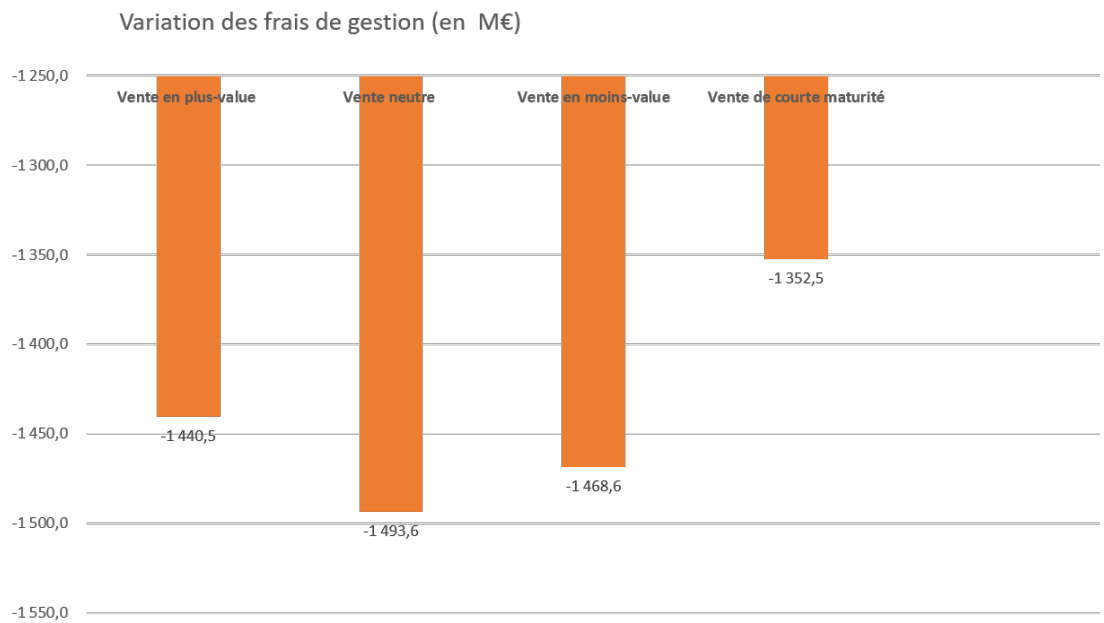


FIGURE 5.3 – Variation des frais de gestion en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte de forte hausse des taux

L'application d'un choc modulaire de SCR de rachat massif provoque une augmen-

tation du nombre de rachats et par conséquent une vente d'actifs par l'assureur afin d'honorer ses engagements en cas de trésorerie insuffisante, mais du fait de la hausse des taux, le portefeuille de l'assureur contient moins d'obligations en plus-value, dont la vente augmenterait la réserve de capitalisation, mais également dont la vente entraînerait une perte de produits financiers plus importante par rapport à celles des autres stratégies.

La stratégie de vente neutre est la seule à avoir une variation de réserve de la capitalisation négative, elle est donc la seule dont la réserve de capitalisation augmente suite au choc modulaire de SCR de rachat massif, les autres connaissant une baisse de leurs réserves de capitalisation suite au choc (ce qui est un indicateur de la vente d'obligations en moins-value). Les variations de produits financiers et de frais de gestion (en valeur absolue) sont plus élevées pour la vente neutre par rapport à celles des autres stratégies, mais les écarts des variations de réserve de capitalisation pour cette stratégie par rapport aux autres stratégies sont largement plus grands par rapport à ceux des autres indicateurs. Ces résultats s'expliquent par le fait que le choc modulaire de SCR de rachat massif augmentant la quantité d'obligations vendues par rapport au scénario central, la réserve de capitalisation est beaucoup plus alimentée et notre stratégie, parce qu'elle la maintient ou l'augmente plus longtemps possède la plus faible variation de réserve de capitalisation, mais a également du fait de l'augmentation des ventes la plus grande diminution des produits financiers, suite à la vente causée par l'augmentation des rachats, les mêmes raisons expliquent la performance similaire de la stratégie de vente en plus-value.

Pour le risque de taux : Le risque de taux maximum résulte de l'application d'un choc de hausse des taux :

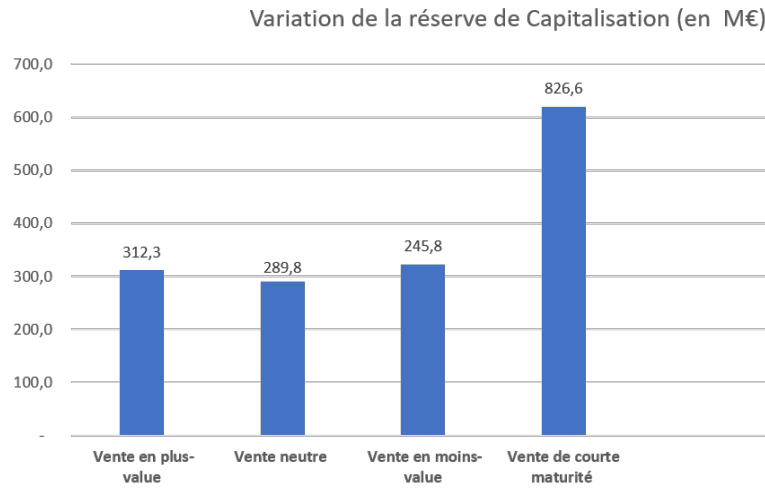


FIGURE 5.4 – Variation de la réserve de capitalisation en scénario avec choc modulaire de SCR de hausse des taux dans un contexte de forte hausse des taux

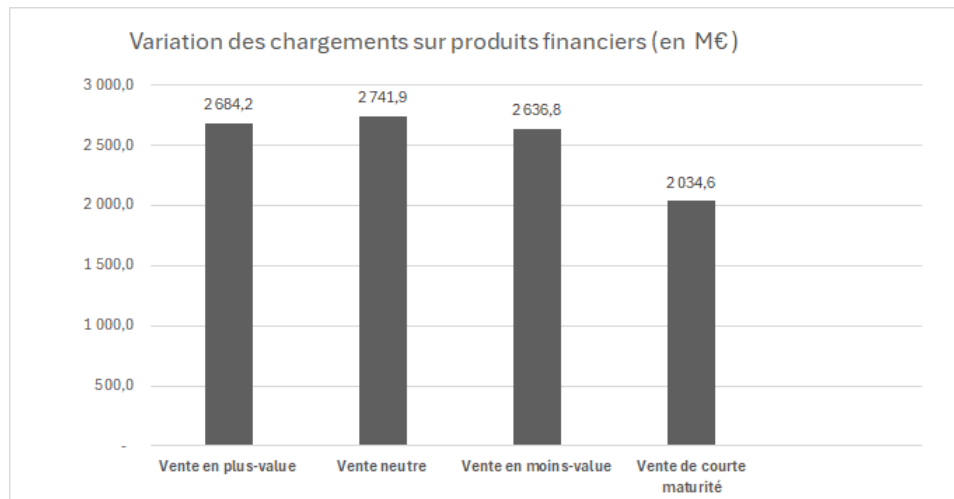


FIGURE 5.5 – Variation des chargements sur produits financiers en scénario avec choc modulaire de SCR de hausse des taux dans un contexte de forte hausse des taux

