



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

25 mars 2021

Par : Valérie LE BELLEC

Titre : Analyse d'impacts de la révision 2020 de Solvabilité II

Confidentialité : Oui 2 ans

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

**Membres présents du jury de l'Institut
des Actuaire :**

Marielle DE LA SALLE

Stève BAUMANN

Brice BALAGOUROU

Etienne FLICHY

Anthony NAHELOU

Signatures :

Entreprise :

FORSIDES FRANCE

Signature :

Membre présent du jury de l'EURIA :

Catherine RAINER

Signature :

Directeur de mémoire en entreprise :

Vincent MARTINOT

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

En 2019, la Commission Européenne a mandaté l'EIOPA dans le cadre de la révision 2020 de la Directive Solvabilité II. Ce mémoire se focalise sur trois thématiques de la révision : l'extrapolation de la courbe des taux sans risque, l'ajustement pour volatilité et les chocs de taux d'intérêt appliqués pour le calcul du SCR en formule standard.

Dans un premier temps, le cadre actuel de Solvabilité II est décrit afin de contextualiser et d'introduire les enjeux de la révision. Ensuite, les propositions faites par l'EIOPA pour résoudre les problématiques actuelles liées à ces trois sujets sont mises en oeuvre afin d'analyser leurs impacts sur la solvabilité et le bilan prudentiel des assureurs.

La courbe des taux sans risque est extrapolée à partir de trois paramètres : le dernier point liquide, l'UFR et la période de convergence. L'EIOPA a envisagé un éloignement du dernier point liquide afin de pallier la sous-estimation des provisions techniques. Ce mémoire analyse les impacts de la modification des différents paramètres de l'extrapolation sur la solvabilité des assureurs.

L'ajustement pour volatilité lisse les effets des mouvements de *spreads* sur le bilan prudentiel via un ajustement de la courbe des taux sans risque permettant l'actualisation. Sous sa forme actuelle, l'ajustement n'est pas cohérent avec ses objectifs, deux approches de calcul sont proposées par l'EIOPA pour y remédier.

Le calcul du besoin en capital pour se couvrir du risque de taux d'intérêt est basé sur l'application de chocs de taux. Les chocs actuels ne s'appliquent pas aux taux d'intérêt négatifs et sous-estiment le risque de taux, en particulier dans un contexte de taux bas. Pour y remédier, la méthode *shifted approach* proposée par l'EIOPA est appliquée afin d'analyser ses effets sur la solvabilité des assureurs.

Mots clefs: Solvabilité II, révision 2020, courbe des taux sans risque, dernier point liquide, ajustement pour volatilité, chocs de taux d'intérêt

Abstract

In 2019, the European Commission mandated EIOPA as part of the 2020 revision of the Solvency II Directive. This paper focuses on three themes of the review : the extrapolation of the risk-free interest rate term structure, the volatility adjustment and the interest rate shocks applied for the calculation of the SCR in the standard formula.

First, the current Solvency II framework is described in order to contextualize and introduce the stakes of the review. Then, the proposals made by EIOPA to resolve the current issues related to these three subjects are implemented in order to analyze their impacts on the solvency and prudential balance of insurers.

The risk-free rate curve is extrapolated from three parameters : the last liquid point, the UFR and the convergence period. EIOPA has considered an extension of the last liquid point in order to compensate for the underestimation of technical provisions. This paper analyzes the impacts of modifying the various extrapolation parameters on the solvency of insurers.

The volatility adjustment limits the effects of movements in spreads on the prudential balance sheet by adjusting the risk-free rate curve used for discounting. In its current form, the adjustment is not consistent with its objectives, two calculation approaches are proposed by EIOPA to remedy this.

The calculation of the capital requirement to hedge against interest rate risk is based on the application of rate shocks. The current shocks do not apply to negative interest rates and underestimate the interest rate risk in a low interest rate environment. To remedy this, the so-called shifted approach method is applied in order to analyze its effects on the solvency of insurers.

Keywords: Solvency II, 2020 review, risk free yield curve, last liquid point, Volatility Adjustment, interest rate shocks

Note de synthèse

Contexte et problématique

La Commission Européenne a mandaté l'EIOPA dans le cadre de la révision 2020 de Solvabilité II. Pour répondre à cette demande, l'EIOPA publie un rapport de consultation le 15 octobre 2019 [7]. Ce rapport contient une liste de propositions d'améliorations du cadre actuel de Solvabilité II. L'objectif de ce mémoire est d'analyser certains impacts de la mise en place de ces propositions. Les sujets abordés sont l'extrapolation de la courbe des taux sans risque, le *Volatility Adjustment*, et les chocs de taux appliqués pour le calcul du SCR en formule standard. Les propositions étudiées sont appliquées à un portefeuille de contrats d'épargne en euro.

Extrapolation de la courbe des taux sans risque

La courbe des taux sans risque est un élément essentiel de Solvabilité II qui affecte à la fois l'actif et le passif d'un assureur vie. Afin que la courbe soit cohérente avec les taux observés sur le marché, elle est construite à partir d'instruments financiers issus d'un marché profond, liquide et transparent. Lorsque le marché ne respecte plus ce critère, les taux sont obtenus par extrapolation, à l'aide de la méthode Smith Wilson. Le critère de profondeur, liquidité et transparence du marché définit le premier paramètre nécessaire à l'extrapolation : le dernier point liquide (LLP : *Last Liquid Point*). Deux autres paramètres sont nécessaires pour réaliser l'extrapolation : l'UFR et le point de convergence. L'UFR permet de définir le taux vers lequel les taux *forwards* convergent au-delà du point de convergence. Pour l'euro, la méthode Smith Wilson est appliquée au taux de *swaps* interbancaires. Le fonctionnement de cette méthode est illustré sur le graphique suivant, la courbe des taux sans risque du 31/12/2019 est extrapolée à partir des paramètres retenus par l'EIOPA à cette date.

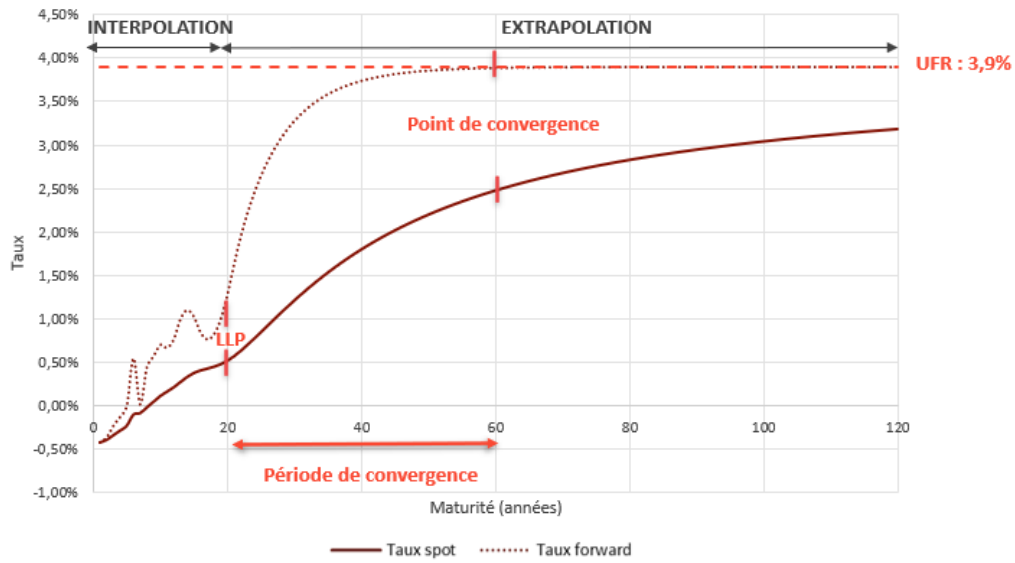


FIGURE 1 – Extrapolation de la courbe des taux sans risque au 31/12/2019

Dans le rapport de consultation, l'EIOPA met en avant une mauvaise cohérence des taux sans risque avec les taux observés sur le marché des *swaps* interbancaires pour les maturités supérieures au dernier point liquide. Les taux extrapolés sont trop élevés et en conséquence, les provisions techniques sont sous-estimées. Pour y remédier, elle propose de conserver le dernier point liquide à 20 ans en ajoutant des exigences dans les piliers 2 et 3 de Solvabilité II ou d'éloigner le dernier point liquide à 30 ans ou à 50 ans. Elle propose également de réaliser l'extrapolation à l'aide d'une méthode alternative prenant en compte les données du marché entre 20 ans et 50 ans, en fonction de la liquidité du marché à ces maturités. Les courbes des taux sans risque extrapolées à partir de ces options sont présentées ci-dessous. La courbe extrapolée à partir du dernier point liquide à 20 ans correspond au scénario central, avec les paramètres d'extrapolation retenus par l'EIOPA au 31/12/2019.

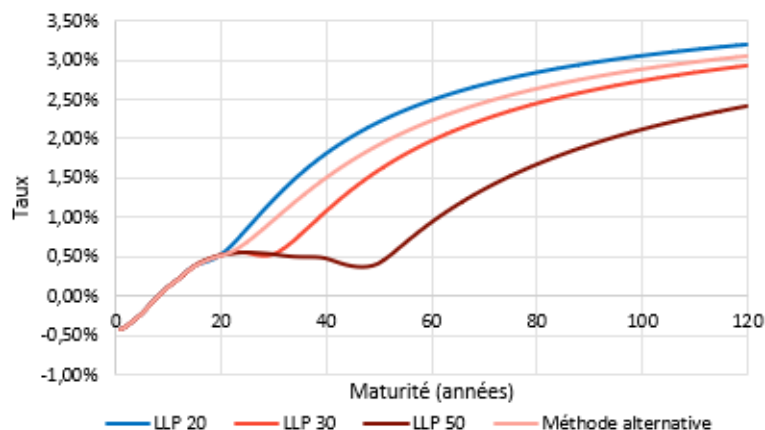


FIGURE 2 – Courbes au 31/12/2019 extrapolées avec les différentes propositions de l’EIOPA (UFR : 3.9%, point de convergence : 60 ans)

La modification des deux autres paramètres de l’extrapolation n’est pas proposée dans le cadre de la révision, mais pourrait être envisagée dans le futur. Une diminution de l’UFR de 3.9% à 2.4% et un éloignement du point de convergence de 60 ans à 100 ans (soit une augmentation de la durée de la période de convergence de 40 ans) sont donc étudiés conjointement à un éloignement du dernier point liquide.

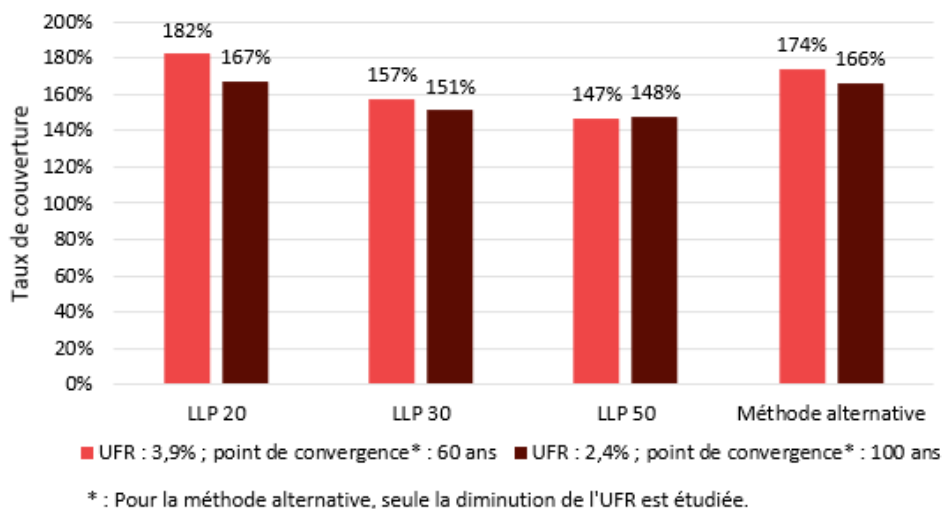


FIGURE 3 – Taux de couverture obtenus pour les différentes propositions de l’EIOPA, en faisant varier le niveau de l’UFR et le point de convergence (excepté pour la méthode alternative)

Éloigner le dernier point liquide a un impact très défavorable sur le ratio de couverture, c'est le paramètre qui a le plus d'influence sur le ratio. Extrapoler la courbe à l'aide de la méthode alternative a moins d'impact sur le ratio de couverture que d'éloigner le dernier point liquide. Plus le dernier point liquide est éloigné, moins la diminution de l'UFR et l'augmentation de la durée de la période de convergence n'ont d'impact sur le taux de couverture. Leur impact est négligeable lorsque le dernier point liquide est éloigné à 50 ans.

Ajustement pour volatilité

Le *Volatility Adjustment* (VA), ou ajustement pour volatilité consiste en un ajustement de la partie liquide de la courbe des taux sans risque permettant le calcul du *Best Estimate*. Le VA est calculé à partir des *spreads* moyens de deux portefeuilles de référence (devise et pays). Cet ajustement permet de lisser les effets des mouvements de *spreads* sur le bilan prudentiel des assureurs et de limiter les comportements d'investissement pro-cycliques sur les marchés financiers. Le VA vise également à être une prime d'illiquidité pour des actifs adossés à des passifs illiquides.

De nombreuses lacunes ont été identifiées par l'EIOPA concernant la forme et le calcul actuels du VA. Le VA peut surestimer ou sous-estimer les effets de mouvements de *spreads* lorsque les caractéristiques du portefeuille de référence diffèrent de celles du portefeuille de l'assureur appliquant le VA. Le VA ne peut pas agir comme une prime d'illiquidité car tous les assureurs appliquent le même ajustement, quelles que soient les caractéristiques d'illiquidité de leur passif. De plus, la correction pour risque de crédit calculée est relativement stable dans le temps bien qu'en pratique elle augmente en cas de crise sur le marché obligataire. L'ajustement relatif au pays, soumis à un seuil d'activation, entraîne une forte volatilité des fonds propres lorsqu'il oscille autour du seuil.

L'EIOPA a proposé deux approches pour résoudre ces lacunes :

- Approche 1 : Le calcul du *spread* est effectué au niveau du portefeuille de référence de la devise. Le calcul de la composante pays du VA et son seuil d'activation sont modifiés.
- Approche 2 : Le calcul du *spread* n'est plus réalisé sur les portefeuilles de référence, il s'effectue au niveau du portefeuille de l'assureur.

Ces deux approches comprennent une modification du calcul de la correction pour risque de crédit, qui est évaluée en pourcentage fixe du *spread*. Les deux approches introduisent deux ratios d'application, à calculer à partir du portefeuille de l'assureur. Ces ratios permettent de prendre en compte les caractéristiques d'illiquidité des passifs, le montant d'actif à revenu fixe et le décalage de durée entre l'actif et le passif du portefeuille.

Ces deux approches présentent plusieurs avantages, elles permettent une meilleure prise en compte des caractéristiques d'illiquidité des passifs et une évaluation plus réaliste du risque de crédit. Elles limitent également l'effet de surcompensation ou sous-

compensation du VA grâce à un calcul plus spécifique au portefeuille de l'assureur. La mise en place de ces approches est complexe pour les assureurs, l'ajustement doit être calculé au niveau de chaque portefeuille et nécessite de disposer de nombreuses données de marché. Ce mémoire ne s'intéresse pas aux impacts quantitatifs de l'application de ces deux approches mais à la difficulté de leur mise en oeuvre.

Chocs de taux d'intérêt

La révision de la formule standard est intégrée à la révision 2020 de Solvabilité II bien qu'elle était initialement prévue en 2018. L'EIOPA a étudié le calibrage des chocs de taux et a identifié plusieurs lacunes de l'approche actuelle. Elle considère que le montant de fonds propres nécessaires pour faire face au risque de taux est sous-estimé. Elle met également en avant le fait que l'approche actuelle ne choque pas les taux d'intérêt négatifs, ce qui n'est pas cohérent dans le contexte économique actuel. De plus, les mouvements de taux d'intérêt observés sur le marché sont plus importants que ceux des taux d'intérêt choqués.

L'EIOPA propose une nouvelle approche pour choquer les taux d'intérêt, cette approche consiste à appliquer une composante additive et une composante multiplicative afin de choquer les taux d'intérêt. Les chocs préconisés par l'EIOPA sont appliqués à la courbe des taux sans risque au 31/12/2019 sur le graphique ci-dessous.

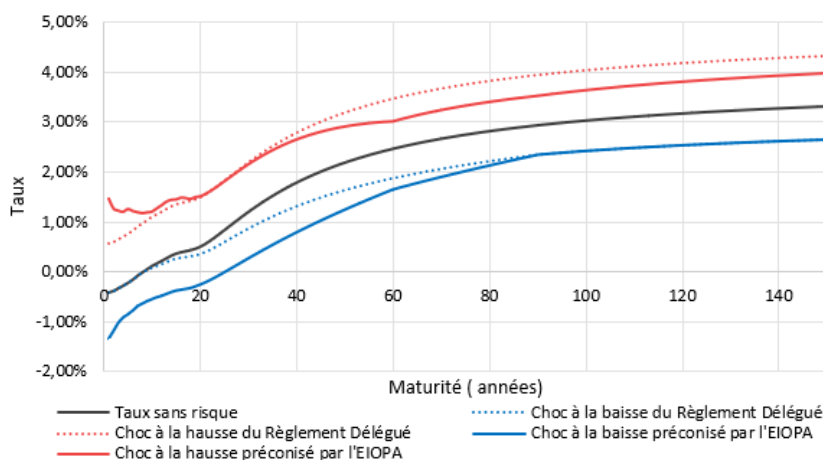


FIGURE 4 – Comparaison des courbes des taux choqués avec les chocs du Règlement Délégué et les chocs préconisés par l'EIOPA au 31/12/2019

Les composantes appliquées aux taux sans risque sont calibrées sur les taux sans risque entre 1999 et 2018 jusqu'au dernier point liquide et sont ensuite interpolées. Cette approche est donc adaptée aux propositions faites par l'EIOPA sur l'extrapolation de la courbe des taux. Les taux de couverture obtenus en appliquant cette approche pour les

différentes options retenues pour l'extrapolation sont présentés dans le graphique suivant. L'impact d'une diminution de l'UFR et d'un éloignement du point de convergence est également étudié.

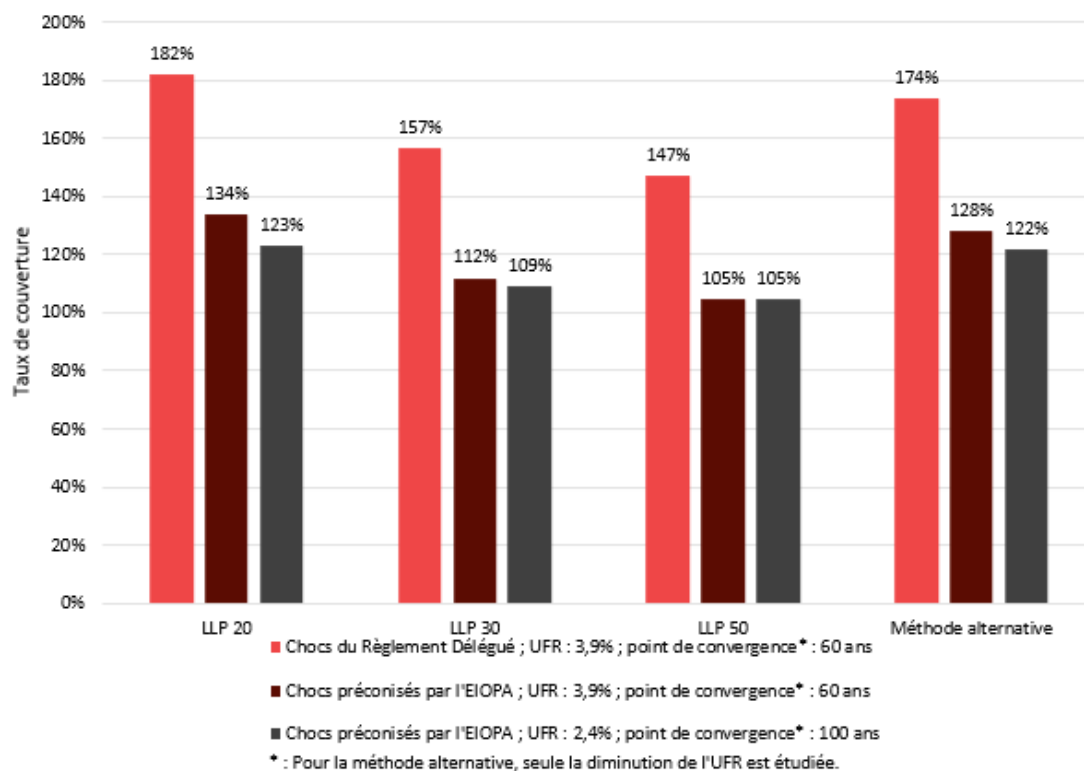


FIGURE 5 – Taux de couverture obtenus pour les différentes propositions de l'extrapolation, avec les chocs du Règlement Délégué et les chocs préconisés par l'EIOPA

L'application des chocs préconisés par l'EIOPA a un impact très défavorable sur le taux de couverture, quelle que soit l'option retenue pour l'extrapolation de la courbe des taux sans risque. En cas d'éloignement du dernier point liquide, la perte est très importante, le niveau du ratio devient préoccupant. L'application de ces chocs combinée à un éloignement du dernier point liquide peut mettre en difficulté de nombreux assureurs. Ce graphique montre également l'impact d'une modification des deux autres paramètres de l'extrapolation. La diminution de l'UFR et l'éloignement du point de convergence ont moins d'influence sur le ratio en cas d'application des chocs préconisés par l'EIOPA. L'impact est négligeable lorsque le dernier point liquide est éloigné à 30 ans ou à 50 ans.

Conclusion

L'EIOPA a proposé d'éloigner le dernier point liquide ou d'utiliser la méthode alternative pour réaliser l'extrapolation de la courbe des taux sans risque. Un éloignement du dernier point liquide est très défavorable sur le portefeuille considéré. La méthode alternative a moins d'impact sur le ratio de couverture qu'un éloignement du dernier point liquide. L'influence du niveau de l'UFR et de la durée de la période de convergence diminue avec l'éloignement du dernier point liquide. Avec un dernier point liquide à 50 ans, ils n'ont aucun impact sur le ratio de couverture.

Les approches proposées par l'EIOPA afin de revoir le calcul de l'ajustement pour volatilité permettent de résoudre certaines lacunes identifiées par l'EIOPA. Elles permettent notamment de limiter l'effet de sous-compensation ou surcompensation de l'ajustement lorsque les caractéristiques du portefeuille de l'assureur divergent de celles du portefeuille de référence. Les approches proposent un ajustement spécifique à chaque portefeuille et sont donc difficiles à mettre en oeuvre. Les calculs sont complexes et de nombreuses données de marché sont nécessaires au calcul de l'ajustement.

L'application des chocs préconisés par l'EIOPA a un impact très élevé et très défavorable sur le ratio de couverture. Si le dernier point liquide est éloigné en cas d'application de ces chocs, les pertes sont très importantes. Sur le portefeuille considéré, le niveau du ratio devient préoccupant en cas d'éloignement du dernier point liquide à 30 ans ou à 50 ans. Le niveau de l'UFR et la durée de la période de convergence ont moins d'influence sur le ratio de couverture en cas d'application des chocs préconisés par l'EIOPA. Leur impact est négligeable lorsque le dernier point liquide est éloigné à 30 ans ou à 50 ans.

Mots clefs: Solvabilité II, révision 2020, courbe des taux sans risque, dernier point liquide, ajustement pour volatilité, chocs de taux d'intérêt

Summary

Context and issues

The European Commission has mandated EIOPA as part of the 2020 revision of Solvency II. In response to this request, EIOPA publishes a consultation report on October 15, 2019 [7]. This report contains a list of proposals for improvements to the current Solvency II framework. The objective of this paper is to analyze some of the impacts of the implementation of these proposals. The topics addressed are the extrapolation of the risk-free yield curve, the Volatility Adjustment, and the rate shocks applied for the calculation of the SCR in the standard formula. The proposals studied are applied to a portfolio of savings contracts in euros.

Extrapolation of the risk-free yield curve

The risk-free yield curve is an essential element of Solvency II that affects both the assets and liabilities of a life insurer. In order for the curve to be consistent with the rates observed on the market, it is constructed using financial instruments from a deep, liquid and transparent market. When the market no longer meets this criterion, rates are obtained by extrapolation, using the Smith Wilson method. The depth, liquidity and transparency criterion of the market defines the first parameter necessary for extrapolation : the last liquid point (LLP). Two other parameters are necessary to perform the extrapolation : the UFR and the convergence point. The UFR is used to define the rate towards which the forwards rates converge beyond the convergence point. For the euro, the Smith Wilson method is applied to interbank swap rates. The Smith Wilson method is illustrated on the following graph, the risk-free rate curve for 31/12/2019 is extrapolated from the parameters used by the EIOPA at that date.

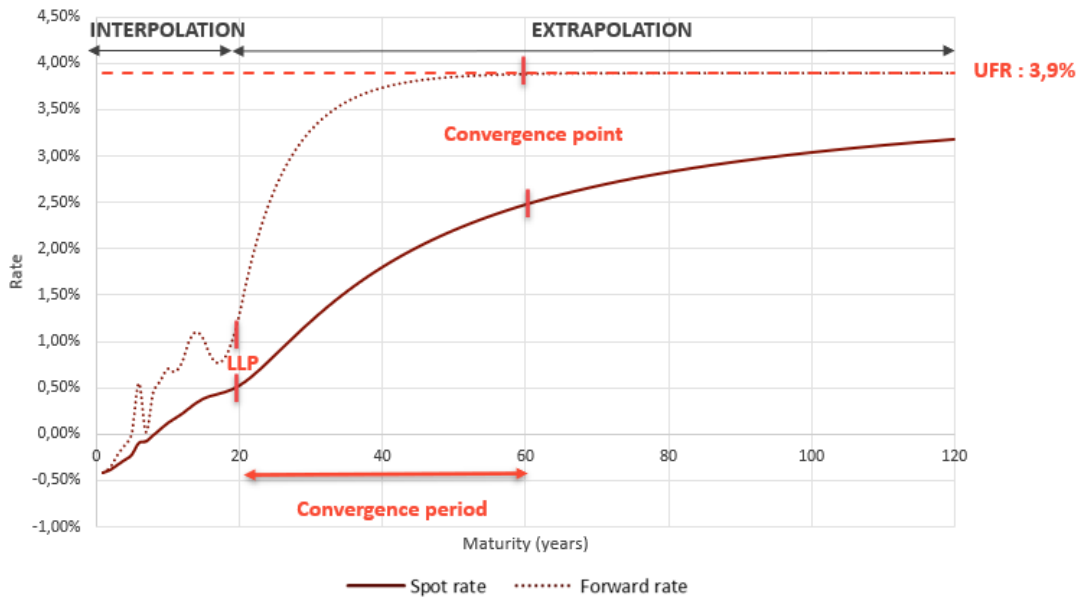


FIGURE 6 – Extrapolation of the risk-free yield curve at 31/12/2019

In the consultation paper, EIOPA highlights a poor consistency of risk-free rates with the rates observed on the interbank swap market for maturities above the last liquid point. The extrapolated rates are too high and consequently the technical provisions are underestimated. To remedy this, it proposes to keep the last liquid point at 20 years by adding requirements in pillars 2 and 3 of Solvency II or to move away the last liquid point at 30 or 50 years. It also proposes to carry out the extrapolation using an alternative method taking into account market data between 20 years and 50 years, depending on the market liquidity at these maturities. The risk-free rate curves extrapolated from these options are shown below. The curve extrapolated from the last liquid point at 20 years corresponds to the central scenario, with the extrapolation parameters retained by EIOPA as of 31/12/2019.

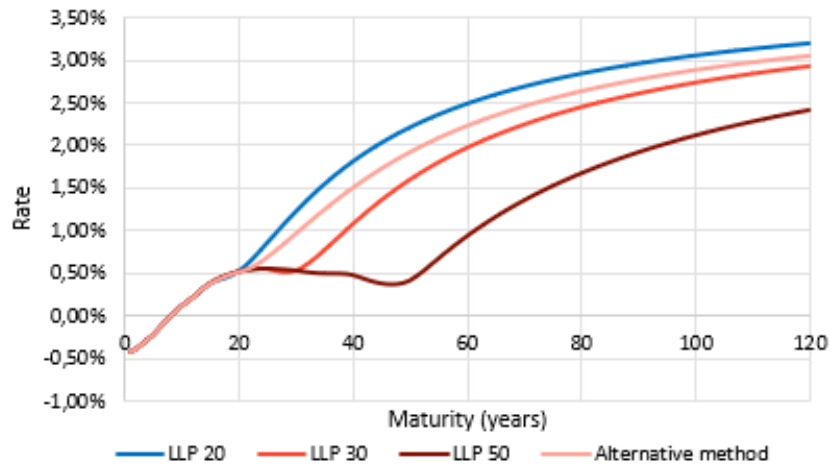


FIGURE 7 – Curves at 31/12/2019 extrapolated with the different EIOPA proposals (UFR : 3.9%, convergence point : 60 years)

The modification of the other two parameters of the extrapolation is not proposed as part of the review, but could be considered in the future. A decrease in the UFR from 3.9% to 2.4% and a distance from the point of convergence from 60 years to 100 years (i.e. an increase in the length of the convergence period of 40 years) are therefore studied in conjunction with a remoteness of the last liquid point.

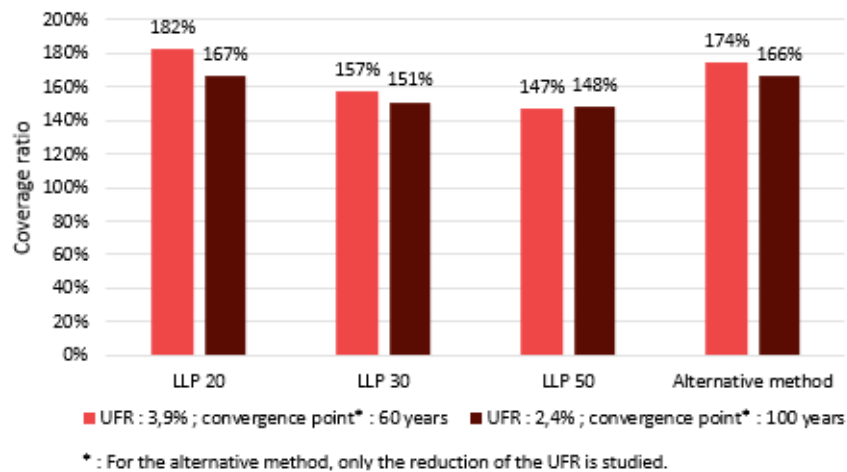


FIGURE 8 – coverage ratios obtained for the different EIOPA proposals, by varying the level of the UFR and the length of the convergence period (except for the alternative method)

Removing the last liquid point has a very unfavorable impact on the coverage ratio, it is the parameter that has the most influence on the ratio. Extrapolating the curve using the alternative method has less impact on the coverage ratio than moving the last liquid point away. The more distant the last liquid point, the less the decrease in the UFR and the increase in the duration of the convergence period have an impact on the coverage rate. Their impact is negligible when the last liquid point is at 50 years.

Volatility adjustment

The *Volatility Adjustment* (VA), or adjustment for volatility consists of an adjustment of the liquid part of the risk-free yield curve allowing the calculation of the *Best Estimate*. The VA is calculated from the average *spreads* of two reference portfolios (currency and country). This adjustment smoothes the effects of *spreads* movements on the prudential balance sheet of insurers and limits pro-cyclical investment behaviour on the financial markets. The VA also aims to be an illiquidity premium for assets backed by illiquid liabilities.

Many deficiencies have been identified by EIOPA regarding the current form and calculation of VA. The VA may overestimate or underestimate the effects of spread movements when the characteristics of the reference portfolio differ from those of the portfolio of the insurer applying the VA. The VA cannot act as a liquidity premium because all insurers apply the same adjustment regardless of the illiquidity characteristics of their liabilities. In addition, the calculated credit risk adjustment is relatively stable over time, although in practice it increases in the event of a crisis in the bond market. The country-specific adjustment, which is subject to an activation threshold, leads to high volatility of own funds when it oscillates around the threshold.

EIOPA has proposed two approaches to address these deficiencies :

- Approach 1 : Spread calculation is performed at the level of the currency's reference portfolio. The calculation of the country component of the PV and its activation threshold are modified.
- Approach 2 : The spread calculation is no longer carried out on the reference portfolios, it is carried out at the level of the insurer's portfolio.

Both approaches include a change in the calculation of the credit risk adjustment, which is assessed as a fixed percentage of the spread. Both approaches introduce two application ratios, to be calculated from the insurer's portfolio. These ratios take into account the illiquidity characteristics of the liabilities, the amount of fixed income assets and the duration mismatch between assets and liabilities in the portfolio.

These two approaches have several advantages : they allow better consideration of the illiquidity characteristics of liabilities and a more realistic assessment of credit risk. They also limit the effect of over- or under-compensation of the VA thanks to a calculation that is more specific to the insurer's portfolio. The implementation of these approaches

is complex for insurers, the adjustment must be calculated at the level of each portfolio and requires a large amount of market data. This paper does not focus on the quantitative impacts of the application of these two approaches but on the difficulty of their implementation.

Interest rate shocks

The revision of the standard formula is included in the 2020 Solvency II review although it was originally planned for 2018. EIOPA has studied the calibration of rate shocks and has identified several issues with the current approach. It considers that the amount of capital needed to address interest rate risk is underestimated. It also underlines the fact that the current approach does not shock negative interest rates, which is not consistent in the current economic context. Moreover, the interest rate movements observed on the market are larger than the shocked interest rates.

EIOPA proposes a new approach to shock interest rates, this approach consists of applying an additive and a multiplicative component to shock interest rates. The shocks recommended by the EIOPA are applied to the risk-free rate curve on 31/12/2019 on the graph below.

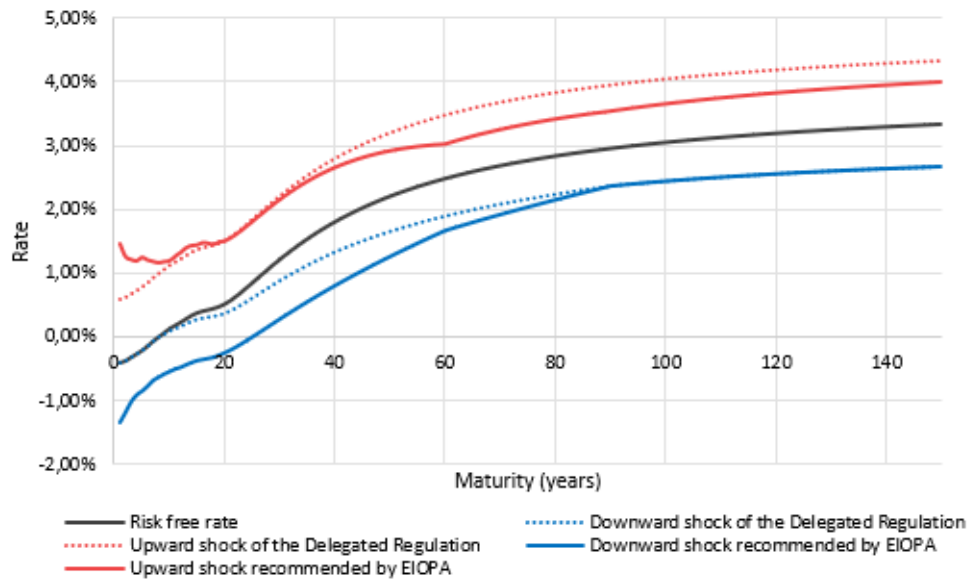


FIGURE 9 – Comparison of the shocked rate curves with the shocks of the Delegated Regulation and the shocks recommended by EIOPA as of 31/12/2019

The components applied to the risk-free rates are calibrated to the risk-free rates between 1999 and 2018 up to the last liquid point and are then interpolated. This approach

is therefore adapted to the proposals made by EIOPA on the extrapolation of the yield curve. The coverage rates obtained by applying this approach for the different options selected for extrapolation are presented below. The impact of a decrease in the UFR and a move away from the convergence point is also studied.

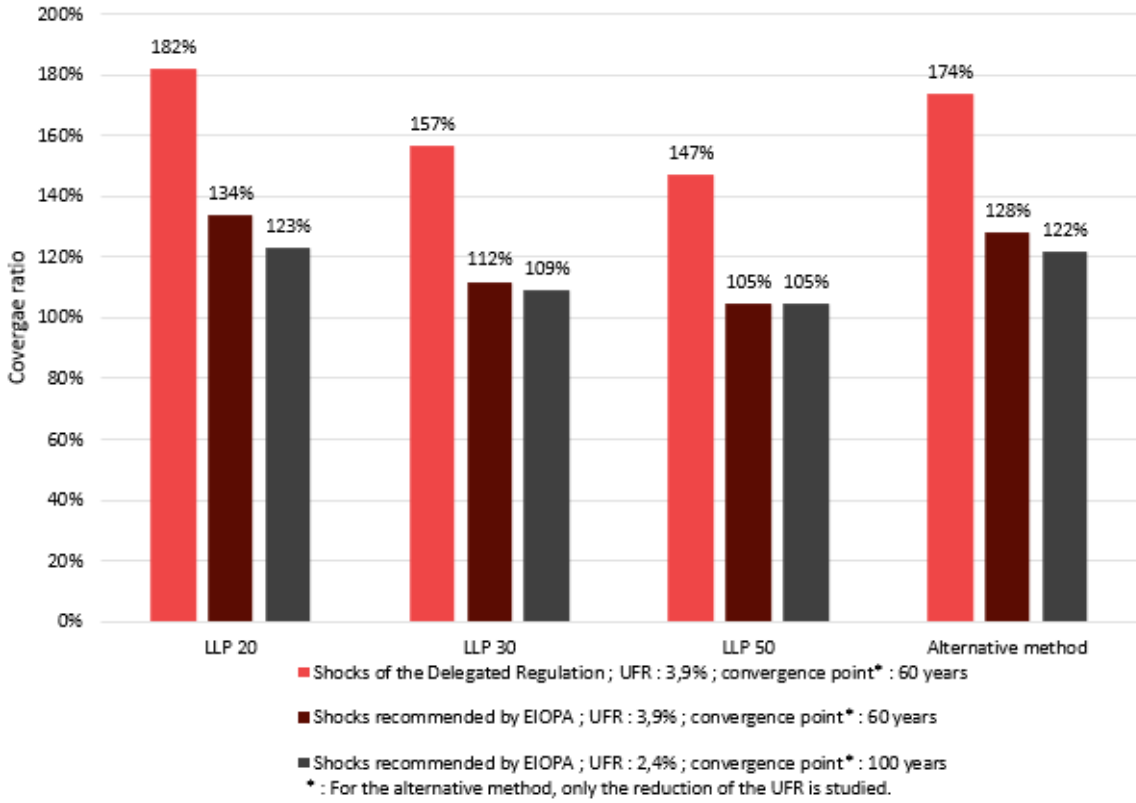


FIGURE 10 – Coverage rates obtained for the different extrapolation proposals, with the shocks of the Delegated Regulation and the shocks recommended by EIOPA

The application of the shocks recommended by EIOPA has a very unfavorable impact on the coverage ratio, regardless of the option chosen for the extrapolation of the risk-free yield curve. If the last liquid point is far away, the loss is very significant and the level of the ratio becomes worrying. The application of these shocks combined with a move away from the last liquid point can put many insurers in difficulty. This graph also shows the impact of a change in the other two extrapolation parameters. The decrease of the UFR and the distance from the convergence point have less influence on the ratio if the shocks recommended by EIOPA are applied. The impact is negligible when the last liquid point is distant at 30 or 50 years.

Conclusion

EIOPA has proposed an increase in the last liquid point or to use the alternative method for extrapolating the risk-free yield curve. Moving away from the last liquid point is very unfavourable for insurers. The alternative method has less impact on the coverage ratio than a move away from the last liquid point. The influence of the level of the UFR and the duration of the convergence period decreases with the remoteness of the last liquid point. With a last liquid point at 50 years, they have no impact on the coverage ratio.

The approaches proposed by EIOPA to review the calculation of the volatility adjustment address some of the issues identified by EIOPA. In particular, they make it possible to limit the effect of undercompensation or overcompensation of the adjustment when the characteristics of the insurer's portfolio diverge from those of the reference portfolio. The approaches propose an adjustment specific to each portfolio and are therefore difficult to implement. The calculations are complex and many market data are required to calculate the adjustment.

The application of the shocks recommended by EIOPA has a very high and unfavourable impact on the coverage ratio. If the last liquid point is far away when these shocks are applied, the losses are very high. For the portfolio studied, the level of the ratio becomes worrying if the last liquid point is moved away at 30 or 50 years. The level of the UFR and the duration of the convergence period have less influence on the coverage ratio if the shocks recommended by EIOPA are applied. Their impact is negligible when the last liquid point is at 30 or 50 years.

Keywords: Solvency II, 2020 review, risk free yield curve, last liquid point, Volatility Adjustment, interest rate shocks

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Arnaud COHEN, président de Forsides Consulting Group de m'avoir offert la possibilité de réaliser mon stage de fin d'études au sein de son équipe.

Je remercie Vincent MARTINOT, mon tuteur professionnel, pour ses conseils, son encadrement tout au long de mon stage et toutes les connaissances qu'il m'a transmises.

Je remercie Mohamed SI-HAMDI pour ses conseils et son soutien au cours de la rédaction de mon mémoire.

Je remercie Vincent SOULAS, mon tuteur universitaire, pour ses conseils.

Je remercie l'ensemble des collaborateurs de Forsides France, pour leur accueil chaleureux et leur soutien tout au long de la rédaction de mon mémoire.

Je tiens également à remercier ma famille pour son soutien tout au long de mes études et plus particulièrement durant la réalisation de mon mémoire.

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| Résumé | 1 |
| Abstract | 2 |
| Note de synthèse | 3 |
| Summary | 10 |
| Remerciements | 17 |
| Liste des abréviations | 21 |
| Introduction | 22 |
| 1 Solvabilité II | 23 |
| 1.1 Généralités sur Solvabilité II | 23 |
| 1.2 Contexte de révision | 25 |
| 1.3 Extrapolation de la courbe des taux sans risque | 26 |
| 1.3.1 Caractéristiques de la courbe des taux sans risque | 26 |
| 1.3.2 Instruments financiers utilisés | 27 |
| 1.3.3 Paramètres de l'extrapolation | 29 |
| 1.3.4 Méthode Smith Wilson | 31 |
| 1.4 <i>Volatility Adjustment</i> | 33 |
| 1.4.1 Définition et objectifs | 33 |
| 1.4.2 Portefeuilles de référence | 34 |
| 1.4.3 Données de marché | 35 |
| 1.4.4 Calcul du <i>Volatility Adjustment</i> | 36 |
| 1.4.5 Application | 37 |
| 1.5 Chocs de taux appliqués pour le calcul du SCR | 38 |
| 2 Présentation et projection du portefeuille | 43 |
| 2.1 Contrat d'épargne en euro | 43 |
| 2.2 Caractéristiques du portefeuille | 44 |
| 2.2.1 Caractéristiques du passif | 44 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 2.2.2 | Composition du portefeuille d'actifs | 45 |
| 2.2.3 | Bilan comptable | 46 |
| 2.3 | Projection du portefeuille | 47 |
| 2.3.1 | Générateur de Scénarios Économiques | 47 |
| 2.3.2 | Outil ALM | 47 |
| 2.4 | Bilan prudentiel | 51 |
| 3 | Propositions de l'EIOPA | 52 |
| 3.1 | Extrapolation de la courbe des taux sans risque | 52 |
| 3.1.1 | Enjeux de la révision | 52 |
| 3.1.2 | Options proposées par l'EIOPA | 53 |
| 3.2 | Volatility Adjustment | 57 |
| 3.2.1 | Améliorations techniques du calcul du VA | 57 |
| 3.2.2 | Défaillances dans la conception actuelle du VA | 59 |
| 3.2.3 | Options proposées par l'EIOPA | 62 |
| 3.3 | Chocs de taux | 64 |
| 3.3.1 | Enjeux de la révision | 64 |
| 3.3.2 | Option proposée par l'EIOPA | 65 |
| 4 | Impacts de l'application des propositions de l'EIOPA | 70 |
| 4.1 | Modification des paramètres de l'extrapolation de la courbe des taux sans risque | 70 |
| 4.1.1 | Scénario de référence | 72 |
| 4.1.2 | Éloignement du dernier point liquide | 73 |
| 4.1.3 | Diminution de l'UFR | 74 |
| 4.1.4 | Éloignement du point de convergence | 78 |
| 4.1.5 | Synthèse | 81 |
| 4.2 | Volatility Adjustment | 87 |
| 4.2.1 | Description des options retenues | 87 |
| 4.2.2 | Approche 1 | 94 |
| 4.2.3 | Approche 2 | 97 |
| 4.2.4 | Conclusion | 99 |
| 4.3 | Application des chocs de taux préconisés par l'EIOPA | 101 |
| 4.3.1 | Scénario de référence | 102 |
| 4.3.2 | Éloignement du dernier point liquide | 102 |
| 4.3.3 | Diminution de l'UFR | 104 |
| 4.3.4 | Éloignement du point de convergence | 105 |
| 4.3.5 | Synthèse | 107 |
| | Conclusion | 112 |
| | Table des figures | 115 |
| | Liste des tableaux | 117 |

| | |
|---|------------|
| A Matrices de corrélation | 118 |
| B Chocs de taux du Règlement Délégué | 119 |
| Bibliographie | 121 |

Liste des abréviations

ALM : *Asset and Liability Management*, Gestion actif-passif
BE : *Best Estimate*
BSCR : *Basic Solvency Capital Requirement*, le SCR de base
DLT : *Deep, Liquid and Transparent*, profond, liquide et transparent
EEE : Espace Économique Européen
EIOPA : *European Insurance and Occupational Pensions Authority*, l'autorité européenne des assurances et des pensions professionnelles
FSP : *First Smoothing Point*, premier point de lissage
GSE : Générateurs de Scénarios Économiques
LLFR : *Last Liquid Forward Rate*, dernier taux à terme liquide
LLP : *Last Liquid Point*, dernier point liquide
MCR : *Minimum Capital Requirement*
PB : Participation aux Bénéfices
PM : Provision Mathématique
PPE : Provision pour Participation aux Excédents
PRE : : Provision pour Risque d'Exigibilité
PVL : Plus-Value Latente
SALLTO : *Solvency Assets Liabilities Life Tools*, l'outil ALM de Forsides
RSR : *Regular Supervisory Report*, rapport régulier au régulateur
SCR : *Solvency Capital Requirement*
SFCR : *Solvency and Financial Conditions Report*, rapport sur la solvabilité et la situation financière
UFR : *Ultimate Forward Rate*, taux à terme à l'ultime
VA : *Volatility Adjustment*, ajustement pour volatilité
VM : Valeur de Marché

Introduction

La Directive Solvabilité II entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2016 définit les règles prudentielles applicables aux entreprises d'assurance et de réassurance de l'Union Européenne. En 2019, la Commission Européenne a mandaté l'EIOPA dans le cadre de la révision 2020 de la directive Solvabilité II. Suite à cette demande, l'EIOPA a publié un rapport de consultation (*Consultation Paper on the Opinion on the 2020 review of Solvency II* [7]) contenant une liste de conseils techniques et de propositions visant à améliorer le cadre actuel de Solvabilité II.

De nombreux thèmes sont concernés par la révision, notamment les garanties à long terme. Ces mesures, aussi appelées paquet branches longues ont été introduites par la directive Omnibus II et ont pour objectif de faciliter la transition entre Solvabilité I et Solvabilité II. Elles agissent sur la valorisation des provisions techniques liées aux engagements à long terme à l'aide de mécanismes d'ajustement de la courbe d'actualisation ou par déduction directe des provisions techniques. Le calcul du SCR en formule standard qui a déjà été étudié par l'EIOPA dans le cadre de la révision 2018 est également intégré à cette révision.

L'objectif de ce mémoire est d'analyser les impacts de la révision 2020 de la directive Solvabilité II. Trois thèmes de la révision sont étudiés : l'extrapolation de la courbe des taux sans risque et l'ajustement pour volatilité faisant partie du paquet branches longues et les chocs de taux appliqués pour le calcul du SCR en formule standard.

Dans un premier temps, le cadre actuel de Solvabilité II est décrit afin de présenter le contexte et introduire les enjeux de la révision.

La deuxième partie de ce mémoire est consacrée à la présentation du portefeuille et du modèle de projection.

En se basant sur le rapport de consultation, les enjeux de la révision et les options proposées par l'EIOPA afin d'améliorer le cadre actuel sont présentés dans la troisième partie.

La dernière partie de ce mémoire décrit la mise en place des options proposées et évalue certains impacts de ces options sur la solvabilité des assureurs et sur le bilan prudentiel.

Chapitre 1

Solvabilité II

Le 28 novembre 2009, la Directive 2009/138/CE, aussi appelée Directive Solvabilité II a été adoptée par le Parlement Européen et le Conseil de l'Union Européenne. Dès son entrée en application, deux clauses de revoyures de la directive étaient planifiées. Ce chapitre présente les principes généraux de Solvabilité II et le déroulement de la révision 2020. Afin de comprendre les enjeux de la révision, la réglementation en vigueur sur l'extrapolation de la courbe des taux sans risque, le *Volatility Adjustment* et les chocs de taux est décrite.

1.1 Généralités sur Solvabilité II

La directive Solvabilité II entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2016 est une réforme réglementaire fixant les règles applicables aux entreprises d'assurance et de réassurance de l'Union Européenne. Elle vise à harmoniser le marché de l'assurance européen et à garantir la solvabilité des assureurs afin qu'ils soient en mesure de respecter leurs engagements pris envers les assurés. Solvabilité II définit les règles prudentielles applicables aux entreprises d'assurance et de réassurance de l'Union Européenne à travers 3 piliers.

Le premier pilier regroupe les exigences quantitatives en terme de fonds propres à disposer afin de garantir la solvabilité des assureurs. Il permet également de définir la méthode de valorisation du bilan prudentiel. Le bilan est construit à partir des actifs évalués en valeur de marché, et des passifs en vision économique. Ci-dessous, un bilan simplifié est illustré :

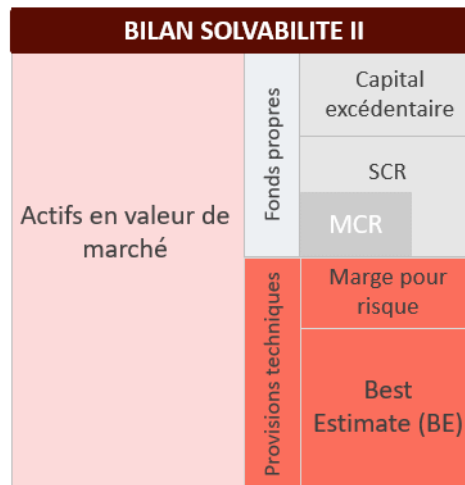


FIGURE 1.1 – Bilan simplifié

Les provisions techniques sont la somme du *Best Estimate*, c'est à dire de la meilleure estimation des engagements de l'assureur et de la marge pour risque. Le *Best Estimate*, noté BE correspond à la moyenne pondérée par leur probabilité des flux de trésorerie futurs actualisés à partir de la courbe des taux sans risque pertinents¹ et est calculé brut de réassurance.

$$BE = \sum_{t=1}^{\infty} \mathbb{E}_{\mathbb{Q}} \left[\prod_{s \leq t} \frac{1}{(1 + r_s)} (CF_t^{out} - CF_t^{in}) \right] \quad (1.1)$$

Avec :

- \mathbb{Q} : la probabilité risque neutre ;
- CF_t^{out} : flux de trésorerie sortants à la date t ;
- CF_t^{in} : flux de trésorerie entrants à la date t ;
- r_t : taux sans risque à la date t.