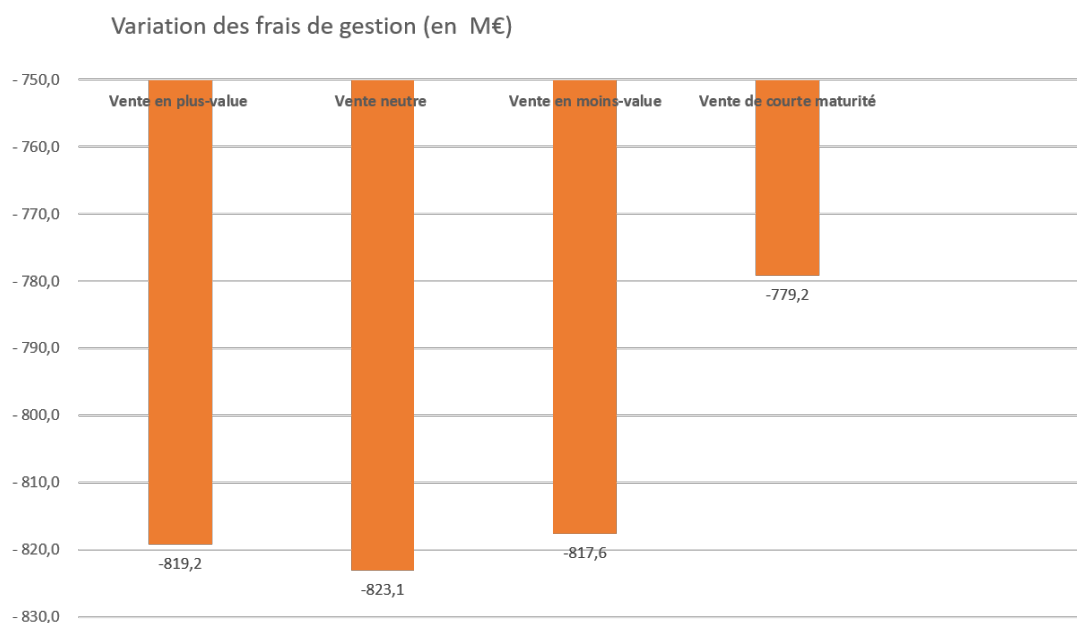


FIGURE 5.6 – Variation des frais de gestion en scénario avec choc modulaire de SCR de hausse des taux dans un contexte de forte hausse des taux

Un choc modulaire de SCR de hausse des taux appliqué au scénario de hausse des taux entraîne une baisse supplémentaire de la valeur de marché de nos actifs obligataires et donc entraîne une plus grande variation de la réserve de capitalisation du fait qu'elle serait beaucoup moins alimentée positivement, il entraîne une diminution des écarts de variation des chargements sur produits financiers entre nos stratégies, la principale différence impactant les produits financiers reposant sur la vente d'obligations en plus-value dans ce contexte, mais également une diminution de la valeur de l'encours géré et donc des frais de gestion.

La stratégie de vente neutre pour ce choc modulaire de SCR de hausse des taux est celle ayant la plus faible variation de réserve de la capitalisation, ainsi que les variations de chargements sur produits financiers et de frais de gestion (en valeur absolue) les plus élevées, suivie de la stratégie de vente en plus-value, pour des raisons similaires à celles énoncées plus haut.

Pour le risque action type 1 :

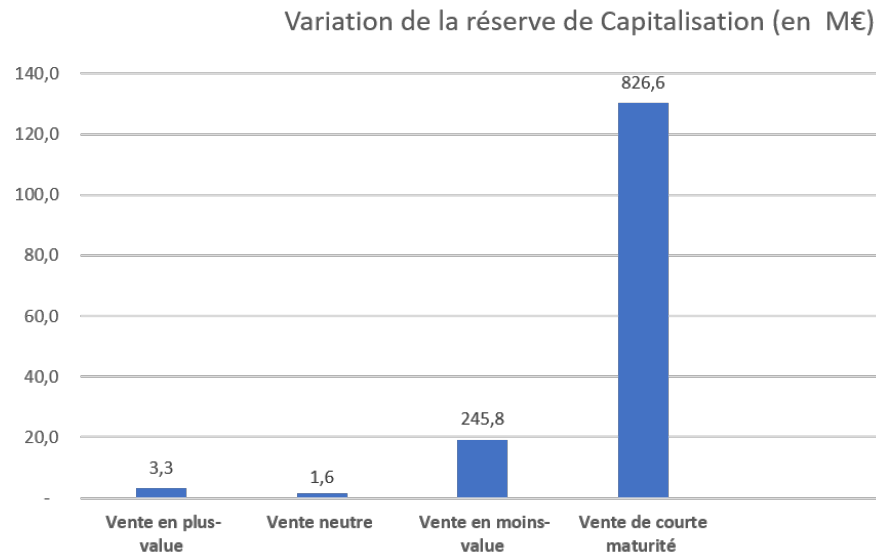


FIGURE 5.7 – Variation de la réserve de capitalisation en scénario avec choc modulaire de SCR action de type 1 dans un contexte de forte hausse des taux