La marge pour risque est ajoutée au *Best Estimate* de façon à ce que les provisions techniques correspondent au montant qu'une autre entreprise d'assurance ou de réassurance demanderait pour reprendre et honorer les engagements d'assurance et de réassurance de l'assureur.

Deux exigences en capital sont définies par le premier pilier de Solvabilité II : le SCR (*Solvency Capital Requirement*) et le MCR (*Minimum Capital Requirement*). Ces deux indicateurs permettent de vérifier que les assureurs disposent d'un montant de fonds

1. Article 77 Directive 2009/138/CE

propres suffisant pour faire face aux engagements pris envers les assurés. Le MCR est le montant minimal de fonds propres dont doit disposer la compagnie. Le SCR est le capital de solvabilité requis, c'est à dire le montant de fonds propres dont doit disposer l'assureur pour faire face à une ruine économique à horizon un an avec une probabilité de 99.5%. Il peut être calculé à partir d'un modèle interne à une compagnie ou de la formule standard. Dans le cadre de ce mémoire, c'est la formule standard qui est utilisée et décrite.

Le SCR permet de définir le ratio de couverture, représentant la capacité de la compagnie à couvrir ses engagements envers les assurés :

$$\text{Taux de couverture} = \frac{\text{Fonds propres}}{\text{SCR}} \quad (1.2)$$

Le deuxième pilier comprend les exigences qualitatives afin de renforcer la gouvernance et la gestion des risques au sein d'une compagnie d'assurance. Ce pilier impose la mise en place de quatre fonctions clés (actuariat, audit interne, conformité et gestion des risques) et de l'ORSA (*Own Risk and Solvency Assessment*), un dispositif interne d'évaluation du profil de risque et de solvabilité de l'organisme d'assurance.

Le troisième pilier concerne la *reporting* aux autorités de contrôle et au public. Les compagnies doivent produire des rapports quantitatifs et narratifs afin d'informer les autorités de contrôle et le public de leur profil de risque et de leur situation financière.

1.2 Contexte de révision

La directive Solvabilité II introduit la révision de plusieurs articles du règlement avant le 1^{er} janvier 2021. Dans le cadre de cette révision, la Commission Européenne a mandaté l'EIOPA pour avoir des conseils techniques sur différents thèmes [13] :

- mesures sur les garanties à long terme et sur le risque action (Article 77f de la directive Solvabilité II) ;
- méthodes, hypothèses et paramètres de calcul du SCR en formule standard (Article 111(3) de la directive Solvabilité II) ;
- calcul du MCR (Article 129(5) de la directive Solvabilité II) ;
- contrôle des groupes d'assurance ou de réassurance (Article 242(2) de la directive Solvabilité II).

Les mesures sur les garanties à long terme, aussi appelées paquet branches longues sont des mesures transitoires introduites avec la Directive Omnibus II. Ces mesures visent à faciliter le passage entre Solvabilité I et Solvabilité II en limitant l'augmentation des provisions techniques et ainsi permettre de contenir le niveau du SCR. Elles visent à

lisser dans le temps les impacts financiers des nouvelles dispositions de Solvabilité II. Les mesures suivantes font partie du pilier I et modifient la valorisation des provisions techniques :

- l'extrapolation de la courbe des taux sans risque ;
- le *volatility adjustment*, ou ajustement pour volatilité ;
- le *matching adjustment*, ou ajustement égalisateur ;
- la mesure transitoire taux ;
- la mesure transitoire provisions techniques.

Ces différentes mesures, à l'exception de la mesure transitoire sur les provisions techniques, agissent sur la courbe des taux sans risque utilisée pour calculer le *Best Estimate*. La mesure transitoire sur les provisions techniques consiste à lisser sur 16 ans la hausse des provisions techniques liées au passage à Solvabilité II. Une autre mesure du paquet branches longues concerne l'extension de la période de recouvrement du SCR qui assouplit l'exigence de couverture du SCR.

L'EIOPA est chargée de proposer des conseils techniques sur ces différents thèmes. Elle doit également consulter les assureurs et réassureurs de l'Union Européenne afin d'évaluer les impacts de ces propositions. La révision se déroule en plusieurs phases de consultations, ce mémoire se base sur la publication de l'EIOPA du 15 octobre 2019 [7] qui lance une deuxième vague de consultations. Cette publication contient des conseils sur 19 points. Dans le cadre de ce mémoire, trois d'entre eux sont abordés :

- l'extrapolation de la courbe des taux sans risque ;
- le *Volatility Adjustment* ;
- les chocs de taux d'intérêts appliqués pour le calcul du SCR relatif au risque de taux d'intérêt.

Avant de s'intéresser aux propositions de l'EIOPA sur ces 3 sujets, il faut s'intéresser à la réglementation actuelle. La méthode d'extrapolation de la courbe des taux, le calcul et le fonctionnement du *Volatility Adjustment* et l'application des chocs de taux d'intérêt vont être détaillés dans les parties suivantes.

1.3 Extrapolation de la courbe des taux sans risque

1.3.1 Caractéristiques de la courbe des taux sans risque

La courbe des taux sans risque fournit pour chaque maturité et à une date donnée, le taux de rémunération d'un placement considéré sans risque, c'est à dire sans risque de défaut. L'EIOPA est chargée de fournir mensuellement la courbe des taux sans risque pour les différentes monnaies. Cette courbe est construite par monnaie à partir de prix de marché d'instruments financiers sans risque. La courbe des taux sans risque est un

élément clé de Solvabilité II, tout particulièrement en assurance vie à cause des interactions entre l'actif et le passif du bilan des assureurs. Elle affecte les actifs au travers de la valeur de marché des obligations qui impacte les rendements futurs. Les passifs sont impactés au travers de la participation aux bénéficiaires et l'actualisation des flux futurs permettant de calculer le *Best Estimate*.

Cette courbe doit vérifier plusieurs critères [8] :

- Elle ne doit pas comporter de risque de crédit.
- La courbe doit vérifier le caractère *market consistent*, elle doit être déterminée de manière prudente, utiliser de façon optimale les informations du marché et doit être cohérente avec le marché.
- Le caractère du réalisme doit être vérifié, les entreprises d'assurance et de réassurance doivent pouvoir atteindre ces taux.
- Les taux doivent être déterminés à l'aide d'une méthode fiable et robuste.
- La courbe des taux sans risque doit être répliquable, c'est à dire que les entreprises d'assurance et de réassurance doivent pouvoir la construire elles-mêmes.
- Les instruments financiers utilisés pour construire la courbe doivent provenir de marchés *Deep, Liquid, Transparent* (Profond, Liquide et Transparent)².
- La stabilité de la courbe est également importante afin de limiter la volatilité des passifs des entreprises d'assurance et de réassurance.

1.3.2 Instruments financiers utilisés

Les instruments financiers à partir desquels la courbe des taux sans risque est dérivée sont les taux de *swaps* interbancaires ajustés du risque de crédit et issus de marchés profonds, liquides et transparents. Si les informations tirées du marché des *swaps* ne sont pas suffisamment fiables, les taux d'obligations souveraines sont utilisés.

1.3.2.1 Critère de profondeur, liquidité et transparence du marché

Les instruments financiers doivent provenir de marchés *Deep, Liquid and Transparent* (DLT), cela signifie qu'un grand nombre d'opérations de vente et d'achat peuvent avoir lieu facilement sans affecter les prix du marché. De plus, les informations sur les transactions réalisées et les prix sont disponibles au public. L'évaluation de ce critère est réalisée sur les marchés des *swaps* interbancaires, des obligations souveraines et des obligations émises par des entreprises (obligations *corporates*). Cela permet de définir l'instrument financier à utiliser pour l'extrapolation de la courbe des taux et détermine la liste des maturités pour lesquelles le marché est profond, liquide et transparent.

Il n'existe pas de règle unique permettant d'évaluer le critère de profondeur, liquidité et transparence pour tous les marchés. Pour les devises des pays membres de l'Espace Économique Européen, son évaluation est faite à partir des critères suivants [8] :

2. Article 44 du Règlement Délégué

1.3. EXTRAPOLATION DE LA COURBE DES TAUX SANS RISQUE

- la différence de prix entre le prix le plus élevé qu'un acheteur accepterait de payer et le prix le plus faible auquel un vendeur accepterait de vendre, appelée *bid-ask spread* ;
- la fréquence des transactions, c'est à dire le nombre de transactions qui ont lieu durant une période ;
- le volume des transactions correspondant au montant de transactions qui ont eu lieu durant une période ;
- l'évolution des prix suite à des transactions volumineuses (si le marché est profond, les prix ne doivent pas beaucoup évoluer) ;
- le nombre de sources de prix, plus les acteurs du marché communiquent sur les prix, plus le marché peut être considéré comme transparent.

Pour les devises des pays ne faisant pas partie de l'Espace Économique Européen, l'évaluation du caractère DLT du marché se fait à l'aide de trois critères supplémentaires :

- l'analyse de la volatilité des taux d'intérêt sur les 105 derniers jours ouvrés. L'évolution des taux sur les 105 derniers jours ouvrés est analysée, et la volatilité des taux est calculée par période de 21 jours. Les taux de *swaps* interbancaires, les taux zéro coupons et les taux *forwards* un an sont concernés par cette analyse.
- l'analyse des *bid-ask spreads* : la valeur médiane, la valeur maximale, la moyenne et le quantile à 80% du *bid-ask spread* sur le dernier mois, le dernier *spread* observé, et le nombre de jours avec un *spread* nul sur le dernier mois sont calculés.
- une analyse quantitative approfondie en considérant notamment le nombre de jours où les informations de marché ne sont pas disponibles et la valeur médiane des taux zéro coupons sur les 105 derniers jours ouvrés.

Cette évaluation est réalisée sur les marchés des *swaps* interbancaires, des obligations souveraines et des obligations *corporates*. Le dernier point liquide, paramètre essentiel pour réaliser l'extrapolation, est défini comme la dernière maturité à laquelle ces marchés respectent le critère DLT. D'autres critères limitent également la maturité du dernier point liquide :

- *Residual volume criterion* : le critère de volume résiduel pour les obligations (uniquement pour l'euro) : un marché d'obligations libellées en euros peut être considéré profond et liquide uniquement si le volume cumulé des obligations avec une maturité supérieure ou égale à la dernière maturité représente au moins 6% du volume total des obligations de ce marché³. Ce critère permet de déterminer la dernière maturité liquide pour l'euro.
- *Matching criterion* : le critère d'adossment concerne la capacité des entreprises d'assurance et de réassurance à adosser aux obligations les flux de trésorerie du

3. Considérant 21 du Règlement Délégué

passif qui sont actualisés avec des taux d'intérêt non extrapolés. Le dernier point liquide est déterminé comme la dernière maturité à laquelle le volume des obligations disponibles sur le marché n'est plus suffisant pour adosser les flux du passif⁴.

Dans le cas de l'euro, l'instrument financier utilisé pour extrapoler la courbe des taux sans risque est le taux de *swap* contre EURIBOR 6 mois ajusté du risque de crédit. Le nom EURIBOR provient de *Euro Interbank Offered Rate*, qui signifie taux interbancaire offert en euro. Ce taux est le taux moyen auquel les banques les plus actives de la zone euro se prêtent de l'argent entre elles, en euro [18].

1.3.2.2 Ajustement pour risque de crédit

L'ajustement pour risque de crédit permet d'ajuster les taux de *swaps* interbancaires du risque de crédit, avant de les utiliser pour dériver la courbe des taux sans risque⁵. Le risque de crédit comprend le risque de défaut (risque que l'emprunteur ne rembourse pas tout ou partie de son prêt) et le risque de signature (risque de dégradation de la note de l'émetteur). L'ajustement pour tenir compte du risque de crédit correspond à 50% de la moyenne sur un an de la différence entre deux taux de même maturité : les taux IBOR (*Interbank Offered Rate*, l'EURIBOR pour l'euro) et les taux OIS (*Overnight Indexed Swap*)⁶ qui sont les taux de *swaps* indexés au jour le jour, l'EONIA pour l'euro. Pour l'euro, la maturité de ces taux est de 3 mois. Cet ajustement est compris entre 0.10% et 0.35%. Au 31/12/2019, l'EIOPA a calculé un ajustement pour le risque de crédit de 0.10% pour l'euro.

1.3.3 Paramètres de l'extrapolation

La courbe des taux sans risque est construite à l'aide d'instruments financiers ajustés du risque de crédit issus d'un marché profond, liquide et transparent. Pour des maturités élevées, ce critère n'est pas respecté, alors que ces taux sont nécessaires pour l'actualisation des engagements des assureurs, la courbe des taux sans risque doit donc être extrapolée. Pour cela, il faut définir la dernière maturité liquide. Il s'agit du *Last Liquid Point* (LLP), ou dernier point liquide. Ce point est défini à partir de l'évaluation du critère DLT décrite précédemment, il correspond à la dernière maturité pour laquelle le marché est considéré profond, liquide et transparent. Pour l'euro, il est déterminé à l'aide du critère du volume résiduel. Depuis l'entrée en application de la Directive Solvabilité II, il est fixé à 20 ans pour l'Euro. Avant cette maturité, la courbe des taux sans risque est basée sur les données de marché, interpolées si nécessaire. Après cette maturité, les taux sont extrapolés.

4. considérant 30 de la Directive 2014/51/UE

5. Article 44 du Règlement Délégué

6. Article 45 du Règlement Délégué et p34 : Technical Documentation

Le deuxième paramètre nécessaire pour réaliser l'extrapolation est l'UFR, l'*Ultimate Forward Rate*. Il s'agit du taux vers lequel les taux *forwards* convergent. Il est calculé tous les ans par l'EIOPA[6] et correspond à la somme du taux d'inflation attendu à long terme et du taux d'intérêt réel attendu. Le taux d'intérêt réel attendu est calculé comme la moyenne des taux réels annuels de 1961 à l'année de calcul :

$$R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_{1960+i} \quad (1.3)$$

Avec :

- R : taux d'intérêt réel attendu ;
- n : nombre d'années depuis 1961 ;
- r_i : taux d'intérêt annuel de l'année i.

Le taux d'intérêt annuel d'une année est la moyenne arithmétique des taux annuels de plusieurs pays. Pour chaque année, et chaque pays, le taux d'intérêt réel est calculé de la façon suivante :

$$\text{Taux d'intérêt réel} = \frac{\text{Taux nominal à court terme} - \text{Taux d'inflation}}{1 + \text{Taux d'inflation}} \quad (1.4)$$

Le taux d'inflation attendu dans une devise correspond à l'objectif d'inflation annoncé par la banque centrale concernée. Pour l'euro, la Banque Centrale Européenne l'a fixé à 2%. L'UFR a été calculé à 3.6% pour l'année 2019 pour l'euro. Il ne peut varier que de 15 points de base d'une année à l'autre et était de 4.05% pour 2018, il a donc été fixé à 3.9% en 2019.

Le dernier paramètre est le point de convergence. C'est le point auquel les taux convergent vers l'UFR. Actuellement, il est fixé à 60 ans pour l'euro et, pour les autres devises, il correspond au maximum entre 60 ans et la somme du LLP et de 40 ans (= $\max\{60; \text{LLP} + 40\}$). Le point de convergence permet de définir la période de convergence (= $\max\{40; 60 - \text{LLP}\}$), elle est fixée à 40 ans pour l'euro. Ce point permet également de fixer la vitesse de convergence des taux *forwards* vers l'UFR, notée α . Pour l'euro, sa valeur minimale a été fixée à 0.05% par l'EIOPA pour 2019.

En résumé, pour l'euro, les données suivantes sont utilisées :

- instruments financiers : taux de *swaps* interbancaires (obtenus sur Bloomberg) ;
- ajustement pour risque de crédit : 0.10% ;
- LLP : 20 ans ;
- UFR : 3.9% ;
- point de convergence : 60 ans / période de convergence : 40 ans.

1.3. EXTRAPOLATION DE LA COURBE DES TAUX SANS RISQUE

Les maturités respectant le critère DLT sont les suivantes : de 1 à 10 ans, 12, 15 et 20 ans. Elles sont obtenues en évaluant le respect du critère DLT sur les marchés des *swaps* et obligataires. Une interpolation est réalisée pour obtenir les taux qui ne sont pas observables avant le LLP. Après 20 ans, la courbe des taux sans risque est extrapolée par la méthode Smith Wilson. La méthode d'extrapolation est illustrée sur le graphique ci-dessous avec les paramètres retenus au 31/12/2019.

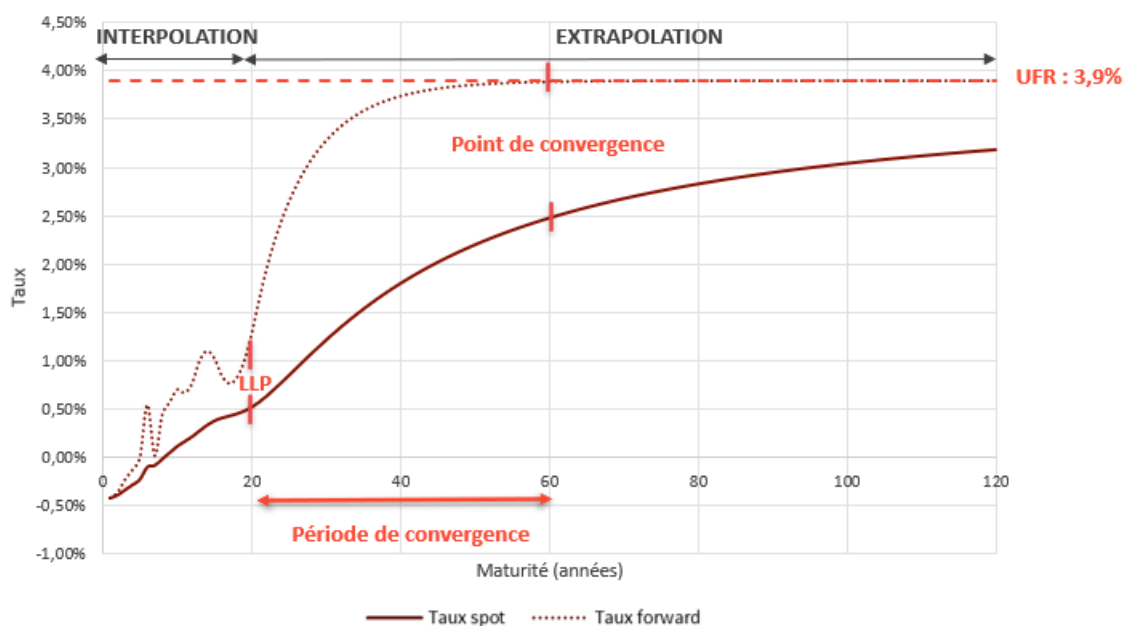


FIGURE 1.2 – Extrapolation de la courbe des taux sans risque au 31/12/2019

1.3.4 Méthode Smith Wilson

La méthode Smith Wilson est utilisée par l'EIOPA pour extrapoler la courbe des taux sans risque pour les différentes devises. La courbe des taux sans risque peut être extrapolée à partir d'obligations zéro coupons, d'obligations avec coupons ou à partir de *swaps*. Cette méthode va être expliquée de manière simplifiée, dans le cas d'une extrapolation à partir de N instruments financiers⁷.

L'extrapolation nécessite de connaître les éléments suivants :

- m_i : prix de marché de l'instrument financier i , $\forall 1 \leq i \leq N$;
- u_1, u_2, \dots, u_J , les J dates de versement des flux, en années ;
- $c_{i,j}, \forall 1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq J$: flux de l'instrument i à la date de versement u_j .

7. Les formules sont issues d'une publication de l'autorité de surveillance financière de Norvège[19].

La fonction de prix est définie par :

$$P(t) = e^{-\omega \cdot t} + \sum_{i=1}^N \zeta_i \cdot \left(\sum_{j=1}^J c_{i,j} \cdot W(t, u_j) \right), \quad t \geq 0 \quad (1.5)$$

avec :

- t : la maturité ;
- $\omega = \ln(1 + UFR)$;
- $W(t, u_j) = e^{-\omega \cdot (t+u_j)} \cdot \{ \alpha \cdot \min(t, u_j) - 0.5 \cdot e^{-\alpha \cdot \max(t, u_j)} \cdot (e^{\alpha \cdot \min(t, u_j)} - e^{-\alpha \cdot \min(t, u_j)}) \}$,
fonction symétrique de Wilson, avec α , le paramètre mesurant la vitesse de convergence des taux *forwards* vers l'UFR ;
- ζ_i est un paramètre de calibration de la courbe à déterminer.

La valeur de marché de l'instrument i est déterminée à partir des flux de paiement et des prix de marché :

$$m_i = \sum_{j=1}^J c_{i,j} \cdot P(u_j), \forall 1 \leq i \leq N \quad (1.6)$$

Cela permet d'obtenir l'équation suivante, pour $1 \leq i \leq N$:

$$m_i = \sum_{j=1}^J c_{i,j} \cdot P(u_j) = \sum_{j=1}^J c_{i,j} \cdot \left(e^{-\omega \cdot u_j} + \sum_{l=1}^N \zeta_l \cdot \sum_{k=1}^J c_{l,k} \cdot W(u_j, u_k) \right) \quad (1.7)$$

et donc : $m_i = \sum_{j=1}^J c_{i,j} \cdot e^{-\omega \cdot u_j} + \sum_{l=1}^N \left(\sum_{k=1}^J \left(\sum_{j=1}^J c_{i,j} \cdot W(u_j, u_k) \right) \cdot c_{l,k} \right) \cdot \zeta_l$

Pour résoudre ces équations et donc déterminer $\zeta_i, \forall 1 \leq i \leq N$, ces formules sont écrites sous forme matricielle avec les notations suivantes :

- $\mathbf{M} = (m_1, m_2, \dots, m_N)^T$;
- $\mathbf{p} = (P(u_1), P(u_2), \dots, P(u_J))^T$;
- $\mathbf{W} = (W(u_i, u_j))_{i=1,2,\dots,J ; j=1,2,\dots,J}$;
- $\boldsymbol{\mu} = (e^{-\omega \cdot u_1}, e^{-\omega \cdot u_2}, \dots, e^{-\omega \cdot u_J})^T$;
- $\boldsymbol{\zeta} = (\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_N)^T$;
- $\mathbf{C} = (c_{i,j})_{i=1,2,\dots,N ; j=1,2,\dots,J}$.

A partir de ces notations, les équations précédentes deviennent :

$$\begin{aligned}M &= Cp \\ Cp &= C\mu + (CWC^T) \zeta \\ \Rightarrow M &= C\mu + (CWC^T) \zeta\end{aligned}\tag{1.8}$$

Ainsi, le vecteur ζ peut être déterminé :

$$\zeta = (\mathbf{CWC}^T)^{-1} (\mathbf{M} - \mathbf{C}\mu)\tag{1.9}$$

En intégrant le vecteur ζ dans la fonction de prix, les taux extrapolés sont obtenus pour les différentes maturités, à l'aide de la formule :

$$R_t = \left(\frac{1}{P(t)} \right)^{\frac{1}{t}} - 1\tag{1.10}$$

Bien que cette partie ne soit pas détaillée ici, cette méthode permet également d'obtenir la convergence des taux *forwards* vers l'UFR et est précisée dans les documents techniques rédigés par l'EIOPA[8]. L'EIOPA a fourni un outil [5] construisant la courbe des taux sans risque à partir des taux, de l'UFR, du paramètre α , et du point de convergence.

1.4 Volatility Adjustment

1.4.1 Définition et objectifs

Le *Volatility Adjustment* ou ajustement pour volatilité est une mesure du paquet branches longues permettant de limiter l'augmentation du niveau des provisions techniques suite au passage entre Solvabilité I et Solvabilité II. En cas d'utilisation du *volatility adjustment*, les entreprises d'assurance et de réassurance doivent inclure les conséquences de sa non - utilisation sur leur solvabilité dans les rapports à destination de l'autorité de contrôle et du public. Cette mesure ne peut pas être appliquée en cas d'utilisation de l'ajustement égalisateur (*Matching Adjustment*).

Le *Volatility Ajustement* (VA) consiste en un ajustement de la partie liquide de la courbe des taux sans risque utilisée dans le calcul du *Best Estimate*⁸. Son calcul est basé sur la détermination des *spreads* de deux portefeuilles, un *spread* étant défini comme l'écart entre le taux de rendement d'une obligation et le le taux sans risque. Cet écart est lié à la prise en compte de trois risques⁹ : le risque de défaut, le risque de signature et le risque de liquidité (risque de ne pas trouver de contrepartie à qui céder le titre).

8. Article 77 quinquies de la directive 2009/138/CE

9. Le risque de signature et le risque de défaut se regroupent sous le terme de risque de crédit.

Le VA a trois objectifs principaux :

- Lisser les effets des mouvements de *spreads* sur le bilan prudentiel des assureurs. En cas d'augmentation importante des *spreads*, la valeur de marché des actifs diminue. Cette augmentation des *spreads* augmente le niveau du VA et diminue ainsi le montant de provisions techniques grâce à l'actualisation. Les fonds propres étant calculés comme la différence entre l'actif et les provisions techniques, le VA amortit les pertes de valeur de marché de l'actif sur les fonds propres.
- Limiter les comportements d'investissement pro-cycliques sur les marchés financiers. En effet, dans une situation où les *spreads* augmentent, les assureurs voient leur ratio de solvabilité diminuer et sont contraints de vendre des actifs afin de protéger leurs fonds propres. Cette vente peut causer une augmentation plus importante des *spreads*. Ce comportement pro-cyclique est évité car le VA amortit la perte de valeur de marché des actifs.
- Prendre en compte les caractéristiques d'illiquidité des passifs afin de permettre une meilleure évaluation des provisions techniques.

L'ajustement pour volatilité est calculé et communiqué tous les mois par l'EIOPA. Son calcul nécessite la détermination du *spread* des portefeuilles de référence spécifiques à la devise et au pays. Il s'agit de l'écart entre les taux d'intérêt du portefeuille de référence dans cette devise (respectivement pays) et les taux de la courbe des taux sans risque de cette devise (respectivement pays). Le *spread* calculé doit ensuite être ajusté du risque de crédit. Les portefeuilles de référence fournis par l'EIOPA et les données de marché présentées ci-dessous permettent le calcul de ces deux éléments. Les étapes de ces calculs sont détaillées dans la documentation technique de l'EIOPA[8] et sont implémentées dans un outil fourni par l'EIOPA[4].

1.4.2 Portefeuilles de référence

Le calcul du *Volatility Adjustment* est réalisé à partir de deux portefeuilles de référence¹⁰, définis sur deux périmètres distincts : la devise et le pays. Le portefeuille de référence d'une devise est représentatif du portefeuille d'actifs (libellés dans cette devise) investis par les entreprises d'assurance et de réassurance afin d'honorer leurs engagements d'assurance et de réassurance libellés dans cette devise. Le portefeuille de référence d'un pays est représentatif du portefeuille d'actifs investis par les entreprises d'assurance et de réassurance afin d'honorer leurs engagements d'assurance et de réassurance de produits vendus sur le marché de l'assurance de ce pays et libellés dans la devise de ce pays.

Pour chaque devise et pour chaque pays, le portefeuille de référence est déterminé à l'aide d'une méthode transparente, prudente, fiable et cohérente dans la durée. Les actifs

10. Article 49 du Règlement Délégué (UE) 2015/35

qui le composent sont négociés sur un marché profond, liquide et transparent afin d'avoir une valeur de marché fiable et observable.

L'EIOPA fournit les portefeuilles de référence des différentes devises et des différents pays tous les ans. Les éléments suivants sont communiqués par l'EIOPA et sont nécessaires au calcul du VA :

- la proportion d'obligations souveraines et *corporates*¹¹ de chaque portefeuille ;
- les caractéristiques des obligations souveraines de chaque portefeuille : les pays ayant émis ces obligations, le volume et la durée de chaque obligation ;
- les caractéristiques des obligations *corporates* de chaque portefeuille : le type d'entreprise ayant émis ces obligations, le volume et la durée de chaque obligation. Ces caractéristiques sont données pour deux types d'entreprise, pour les institutions financières et pour les autres entreprises. Pour chaque type d'entreprise, la notation (représentant la qualité de crédit de l'émetteur) de l'obligation est prise en compte. Chaque portefeuille *corporate* contient 14 catégories d'obligations, en fonction de la notation et du type d'entreprise ;
- la moyenne des *spreads* à long terme des obligations souveraines par pays ;
- la moyenne des *spreads* à long terme des obligations *corporates* par catégorie d'entreprise et par devise ;
- pour chaque catégorie d'obligations *corporates* : la probabilité de défaut de l'actif, et le coût de dégradation de la notation de l'actif permettant le calcul du *spread* fondamental.

1.4.3 Données de marché

En plus de la composition des différents portefeuilles de référence, et des données historiques, des données de marché sont nécessaires pour calculer le *spread* de chacune des obligations :

- la courbe des taux sans risque de chaque devise ;
- la courbe des taux de rendement des obligations souveraines de la zone euro¹² ;
- la courbe des taux de rendement obligataires des pays émetteurs des obligations du portefeuille de référence du pays¹³ ;
- les taux de rendement des différentes catégories d'obligations *corporates*, en fonction de leur durée à partir des indices iBoxx¹⁴.

11. Une obligation *corporate* est une obligation émise par une entreprise, contrairement à une obligation souveraine ou d'État émise par les États, les administrations centrales ou les banques centrales

12. Données issues du site : https://www.ecb.europa.eu/stats/financial_markets_and_interest_rates/euro_area_yield_curves/html/index.en.html

13. Données issues de Bloomberg

14. Données issues de Bloomberg

1.4.4 Calcul du *Volatility Adjustment*

À partir des informations sur les obligations des portefeuilles de référence, des taux de rendement observés sur le marché et de la courbe des taux sans risque, le *spread* de chaque obligation est calculé comme l'écart de taux actuariel entre le taux de rendement observé sur le marché et le taux sans risque. Le calcul de cet ensemble de *spreads* permet de déterminer le *spread* moyen des obligations souveraines et le *spread* moyen des obligations *corporates* de chaque portefeuille de référence. Cela permet ensuite de déterminer le *spread* des portefeuilles de référence. Les formules permettant le calcul du *spread* du portefeuille de référence d'une devise sont présentées ci-dessous.

$$S_c = W_c^{gov} \times \max(S_c^{gov}; 0) + W_c^{corp} \times \max(S_c^{corp}; 0) \quad (1.11)$$

Avec :

- S_c : le *spread* du portefeuille de référence de la devise ;
- W_c^{gov} : la proportion¹⁵ d'obligations souveraines incluses dans le portefeuille de référence de la devise ;
- S_c^{gov} : le *spread* moyen des obligations souveraines incluses dans le portefeuille de référence de la devise ;
- W_c^{corp} : la proportion d'obligations *corporates* (c'est à dire autres que les obligations souveraines, les prêts et les titrisations) incluses dans le portefeuille de référence de la devise ;
- S_c^{corp} : le *spread* moyen des obligations *corporates* incluses dans le portefeuille de référence de la devise.

Les informations sur la moyenne des *spreads* à long terme, sur la probabilité de défaut des actifs et sur le coût de dégradation de la notation des actifs permettent de calculer le *spread* fondamental, représentant le risque de crédit.

- Le risque de crédit relatif à la part des obligations souveraines du portefeuille correspond à 30% de la moyenne des *spreads* à long terme.
- Le risque de crédit relatif à la part des obligations *corporates* du portefeuille correspond au maximum entre 35% de la moyenne des *spreads* à long terme et ; la somme de la probabilité de défaut des actifs et du coût entraîné par la dégradation de la note sur la qualité des actifs.

Le *spread* fondamental peut ainsi être déterminé, cela permet de corriger le *spread* du portefeuille de la devise du risque de crédit :

$$\begin{aligned} RC_c &= W_c^{gov} \times \max(RC_c^{gov}; 0) + W_c^{corp} \times \max(RC_c^{corp}; 0) \\ RC - S_c &= S_c - RC_c \end{aligned} \quad (1.12)$$

15. La proportion est déterminée par rapport à la valeur de marché de l'ensemble des actifs du portefeuille de référence

Avec :

- RC_c : la correction pour risque de crédit relative à la devise ;
- RC_c^{gov} : la correction pour risque de crédit relative à S_c^{gov} ;
- RC_c^{corp} : la correction pour risque de crédit relative à S_c^{corp} ;
- $RC-S_c$: le *spread* du portefeuille de référence de la devise, ajusté du risque de crédit.

Le VA d'une devise est ensuite calculé à l'aide de la formule suivante :

$$VA_c = 65\% \times RC-S_c \quad (1.13)$$

Le *spread* du portefeuille de référence d'un pays, ajusté du risque de crédit est calculé par la même méthode et est noté $RC-S_p$. Son application n'est pas systématique, le *spread* relatif au pays doit dépasser un seuil d'activation. Cet ajustement est appliqué uniquement lorsque le *spread* d'un pays s'écarte excessivement du *spread* de la devise de ce pays.

Le *Volatility Adjustment* est ensuite déterminé par la formule :

$$VA = 65\% \times (RC-S_c + \mathbf{1}_{\{RC-S_p > 1\% \}} \times \max \{RC-S_p - 2 \times RC-S_c; 0\}) \quad (1.14)$$

1.4.5 Application

Après son calcul, l'ajustement pour volatilité est ajouté à la partie liquide de la courbe des taux sans risque. Au 31 décembre 2019, il a été calculée à 0.07% pour l'euro, les taux sans risque ont donc été augmentés de 0.07% jusqu'à la maturité de 20 ans. Après le dernier point liquide, l'extrapolation de la courbe des taux sans risque ajustée est fondée sur les taux de la partie liquide auxquels le VA est appliqué. La courbe des taux sans risque avec et sans ajustement pour volatilité est présentée ci-dessous.

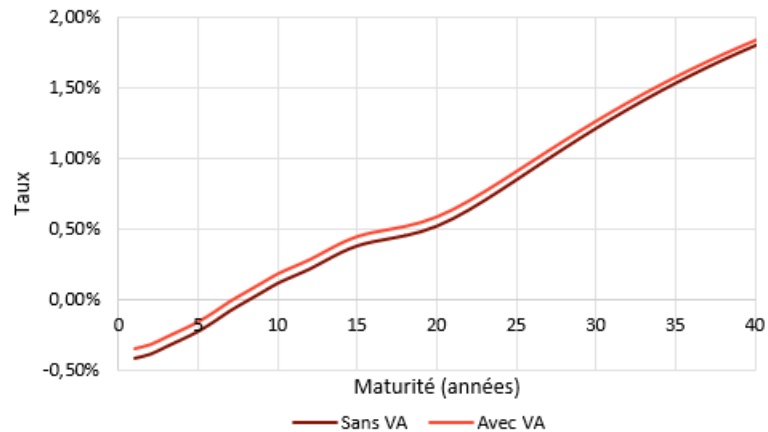


FIGURE 1.3 – Courbes des taux au 31/12/2019 avec et sans VA

1.5 Chocs de taux appliqués pour le calcul du SCR

Le premier pilier de Solvabilité II impose le calcul du capital de solvabilité requis, le SCR. Il représente le montant de fonds propres dont doit disposer une compagnie pour faire face à une ruine économique à horizon un an avec une probabilité de 99.5%.

Le SCR est calculé de la façon suivante :

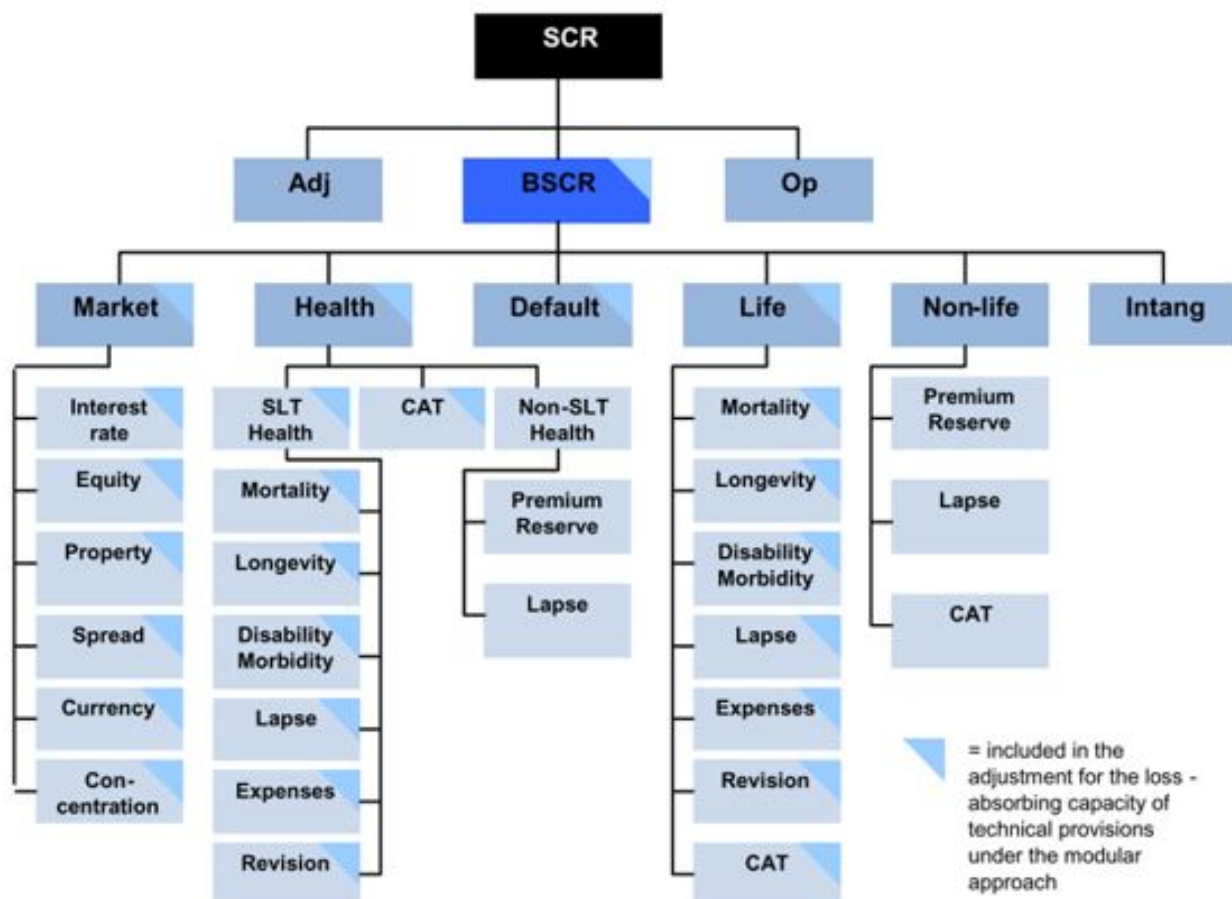
$$\text{SCR} = \text{BSCR} - \text{Adj} + \text{SCR}_{\text{op}} \quad (1.15)$$

Avec :

- BSCR : *Basic Solvency Capital Requirement*, le SCR de base ;
- Adj : ajustement au titre de l'effet d'absorption des risques des futures participations aux bénéfices et des impôts différés ;
- SCR_{op} : le SCR opérationnel représentant l'exigence en capital pour faire face au risque opérationnel, c'est à dire le risque de pertes engendrées par des systèmes défaillants ou par des personnes.

1.5. CHOCS DE TAUX APPLIQUÉS POUR LE CALCUL DU SCR

Le calcul du BSCR¹⁶ est basé sur la cartographie des risques présentée sur le schéma suivant :



Le BSCR est calculé à partir des SCR des 6 modules qui sont ensuite agrégés à l'aide d'une matrice de corrélation :

$$BSCR = \sqrt{\sum_{i,j} \text{Corr}_{i,j} \times SCR_i \times SCR_j} + SCR_{\text{intang}} \quad (1.16)$$

Avec :

- i, j prennent les valeurs : marché, santé, contrepartie, vie et non vie ;

16. Annexe XVIII du Chapitre IV du Règlement Délégué

1.5. CHOCS DE TAUX APPLIQUÉS POUR LE CALCUL DU SCR

- $\text{Corr}_{i,j}$: coefficient de corrélation entre les modules i et j , ces coefficients sont donnés dans la matrice de corrélation en annexe A.1 ;
- SCR_i : SCR du module i ;
- $\text{SCR}_{\text{intang}}$: capital nécessaire pour faire face au risque intangible. Le risque intangible désigne le risque de diminution de la valeur des actifs incorporels (par exemple : un logiciel, un dépôt de brevet).

Pour chaque module, le SCR est obtenu à partir des SCR des sous-modules agrégés avec une matrice de corrélation :

$$\text{SCR}_{\text{Module}} = \sqrt{\sum_{i,j} \text{Corr}_{i,j} \times \text{SCR}_i \times \text{SCR}_j} \quad (1.17)$$

Avec :

- SCR_i : le SCR relatif à un sous module ;
- $\text{Corr}_{i,j}$: coefficient de corrélation entre les sous-modules i et j . Les matrices de corrélation utilisées dans ce mémoire sont données en annexes A.2 et A.3.

Les SCR des différents sous-modules sont calculés grâce à l'application d'un choc relatif au sous-module :

$$\text{SCR}_{\text{Sous-module}} = \max \{ \text{FP}_{\text{central}} - \text{FP}_{\text{choc}} ; 0 \} \quad (1.18)$$

Avec :

- $\text{FP}_{\text{central}}$: fonds propres de la compagnie en situation normale ;
- FP_{choc} : fonds propres de la compagnie en situation de stress.

Le SCR d'un d'un sous-module représente le montant de fonds propres nécessaires pour faire face aux risques liés à ce sous-module.

Ce mémoire s'intéresse uniquement au calcul du SCR relatif au risque de taux d'intérêt. Son calcul nécessite de calculer le montant de fonds propres de la compagnie dans 3 scénarios : un scénario non stressé pour déterminer le montant de fonds propres nécessaires en situation normale, un scénario où les taux sont choqués à la hausse et un scénario où les taux sont choqués à la baisse. L'exigence de capital pour risque d'augmentation (respectivement diminution) de la courbe des taux d'intérêt correspond donc à la perte de fonds propres résultant d'une augmentation (respectivement diminution) soudaine des taux d'intérêt sans risque¹⁷. L'exigence de capital pour risque de marché est égale au maximum entre l'exigence de capital pour risque d'augmentation de la courbe des taux d'intérêt et l'exigence de capital pour risque de diminution de la courbe des taux d'intérêt.

17. Article 166 et 167 du Règlement Délégué

1.5. CHOCS DE TAUX APPLIQUÉS POUR LE CALCUL DU SCR

Les taux d'intérêt choqués sont calculés à partir des chocs de taux communiqués dans le Règlement Délégué et fournis en annexe B.1. L'augmentation des taux d'intérêt doit être au moins égale à 1%, quelque soit la maturité. Pour le choc à la baisse des taux, aucun choc n'est appliqué lorsque les taux sont négatifs. Ci-dessous, les taux d'intérêt choqués sont calculés sans application du *Volatility Adjustment* :

$$\begin{cases} r^U(t) = r(t) + \max \{0.01 ; C^U(t) \times |r(t)|\} \\ r^D(t) = r(t) \times (1 - C^D(t) \times \mathbf{1}_{\{r(t) \geq 0\}}) \end{cases} \quad (1.19)$$

Avec :

- $r(t)$: taux d'intérêt sans risque à la maturité t ;
- $r^U(t)$: taux d'intérêt choqué à la hausse à la maturité t ;
- $C^U(t)$: choc à la hausse appliqué à la maturité t ;
- $r^D(t)$: taux d'intérêt choqué à la baisse à la maturité t ;
- $C^D(t)$: choc à la baisse appliqué à la maturité t .

Le graphique suivant montre les taux d'intérêt choqués à la hausse et à la baisse obtenus par rapport aux taux sans risque dans une situation non stressée.

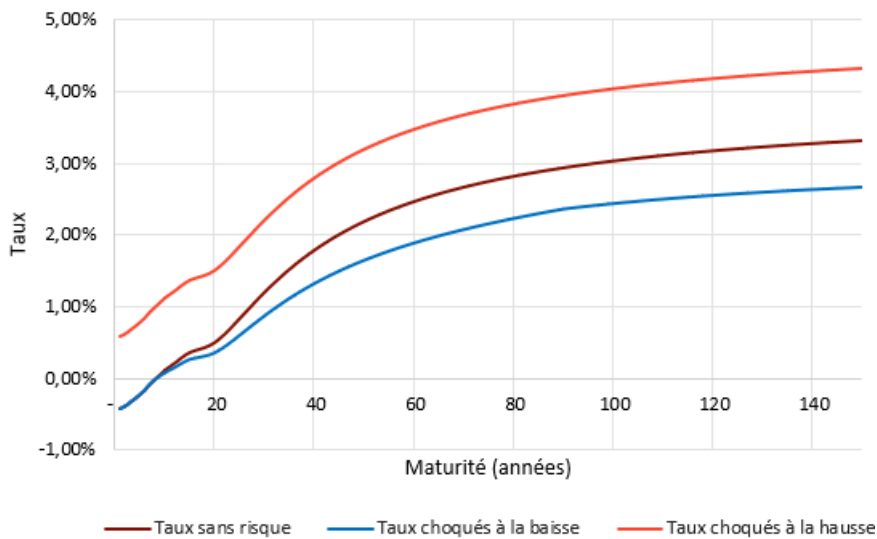


FIGURE 1.4 – Application des chocs à la courbe des taux sans risque du 31/12/2019

En appliquant le *Volatility Adjustment*, les calculs sont similaires :

$$\begin{cases} r^U(t) = \text{VA}(t) + r(t) + \max \{0.01 ; C^U(t) \times |r(t)|\} \\ r^D(t) = \text{VA}(t) + r(t) \times (1 - C^D(t) \times \mathbf{1}_{\{r(t) \geq 0\}}) \end{cases} \quad (1.20)$$

Avec $\text{VA}(t)$ l'ajustement pour volatilité appliqué à la maturité t .

La calibration des chocs de taux a été étudiée par l'EIOPA dans le cadre de la révision 2018 de Solvabilité II. De cette étude, il ressort que les chocs de taux appliqués sous-estiment le risque de taux. Pour répondre à cette problématique, l'EIOPA a proposé un nouveau calibrage des chocs de taux dans le cadre de la révision 2018. Cependant ce sujet a été reporté et est traité dans la révision de 2020. Le nouveau calibrage des chocs de taux est présenté dans la suite de ce mémoire.

Chapitre 2

Présentation et projection du portefeuille

Dans le cadre de ce mémoire, les impacts de la révision de la directive Solvabilité II sont analysés sur un portefeuille de contrats d'épargne. Après une présentation des généralités sur l'assurance vie, les caractéristiques du portefeuille sont présentées. Ce chapitre décrit également le modèle et les hypothèses utilisés pour projeter le portefeuille. Enfin, le bilan prudentiel sous les hypothèses actuelles en termes d'extrapolation de la courbe des taux sans risque, de *Volatility Adjustment* et de chocs de taux est présenté.

2.1 Contrat d'épargne en euro

Un contrat d'épargne est un contrat d'assurance vie. Dans le cadre de l'assurance vie, le risque est porté sur le décès ou la survie de l'assuré à une date définie. En contrepartie des primes versées par le souscripteur du contrat, l'assureur s'engage à reverser un capital ou des rentes au bénéficiaire si le risque survient. Le souscripteur peut décider de souscrire un contrat à des fins d'épargne ou de transmission de patrimoine grâce à une fiscalité avantageuse. En fonction de son aversion au risque et du rendement désiré, le souscripteur peut choisir de placer son épargne sur différents types de supports : support euro, support en unités de compte, support euro-croissance...

Dans le cadre de ce mémoire, l'épargne est investie exclusivement sur un fonds euro. Ce support allie la sécurité, la disponibilité et le rendement du capital investi. En effet, le support euro permet de garantir le capital et les intérêts annuels du placement. Ce support offre également la possibilité au souscripteur de racheter tout ou partie de son capital à tout moment.

2.2 Caractéristiques du portefeuille

2.2.1 Caractéristiques du passif

Concernant la modélisation du passif, les hypothèses suivantes ont été choisies :

- Capital : 80 000 K€;
- Réserve de capitalisation : 15 000 K€;
- PPE : 40 000 K€;
- PM : 1 000 000 K€.

Le passif est divisé en cinq *model points* avec les caractéristiques suivantes :

| Model point | Âge Moyen | Ancienneté (en années) | PM (en K€) | Taux Minimum Garanti (TMG) |
|-------------|-----------|------------------------|------------|----------------------------|
| 1 | 55 | 4 | 600 000 | 0% |
| 2 | 65 | 4 | 200 000 | 0,5% |
| 3 | 70 | 4 | 150 000 | 1% |
| 4 | 75 | 4 | 30 000 | 1,5% |
| 5 | 75 | 4 | 20 000 | 2% |

FIGURE 2.1 – Caractéristiques des *model points*

Les autres hypothèses retenues sont les suivantes :

- Taux de frais de gestion sur encours : 0.5%;
- Taux de chargement de gestion sur encours : 0.8%;
- Table de mortalité : TH0002;
- Taux de participation aux rendements financiers : 85%, taux de participation aux résultats techniques : 90%;
- Taux de rachat structurel partiel (l'assuré rachète une partie de son contrat) : 5.4%, taux de rachat structurel total (l'assuré rachète l'intégralité de son contrat) : 0.6%;
- le rachat conjoncturel¹ suit une loi qui correspond à la moyenne entre la loi plancher et la loi plafond définies par l'étude QIS 5 (*Quantitative Impact Studies*). La loi utilisée est présentée sur le graphique ci-dessous.

1. L'assuré rachète son contrat à cause de la conjoncture économique.

2.2. CARACTÉRISTIQUES DU PORTEFEUILLE

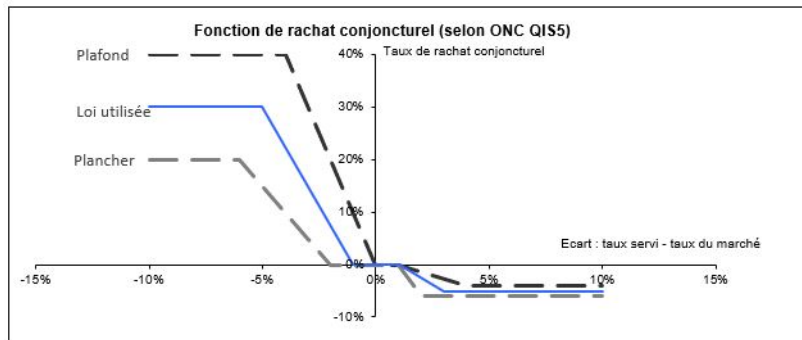


FIGURE 2.2 – Lois de rachat conjoncturel modélisée, plancher, et plafond

La duration du passif est de 13.3 ans.