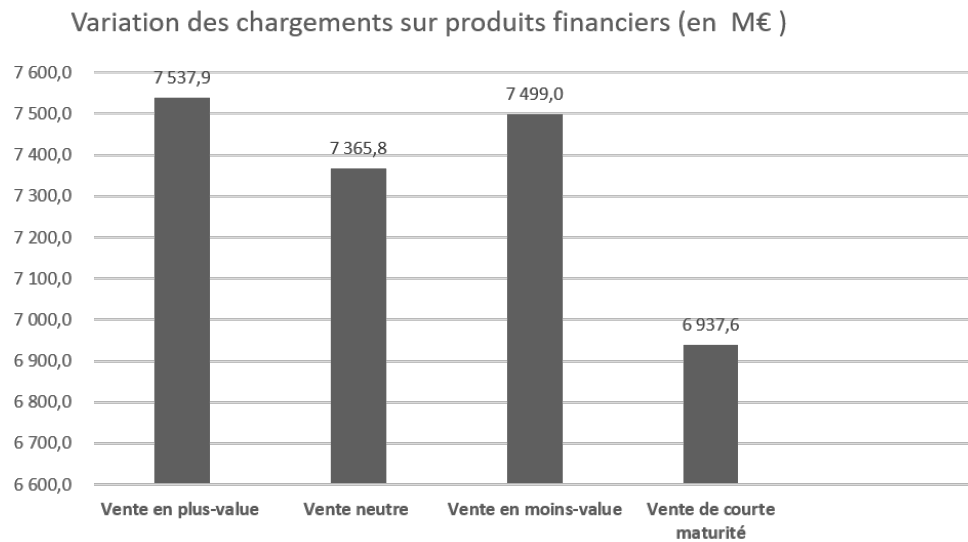


FIGURE 5.8 – Variation des chargements sur produits financiers en scénario avec choc modulaire de SCR action de type 1 dans un contexte de forte hausse des taux

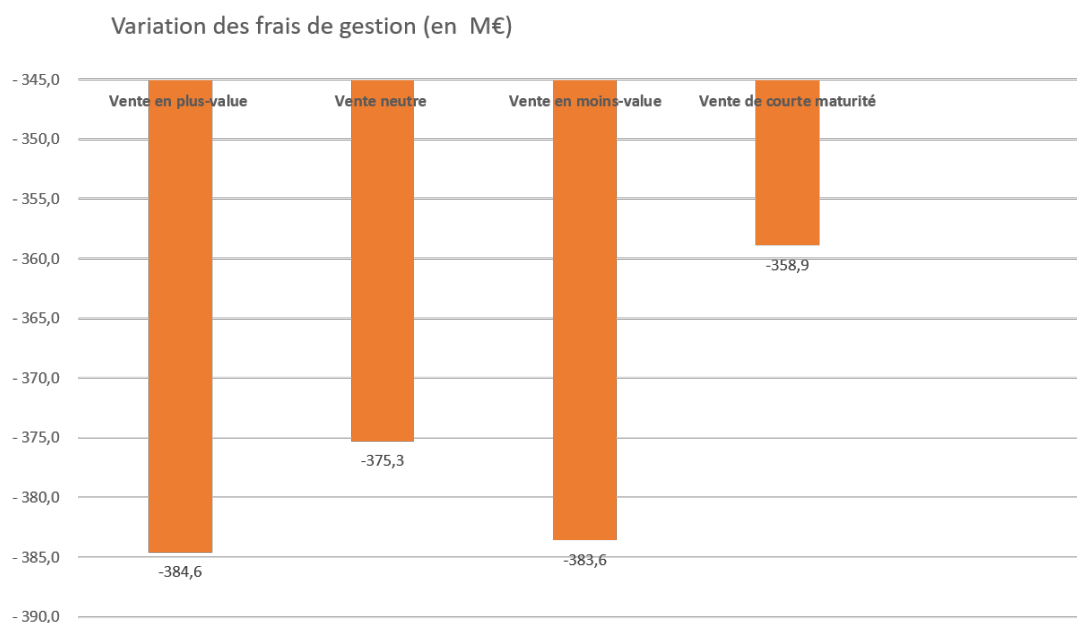


FIGURE 5.9 – Variation des frais de gestion en scénario avec choc modulaire de SCR action de type 1 dans un contexte de forte hausse des taux

L'application d'un choc action de type 1 ou 2 entraîne une diminution de la valeur de marché des actions dans le portefeuille, donc du taux de détention des actions dans le portefeuille par rapport à la valeur de marché du portefeuille et du fait de la mise en place de taux de détention cibles pour les actifs R343.10 et les actifs obligataires dans le portefeuille, l'assureur se retrouve à vendre des actifs obligataires afin de rétablir les taux de détention, le choc action de type 1 entraîne donc une augmentation des ventes. La stratégie de vente neutre est toujours celle ayant la plus faible variation de réserve de la capitalisation, mais les variations de frais de gestion et de produits financiers pour cette stratégie ne sont ici plus les plus élevées, cela s'explique par le fait que les obligations supplémentaires vendues sont supérieures à celles vendues lors du choc modulaire de SCR de rachat massif (l'on peut s'en convaincre en remarquant que les ordres de grandeur en termes de variation sont plus élevés pour la réserve de capitalisation et plus faibles pour les indicateurs restants qu'en choc modulaire de SCR de rachat massif), il y a donc un épuisement des obligations en plus-value et une vente au prorata de celles en moins-value.

En somme, la variation de réserve de la capitalisation positive pour la stratégie de vente en priorité d'obligations en plus-value montre bien qu'il y a eu une baisse de la réserve de capitalisation, donc vente d'obligation en moins-value. En effet, cette stratégie vend, en l'absence d'obligations en plus-value, les obligations présentes dans le portefeuille au prorata. Cela explique la moins bonne performance de cette stratégie en termes de variation

de la réserve de capitalisation par rapport à celle de vente neutre dont les variations de réserve de capitalisation sont les plus faibles quelque soit le choc. Cette dernière stratégie maintenant ou augmentant la réserve de capitalisation pendant une durée plus grande, permettant de faire face, en particulier, d'une meilleure façon aux chocs de la première année.

Ces stratégies génèrent en général plus de variation des chargements sur produit financiers (En particulier pour la vente neutre qui en génère plus que la vente en plus-value), ce qui explique que les valeurs du SCR soit assez proches.

Les deux pires stratégies en termes de ratio de solvabilité sont la stratégie priorisant la vente d'obligations en moins-value et celle priorisant la vente d'obligations de courte maturité. Leurs mauvaises performances par rapport aux autres stratégies s'expliquent par le fait qu'elles ont de plus grandes variations de réserve de capitalisation. Pour la stratégie de vente de courte maturité, la variation de réserve de capitalisation plus grande résulte du fait que cette stratégie vend, une fois les obligations de courte maturité écoulées, les obligations restantes dans le portefeuille au prorata et pour la stratégie de vente en moins-value, la variation de réserve de la capitalisation plus grande résulte de la vente d'obligations en moins-value.

Les frais de gestion quant à eux baissent (en valeur absolue) du fait de la diminution de l'encours dans un contexte de forte hausse des taux.

Interprétation à partir des indicateurs de fonds propres

Les valeurs suivantes sont observées pour les indicateurs :

Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
15 994,3 M€	16 018,1 M€	15 878,2 M€	15 386,4 M€

TABLE 5.5 – VIF Euro par stratégie dans un contexte de forte hausse des taux

Les stratégies ayant la VIF la plus élevée sont exactement celles ayant les variations de réserve de capitalisation les plus élevées du fait qu'elles priorisent les ventes d'obligations en plus-value.

Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
6 597 M€	6 448,2 M€	6 694,3 M€	8 218,6 M€

TABLE 5.6 – Marge de risque par stratégie dans un contexte de forte hausse des taux

Les stratégies les plus performantes dans ce contexte en termes de ratio de solvabilité sont celles ayant les plus faibles marge de risques, en effet du fait qu'elles réduisent le

risque de rachat massif, le capital à immobiliser pour faire face aux différents risques sera plus faible.

Les stratégies vendant des obligations en plus-value ont des Best Estimate moins élevées :

Pour le scénario central :

Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
282 894,7 M€	282 866 M€	282 933,3 M€	283 490 M€

TABLE 5.7 – Best Estimate par stratégie dans un contexte de forte hausse des taux

Pour le scénario avec choc modulaire de SCR de hausse de taux :

Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
261 182,4 M€	261 038,4 M€	261 240,8 M€	262 572,8 M€

TABLE 5.8 – Best Estimate par stratégie dans un contexte de forte hausse des taux

La baisse de la valeur du Best Estimate observée par rapport au scénario central résulte de la baisse globale de la valeur de l'encours entraînée par la hausse des taux.

Pour le scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif :

Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
293 026,2 M€	292 195 M€	292 767,2 M€	294 813,4 M€

TABLE 5.9 – Best Estimate par stratégie dans un contexte de forte hausse des taux

La hausse de la valeur du Best Estimate par rapport au scénario central résulte d'une augmentation des rachats due à l'application du choc modulaire de SCR de rachat massif.

Pour le scénario avec choc modulaire de SCR action de type 1 :

Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
273 580,5 M€	273 762,5 M€	273 642 M€	274 700,3 M€

TABLE 5.10 – Best Estimate par stratégie dans un contexte de forte hausse des taux

Les différences au niveau des Best Estimate des différentes stratégies résultent essentiellement au niveau de leurs impacts sur les rachats totaux (somme des rachats dynamiques et des rachats structurels).

Les valeurs de rachats suivantes sont observées :

— Pour le scénario central

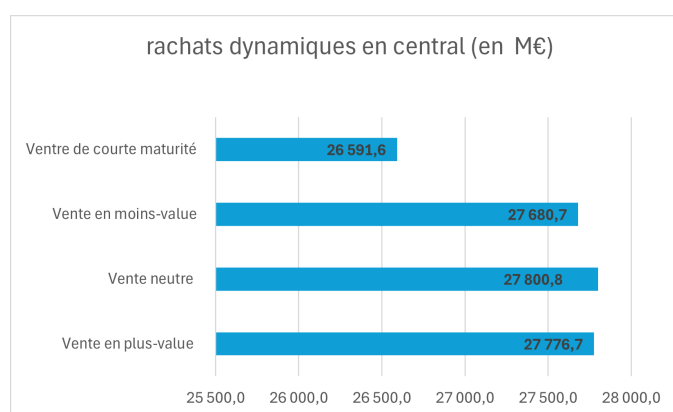


FIGURE 5.10 – Rachats dynamiques par stratégie en scénario central dans un contexte de forte hausse des taux

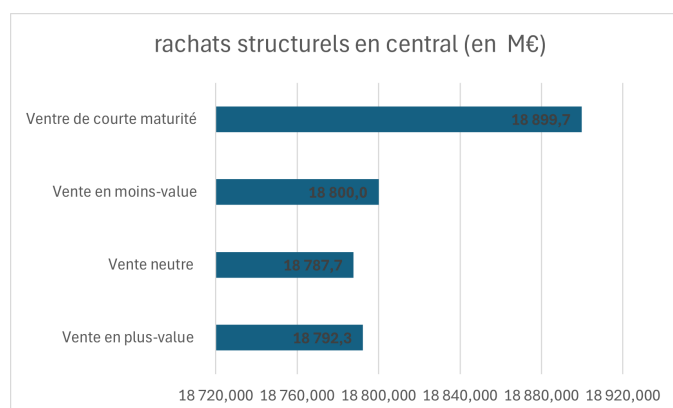


FIGURE 5.11 – Rachats structurels par stratégie en scénario central dans un contexte de forte hausse des taux

Lors du scénario central, les stratégies vendant les obligations en plus-value réduisent les bénéfices servis aux clients, augmentant ainsi le nombre de rachats dynamiques et par cela même le nombre de rachats totaux (dynamiques et structurelles).

Les rachats structurels étant proportionnels au montant de l'encours et au nombre de polices, les stratégies entraînant un montant plus élevé de rachats dynamiques auront des rachats structurels plus faibles.

— Pour le scénario avec choc modulaire de SCR de taux

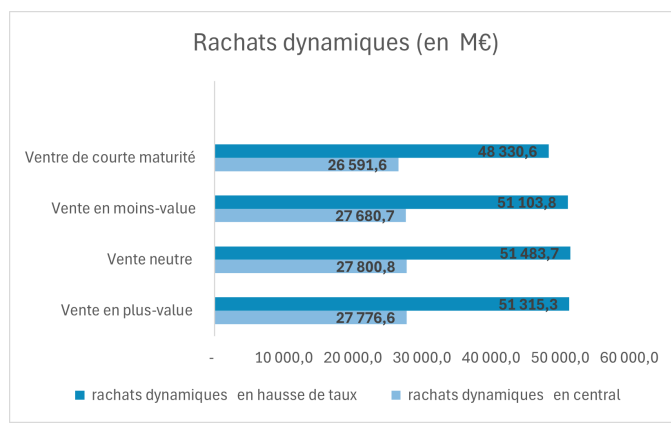


FIGURE 5.12 – Rachats dynamiques par stratégie en scénario avec choc modulaire de SCR de hausse de taux dans un contexte de forte hausse des taux