2.2.2 Composition du portefeuille d'actifs

Le portefeuille d'actifs est issu d'un portefeuille réel. Ce portefeuille a été ajusté pour être adapté au passif présenté précédemment. D'autres modifications ont été effectuées, comme l'augmentation des plus-values latentes sur les actions, afin d'obtenir un ratio de couverture suffisamment élevé.

Le portefeuille obtenu après ajustement est composé de la façon suivante :

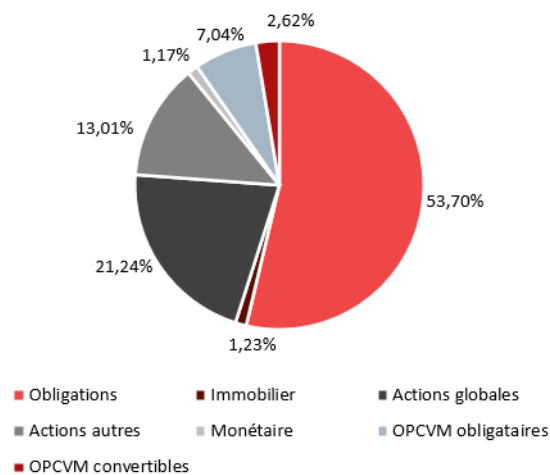


FIGURE 2.3 – Composition du portefeuille d'actifs en pourcentage de la valeur de marché

Le portefeuille obligataire est composé de 32% d'obligations *corporates*, et 68% d'obli-

2.2. CARACTÉRISTIQUES DU PORTEFEUILLE

gations souveraines. Le *rating* moyen des obligations est AA. La valeur de marché et la plus-value latente de chaque classe d'actif est présentée dans le tableau suivant.

| Actif | Valeur nette comptable(en K€) | Valeur de marché (en K€) | Plus-value latente (en K€) |
|-------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Monétaire | 18 199 | 19 395 | 1 196 |
| Actions globales | 157 901 | 350 794 | 192 892 |
| Actions autres | 70 263 | 214 813 | 144 550 |
| Immobilier | 14 021 | 20 289 | 6 268 |
| OPCVM obligataire | 106 591 | 116 260 | 9 668 |
| OPCVM convertible | 39 676 | 43 275 | 3 599 |
| Obligations | 728 348 | 886 916 | 158 568 |
| Total | 1 135 000 | 1 651 742 | 516 742 |

TABLE 2.1 – Valeurs de marché et plus-values latentes des actifs

La stratégie d'allocation d'actifs choisie est de conserver l'allocation initiale. Le réinvestissement en obligations se fait dans des obligations notées AA, de maturité 10 ans.

2.2.3 Bilan comptable

| ACTIF (en K€) | | PASSIF (en K€) | |
|--------------------------|------------------|---------------------------|------------------|
| Placements | | Fonds Propres | |
| Monétaire | 18 199 | Capital | 80 000 |
| Immobilier | 14 021 | Réserve de capitalisation | 15 000 |
| Actions | 228 164 | Total Provisions | 1 040 000 |
| OPCVM | 146 268 | PPE | 40 000 |
| Obligations | 534 348 | PM | 1 000 000 |
| Compte de régularisation | | Compte de régularisation | |
| Coupon couru | 9 541 | Surcote | 5 361 |
| Décote | 189 820 | | |
| Total actif | 1 140 361 | Total passif | 1 140 361 |

FIGURE 2.4 – Bilan comptable au 31/12/2019

2.3 Projection du portefeuille

Cette section présente de façon succincte les étapes de la projection du portefeuille.

2.3.1 Générateur de Scénarios Économiques

Un générateur de scénarios économiques[14] est un outil permettant de simuler la diffusion de variables économiques dans le temps à partir de paramètres reflétant la situation du marché à une date donnée. Un scénario donné représente l'évolution simultanée des différentes variables économiques (indice action, indice immobilier, indice inflation, taux d'intérêt nominaux et réels) dans le temps. Ainsi, l'assureur pourra évaluer ou réévaluer la valeur de marché d'un portefeuille d'actifs financiers et son passif avec des scénarios cohérents.

Le choix et la calibration des modèles de projection n'étant pas le sujet du mémoire, ces points ne seront pas détaillés. Les taux nominaux et réels sont modélisés à l'aide du modèle de Hull White et les indices actions et immobilier par le modèle de Black-Scholes.

Le GSE utilisé dans ce mémoire a été développé par Forsides, il simule 1 000 scénarios économiques en univers risque neutre sur un horizon de projection de 40 ans.

2.3.2 Outil ALM

La gestion actif passif permet d'évaluer les risques et quantifier leurs impacts sur le bilan d'un assureur dans différents environnements économiques générés à l'aide d'un générateur de scénarios économiques. Un outil de projection et de gestion actif-passif appelé SALLTO (programmé en C#) a été développé par Forsides. Cet outil permet de modéliser les interactions qui existent entre l'actif et le passif d'une compagnie d'assurance vie. Il permet la projection annuelle de bilans, de flux et de comptes de résultat. Dans le cadre de ce mémoire, il permet d'évaluer les impacts de la révision 2020 de Solvabilité II sur le bilan d'un assureur et sur sa solvabilité.

Pour fonctionner, l'outil[15] nécessite un fichier en entrée contenant les données et hypothèses présentées précédemment. Son fonctionnement est illustré sur le schéma suivant :

2.3. PROJECTION DU PORTEFEUILLE

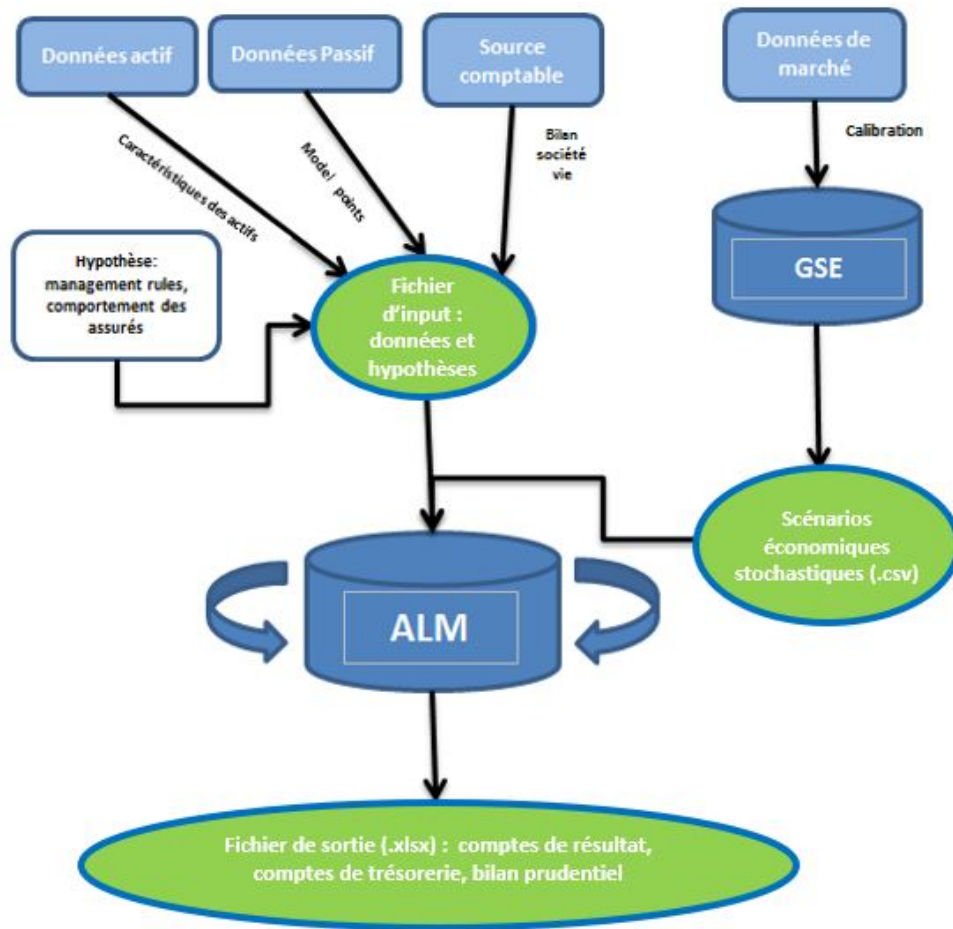


FIGURE 2.5 – Schéma de fonctionnement de SALLTO

Pour simuler l'évolution du bilan de la compagnie d'assurance avec un pas de projection annuel, SALLTO procède en 8 étapes :

- Intégration de la nouvelle production : les nouvelles générations entrent lors de cette étape. Dans le cadre de ce mémoire, le portefeuille est en *run-off*, il n'y a pas de nouveaux contrats entrants dans le portefeuille.
- Vieillessement de l'actif : détermination des flux d'actifs (dividendes, loyers perçus, remboursements), calcul des nouvelles valeurs de marché et valeurs comptables des différents actifs.
- Vieillessement du passif : vieillessement des différents *model points*, paiement par l'assureur des impôts et des prélèvements sociaux, calcul des prestations, des frais, des chargements, prise en compte des primes, et vieillessement de la Provision pour

2.3. PROJECTION DU PORTEFEUILLE

Participation aux Excédents (PPE).

- Extériorisation systématique de plus-values latentes (PVL) : au niveau de chaque actif non-amortissable, l'assureur extériorise systématiquement un certain pourcentage de la PVL s'il y en a une.
- Cessions pour besoin de trésorerie : le solde de trésorerie est calculé, si celui-ci est négatif, des actifs sont cédés.
- Réallocation des actifs : une réallocation des actifs est réalisée afin de respecter la stratégie d'allocation retenue et précisée dans le fichier d'entrée. Dans le cadre de ce mémoire, la stratégie d'allocation choisie est de conserver l'allocation initiale.
- Dotation / reprise sur la réserve de capitalisation puis détermination de la Participation aux Bénéfices (PB) : calcul d'un taux cible, puis, la PB servie aux assurés est déterminée au regard des produits financiers réalisés, de la PPE, des plus-values latentes sur actifs non amortissables disponibles, des contraintes réglementaires et contractuelles (minimum de PB, Taux Minimum Garanti), et de la politique de l'assureur.
- Calcul de la Provision pour Risque d'Exigibilité² (PRE), établissement du bilan, du compte de résultat et du compte de trésorerie.

Ces étapes sont schématisées ci-dessous.

2. Cette provision est constituée si le portefeuille est en situation de moins-value latente, c'est à dire que la valeur de réalisation du portefeuille est inférieure à sa valeur au bilan. Elle permet à l'assureur de se couvrir contre le risque de liquidité causé par la vente à perte d'actifs.

2.3. PROJECTION DU PORTEFEUILLE

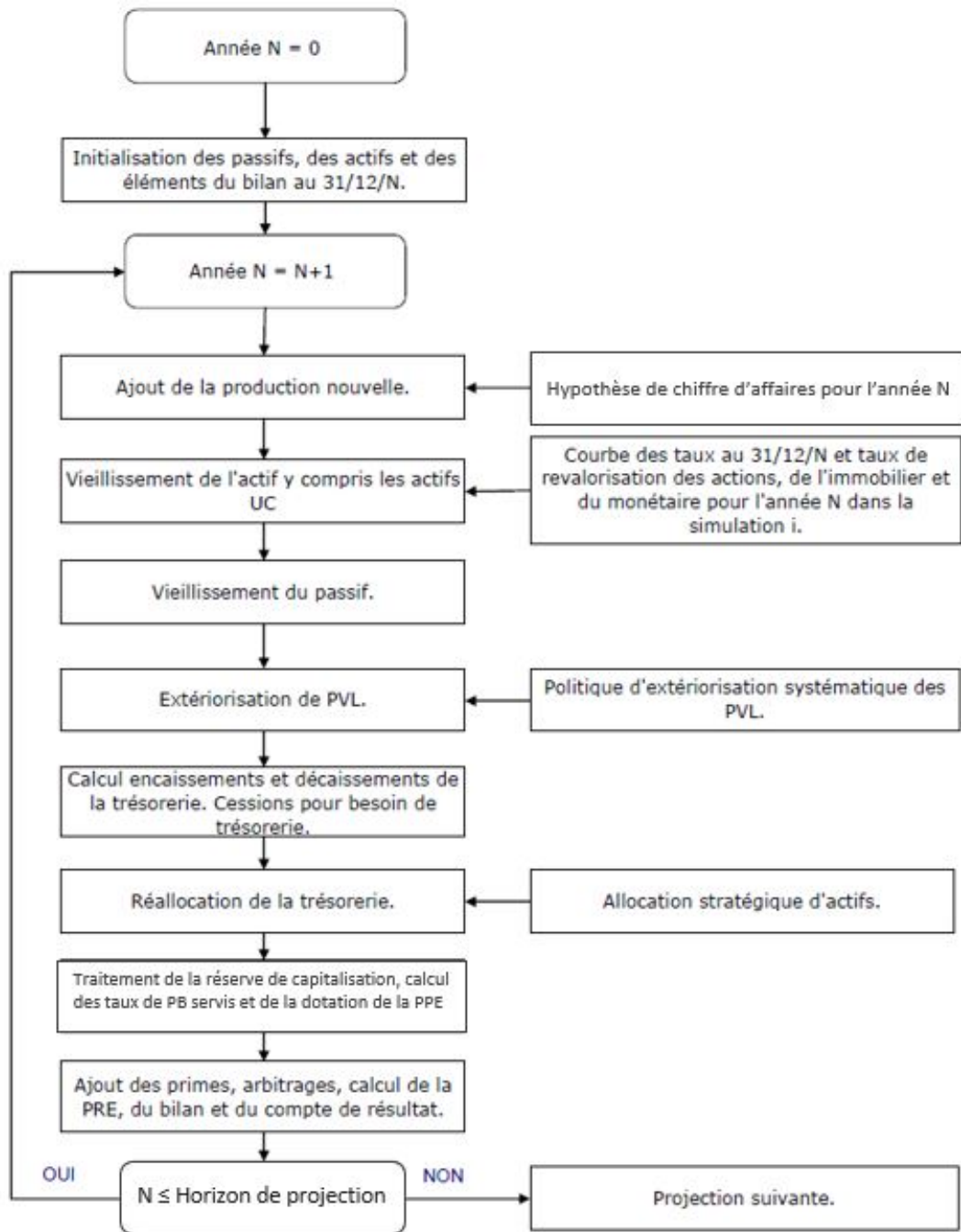


FIGURE 2.6 – Les étapes de calcul de SALLTO

2.4 Bilan prudentiel

Afin de mesurer les différents impacts des propositions de l'EIOPA en vue de la révision 2020, il faut tout d'abord présenter le bilan prudentiel du scénario central. Les résultats ont été obtenus sur le portefeuille présenté, avec les hypothèses suivantes :

- Extrapolation de la courbe des taux avec un LLP à 20 ans, un UFR de 3.9% et un point de convergence à 60 ans ;
- *Volatility Adjustment* de 0.07% ;
- calcul du SCR de marché à partir des chocs des taux du Règlement Délégué, présentés en annexe B.1.

| ACTIF (en K€) | | PASSIF (en K€) | |
|--------------------|------------------|------------------------------|------------------|
| Placements | | Fonds propres | 178 228 |
| <i>Monétaire</i> | 19 395 | | |
| <i>Actions</i> | 565 606 | Provisions techniques | |
| <i>Immobilier</i> | 20 289 | RM | 16 788 |
| <i>OPCVM</i> | 159 535 | BE | 1 456 725 196 |
| <i>Obligations</i> | 886 916 | | |
| Total actif | 1 651 742 | Total passif | 1 651 742 |

FIGURE 2.7 – Bilan prudentiel au 31/12/2019

Les principaux indicateurs comparés dans la suite de ce mémoire sont le *Best Estimate*, le SCR, les fonds propres et le taux de couverture.

| <i>BE (en K€)</i> | Fonds propres (en K€) | SCR (en K€) | Taux de couverture |
|-------------------|-----------------------------|-------------|-----------------------|
| 1 456 725 | 178 228 | 94 526 | 189% |

FIGURE 2.8 – Indicateurs pour le scénario central

Chapitre 3

Propositions de l'EIOPA

La Commission Européenne a mandaté l'EIOPA dans le cadre de la révision 2020 de Solvabilité II. Pour répondre à cette demande, l'EIOPA a publié le 15 octobre 2019 une liste de propositions concernant 19 thèmes. Ces propositions visent à résoudre des problématiques soulevées lors de ses précédents travaux d'étude. Pour proposer des modifications du cadre actuel, l'EIOPA s'est basée sur les données d'entreprises d'assurance et de réassurance afin d'évaluer les impacts des nouvelles propositions. Les enjeux de la révision des trois sujets étudiés dans ce mémoire et les propositions de l'EIOPA vont être présentés dans ce chapitre.

3.1 Extrapolation de la courbe des taux sans risque

3.1.1 Enjeux de la révision

La Commission Européenne a demandé à l'EIOPA d'étudier le calibrage du dernier point liquide pour les différentes monnaies de l'Union Européenne en se basant sur les critères suivants :

- le critère DLT sur le marché des *swaps* interbancaires et sur le marché obligataire ;
- le critère du volume résiduel : *residual volume criterion* ;
- le critère d'adossement : *matching criterion*.

La courbe des taux sans risque est extrapolée à partir du dernier point liquide, son calibrage représente donc un enjeu majeur. En effet, la courbe des taux d'intérêt sans risque doit permettre d'éviter toute volatilité artificielle des provisions techniques et des fonds propres éligibles et inciter à une bonne gestion du risque¹. Limiter la volatilité des taux long terme peut permettre d'éviter les effets pro-cycliques et ainsi avoir un impact positif sur la stabilité financière. La cohérence des taux avec le marché et l'utilisation d'informations de marché respectant le critère DLT permettent d'adopter une politique

1. Considérant 30 : Directive Omnibus II

3.1. EXTRAPOLATION DE LA COURBE DES TAUX SANS RISQUE

de gestion des risques adaptée et de calculer un montant de provisions techniques cohérent.

Cependant, l'EIOPA a identifié plusieurs problèmes avec la méthode actuelle d'extrapolation de la courbe des taux sans risque, notamment la cohérence des taux avec le marché. Après le dernier point liquide, les informations de marché ne sont pas prises en compte, et les taux convergent vers l'UFR. Les taux d'intérêt peuvent donc diverger des taux observés sur le marché. En effet, plus l'UFR est supérieur au taux de maturité 20 ans, plus les taux extrapolés augmentent rapidement. Dans un contexte de taux relativement bas, ce phénomène est accentué, les taux extrapolés sont très éloignés des taux de *swap* de maturité 30 et 50 ans à cause d'un UFR très supérieur au taux de *swap* de maturité 20 ans. Le caractère *market consistent* de la courbe des taux sans risque n'est donc pas respecté. Les provisions techniques sont calculées à partir de taux à long terme trop élevés, et sont donc sous-estimées. Si cette situation persiste, les assureurs vont accumuler des pertes chaque année, cela va diminuer leur montant de fonds propres, et mettre en danger leur solvabilité.

Le même phénomène est observable avec la période de convergence, plus elle est rapide, plus les taux convergent vite et s'éloignent donc des taux observés sur le marché. Choisir une période de convergence plus longue permettrait d'accorder plus de poids aux données du marché et donc améliorer la *market consistency* de la courbe des taux sans risque. Une diminution de l'UFR peut également aider à résoudre ce problème car cela permettrait de diminuer les taux sans risque extrapolés. Cependant la baisse de l'UFR est limitée à 15 points de base par an, son niveau reste donc supérieur aux taux sur le marché.

De plus, l'EIOPA a mis en application une nouvelle méthode d'évaluation du critère DLT en 2017. Il en ressort que des maturités supérieures au dernier point liquide actuel respectent ce critère, c'est notamment le cas à 25, 30, 40 et 50 ans. Le calibrage du dernier point liquide à 20 ans est donc un problème majeur, étant donné que le marché est considéré plus liquide à des maturités supérieures au LLP actuel.

Différentes études réalisées par les autorités de contrôle de l'Union Européenne ont montré que le paramètre le plus sensible en termes d'incidence sur la solvabilité des assureurs est le dernier point liquide. Elles ont donc suggéré de choisir un dernier point liquide plus lointain. Bien que le calibrage de l'UFR et de la période de convergence ne soit pas identifié comme le problème majeur, l'EIOPA a étudié le choix du LLP conjointement au calibrage de ces deux paramètres afin de publier des conseils techniques pour la révision de Solvabilité II.

3.1.2 Options proposées par l'EIOPA

Le sujet de la courbe des taux sans risque et de l'extrapolation des taux est un sujet majeur. En effet, les analyses menées par l'EIOPA conduisent à noter que les choix des

paramètres/hypothèses retenus pour construire la courbe des taux ne sont plus forcément cohérents avec les évolutions des marchés au cours de ces dernières années. Fort de ce constat, l'EIOPA a proposé différentes options pour améliorer la méthodologie d'extrapolation de la courbe des taux sans risque. En ce qui concerne l'extrapolation de la courbe des taux sans risque, elle a présenté cinq options² :

- aucun changement ;
- conserver le dernier point liquide à 20 ans et ajouter des exigences réglementaires ;
- éloigner le dernier point liquide à 30 ans et ajouter des exigences réglementaires ;
- éloigner le dernier point liquide à 50 ans ;
- extrapoler la courbe des taux à partir d'une méthode alternative.

La deuxième option considérée conserve le dernier point liquide à une maturité de 20 ans, les différents critères permettant son calibrage sont inchangés. Cette option n'a donc pas d'impact sur la courbe des taux sans risque. Cependant, afin d'améliorer la gestion des risques actuelle, l'EIOPA propose d'ajouter des exigences aux piliers 2 et 3 de Solvabilité II. Les entreprises d'assurance et de réassurance doivent réaliser des analyses de sensibilité à un éloignement du LLP à 50 ans et inclure ces résultats dans le RSR (*Regular Supervisory Report*) et dans le SFCR (*Solvency and Financial Conditions Report*) afin de favoriser la transparence et la discipline de marché. Si une entreprise ne satisfait pas les exigences en termes de SCR ou MCR lorsque le LLP est à 50 ans, elle doit prouver à l'autorité de contrôle de son pays que les versements de dividendes ou autres distributions de capital volontaires ne mettent pas en danger la protection des assurés et des bénéficiaires. Si l'autorité de contrôle n'est pas convaincue, elle peut limiter ou empêcher la distribution de capital pour garantir la solvabilité de l'entreprise.

La troisième proposition de l'EIOPA est de passer à un LLP à 30 ans pour l'euro. Cette option vise à évaluer les provisions techniques de façon plus cohérente tout en limitant la volatilité des fonds propres. L'évaluation de la profondeur, liquidité et transparence du marché obligataire (y compris le critère du volume résiduel et le critère d'adossement) n'est plus utilisée pour déterminer la maturité du dernier point liquide. Bien que le marché des *swaps* respecte le critère DLT à 40 et 50 ans pour l'euro, ces maturités ne sont pas prises en compte pour réaliser l'extrapolation de la courbe des taux sans risque, un plafond limite la maturité du dernier point liquide à 30 ans. Les exigences concernant les piliers 2 et 3 de Solvabilité II, décrites dans le paragraphe précédent sont également proposées par l'EIOPA dans le cas d'un LLP fixé à 30 ans.

La quatrième option de l'EIOPA propose un éloignement du dernier point liquide à 50 ans, dernière maturité pour laquelle le marché des *swaps* euro est profond, liquide et transparent. L'évaluation de la profondeur, liquidité et transparence du marché obligataire (y compris le critère du volume résiduel et le critère d'adossement) n'est plus

2. Les options présentées ici concernent uniquement l'euro.

utilisée pour déterminer la maturité du dernier point liquide.

La dernière option proposée par l'EIOPA est de changer la méthode d'extrapolation de la courbe des taux sans risque. Une méthode alternative est proposée et implémentée dans un outil fourni par l'EIOPA [3]. Cette proposition n'est pas considérée uniquement pour l'euro, mais pour toutes les devises. Cette méthode consiste à prendre en compte les données du marché au delà du LLP actuel, appelé FSP (*First Smoothing Point*, premier point de lissage) dans cette méthode. Pour l'ensemble des devises, le FSP est déterminé à partir du critère du volume résiduel obligataire (méthode actuellement utilisée uniquement pour l'euro). Le critère d'adossement n'est plus utilisé. L'évaluation du critère DLT est réalisée sur le marché des *swaps* afin de déterminer les maturités considérées liquides. Les taux de maturité supérieure au FSP respectant le critère DLT sont pris en compte pour réaliser l'extrapolation et des poids leurs sont attribués en fonction de leur liquidité. Pour l'euro, il s'agit des maturités : 25, 30, 40 et 50 ans. Les exigences concernant les piliers 2 et 3 de Solvabilité II, proposées dans les options précédentes sont également recommandées par l'EIOPA. Les analyses de sensibilité portent sur le passage du FSP de 20 ans à 50 ans.

La construction de la courbe des taux sans risque à l'aide de la méthode alternative se décompose en deux étapes. La première étape consiste à déterminer les taux sans risque (de maturité inférieure ou égale au premier point de lissage) et les taux *forwards* (pour les maturités où le marché des *swaps* est DLT) à partir des données du marché. La deuxième étape consiste à déterminer les taux sans risque au delà du FSP, à partir de l'UFR et du LLFR (*Last Liquid Forward Rate*). Ce paramètre est une combinaison pondérée de taux *forwards* où le marché des *swaps* est considéré DLT. La méthode alternative se base également sur la convergence des taux *forwards* vers l'UFR pour réaliser l'extrapolation. La méthode est présentée ci-dessous.

Notations :

- r_t : taux de *swap* interbancaire à la maturité t ;
- z_t : taux zéro coupon à la maturité t ;
- f_{t_1, t_2} : taux *forward* entre les maturités t_1 et t_2 .