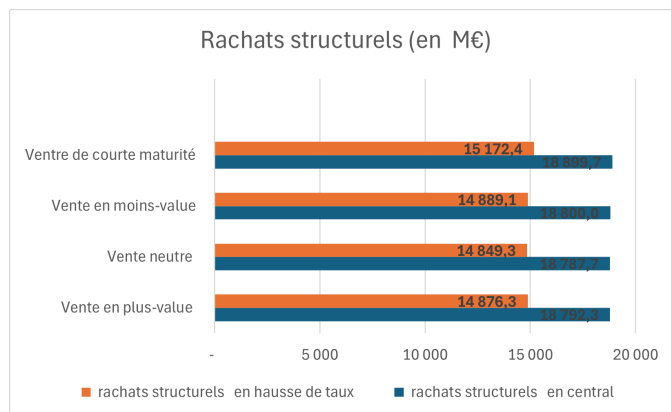


FIGURE 5.13 – Rachats structurels par stratégie en scénario avec choc modulaire de SCR de hausse de taux dans un contexte de forte hausse des taux

— Pour le scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif

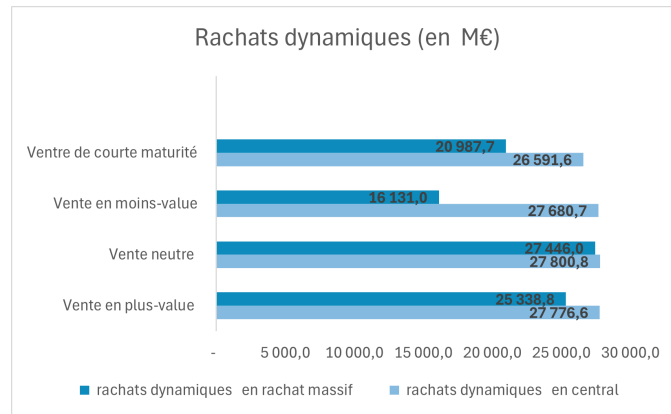


FIGURE 5.14 – Rachats dynamiques par stratégie en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte de forte hausse des taux

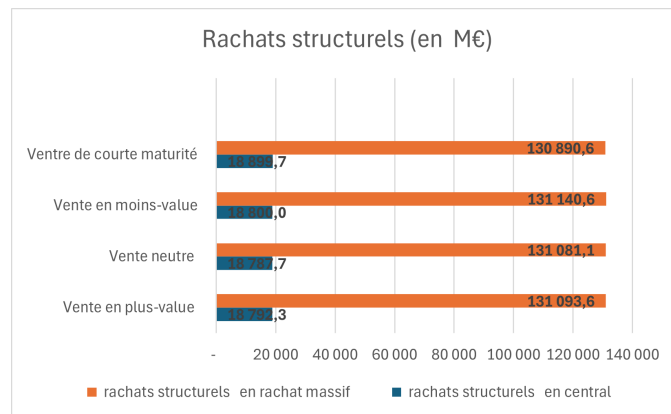


FIGURE 5.15 – Rachats structurels par stratégie en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte de forte hausse des taux

L'augmentation du Best Estimate observée en appliquant le choc modulaire de SCR de rachat massif par rapport à celui en scénario central résulte d'une augmentation des rachats structurels du fait du choc.

— Pour le scénario avec choc modulaire de SCR action de type 1

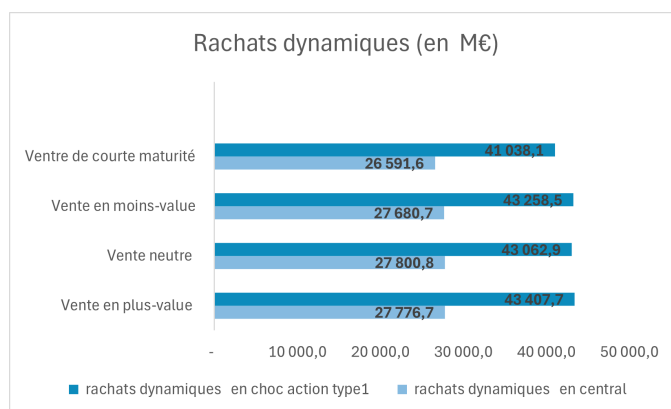


FIGURE 5.16 – Rachats dynamiques par stratégie en scénario avec choc modulaire de SCR action de type 1 dans un contexte de forte hausse des taux

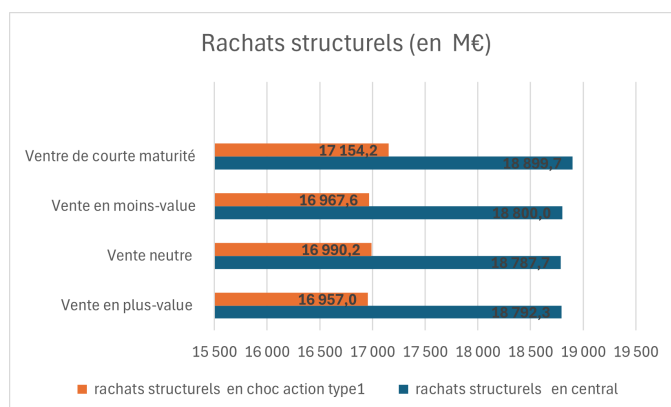


FIGURE 5.17 – Rachats structurels par stratégie en scénario avec choc modulaire de SCR action de type 1 dans un contexte de forte hausse des taux

Le choc action entraîne, en diminuant la valeur des actions, une vente d'obligations afin de rétablir les taux de détention d'actifs et donc une réduction des produits financiers, entraînant ainsi une augmentation des rachats dynamiques.

Conclusion

En somme, en scénario avec une hausse des taux globale de +200 points de base, le portefeuille ne se retrouve plus avec suffisamment d'obligations en plus-value. Mais les stratégies que nous avons implémentées restent plus performantes que celles priorisant la vente d'obligations de courte maturité, entraînant une amélioration de la solvabilité de l'assureur de 2200 bp. cette performance résulte de la réduction des risques de rachat

massif, de taux et d'action qu'ils provoquent du fait de l'augmentation ou du maintien d'une réserve de capitalisation, mais également d'une augmentation des fonds propres via une diminution des provisions techniques du fait d'une augmentation des rachats dynamiques. La stratégie la plus performante est la stratégie de vente d'actifs obligataires de façon à maintenir la réserve de capitalisation. En effet, cette stratégie, en maintenant la réserve de capitalisation plus longtemps par une vente combinée d'obligations en plus et moins-value, a une plus faible variation de réserve de la capitalisation que les autres.