Les taux zéro coupons sont obtenus par la méthode Bootstrap à partir des équations suivantes :

$$\frac{(1 + r_1)}{(1 + z_1)} = 1 \Rightarrow z_1 = r_1 \tag{3.1}$$

$$\frac{r_2}{1 + z_1} + \frac{1 + r_2}{(1 + z_2)^2} = 1 \Rightarrow z_2 = \sqrt{\frac{1 + r_2}{1 - \frac{r_2}{1+z_1}}} - 1 \tag{3.2}$$

Cette formule peut être généralisée pour les maturités comprises entre 2 et 10 ans.

$$1 = \frac{r_n}{1+z_1} + \frac{r_n}{(1+z_2)^2} + \dots + \frac{1+r_n}{(1+z_n)^n}$$

$$\Rightarrow z_n = \sqrt[n]{\frac{1+r_n}{1 - r_n \sum_{k=1}^{n-1} \frac{1}{(1+z_k)^k}} - 1}, \forall 2 \leq n \leq 10 \quad (3.3)$$

Les taux *forwards* sont obtenus par l'équation suivante :

$$(1+z_n)^n = (1+z_{n-1})^{n-1} \cdot (1+f_{n-1,n})$$

$$\Rightarrow f_{n-1,n} = \frac{(1+z_n)^n}{(1+z_{n-1})^{n-1}} - 1, \forall 2 \leq n \leq 10 \quad (3.4)$$

Pour certaines maturités comprises entre 10 et 20 ans, le problème de la liquidité se pose. En effet, le marché est considéré liquide seulement aux maturités 10, 12, 15 et 20 ans. Les taux d'intérêt doivent être interpolés entre ces maturités. Pour cela, une hypothèse a été faite par l'EIOPA. Elle consiste à considérer que les taux *forwards* un an sont constants entre les maturités liquides, c'est à dire : $f_{10,11} = f_{11,12} = f_{10,12}$.

A partir de cette hypothèse, et de l'équation (3.4), les équations suivantes peuvent être déduites :

$$(1+z_{11})^{11} = (1+z_{10})^{10} \cdot (1+f_{10,12})$$

$$(1+z_{12})^{12} = (1+z_{10})^{10} \cdot (1+f_{10,12})^2 \quad (3.5)$$

Ce qui permet d'obtenir :

$$\frac{r_{12}}{1+z_1} + \frac{r_{12}}{(1+z_2)^2} + \dots + \frac{1+r_{12}}{(1+z_{12})^{12}} = 1$$

$$\Rightarrow r_{12} \times \left(\sum_{n=1}^{10} \frac{1}{(1+z_n)^n} + \frac{1}{(1+z_{10})^{10}} \times \sum_{n=1}^2 \frac{1}{(1+f_{10,12})^n} \right) + \frac{1}{(1+z_{10})^{10}(1+f_{10,12})^2} = 1$$

Cette équation permet de retrouver le taux *forward* $f_{10,12}$ et donc les taux *forwards* un an. Cela permet également d'obtenir les taux zéros coupons z_{11} et z_{12} . Les taux zéros coupons et *forwards* compris entre les maturités 12 et 15 ans, et 15 et 20 ans sont obtenus par le même procédé.

Pour déterminer les taux zéro coupons de maturité supérieure au FSP, il faut commencer par calculer le LLFR qui est une combinaison pondérée de taux *forwards* de maturité liquide. Les taux *forwards* sont obtenus par la méthode décrite précédemment. Le LLFR est calculé par la formule :

$$\text{LLFR} = w_{20} \times f_{15,20} + w_{25} \times f_{20,25} + w_{30} \times f_{20,30} + w_{40} \times f_{20,40} + w_{50} \times f_{20,50} \quad (3.6)$$

Les coefficients de pondération w_i sont basés sur le montant notionnel moyen annuel négocié par maturité. Le coefficient w_{30} est supérieur à w_{40} et w_{50} car le marché est plus liquide à 30 ans qu'à 40 ans ou 50 ans.

A partir du LLFR, tous les taux *forwards* de maturité supérieure au FSP peuvent être extrapolés à partir de la formule :

$$f_{20,20+h} = \ln(1 + \text{UFR}) + (\text{LLFR} - \ln(1 + \text{UFR})) \times \frac{1 - e^{-\alpha h}}{\alpha h}, \forall h \in \mathbb{N}^* \quad (3.7)$$

où α correspond à la vitesse de convergence et est fixée à 10%.

Les taux zéro coupons sont ensuite déterminés à partir de la formule :

$$z_{20+h} = \exp\left(\frac{20 \times z_{20} + h \times f_{20,20+h}}{20 + h}\right) - 1, \forall h \in \mathbb{N}^* \quad (3.8)$$

3.2 Volatility Adjustment

Le *Volatility Adjustment* est également un point clé de la révision. La Commission Européenne a demandé à l'EIOPA de revoir le calcul de l'ajustement en se basant sur deux approches :

- **Approche 1** : application d'un ajustement pour volatilité prenant en compte les caractéristiques d'illiquidité et/ou la duration des passifs des assureurs, en maintenant le concept actuel de portefeuilles de référence mais en introduisant des ratios pour compléter le ratio actuel à 65% ;
- **Approche 2** : application d'un ajustement pour volatilité basé sur les pondérations des actifs spécifiques aux assureurs, et en introduisant également des ratios dépendant de l'adossement entre les actifs et les passifs des assureurs.

La Commission Européenne a également demandé de revoir le fonctionnement de la composante pays du *Volatility Adjustment*.

L'EIOPA a identifié deux défaillances techniques dans le calcul du VA et propose des options pour les résoudre. Elle a également construit deux nouvelles approches de calcul du VA pour répondre à la demande de la Commission Européenne.

3.2.1 Améliorations techniques du calcul du VA

L'EIOPA a soulevé deux problèmes techniques concernant le calcul des *spreads* des portefeuilles de référence :

- la non-prise en compte des *spreads* négatifs des portefeuilles ;
- la mise à jour des portefeuilles de référence basée sur le gel de la valeur de marché des actifs.

Non prise en compte des *spreads* négatifs :

Notations³ :

- S : le spread du portefeuille de référence ;
- W^{gov} : la proportion d'obligations souveraines incluses dans le portefeuille d'actifs ;
- S^{gov} : le *spread* moyen des obligations souveraines incluses dans le portefeuille d'actifs ;
- W^{corp} : la proportion d'obligations *corporates* (c'est à dire autres que les obligations souveraines, les prêts et les titrisations) incluses dans le portefeuille d'actifs ;
- S^{corp} : le *spread* moyen des obligations *corporates* incluses dans le portefeuille d'actifs.

À partir de ces éléments, le *spread* de chacun des portefeuilles de référence est calculé de la façon suivante :

$$S = W^{gov} \times \max \{S^{gov}; 0\} + W^{corp} \times \max \{S^{corp}; 0\} \quad (3.9)$$

En utilisant cette formule, les *spreads* des portefeuilles des obligations souveraines et des obligations *corporates* ne sont pas pris en compte lorsqu'ils sont négatifs. Pourtant, si le taux sans risque est supérieur au taux de rendement, un *spread* négatif permet de mieux refléter les caractéristiques économiques des investissements. L'EIOPA propose donc d'autoriser les *spreads* négatifs dans le calcul du VA. Le *spread* serait donc calculé de la façon suivante :

$$S = W^{gov} \times S^{gov} + W^{corp} \times S^{corp} \quad (3.10)$$

Mise à jour des portefeuille de référence - gel de la valeur de marché des actifs :

Les portefeuilles de référence sont mis à jour annuellement, tandis que le calcul du VA est mensuel. Cela nécessite le gel d'hypothèses sur les données de marché.

Le calcul du taux de rendement d'un portefeuille de référence se base sur l'hypothèse que les différents groupes d'actifs du portefeuille se comportent comme des obligations zéro-coupons. Le portefeuille est ensuite agrégé et est modélisé comme une obligation zéro coupon caractérisée par sa maturité (égale à sa duration), son flux à maturité, sa valeur de marché et son taux de rendement. L'approche utilisée pour calculer le taux de rendement est appelée *MV-Freeze*, c'est à dire gel des valeurs de marché. En effet, la valeur de marché des actifs en fin d'année est utilisée pour évaluer le poids de chaque catégorie d'actifs dans le portefeuille de référence, ces poids sont ensuite considérés constants pendant l'année. La duration est également considérée constante. Les flux et taux d'intérêt

3. Dans ce paragraphe, les notations sont identiques pour les deux portefeuilles de référence.

de l'ensemble des obligations permettent de déterminer le taux de rendement du portefeuille de référence. Sous cette hypothèse, les flux varient en fonction des taux d'intérêt, et augmentent en cas d'augmentation des taux. En réalité, une augmentation des taux entraîne une diminution des valeurs de marché, alors que les flux restent constants. Cela signifie que lorsque le taux de rendement d'une obligation augmente, le poids accordé à la valeur de marché de cette obligation est surestimé.

L'EIOPA préconise une nouvelle approche pour calculer le taux de rendement du portefeuille, basée sur le gel des flux, appelée *CF-Freeze*. Cela signifie que la durée et les flux des actifs seront calculés de façon annuelle puis considérés constants pendant une période d'un an. La valeur de marché des actifs n'est plus figée et ainsi le poids accordé à la valeur de marché de chaque catégorie d'actifs évolue en fonction des taux d'intérêt.

3.2.2 Défaillances dans la conception actuelle du VA

L'EIOPA a identifié sept défaillances dans la conception du VA. Cela empêche l'ajustement pour volatilité de respecter ses objectifs qui sont :

- limiter les effets des mouvements des *spreads* obligataires sur le bilan des assureurs ;
- limiter les comportements d'investissement pro-cycliques ;
- prendre en compte les caractéristiques d'illiquidité du passif.

3.2.2.1 Effet de sous-compensation ou surcompensation du VA :

Lorsque les *spreads* obligataires augmentent, la valeur de marché des actifs diminue et le VA augmente. Les provisions techniques diminuent car l'actualisation est réalisée à partir de taux plus élevés. Les pertes de valeur de marché des actifs sont donc amorties, les fonds propres ne subissent pas de pertes importantes. Au travers de ce mécanisme, le VA limite les effets d'une augmentation des *spreads* obligataires.

Dans certains cas, l'effet d'amortissement des pertes de valeur de marché des actifs par le VA est exagéré. Étant donné que le calcul du VA ne se base que sur les *spreads* obligataires et qu'un ratio de 65% est appliqué, la totalité des pertes de valeur de marché des actifs ne doit pas être compensée par le VA.

Cette surcompensation peut se produire lorsque la proportion d'actifs à revenu fixe dans le portefeuille de l'assureur est faible par rapport à la proportion d'actifs obligataires dans le portefeuille de référence. En effet, plus le montant d'obligations du portefeuille est faible par rapport au *Best Estimate*, plus la compensation par le VA est élevée, et les effets des mouvements de *spreads* sont surestimés.

Un décalage entre la durée des actifs et des passifs peut causer le même effet. Plus la durée des passifs est élevée, plus l'effet de compensation du VA est important. Si

deux assureurs possèdent le même portefeuille d'actifs à revenu fixe, mais que la durée de leurs engagements est différente, c'est l'assureur avec la durée du passif la plus longue qui aura une compensation de la perte de valeur de marché des actifs plus importante⁴.

Cette surcompensation se produit également lorsque les obligations du portefeuille de l'assureur ont une meilleure qualité de crédit que les obligations du portefeuille de référence, car l'augmentation des *spreads* est plus faible pour des obligations avec une meilleure qualité de crédit.

De la même façon, lorsque un assureur possède une proportion plus élevée d'obligations dans son portefeuille, et si ses obligations sont moins bien notées par rapport aux obligations du portefeuille de référence, la VA peut compenser trop faiblement les pertes de valeur de marché des actifs.

3.2.2.2 Non prise en compte des caractéristiques d'illiquidité des passifs

L'illiquidité des passifs est définie comme le fait que les flux de trésorerie soient stables et prévisibles. Des passifs illiquides peuvent être couverts par des actifs illiquides et cet adossement peut donner lieu à une prime d'illiquidité. Dans cette situation, l'assureur est moins exposé au risque de vente forcée de ses actifs et au risque de pertes de valeur de marché à court terme des actifs. Cependant, le VA actuel ne prend pas en compte l'illiquidité des passifs, un assureur avec un passif moins prévisible applique le même VA qu'un assureur avec un passif illiquide. Un assureur avec un passif plus liquide a des actifs plus liquides et est donc plus exposé au risque de perte de valeur de marché des actifs, il ne doit donc pas bénéficier de prime d'illiquidité.

3.2.2.3 Volatilité des fonds propres lorsque la composante pays du VA est proche du seuil d'activation

Le VA relatif au pays n'est appliqué que lorsque le *spread* d'un pays corrigé pour risque de crédit est supérieur à 1% et qu'il est supérieur au double du *spread* de la devise corrigé du risque de crédit. Cet ajustement permet d'atténuer l'élargissement des *spreads* affectant les marchés nationaux et a surtout été utilisé pendant la période des crises de la dette souveraine entre 2011 et 2013. Lorsque le *spread* d'un pays fluctue autour du seuil d'activation, les assureurs subissent une perte de la valeur de marché des actifs qui n'est pas compensée par une diminution des provisions techniques tant qu'il n'est pas activé. Cela entraîne une diminution des fonds propres. Si le seuil d'activation est atteint soudainement, la perte de valeur de marché des actifs est immédiatement compensée, et par conséquent les fonds propres sont plus élevés. Lorsque le *spread* pays est proche du seuil d'activation pendant une période de temps assez longue, l'incertitude quant à son application augmente la volatilité des fonds propres. Lorsque le seuil n'est pas atteint, la

4. Le mémoire d'Alice Launay [17] peut être consulté, les effets de l'ajustement pour volatilité sur deux passifs de liquidité différentes sont présentés.

composante pays n'est pas appliquée. Dans ce cas, les effets des mouvements de *spreads* sont sous-estimés par le VA, seule une partie des pertes de valeur de marché des actifs est compensée par le VA. Cette situation peut engendrer des comportements d'investissement pro-cycliques.

3.2.2.4 Évaluation non réaliste de la correction pour risque de crédit

Le risque de crédit relatif à la part des obligations *corporates* du portefeuille correspond au maximum entre 35% de la moyenne des *spreads* à long terme et ; la somme de la probabilité de défaut des actifs et des pertes engendrées par une dégradation de la note des actifs. Pour le portefeuille d'obligations souveraines, le risque de crédit est de 30% de la moyenne des *spreads* à long terme.

Calculé à partir de composantes variant très peu dans le temps, le risque de crédit n'est pas sensible à l'augmentation des *spreads*, et est relativement stable dans le temps. Pourtant, il a été prouvé qu'en cas de crise, le nombre de pertes causées par le défaut d'un émetteur augmente proportionnellement au *spread*. Cela prouve que le risque de crédit ne reflète pas les pertes réelles en cas de défaut et ne répond donc pas à l'objectif de compensation des pertes inattendues défini dans l'article 77 de la Directive Solvabilité II.

3.2.2.5 Positivité du VA

Dans une situation d'augmentation des *spreads*, les assureurs voient leur ratio de solvabilité diminuer et peuvent décider de vendre des obligations. Cette vente peut causer une augmentation plus importante des *spreads* selon le nombre d'assureurs concernés. Ce comportement pro-cyclique est évité car le VA amortit la perte de valeur de marché des actifs sur les fonds propres.

A l'inverse, lorsque les *spreads* sont faibles, les assureurs souhaitent augmenter leurs rendements et investissent dans des obligations plus risquées, cela a pour effet de réduire le niveau des *spreads*. Dans ce cas, les assureurs sont plus vulnérables aux augmentations des *spreads* et ne remplacent pas leurs obligations risquées par des obligations plus sûres car ils bénéficient d'une correction pour volatilité positive diminuant le montant de leurs provisions techniques. Un VA négatif pourrait empêcher ce comportement pro-cyclique.

3.2.2.6 Manque de clarté des hypothèses sous-jacentes au VA

Le VA peut être considéré comme une compensation des effets des mouvements de *spreads*, ou comme une prime d'illiquidité pour des actifs répliquant des passifs illiquides. Les hypothèses sous-jacentes au VA dépendent de l'interprétation choisie. Cela empêche une supervision efficace et cohérente de l'application du VA. En effet, cela a des conséquences négatives sur l'efficacité du deuxième pilier de Solvabilité II, où une analyse de sensibilité sur les hypothèses sous-jacentes au VA est nécessaire dans la gestion des risques

et où une majoration de capital peut être appliquée lorsque les hypothèses sous-jacentes ne sont pas respectées.

3.2.2.7 La courbe des taux avec VA n'est pas *market consistent*

L'évaluation des provisions techniques repose sur le fait que les passifs peuvent être répliqués par des actifs possédant des caractéristiques de flux de trésorerie similaires. Cependant, les flux de trésorerie des actifs sont actualisés à partir de la courbe des taux sans risque sans correction pour volatilité, alors que l'actualisation des passifs est réalisée à partir de la courbe des taux sans risque ajustée du VA. Cela signifie qu'un actif et un passif avec les mêmes flux de trésorerie ont une valeur de marché différente, le caractère *market consistent* n'est donc pas respecté.

3.2.3 Options proposées par l'EIOPA

Afin de résoudre ces défaillances, l'EIOPA a été chargée de proposer des options d'amélioration de calcul du VA selon deux approches :

- **Approche 1** : application d'un ajustement pour volatilité prenant en compte les caractéristiques d'illiquidité et/ou la durée des passifs des assureurs, en maintenant le concept actuel de portefeuilles de référence mais en introduisant des ratios pour compléter le ratio actuel à 65% ;
- **Approche 2** : application d'un ajustement pour volatilité basé sur les pondérations des actifs spécifiques aux assureurs, et en introduisant également des ratios dépendant de l'adossement entre les actifs et les passifs des assureurs.

La Commission Européenne a également demandé de revoir le fonctionnement de la composante pays du *Volatility Adjustment*.

Suite à cette demande, l'EIOPA propose huit options afin d'améliorer le fonctionnement et le calcul du VA. Deux types de VA sont différenciés dans ces options : le VA permanent et le VA macroéconomique. Le VA permanent correspond au VA devise actuel, cet ajustement n'est pas soumis à un seuil d'activation et est toujours appliqué. Les six premières options concernent le calcul de ce dernier. Le VA pays, activé en cas de crise sur le marché obligataire national est remplacé par le VA macroéconomique. Les deux dernières options de l'EIOPA concernent le calcul et l'activation de cette composante. Les options sont les suivantes :

- **Option 1 : mise en place d'un VA spécifique à l'entreprise.** Le calcul du VA est basé sur les pondérations d'actifs spécifiques à l'entreprise plutôt que sur les pondérations d'actifs du portefeuille de référence. Cette option permet de limiter l'effet de sous-compensation ou surcompensation du VA, sauf si cet effet provient d'un décalage de durée entre les actifs et les passifs. Le calcul de la composante macroéconomique n'est pas nécessaire sous cette option car le VA spécifique à l'en-

treprise capte les crises potentielles sur le marché obligataire national.

- **Option 2 : approche *middle bucket*.** En plus du VA actuel, un VA spécifique à l'entreprise est introduit mais soumis à des critères d'application stricts se rapportant à la gestion actif-passif de l'entreprise. Cette option vise également à limiter les effets de sous-compensation et surcompensation du VA.
- **Option 3 : approche fondée sur l'actif .** Plutôt que d'appliquer le VA aux taux d'intérêt sans risque utilisés pour le calcul du *Best Estimate*, il est appliqué pour réévaluer les obligations détenues par l'entreprise en ajustant les écarts obligataires par le VA. La différence de valeur de marché des obligations évaluées avec et sans VA est ajoutée dans les fonds propres de l'entreprise. Cette option permet de limiter la sous-compensation et la surcompensation des mouvements de *spreads* et résout la problématique de non-respect du caractère *market consistent* de la courbe des taux avec VA.
- **Option 4 : prise en compte du montant d'actifs à revenu fixe et de l'écart de durée entre l'actif et le passif.** Un ratio d'application est introduit (en complément du ratio actuel de 65%) afin de tenir compte du montant d'actifs à revenu fixe dans le portefeuille de l'entreprise par rapport à celui du portefeuille de référence. Le ratio vise également à limiter les effets de surcompensation du VA lorsque la durée de l'actif est inférieure à la durée du passif.
- **Option 5 : prise en compte des caractéristiques d'illiquidité des passifs.** Un ratio d'application est introduit (en complément du ratio actuel) afin de tenir compte des caractéristiques d'illiquidité des passifs.
- **Option 6 : modification du calcul de la correction pour risque de crédit.** La correction pour risque de crédit à appliquer au *spread* est calculée en pourcentage fixe du *spread*.
- **Option 7 : activation de la composante de crise.** Un nouveau seuil d'activation pour l'application du *spread* macroéconomique est défini. Cette option vise à limiter la volatilité des fonds propres lorsque la composante de crise oscille autour du seuil d'activation.
- **Option 8 : établir une répartition plus claire du VA entre l'élément permanent et l'élément de crise.** Le calcul et l'activation du VA macroéconomique sont basés sur le dépassement du *spread*⁵ spécifique au pays par rapport à

5. Deux méthodes sont proposées : dans la première, le *spread* est corrigé pour le risque de crédit ; dans la deuxième, le *spread* n'est pas corrigé.

sa moyenne sur 36 mois. Cette option permet principalement l'amélioration de la gestion des risques grâce à une meilleure compréhension et une meilleure séparation entre les deux composantes du VA.

Individuellement, aucune de ces options ne répond à l'ensemble des enjeux décrits précédemment. Pour calculer le montant de VA à appliquer, certaines options sont combinées sous deux approches répondant aux approches évoquées par la Commission Européenne :

- Approche 1 : le VA permanent est déterminé avec les options 4, 5 et 6, le calcul du VA macroéconomique est basé sur l'option 8 ;
- Approche 2 : le VA permanent est déterminé avec les options 1, 4 et 5, pas de VA macroéconomique.

Le fonctionnement et la mise en place des options 1, 4, 5 et 6 vont être détaillés dans la suite de ce mémoire. L'option 8 nécessite de disposer des *spreads* mensuels des portefeuilles de référence des pays pendant 3 ans, cette option ne peut donc pas être appliquée⁶. La suite de ce mémoire se concentre donc sur le calcul du VA permanent selon les deux approches retenues.

3.3 Chocs de taux

3.3.1 Enjeux de la révision

Cette problématique a déjà été traitée par l'EIOPA dans le cadre de la révision 2018 de Solvabilité II. L'EIOPA avait identifié les lacunes de la calibration des chocs de taux en vigueur et avait proposé une nouvelle calibration afin de remédier à la sous-estimation du risque de taux. Cependant, la Commission Européenne a décidé de reporter la modification de cette thématique à la révision 2020. La calibration des chocs appliqués pour le calcul du SCR au titre du risque de taux d'intérêt fait donc partie de la révision 2020 et a été à nouveau étudiée par l'EIOPA. Dans un contexte de taux bas, la calibration des chocs de taux est un enjeu important afin que le SCR de taux reflète le risque auquel les assureurs font face. De plus, la calibration des chocs de taux doit être cohérente avec les paramètres choisis pour l'extrapolation de la courbe des taux.

Plusieurs lacunes de la calibration et de l'application actuelles des chocs de taux ont été identifiées par l'EIOPA :

- les mouvements de taux d'intérêt observés sur le marché sont plus importants que ceux des taux d'intérêts choqués ;
- l'approche utilisée ne choque pas les taux négatifs ;

6. Lors des collectes de données auprès des assureurs et réassureurs, l'EIOPA a uniquement demandé de déterminer la composante permanente car le VA "de crise" n'a pas été activé en fin d'année 2019. Cette hypothèse est donc cohérente.

- les utilisateurs de modèles internes pour calculer le SCR mesurent le risque de taux de façon significativement différente de la formule standard ;
- l'analyse d'impacts d'un nouveau calibrage des chocs prouve que les fonds propres nécessaires pour faire face au risque de taux sont sous-estimés.

3.3.2 Option proposée par l'EIOPA

L'EIOPA a développé différentes approches pour la calibration des chocs de taux dans le cadre de la révision 2018. Après examen, elle a choisi de proposer la méthode dite *shifted approach* pour la révision 2020 car cette approche présente plusieurs avantages. Elle est simple, transparente, et s'adapte à différents environnements, c'est à dire qu'elle est adaptée en contexte de taux bas où elle prend en compte les taux négatifs.

Cette méthode consiste à appliquer une composante multiplicative et une composante additive pour choquer les taux d'intérêts. Les taux choqués à la hausse et à la baisse sont obtenus à partir des taux sans risque et de quatre vecteurs calibrés et fournis par l'EIOPA :

$$\begin{cases} r^U(t) = r(t) \times (1 + s(t)^U) + b(t)^U \\ r^D(t) = r(t) \times (1 - s(t)^D) - b(t)^D \end{cases} \quad (3.11)$$

Avec :

- $r(t)$: taux sans risque à la maturité t ;
- $r^U(t)$: taux choqué à la hausse à la maturité t ;
- $r^D(t)$: taux choqué à la baisse à la maturité t ;
- $b(t)^U, s(t)^U$: composantes pour le choc à la hausse à la maturité t ;
- $b(t)^D, s(t)^D$: composantes pour le choc à la baisse à la maturité t .

Ces vecteurs sont calibrés sur les données historiques, les taux sans risque entre 1999 et 2018 sont pris en compte. La calibration des chocs de taux a été réalisée conjointement aux paramètres de l'extrapolation de la courbe des taux sans risque, en particulier au dernier point liquide. Les vecteurs sont calibrés jusqu'à la maturité du dernier point liquide, puis une interpolation est réalisée. Quelque soit le LLP retenu, les vecteurs permettant de calculer les taux choqués sont donc identiques jusqu'à une maturité de 20 ans. À partir des valeurs présentées dans le tableau ci-dessous, les vecteurs $s(t)^U$ et $s(t)^D$ sont interpolés entre 20 ans et 90 ans, les vecteurs $b(t)^U$ et $b(t)^D$ sont interpolés entre 20 ans et 60 ans.

Les chocs sont adaptés au dernier point liquide choisi pour réaliser l'extrapolation de la courbe des taux sans risque. Ainsi, pour un LLP à 30 ans, les vecteurs ont été calibrés jusqu'à 30 ans et sont ensuite extrapolés. Il en est de même pour un dernier point liquide à 50 ans. Les vecteurs obtenus dans ces deux cas sont indiqués ci-dessous.

L'EIOPA a également envisagé une méthode alternative pour extrapoler la courbe des taux sans risque. La courbe des taux sans risque extrapolée à partir de la méthode

3.3. CHOCS DE TAUX

alternative est similaire à la courbe actuelle extrapolée à partir du LLP à 20 ans, les chocs à appliquer aux taux sans risque sont donc identiques pour les deux méthodes.

| Maturité t | $s(t)^D$ | $b(t)^D$ | $s(t)^U$ | $b(t)^U$ |
|------------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 58% | 1,16% | 61% | 2,14% |
| 2 | 51% | 0,99% | 53% | 1,86% |
| 3 | 44% | 0,83% | 49% | 1,72% |
| 4 | 40% | 0,74% | 46% | 1,61% |
| 5 | 40% | 0,71% | 45% | 1,58% |
| 6 | 38% | 0,67% | 41% | 1,44% |
| 7 | 37% | 0,63% | 37% | 1,30% |
| 8 | 38% | 0,62% | 34% | 1,19% |
| 9 | 39% | 0,61% | 32% | 1,12% |
| 10 | 40% | 0,61% | 30% | 1,05% |
| 11 | 41% | 0,60% | 30% | 1,05% |
| 12 | 42% | 0,60% | 30% | 1,05% |
| 13 | 43% | 0,59% | 30% | 1,05% |
| 14 | 44% | 0,58% | 29% | 1,02% |
| 15 | 45% | 0,57% | 28% | 0,98% |
| 16 | 47% | 0,56% | 28% | 0,98% |
| 17 | 48% | 0,55% | 27% | 0,95% |
| 18 | 49% | 0,54% | 26% | 0,91% |
| 19 | 49% | 0,52% | 26% | 0,91% |
| 20 | 50% | 0,50% | 25% | 0,88% |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 60 | ... | 0,00% | ... | 0,00% |
| ... | ... | 0,00% | ... | 0,00% |
| ≥ 90 | 20% | 0,00% | 20% | 0,00% |

TABLE 3.1 – Chocs pour une extrapolation avec un LLP à 20 ans

3.3. CHOCS DE TAUX

| Maturité t | $s(t)^D$ | $b(t)^D$ | $s(t)^U$ | $b(t)^U$ |
|------------|----------|----------|----------|----------|
| 21 | 49% | 0,49% | 25% | 0,87% |
| 22 | 50% | 0,49% | 24% | 0,85% |
| 23 | 51% | 0,48% | 24% | 0,82% |
| 24 | 51% | 0,48% | 23% | 0,80% |
| 25 | 52% | 0,47% | 22% | 0,78% |
| 26 | 52% | 0,46% | 22% | 0,76% |
| 27 | 53% | 0,45% | 21% | 0,74% |
| 28 | 53% | 0,44% | 21% | 0,72% |
| 29 | 53% | 0,42% | 20% | 0,70% |
| 30 | 53% | 0,41% | 20% | 0,69% |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 60 | ... | 0,00% | ... | 0,00% |
| ... | ... | 0,00% | ... | 0,00% |
| ≥ 90 | 20% | 0,00% | 20% | 0,00% |

TABLE 3.2 – Chocs pour une extrapolation avec un LLP à 30 ans

3.3. CHOCS DE TAUX

| Maturité t | $s(t)^D$ | $b(t)^D$ | $s(t)^U$ | $b(t)^U$ |
|------------|----------|----------|----------|----------|
| 31 | 53% | 0,40% | 20% | 0,70% |
| 32 | 53% | 0,39% | 20% | 0,71% |
| 33 | 54% | 0,37% | 20% | 0,71% |
| 34 | 54% | 0,36% | 20% | 0,71% |
| 35 | 54% | 0,35% | 20% | 0,71% |
| 36 | 54% | 0,34% | 20% | 0,72% |
| 37 | 55% | 0,33% | 21% | 0,72% |
| 38 | 55% | 0,32% | 21% | 0,72% |
| 39 | 56% | 0,31% | 21% | 0,73% |
| 40 | 57% | 0,30% | 21% | 0,73% |
| 41 | 57% | 0,29% | 21% | 0,74% |
| 42 | 58% | 0,28% | 21% | 0,74% |
| 43 | 59% | 0,27% | 21% | 0,75% |
| 44 | 61% | 0,26% | 21% | 0,75% |
| 45 | 62% | 0,25% | 21% | 0,75% |
| 46 | 62% | 0,23% | 21% | 0,75% |
| 47 | 63% | 0,22% | 21% | 0,75% |
| 48 | 64% | 0,21% | 21% | 0,74% |
| 49 | 64% | 0,19% | 21% | 0,74% |
| 50 | 65% | 0,18% | 21% | 0,73% |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 60 | ... | 0,00% | ... | 0,00% |
| ... | ... | 0,00% | ... | 0,00% |
| ≥ 90 | 20% | 0,00% | 20% | 0,00% |

TABLE 3.3 – Chocs pour une extrapolation avec un LLP à 50 ans

3.3. CHOCS DE TAUX

Les courbes des taux choqués avec les chocs du Règlement Délégué et avec les chocs préconisés par l'EIOPA sont présentées dans le graphique ci-dessous.

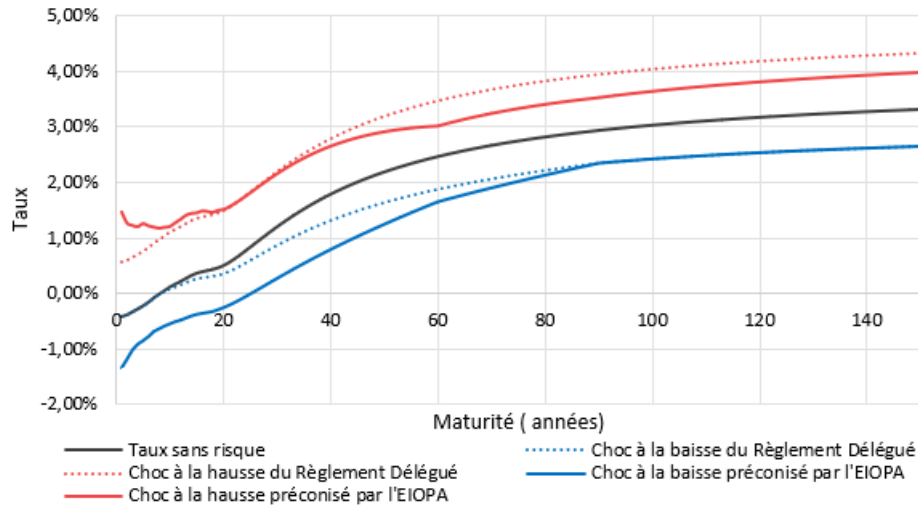


FIGURE 3.1 – Comparaison des courbes des taux choqués avec les chocs du Règlement Délégué et les chocs préconisés par l'EIOPA au 31/12/2019

Cette méthode, calibrée sur les données historiques devrait permettre d'augmenter le montant de capital nécessaire pour faire face au risque de taux et ainsi permettre une meilleure gestion des risques.

Chapitre 4

Impacts de l'application des propositions de l'EIOPA

Ce chapitre présente les impacts de la mise en place des propositions de l'EIOPA. Les trois paramètres de l'extrapolation de la courbe des taux sans risque sont étudiés afin d'analyser leur impact sur le ratio de solvabilité du portefeuille présenté précédemment. La méthode alternative proposée par l'EIOPA est également utilisée pour réaliser l'extrapolation, en faisant varier le niveau de l'UFR. La modification du dernier point liquide et de la durée de la période de convergence ont été étudiés dans le mémoire d'Alexandre Extrat [2] qui a analysé l'impact de ces paramètres sur le *Best Estimate*. Les approches de calcul du *Volatility Adjustment* sont décrites plus précisément et appliquées sur le portefeuille. Cette section n'a pas pour objectif d'analyser les impacts quantitatifs du VA sur le portefeuille mais se concentre sur la complexité de mise en oeuvre des deux approches pour les assureurs. La dernière section de ce chapitre évalue l'impact de l'application des chocs proposés par l'EIOPA dans le cadre de la révision. Les chocs recommandés par l'EIOPA sont appliqués conjointement à la modification des paramètres de l'extrapolation de la courbe des taux sans risque.

4.1 Modification des paramètres de l'extrapolation de la courbe des taux sans risque

La courbe des taux sans risque est communiquée tous les mois par l'EIOPA. Elle est extrapolée à partir de la méthode Smith Wilson et de trois paramètres : le dernier point liquide, l'UFR et le point de convergence. Actuellement, la courbe extrapolée n'est pas cohérente avec les taux observés sur le marché, cela entraîne une sous-estimation des provisions techniques. Pour y remédier, l'EIOPA a proposé quatre options pour réaliser l'extrapolation de la courbe des taux sans risque. Les impacts des options retenues sur le bilan prudentiel sont étudiés dans cette section. Les deux autres paramètres de l'extrapolation sont également modifiés afin d'évaluer leurs impacts sur la solvabilité.

Afin d'extrapoler la courbe des taux sans risque, la méthode Smith Wilson est appliquée aux taux de *swaps* interbancaires euro du 31/12/2019. Les paramètres fournis par

4.1. MODIFICATION DES PARAMÈTRES DE L'EXTRAPOLATION DE LA COURBE DES TAUX SANS RISQUE

l'EIOPA pour cette date sont utilisés afin de reproduire la courbe des taux sans risque construite par l'EIOPA. Le graphique ci-dessous compare la courbe construite à la courbe fournie par l'EIOPA. Cela prouve que la courbe construite est cohérente avec la courbe fournie par l'EIOPA car les écarts entre les deux courbes sont très faibles. Dans la suite du mémoire, la courbe de référence correspond à la courbe construite sur ce graphique.

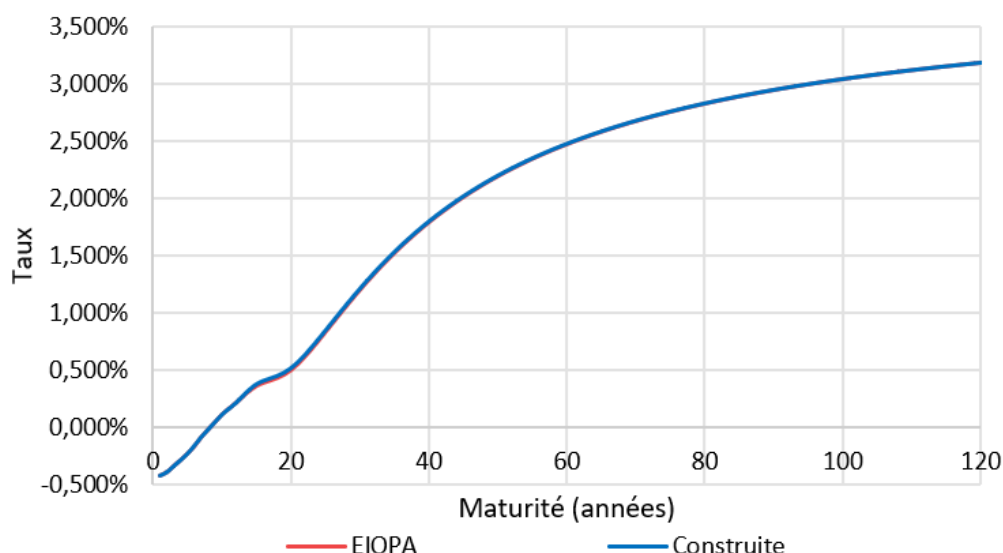


FIGURE 4.1 – Comparaison entre la courbe fournie par l'EIOPA et la courbe construite au 31/12/2019

Ensuite, la courbe des taux sans risque peut être extrapolée en faisant varier les différents paramètres de l'extrapolation afin de mesurer leurs impacts sur le bilan prudentiel des assureurs. Bien que la modification de tous les paramètres ne soit pas évoquée dans la consultation, ils peuvent être modifiés par la suite, il est donc intéressant d'étudier leurs effets en fonction des options considérées par l'EIOPA. Dans le cadre de ce mémoire, l'ajustement pour risque de crédit n'a pas été modifié. En effet, cet ajustement s'applique aux taux de *swaps* interbancaires et est communiqué par l'EIOPA tous les mois. Les paramètres de l'extrapolation de la courbe des taux étudiés sont :

- le LLP : 20, 30 et 50 ans et la méthode alternative (FSP : 20 ans, LLP : 50 ans) ;
- le point de convergence ;
- l'UFR.

Cette étude va permettre de déterminer quel paramètre de l'extrapolation a le plus d'impact sur la solvabilité des assureurs. L'EIOPA a uniquement envisagé l'éloignement du LLP ou l'utilisation de la méthode alternative afin d'éviter une sous-estimation des

4.1. MODIFICATION DES PARAMÈTRES DE L'EXTRAPOLATION DE LA COURBE DES TAUX SANS RISQUE

provisions techniques mais une modification du point de convergence ou de l'UFR pourrait également être considérée. L'éloignement du LLP va tout d'abord être étudiée avec les paramètres de convergence donnés par l'EIOPA, c'est à dire un UFR à 3.9%, un point de convergence à 60 ans et une vitesse de convergence de 10% dans le cas de l'utilisation de la méthode alternative. Ensuite, différents niveaux d'UFR et différents points de convergence sont considérés.

Afin de compléter cette étude, les propositions de l'EIOPA sont appliquées à deux autres dates : le 28/02/2019 et le 30/09/2019. En effet, comme le montre le graphique suivant, la situation de l'assureur sera meilleure en février et plus défavorable en septembre. Il est intéressant de s'intéresser à l'impact des propositions de l'EIOPA dans ces deux situations car les taux peuvent être amenés à être plus élevés ou plus faibles dans le futur.

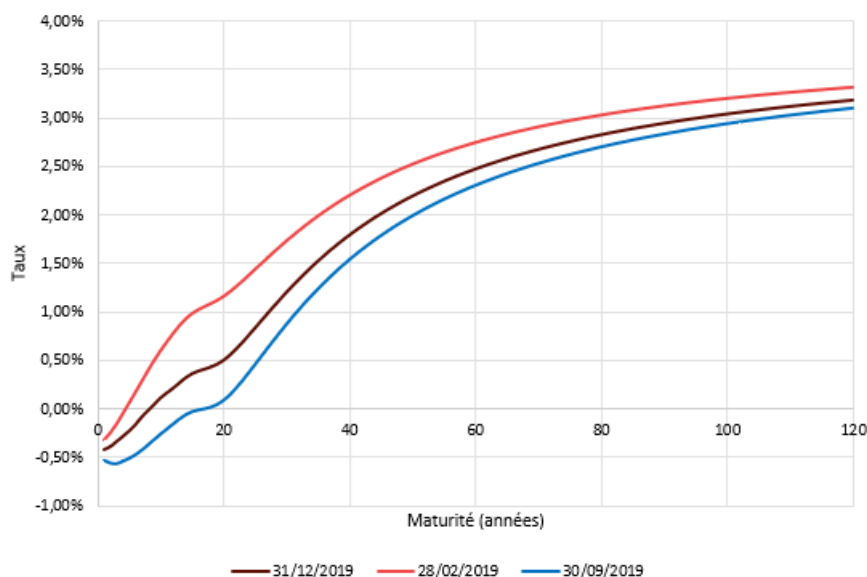


FIGURE 4.2 – Courbes des taux sans risque fournies par l'EIOPA aux trois dates étudiées

4.1.1 Scénario de référence

Afin de comparer les différents résultats, il faut se baser sur les résultats obtenus en extrapolant la courbe des taux à partir des paramètres actuels. Les paramètres et les résultats obtenus sur les données au 31/12/2019 sont présentés dans le tableau ci-dessous. Dans cette partie, le *Volatility Adjustment* n'est pas appliqué. Il a également été décidé de ne pas réévaluer la valeur de marché des actifs afin d'observer l'impact d'une modification des paramètres de l'extrapolation uniquement sur le passif. Cette approche permet une meilleure interprétation des résultats. De plus, l'extrapolation est toujours réalisée après le LLP (ou FSP), cela signifie que les courbes sont toutes identiques jusqu'à

4.1. MODIFICATION DES PARAMÈTRES DE L'EXTRAPOLATION DE LA COURBE DES TAUX SANS RISQUE

la maturité de 20 ans. Seule une obligation du portefeuille avec une échéance en 2042 aurait été impactée par une réévaluation de la valeur de marché.

| LLP | UFR | Point de convergence | BE (en K€) | Fonds propres (en K€) | SCR (en K€) | Taux de couverture de référence |
|--------|------|----------------------|------------|-----------------------|-------------|---------------------------------|
| LLP 20 | 3,9% | 60 | 1 460 517 | 173 704 | 95 448 | 182% |

TABLE 4.1 – Présentation du scénario de référence

4.1.2 Éloignement du dernier point liquide

L'EIOPA propose quatre options pour réaliser l'extrapolation de la courbe des taux : avec un LLP à 20 ans, un LLP à 30 ans, un LLP à 50 ans et l'utilisation de la méthode alternative. Dans un premier temps, afin de mesurer l'impact de l'éloignement du dernier point liquide et de l'utilisation de la méthode alternative, les courbes des taux sans risque sont construites avec les paramètres donnés par l'EIOPA. L'UFR au 31/12/2019 est de 3.9%, le point de convergence est à 60 ans. Dans le cas de la méthode alternative, la notion de point de convergence n'est pas utilisée, le paramètre qui définit la convergence des taux vers l'UFR est le paramètre α , représentant la vitesse de convergence et fixé à 10%. Ce graphique montre que plus le LLP est choisi à une maturité lointaine, plus la courbe des taux sans risque est basse. La courbe construite à l'aide de la méthode alternative se situe entre la courbe des taux sans risque de référence et la courbe extrapolée à partir du LLP à 30 ans. En conséquence, c'est l'éloignement du dernier point liquide à 50 ans qui aura le plus d'impact sur la solvabilité des assureurs.

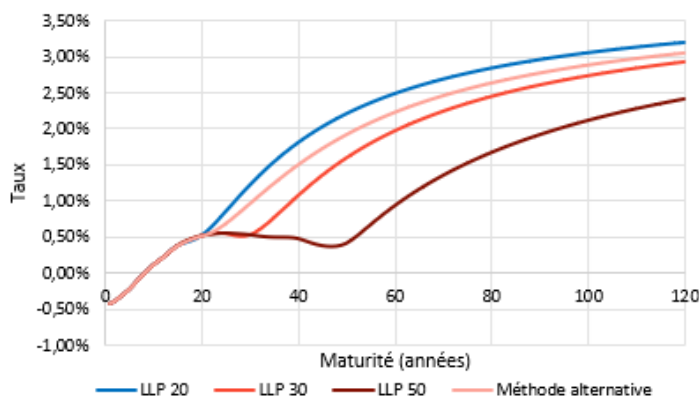


FIGURE 4.3 – Courbes au 31/12/2019 extrapolées avec les différentes propositions de l'EIOPA (UFR : 3.9%, point de convergence : 60 ans, vitesse de convergence de 10% pour la méthode alternative)

4.1. MODIFICATION DES PARAMÈTRES DE L'EXTRAPOLATION DE LA COURBE DES TAUX SANS RISQUE

L'impact du choix de la courbe des taux retenue pour calculer le ratio de couverture prudentiel est important. Sur la base des données à fin 2019, en fonction du choix de LLP retenu, avec les choix et hypothèses de modélisation retenus, le ratio de couverture varie entre 148% et 182%. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

| Proposition | BE (en K€) | Fonds propres (en K€) | SCR (en K€) | Taux de couverture | Ecart taux de couverture de référence |
|---------------------|------------|-----------------------|-------------|--------------------|---------------------------------------|
| LLP 20 | 1 460 517 | 173 704 | 95 448 | 182% | 0 |
| LLP 30 | 1 476 819 | 147 607 | 94 155 | 157% | -25 |
| LLP 50 | 1 480 468 | 139 830 | 95 033 | 147% | -35 |
| Méthode alternative | 1 466 018 | 165 226 | 94 752 | 174% | -8 |

TABLE 4.2 – Impacts de l'option de l'EIOPA retenue pour l'extrapolation

Le fait de prendre un LLP à 30 ans au lieu de 20 ans conduit à une diminution du taux de couverture de 25 points ; en prenant un LLP à 50 ans, cette diminution est de 35 points. Comme le laissait présager le graphique, un éloignement du dernier point liquide à 50 ans a un impact très important sur la solvabilité et peut mettre en difficulté de nombreux assureurs. Sur ces données, l'éloignement du LLP conduit à un taux de couverture de 147% contre 182% auparavant. Plus le LLP est à un horizon lointain, plus la remontée des taux pour converger vers l'UFR est tardive. Ceci a pour conséquence une hausse du *Best Estimate* (toutes choses égales par ailleurs, une baisse des taux se traduit par une augmentation de la valeur actuelle d'une chronique de *cash-flows*). L'augmentation du *Best Estimate* entraîne une diminution des fonds propres économiques et donc du ratio de couverture. Ces résultats montrent qu'un éloignement du LLP peut répondre à l'objectif de la révision de la mesure sur l'extrapolation de la courbe des taux sans risque qui est d'éviter une sous-estimation des provisions techniques.

La courbe construite à l'aide de la méthode alternative se situant entre les courbes extrapolées avec des derniers points liquides à 20 et 30 ans, les résultats en termes de *Best Estimate*, de SCR et de fonds propres sont donc compris entre ceux obtenus avec le LLP à 20 ans et ceux obtenus avec le LLP à 30 ans. La méthode alternative a donc moins d'impact qu'un éloignement du dernier point liquide tout en permettant une augmentation des provisions techniques. En effet, le ratio de couverture ne diminue que de 8 points, en passant à 174% et le BE augmente d'environ 6 millions d'euros par rapport au scénario de référence.

4.1.3 Diminution de l'UFR

Afin d'observer l'impact du niveau de l'UFR, le taux vers lequel les taux *forwards* convergent, quatre niveaux d'UFR ont été retenus pour cette étude : 3.9% (UFR au 31/12/2019), 3.4%, 2.9% et 2.4%. Les UFR sélectionnés sont plus faibles que l'UFR à fin

4.1. MODIFICATION DES PARAMÈTRES DE L'EXTRAPOLATION DE LA COURBE DES TAUX SANS RISQUE

décembre 2019 afin de respecter le critère de réalisme de la courbe des taux¹. En effet, comme expliqué précédemment, le niveau de l'UFR est défini à partir de l'anticipation du niveau de l'inflation et des taux réels. Même en considérant que l'inflation remonte à 2% (niveau correspondant au mandat de la BCE), compte tenu du niveau des taux réels et des anticipations actuelles des marchés, il paraît peu probable d'envisager un UFR revenant à son niveau d'origine (4.2%) voire plus. Toutefois une hausse du niveau de l'UFR aurait pour conséquence une augmentation des taux sans risque sur la partie extrapolée de la courbe des taux de référence ; ceci serait favorable aux assureurs dans la mesure où une hausse des taux entraînerait une baisse de la valeur du *Best Estimate* (pour les compagnies ayant des engagements longs).

Le graphique ci-dessous montre les courbes extrapolées avec les différents UFR retenus, avec un LLP à 20 ans et les paramètres de convergence fixés par l'EIOPA. Étant donné que les taux doivent converger vers l'UFR, plus son niveau est élevé, plus les taux sans risque sont élevés. Le passage de l'UFR de 3.9% à 2.4% va donc augmenter le *Best Estimate*, et diminuer le ratio de couverture.

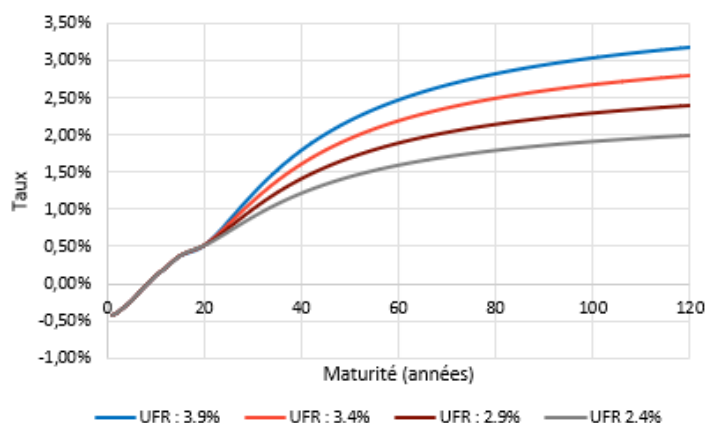


FIGURE 4.4 – Courbes des taux sans risque au 31/12/2019 avec un LLP à 20 ans en fonction de l'UFR (point de convergence : 60 ans)

Les courbes suivantes ont été construites en considérant les trois autres propositions de l'EIOPA. La même tendance s'observe sur tous les graphiques. Une diminution de l'UFR entraîne une diminution des taux extrapolés et par conséquent une diminution du ratio de couverture. Étant donné que l'UFR n'a d'impact que sur la partie extrapolée de la courbe, plus le LLP est lointain, moins la diminution de l'UFR n'a d'impact sur la courbe des taux et en conséquence sur le ratio de couverture.