5.2.2 Forte baisse des taux

Motivation

Ici de façon inverse au contexte de hausse des taux, nous choisissons une situation de baisse des taux de -200 points de base, en effet une forte baisse des taux entraînerait une forte hausse de la valeur des obligations, l'assureur se retrouverait donc avec un plus grand nombre d'obligations en plus-value et moins en moins-value. Certaines de nos stratégies tenant compte des obligations en moins-value, nous observerons l'impact de nos stratégies.

Analyse des résultats

Nous observons des ratios de solvabilité assez proches :

Vente en plus-value	Vente neutre	Vente en moins-value	Vente de courte maturité
311,2%	311,2%	310,4%	307,7%

TABLE 5.11 – Ratios obtenus par stratégie dans un contexte de forte baisse des taux

Cela peut s'expliquer par le fait qu'avec une forte baisse des taux, notre portefeuille se retrouve avec un grand nombre d'obligations en plus-value, et dans un tel contexte, la vente au prorata des obligations produit des résultats se rapprochant de ceux de la vente prioritaire de nos actifs obligataires en plus-value.

Une observation des variations en terme de réserve de capitalisation entre le scénario central et celui avec choc modulaire de SCR de rachat massif permet de s'en convaincre :

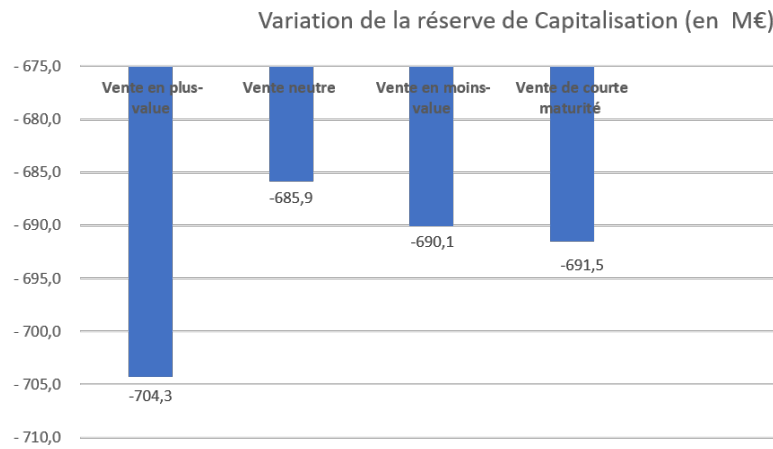


FIGURE 5.18 – Variation de la réserve de capitalisation par stratégie en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte de forte baisse des taux

Les variations de réserve de capitalisation proches et négatives montrent bien que toutes les stratégies ont alimenté globalement de façon positive la réserve de capitalisation, réduisant ainsi le risque de rachat et confirmant l'analyse.

Conclusion

Dans un contexte de hausse des taux, les assureurs se retrouvent avec des portefeuilles contenant des obligations globalement en moins-value. Notre objectif était donc de mettre en place des stratégies sous Prophet afin de faire face aux éventuelles situations d'impasse de liquidité pouvant se présenter et d'étudier leurs impacts sur le ratio de solvabilité.

Pour ce faire, nous avons dans un premier temps pris en main Prophet et y avons implémenté des stratégies de gestion obligataire qui sont la vente en priorité des obligations en plus-value, celle en priorité des obligations en moins-value et enfin celle vendant des obligations en plus-value et en moins-value de façon à maintenir la réserve de capitalisation.

Ensuite, nous avons étudié et expliqué l'impact de ces stratégies sur le ratio de solvabilité en comparaison de la stratégie utilisée au sein de PREDICA, celle de vente priorisant les obligations de courte maturité, en sélectionnant d'une part la réserve de capitalisation, les chargements sur produits financiers et les frais de gestion comme indicateur du SCR et d'autre part la VIF associée à l'euro, la marge de risque comme indicateur des fonds propres ainsi que le Best Estimate pour étudier l'impact sur le passif.

Nous avons constaté que le choix des titres à céder lors du choc modulaire de SCR de rachat permettait d'améliorer la solvabilité de l'assureur de 3300 bp pour la stratégie la plus performante.

Les stratégies améliorant le plus le ratio étaient, en premier, celle priorisant la vente d'actifs obligataires en plus-value, et en second, celle maintenant ou augmentant la réserve de capitalisation. Cette amélioration résulte d'une diminution des rachats massifs. Ce résultat s'explique principalement par le fait que ces stratégies augmentent la réserve de capitalisation d'un montant plus élevé que celui de la perte engendrée par le choc modulaire de SCR de rachat, en particulier celui de première année.

Enfin, nous avons réalisé des tests de sensibilité dans des scénarios de forte hausse et de forte baisse des taux afin d'observer la performance de nos stratégies en situation avec peu d'obligations en plus-value, mais également en situation avec peu d'obligations en moins-value.

Nous avons constaté que, dans un contexte de forte hausse des taux, nos stratégies présentaient toujours de meilleures performances par rapport à celles implémentées pré-

cédemment, améliorant le ratio de solvabilité de 2200bp pour la meilleure stratégie.

Les stratégies les plus performantes dans ce contexte sont la vente priorisant les obligations en plus-value et celle maintenant la réserve de capitalisation, cette performance résulte essentiellement d'une accumulation de richesse suffisamment grande pour faire face aux pertes engendrées par les différents chocs, en particulier, lors de la première année. La meilleure stratégie étant celle vendant de façon à maintenir la réserve de capitalisation, suivie de celle priorisant les ventes en plus-value, sa performance résultant de ce qu'avec pas assez d'obligations en plus-value, elle entraînait une plus faible variation de la réserve de capitalisation.

Annexe A

A.1 Fonctionnement de l'algorithme de vente en plus-value

Si les obligations du Pool sont globalement en moins-value :

Pour la variable **seg** allant du segment 1 au nombre de segments :

Si le segment est un segment d'actifs obligataires :

Si le segment est en plus-value :

$\text{bondeligiblec1} = \text{bondeligiblec1} + \text{valeur de marché du segment}$

Sinon :

$\text{bondeligiblec2} = \text{bondeligiblec2} + \text{valeur de marché du segment}$

Si les obligations du Pool sont globalement en moins-value et que le groupe d'actifs considérés est une obligation :

Si $\text{bondeligiblec} > 0$:

$$\text{taux de vente} = \frac{\text{Valeur cible}}{\text{bondeligiblec}}$$

Si $\text{taux de vente} > 100$ et $\text{total VM obligation} > 0$:

$$\text{taux de vente2} = \frac{\text{Valeur cible} - \text{bondeligiblec}}{\text{tot}_{VM}}$$

Où :

— tot_{VM} = total de la valeur de marché des obligations du Pool

- Valeur cible = Valeur d'actifs à vendre
- `bondeligiblec` = variable contenant la valeur de marché des obligations en plus-value
- `bondeligiblec2` = variable contenant la valeur de marché des obligations en moins-value

A.2 Fonctionnement de l'algorithme de vente neutre

Si les obligations du Pool sont globalement en moins-value :

Pour la variable `seg` allant du segment 1 au nombre de segments :

si le segment est un segment d'actifs obligataires :

si le segment est en plus-value :

$\text{bondeligiblec1} = \text{bondeligiblec1} + \text{valeur de marché du segment}$

$\text{bondpvl} = \text{bondpvl} + \text{valeur de marché du segment} - \text{valeur comptable du segment}$

sinon :

$\text{bondeligiblec2} = \text{bondeligiblec2} + \text{valeur de marché du segment}$

$\text{bondmvl} = \text{bondmvl} + \text{valeur comptable du segment} - \text{valeur de marché du segment}$

Fin du si.

Fin du si.

Fin du Pour.

Si $\text{bondeligiblec1} = 0$:

$\alpha = 0$

$\beta = 1$

Ou si $\text{bondeligiblec} > 0$ et $\text{bondpvl} = 0$:

$\alpha = 1$

$\beta = 0$

Sinon :

$\alpha = \frac{\text{bondpvl}}{\text{bondeligiblec1}}$

Fin du si.

Si $\text{bondeligiblec2} = 0$:

$$\beta = 0$$

$$\alpha = 1$$

Ou si $\text{bondeligiblec2} > 0$ et $\text{bondmvl} = 0$:

$$\beta = 1$$

$$\alpha = 1$$

Sinon :

$$\beta = \frac{\text{bondmvl}}{\text{bondeligiblec2}}$$

Fin du si.

Si les obligations du Pool sont globalement en moins-value et que la classe considérée est une obligation :

Si $\text{taux de vente} = \frac{\beta \times \text{Valeur cible}}{\alpha + \beta} > \text{bondeligiblec1}$:

Si le segment est en plus-value :

$$\text{taux de vente} = \frac{\beta \times \text{Valeur cible}}{\alpha + \beta}$$

Sinon :

$$\text{taux de vente2} = \frac{\alpha \times \text{Valeur cible}}{\alpha + \beta}$$

Sinon :

$$\text{taux de vente} = \frac{\text{Valeur cible}}{\text{bondeligiblec}}$$

Si $\text{taux de vente} > 100$ et $\text{total VM obligation} > 0$:

$$\text{taux de vente} = \frac{\text{Valeur cible} - \text{bondeligiblec}}{\text{tot}_{VM}}$$

Fin du Si.

Où :

- tot_{VM} = total de la valeur de marché des obligations du Pool
- Valeur cible = Valeur d'actifs à vendre
- bondeligiblec = variable contenant la valeur de marché des obligations en plus-value
- bondeligiblec2 = variable contenant la valeur de marché des obligations en moins-value

A.3 Fonctionnement de l'algorithme de vente en moins-value

Si les obligations du Pool sont globalement en moins-value :

Pour la variable seg allant du segment 1 au nombre de segments :

si le segment est un segment d'actifs obligataires :

si le segment est en plus-value :

$$\text{bondeligiblec1} = \text{bondeligiblec1} + \text{valeur de marché du segment}$$

sinon :

$$\text{bondeligiblec2} = \text{bondeligiblec2} + \text{valeur de marché du segment}$$

Fin du si.

Fin du si.

Fin du Pour.

Fin du Si.

Si les obligations du Pool sont globalement en moins-value et que le groupe d'actifs considérés est une obligation :

Si $\text{bondeligiblec} < 0$:

$$\text{taux de vente} = \frac{\text{Valeur cible}}{\text{bondeligiblec2}}$$

Si $\text{taux de vente} > 100$ et $\text{total VM obligation} > 0$:

$$\text{taux de vente2} = \frac{\text{Valeur cible} - \text{bondeligiblec2}}{\text{tot}_{VM}}$$

Fin du Si

Où :

- tot_{VM} = total de la valeur de marché des obligations du Pool
- Valeur cible = Valeur d'actifs à vendre
- bondeligiblec = variable contenant la valeur de marché des obligations en plus-value
- bondeligiblec2 = variable contenant la valeur de marché des obligations en moins-value

Table des figures

1	Allocation des actifs au 31/12/2023	vi
2	Répartition des obligations en fonction de leurs notations au 31/12/2023	vi
3	Allocation des passifs au 31/12/2023	vi
4	Variation de la réserve de capitalisation dans un contexte économique normal	viii
5	Variation des chargements sur produits financiers par stratégie dans un contexte économique normal	viii
6	Variation des frais de gestion par stratégie dans un contexte économique normal	ix
7	Asset allocation at 31/12/2023	xiv
8	Distribution of bonds by rating at 31/12/2023	xiv
9	Liability allocation at 31/12/2023	xiv
10	Change in the capitalisation reserve in a normal economic context	xvi
11	Change in charges on financial products by strategy under normal economic conditions	xvi
12	Change in management expenses by strategy in a normal economic context	xvii
2.1	Bilan prudentiel sous Solvabilité II	16
2.2	Schéma Pieuvre, représentatif des différents modules et sous-modules du SCR	17
3.1	Représentation des différents flux financiers par produits	32
3.2	Évolution du cash	33
4.1	Allocation des actifs au 31/12/2023	40
4.2	Répartition des obligations en fonction de leurs notations au 31/12/2023	40
4.3	Allocation des passifs au 31/12/2023	40
4.4	Variation de la réserve de capitalisation par stratégie en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte économique normal	47
4.5	Variation des chargements sur produits financiers par stratégie en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte économique normal	48
4.6	Variation des frais de gestion par stratégie en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte économique normal	49

4.7	Rachats dynamiques par stratégie en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte économique normal	51
5.1	Variation de la réserve de capitalisation en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte de forte hausse des taux . . .	55
5.2	Variation des Chargements sur produits financiers en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte de forte hausse des taux	56
5.3	Variation des frais de gestion en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte de forte hausse des taux	56
5.4	Variation de la réserve de capitalisation en scénario avec choc modulaire de SCR de hausse des taux dans un contexte de forte hausse des taux . .	58
5.5	Variation des chargements sur produits financiers en scénario avec choc modulaire de SCR de hausse des taux dans un contexte de forte hausse des taux	58
5.6	Variation des frais de gestion en scénario avec choc modulaire de SCR de hausse des taux dans un contexte de forte hausse des taux	59
5.7	Variation de la réserve de capitalisation en scénario avec choc modulaire de SCR action de type 1 dans un contexte de forte hausse des taux . . .	60
5.8	Variation des chargements sur produits financiers en scénario avec choc modulaire de SCR action de type 1 dans un contexte de forte hausse des taux	60
5.9	Variation des frais de gestion en scénario avec choc modulaire de SCR action de type 1 dans un contexte de forte hausse des taux	61
5.10	Rachats dynamiques par stratégie en scénario central dans un contexte de forte hausse des taux	64
5.11	Rachats structurels par stratégie en scénario central dans un contexte de forte hausse des taux	64
5.12	Rachats dynamiques par stratégie en scénario avec choc modulaire de SCR de hausse de taux dans un contexte de forte hausse des taux	65
5.13	Rachats structurels par stratégie en scénario avec choc modulaire de SCR de hausse de taux dans un contexte de forte hausse des taux	65
5.14	Rachats dynamiques par stratégie en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte de forte hausse des taux	66
5.15	Rachats structurels par stratégie en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte de forte hausse des taux	66
5.16	Rachats dynamiques par stratégie en scénario avec choc modulaire de SCR action de type 1 dans un contexte de forte hausse des taux	67
5.17	Rachats structurels par stratégie en scénario avec choc modulaire de SCR action de type 1 dans un contexte de forte hausse des taux	67
5.18	Variation de la réserve de capitalisation par stratégie en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte de forte baisse des taux	69

Liste des tableaux

1	Ratios obtenus par stratégie dans un contexte économique normal	viii
2	Ratios obtenus par stratégie dans un contexte de forte hausse des taux . .	x
3	Ratios obtenus par stratégie dans un contexte de forte baisse des taux . .	x
4	Ratios obtained by strategy in a normal economic context	xvi
5	Ratios obtained by strategy in a context of a sharp rise in interest rates .	xvii
6	Ratios obtained by strategy in a context of a sharp fall in interest rates .	xviii
4.1	Ratios obtenus par stratégie dans un contexte économique normal	45
4.2	Réserve de capitalisation en scénario central dans un contexte économique normal	45
4.3	Chargements sur produits financiers en scénario central dans un contexte économique normal	45
4.4	Frais de gestion en scénario central dans un contexte économique normal .	46
4.5	Réserve de capitalisation en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte économique normal	46
4.6	Chargements sur produits financiers en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte économique normal	46
4.7	Frais de gestion en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte économique normal	46
4.8	VIF Euro par stratégie dans un contexte économique normal	49
4.9	Marge de risque par stratégie dans un contexte économique normal	50
4.10	Best Estimate par stratégie dans un contexte économique normal	50
4.11	Best Estimate par stratégie en scénario avec choc modulaire de SCR de rachat massif dans un contexte économique normal	50
5.1	Ratios obtenus par stratégie dans un contexte de forte hausse des taux . .	54
5.2	SCR de rachat massif par stratégie dans un contexte de forte hausse des taux	54
5.3	SCR de taux dans un contexte de forte hausse des taux	54
5.4	SCR action dans un contexte de forte hausse des taux	54
5.5	VIF Euro par stratégie dans un contexte de forte hausse des taux	62
5.6	Marge de risque par stratégie dans un contexte de forte hausse des taux .	62
5.7	Best Estimate par stratégie dans un contexte de forte hausse des taux . .	63
5.8	Best Estimate par stratégie dans un contexte de forte hausse des taux . .	63

5.9	Best Estimate par stratégie dans un contexte de forte hausse des taux . .	63
5.10	Best Estimate par stratégie dans un contexte de forte hausse des taux . .	64
5.11	Ratios obtenus par stratégie dans un contexte de forte baisse des taux . .	68

Bibliographie

- [Barbe, 2019] BARBE, F. (2019). Préparation à la hausse des taux - le cas d'une société d'assurance vie.
- [Bodin, 2021a] BODIN, E. (2021a). *Documentation des modèles PREDICA, Document A - Modélisation des actifs.*
- [Bodin, 2021b] BODIN, E. (2021b). *Documentation des modèles PREDICA, Document B - Modélisation des passifs.*
- [Bodin, 2022a] BODIN, E. (2022a). *Documentation des modèles PREDICA, Document C - Modélisation des interactions actif-passif.*
- [Bodin, 2022b] BODIN, E. (2022b). *Documentation des modèles PREDICA, Document E1 - METHODOLOGIES SOLVABILITE 2.*
- [B.R.I, 2010] B.R.I (2010). Bâle iii : dispositif international de mesure, normalisation et surveillance du risque de liquidité.
- [B.R.I, 2013] B.R.I (2013). Bâle iii : Ratio de liquidité à court terme et outils de suivi du risque de liquidité.
- [B.R.I, 2014] B.R.I (2014). Bâle iii : Ratio structurel de liquidité à long terme.
- [economie.gouv.fr, 2024] ECONOMIE.GOUV.FR (2024). Qu'est-ce que l'assurance-vie ?
- [EIOPA, 2021] EIOPA (2021). 2021 insurance stress test report.
- [Evano,] EVANO, F. Application de mesure de risque. Introduction à Solvabilité II.
- [JOLY, 2022] JOLY, A. (2022). Taux bas, remontée des taux : quel avenir pour les fonds euros ?
- [la finance pour tous, 2023] la finance pour TOUS (2023). : La gestion du risque de liquidité.
- [LEIGNEL, 2012] LEIGNEL, A. (2012). L'évolution de la gestion du risque de liquidité sur les marchés depuis 2008.
- [OUADEIH, 2018] OUADEIH, M. A. (2018). Implémentation d'une nouvelle méthode de modélisation des flux de passif d'un contrat Épargne dans un modèle alm et comparaison avec la méthode "flexing".
- [SARR, 2017] SARR, A. (2017). Création de valeur à travers des stratégies dynamiques d'allocation d'actifs sous solvabilité 2 : Modèle alm prophète als.
- [TOULLET, 2017] TOULLET, A. (2017). Modélisation et couverture du rachat total en épargne indivisuelle.