1. L'UFR calculé pour 2020 est de 3.75%.

4.1. MODIFICATION DES PARAMÈTRES DE L'EXTRAPOLATION DE LA COURBE DES TAUX SANS RISQUE

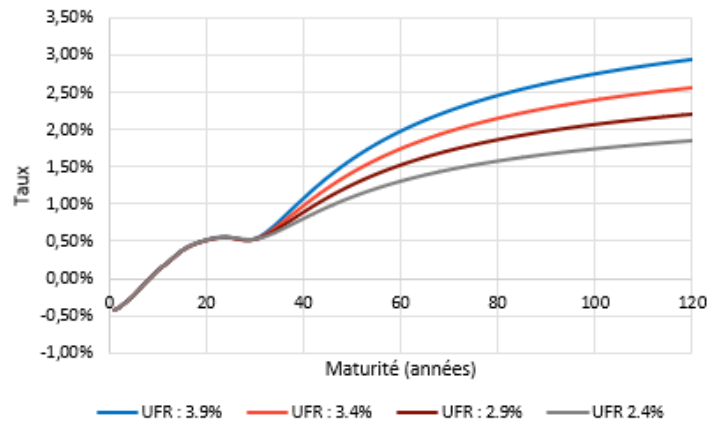


FIGURE 4.5 – Courbes des taux sans risque au 31/12/2019 avec un LLP à 30 ans en fonction de l'UFR (point de convergence : 60 ans)

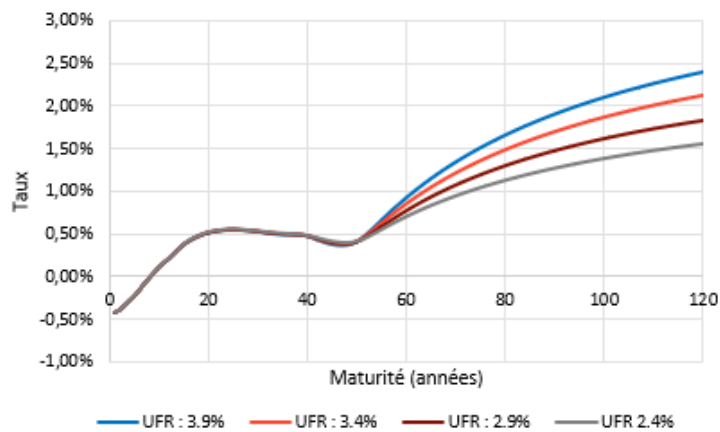


FIGURE 4.6 – Courbes des taux sans risque au 31/12/2019 avec un LLP à 50 ans en fonction de l'UFR (point de convergence : 60 ans)

4.1. MODIFICATION DES PARAMÈTRES DE L'EXTRAPOLATION DE LA COURBE DES TAUX SANS RISQUE

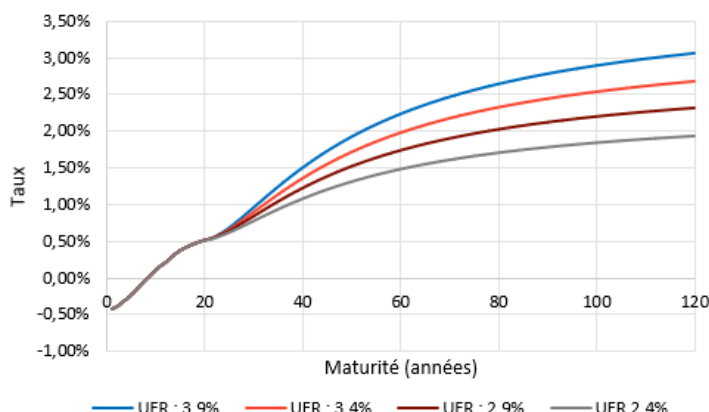


FIGURE 4.7 – Courbes des taux sans risque au 31/12/2019 extrapolées avec la méthode alternative en fonction de l'UFR (vitesse de convergence : 10%)

Comme le montre le tableau ci-dessous, selon la méthode d'extrapolation retenue, l'impact de l'UFR peut s'avérer important, conduisant à une dégradation significative du taux de couverture prudentiel par rapport au scénario de référence.

| Proposition | UFR | BE (en K€) | Fonds propres (en K€) | SCR (en K€) | Taux de couverture | Ecart taux de couverture de référence |
|---------------------|------|------------|-----------------------|-------------|--------------------|---------------------------------------|
| LLP 20 | 3,9% | 1 460 517 | 173 704 | 95 448 | 182% | 0 |
| | 3,4% | 1 462 074 | 170 975 | 95 424 | 179% | -3 |
| | 2,9% | 1 464 192 | 167 437 | 95 331 | 176% | -6 |
| | 2,4% | 1 466 597 | 163 382 | 95 177 | 172% | -10 |
| LLP 30 | 3,9% | 1 476 819 | 147 607 | 94 155 | 157% | -25 |
| | 3,4% | 1 477 152 | 146 843 | 94 274 | 156% | -26 |
| | 2,9% | 1 477 506 | 145 986 | 94 420 | 155% | -27 |
| | 2,4% | 1 477 937 | 145 018 | 94 539 | 153% | -29 |
| LLP 50 | 3,9% | 1 480 468 | 139 830 | 95 033 | 147% | -35 |
| | 3,4% | 1 480 411 | 139 905 | 95 044 | 147% | -35 |
| | 2,9% | 1 480 367 | 139 964 | 95 048 | 147% | -35 |
| | 2,4% | 1 480 333 | 140 008 | 95 058 | 147% | -35 |
| Méthode alternative | 3,9% | 1 466 018 | 165 226 | 94 752 | 174% | -8 |
| | 3,4% | 1 467 289 | 162 995 | 94 796 | 172% | -10 |
| | 2,9% | 1 468 742 | 160 435 | 94 855 | 169% | -13 |
| | 2,4% | 1 470 316 | 157 602 | 94 894 | 166% | -16 |

TABLE 4.3 – Impacts d'une diminution de l'UFR en fonction de l'option retenue pour l'extrapolation

4.1. MODIFICATION DES PARAMÈTRES DE L'EXTRAPOLATION DE LA COURBE DES TAUX SANS RISQUE

Une diminution de l'UFR en conservant la méthode d'extrapolation actuelle a un impact significatif pour les assureurs, avec une diminution du taux de couverture de 3 points pour un UFR à 3.4%, 6 points pour un UFR à 2.9%, et 10 points pour un UFR à 2.4%. La méthode alternative construisant une courbe des taux sans risque proche de la courbe de référence, une diminution de l'UFR engendre des pertes très similaires en ce qui concerne le taux de couverture. Par rapport au taux de couverture obtenu avec un UFR à 3.9%, les pertes sont de 2 points pour l'UFR à 3.4%, 5 points pour l'UFR à 2.9% et 8 points pour l'UFR à 2.4%. La diminution de l'UFR entraîne une augmentation importante du BE : plus de 6 millions d'euros avec le LLP à 20 ans et environ 4 millions d'euros avec la méthode alternative. Dans le cas d'une extrapolation avec un dernier point liquide à 30 ans, l'impact de la diminution de l'UFR est assez modéré, avec une perte d'environ 1 point de couverture pour chaque diminution de 0.5% d'UFR. L'impact de l'UFR est négligeable dans le scénario avec un LLP à 50 ans. En effet, dans ce cas, la perte engendrée par le passage d'un UFR de 3.9% à 2.4% est très faible, les fonds propres et le *Best Estimate* sont très similaires quel que soit l'UFR considéré.

Les impacts d'un éloignement du LLP combiné à une diminution de l'UFR sont également observables dans le tableau. Bien que l'UFR n'ait pas d'impact significatif dans le cadre d'une extrapolation avec un LLP à 50 ans, le scénario le plus défavorable pour ce portefeuille est obtenu avec un UFR à 2.4% et un dernier point liquide à 50 ans. Cette situation appliquée à ce portefeuille engendre une augmentation du *Best Estimate* d'environ 20 millions d'euros et le passage du ratio de couverture de 182% à 147%.

Conclusion : En conservant la méthode d'extrapolation actuelle avec un LLP à 20 ans, ou en utilisant la méthode alternative, le niveau de l'UFR a un impact très important en termes de solvabilité pour les assureurs. Une diminution de celui-ci peut engendrer des pertes importantes. Cependant, l'effet de la diminution de l'UFR s'atténue avec l'éloignement du dernier point liquide. Si la proposition d'un dernier point liquide à 50 ans est retenue, une diminution de l'UFR aurait peu d'impact pour les assureurs. Dans ce cas, ce n'est pas l'UFR mais l'éloignement du dernier point liquide à 50 ans qui mettra le plus en difficulté les assureurs.

4.1.4 Éloignement du point de convergence

Pour l'euro, le point de convergence est fixé à 60 ans et la période de convergence à 40 ans. Pour les autres devises, le point de convergence correspond au maximum entre 60 ans et la somme du dernier point liquide et de la période de convergence. Dans cette étude, il a été choisi d'étudier quatre points de convergence² : 60 ans, 80 ans, 100 ans et avec une période de convergence de 40 ans. L'objectif est d'observer les effets d'un éloignement simultané du dernier point liquide et du point de convergence. L'éloignement du point de convergence engendre une augmentation de la durée de la période de convergence et

2. Il aurait également été possible de se baser sur la durée de la période de convergence (de 40 ans dans le scénario central) et d'étudier une augmentation de sa durée.

4.1. MODIFICATION DES PARAMÈTRES DE L'EXTRAPOLATION DE LA COURBE DES TAUX SANS RISQUE

donc une diminution de la vitesse de convergence. Cela signifie que les taux atteignent moins rapidement le niveau de l'UFR. Les taux sans risque sont plus faibles et impactent défavorablement le bilan des assureurs. Au contraire, une diminution de la période de convergence permet d'augmenter la vitesse de convergence vers l'UFR, les taux extrapolés sont donc plus élevés, plus rapidement. Cette hypothèse est potentiellement plus favorable pour les assureurs, et ne permet pas la résolution de la problématique soulevée par l'EIOPA de risque de sous-estimation des provisions techniques. Le graphique suivant justifie ce choix d'éloignement du point de convergence en montrant les courbes construites avec un LLP à 20 ans et à 50 ans, des périodes de convergence de 10 ans et de 40 ans et un UFR fixé à 3.9%.

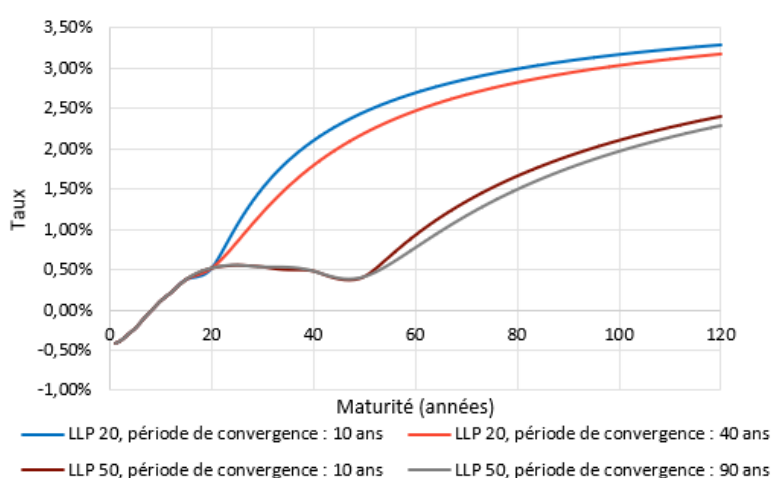


FIGURE 4.8 – Courbes des taux sans risque au 31/12/2019 avec un LLP à 20 ans et 50 ans et des périodes de convergence de 10 ans et 40 ans (UFR : 3.9%)

Les courbes construites avec un dernier point liquide à 30 ans, un UFR à 3.9% et avec les différents points de convergence étudiés sont illustrées sur le graphique suivant. La même tendance s'observe pour les différents LLP et UFR choisis. Plus le point de convergence est éloigné, plus la période de convergence est longue et la vitesse de convergence vers l'UFR est faible ce qui entraîne une diminution des taux sans risque extrapolés.

4.1. MODIFICATION DES PARAMÈTRES DE L'EXTRAPOLATION DE LA COURBE DES TAUX SANS RISQUE

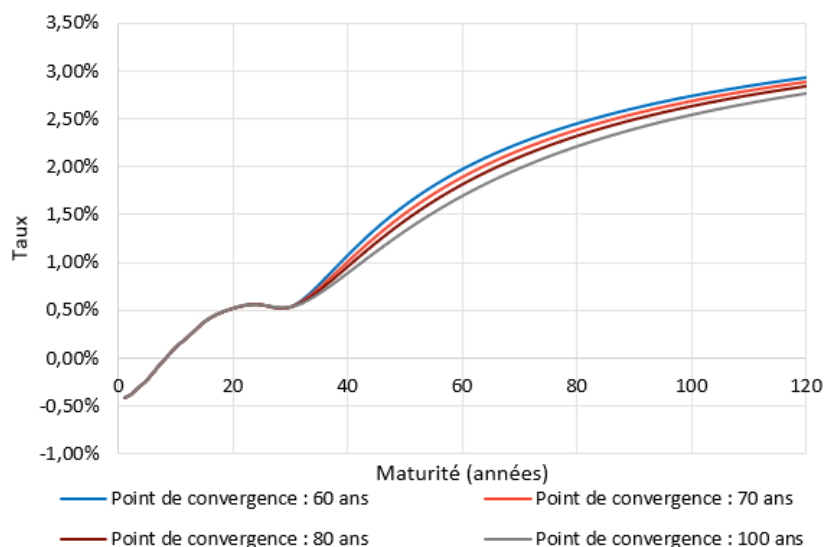


FIGURE 4.9 – Courbes des taux sans risque au 31/12/2019 avec un LLP à 30 ans en fonction du point de convergence (UFR : 3.9%)

Le tableau suivant montre les résultats obtenus pour les différents points de convergence considérés, en fonction du LLP retenu.

| LLP | Point de convergence | BE (en K€) | Fonds propres (en K€) | SCR (en K€) | Taux de couverture | Ecart taux de couverture de référence |
|--------|----------------------|------------|-----------------------|-------------|--------------------|---------------------------------------|
| LLP 20 | 60 | 1 460 517 | 173 704 | 95 448 | 182% | 0 |
| | 80 | 1 462 112 | 171 008 | 95 372 | 179% | -3 |
| | 100 | 1 463 428 | 168 909 | 95 288 | 177% | -5 |
| LLP 30 | 60 | 1 476 819 | 147 607 | 94 155 | 157% | -25 |
| | 70 | 1 477 123 | 146 932 | 94 272 | 156% | -26 |
| | 80 | 1 477 320 | 146 461 | 94 326 | 155% | -27 |
| | 100 | 1 477 639 | 145 712 | 94 451 | 154% | -28 |
| LLP 50 | 60 | 1 480 468 | 139 830 | 95 033 | 147% | -35 |
| | 80 | 1 480 050 | 140 483 | 95 058 | 148% | -34 |
| | 90 | 1 480 034 | 140 505 | 95 062 | 148% | -34 |
| | 100 | 1 480 037 | 140 496 | 95 005 | 148% | -34 |

TABLE 4.4 – Impacts de l'éloignement du point de convergence en fonction du dernier point liquide considéré (UFR : 3.9%)

Lorsque le dernier point liquide est conservé à une maturité de 20 ans, l'éloignement du point de convergence a un impact modéré pour les assureurs. Le passage d'un point de

4.1. MODIFICATION DES PARAMÈTRES DE L'EXTRAPOLATION DE LA COURBE DES TAUX SANS RISQUE

convergence de 60 ans à 100 ans, c'est à dire une augmentation de la période de convergence de 40 ans entraîne une diminution du taux de couverture de 5 points. Lorsque le dernier point liquide est à 30 ans, l'impact est plus faible avec une perte de 3 points de taux de couverture. Dans le cas d'une extrapolation avec un dernier point liquide à 50 ans, l'impact de l'éloignement du point de convergence n'est pas significatif, avec des variations de moins d'un point de taux de couverture.

Conclusion : L'impact d'un éloignement du point de convergence est assez faible, cela peut tout de même pénaliser les assureurs dans le cas d'une extrapolation de la courbe des taux sans risque réalisée à partir d'un dernier point liquide à 20 ou 30 ans. L'impact de l'augmentation de la durée de la période de convergence sur la solvabilité des assureurs est cependant négligeable lorsque l'extrapolation est réalisée à partir d'un dernier point liquide à 50 ans. Dans ce cas, ce n'est pas l'augmentation de la période de convergence mais l'éloignement du dernier point liquide à 50 ans qui a un impact sur la solvabilité des assureurs.

4.1.5 Synthèse

Le ratio de couverture de référence est de 182%. Il est obtenu en extrapolant la courbe avec un dernier point liquide à 20 ans, un UFR à 3.9% et un point de convergence à 60 ans. Bien que l'EIOPA ait seulement considéré un éloignement du dernier point liquide ou l'utilisation d'une méthode alternative, les deux autres paramètres nécessaires à l'extrapolation peuvent varier dans les années futures. Ci-dessous, les impacts d'une modification simultanée de l'UFR et du point de convergence sont quantifiés pour les trois LLP retenus.

| | UFR | Point de convergence | BE (en K€) | Fonds propres (en K€) | SCR (en K€) | Taux de couverture | Ecart taux de couverture de référence |
|--------|------|----------------------|------------|-----------------------|-------------|--------------------|---------------------------------------|
| LLP 20 | 3,9% | 60 | 1 460 517 | 173 704 | 95 448 | 182% | 0 |
| | | 80 | 1 462 112 | 171 008 | 95 372 | 179% | -3 |
| | | 100 | 1 463 428 | 168 909 | 95 288 | 177% | -5 |
| | 3,4% | 60 | 1 462 074 | 170 975 | 95 424 | 179% | -3 |
| | | 80 | 1 463 852 | 168 100 | 95 277 | 176% | -6 |
| | | 100 | 1 465 145 | 166 006 | 95 189 | 174% | -8 |
| | 2,9% | 60 | 1 464 192 | 167 437 | 95 331 | 176% | -6 |
| | | 80 | 1 465 913 | 164 669 | 95 150 | 173% | -9 |
| | | 100 | 1 467 031 | 162 786 | 95 097 | 171% | -11 |
| | 2,4% | 60 | 1 466 597 | 163 382 | 95 177 | 172% | -10 |
| | | 80 | 1 468 042 | 160 962 | 95 172 | 169% | -13 |
| | | 100 | 1 468 955 | 159 392 | 95 175 | 167% | -15 |

TABLE 4.5 – Impacts d'une diminution de l'UFR et d'un éloignement du point de convergence avec un dernier point liquide à 20 ans

4.1. MODIFICATION DES PARAMÈTRES DE L'EXTRAPOLATION DE LA COURBE DES TAUX SANS RISQUE

Comme l'illustre le tableau précédent, une diminution de l'UFR combinée à un éloignement du point de convergence a énormément d'impacts sur la solvabilité des assureurs. La situation la plus défavorable est celle où l'UFR est le plus faible et où le point de convergence est le plus éloigné, entraînant une augmentation du *Best Estimate* de plus de 8 millions d'euros par rapport au scénario de référence. Les fonds propres ont considérablement diminué, d'environ 13 millions d'euros et le ratio de couverture est passé de 182% à 167%, soit une perte de 15 points. Ces résultats montrent également que les pertes de ratio de couverture sont principalement causées par la baisse du niveau de l'UFR. Quelque soit le niveau de l'UFR, l'éloignement du point de convergence à 100 ans engendre une perte de ratio de couverture de 5 points. Pour chaque point de convergence considéré, le ratio de couverture diminue de 10 points pour une diminution de l'UFR de 1.5%.

| | UFR | Point de convergence | BE (en K€) | Fonds propres (en K€) | SCR (en K€) | Taux de couverture | Ecart taux de couverture de référence |
|--------|------|----------------------|------------|-----------------------|-------------|--------------------|---------------------------------------|
| LLP 30 | 3,9% | 60 | 1 476 819 | 147 607 | 94 155 | 157% | -25 |
| | | 70 | 1 477 123 | 146 932 | 94 272 | 156% | -26 |
| | | 80 | 1 477 320 | 146 461 | 94 326 | 155% | -27 |
| | | 100 | 1 477 639 | 145 712 | 94 451 | 154% | -28 |
| | 3,4% | 60 | 1 477 152 | 146 843 | 94 274 | 156% | -26 |
| | | 70 | 1 477 413 | 146 214 | 94 382 | 155% | -27 |
| | | 80 | 1 477 634 | 145 715 | 94 450 | 154% | -28 |
| | | 100 | 1 477 955 | 144 999 | 94 541 | 153% | -29 |
| | 2,9% | 60 | 1 477 506 | 145 986 | 94 420 | 155% | -27 |
| | | 70 | 1 477 778 | 145 385 | 94 483 | 154% | -28 |
| | | 80 | 1 477 994 | 144 905 | 94 555 | 153% | -29 |
| | | 100 | 1 478 301 | 144 229 | 94 635 | 152% | -30 |
| | 2,4% | 60 | 1 477 937 | 145 018 | 94 539 | 153% | -29 |
| | | 70 | 1 478 202 | 144 441 | 94 613 | 153% | -29 |
| | | 80 | 1 478 398 | 144 017 | 94 657 | 152% | -30 |
| | | 100 | 1 478 684 | 143 403 | 94 728 | 151% | -31 |

TABLE 4.6 – Impacts d'une diminution de l'UFR et d'un éloignement du point de convergence avec un dernier point liquide à 30 ans

Dans le cas d'une extrapolation avec un dernier point liquide à 30 ans, l'éloignement du point de convergence et la diminution de l'UFR ont un impact plus modéré sur le portefeuille avec une perte de seulement 6 points de couverture entre les deux scénarios les plus extrêmes. Quel que soit le niveau de l'UFR, une augmentation de la période de convergence entraîne une perte de 2 à 3 points de taux de couverture. Pour chaque point de convergence, la diminution de l'UFR de 1.5% fait perdre 3 à 4 points de taux

4.1. MODIFICATION DES PARAMÈTRES DE L'EXTRAPOLATION DE LA COURBE DES TAUX SANS RISQUE

de couverture. La modification simultanée de ces deux paramètres n'a pas énormément d'impact sur la solvabilité des assureurs. Cela est dû à la méthode de construction de la courbe des taux sans risque, l'UFR et la période de convergence choisis n'ont d'impacts que sur les taux extrapolés. En conséquence, plus le LLP est fixé à une maturité lointaine, moins ces paramètres n'ont d'influence sur la courbe des taux sans risque et donc sur le bilan prudentiel. Si cette option est retenue dans le cadre de la révision, et que ces deux paramètres doivent être modifiés par la suite, ils auront un faible impact sur la solvabilité des assureurs.

| | UFR | Point de convergence | BE (en K€) | Fonds propres (en K€) | SCR (en K€) | Taux de couverture | Ecart taux de couverture de référence |
|--------|------|----------------------|------------|-----------------------|-------------|--------------------|---------------------------------------|
| LLP 50 | 3,9% | 60 | 1 480 468 | 139 830 | 95 033 | 147% | -35 |
| | | 80 | 1 480 050 | 140 483 | 95 058 | 148% | -34 |
| | | 90 | 1 480 034 | 140 505 | 95 062 | 148% | -34 |
| | | 100 | 1 480 037 | 140 496 | 95 005 | 148% | -34 |
| | 3,4% | 60 | 1 480 411 | 139 905 | 95 044 | 147% | -35 |
| | | 80 | 1 480 095 | 140 401 | 95 061 | 148% | -34 |
| | | 90 | 1 480 085 | 140 412 | 95 065 | 148% | -34 |
| | | 100 | 1 480 089 | 140 403 | 95 066 | 148% | -34 |
| | 2,9% | 60 | 1 480 367 | 139 964 | 95 048 | 147% | -35 |
| | | 80 | 1 480 134 | 140 325 | 95 068 | 148% | -34 |
| | | 90 | 1 480 129 | 140 331 | 95 071 | 148% | -34 |
| | | 100 | 1 480 133 | 140 321 | 95 072 | 148% | -34 |
| | 2,4% | 60 | 1 480 333 | 140 008 | 95 058 | 147% | -35 |
| | | 80 | 1 480 169 | 140 261 | 95 071 | 148% | -34 |
| | | 90 | 1 480 168 | 140 261 | 95 073 | 148% | -34 |
| | | 100 | 1 480 172 | 140 252 | 95 074 | 148% | -34 |

TABLE 4.7 – Impacts d'une diminution de l'UFR et de l'éloignement du point de convergence avec un dernier point liquide à 50 ans

Les résultats obtenus pour une extrapolation à partir d'un dernier point liquide à 50 ans sont présentés dans le tableau ci-dessus. Le ratio de couverture est d'environ 148% pour tous les UFR et points de convergence considérés, son niveau par rapport au ratio initial est donc très préoccupant. Cependant, le point de convergence et l'UFR n'ont pas d'impact significatif dans ce cas, leurs effets diminuent avec l'éloignement du dernier point liquide. Si cette option est retenue dans le cadre de la révision, et que ces deux paramètres doivent être modifiés par la suite, ils n'auront pas d'impacts sur la solvabilité des assureurs.

4.1. MODIFICATION DES PARAMÈTRES DE L'EXTRAPOLATION DE LA COURBE DES TAUX SANS RISQUE

| | UFR | Vitesse de convergence | BE (en K€) | Fonds propres (en K€) | SCR (en K€) | Taux de couverture | Ecart taux de couverture de référence |
|---------------------|------|------------------------|------------|-----------------------|-------------|--------------------|---------------------------------------|
| Méthode alternative | 3,9% | 10% | 1 466 018 | 165 226 | 94 752 | 174% | -8 |
| | 3,4% | 10% | 1 467 289 | 162 995 | 94 796 | 172% | -10 |
| | 2,9% | 10% | 1 468 742 | 160 435 | 94 855 | 169% | -13 |
| | 2,4% | 10% | 1 470 316 | 157 602 | 94 894 | 166% | -16 |

TABLE 4.8 – Impacts d'une diminution de l'UFR dans le cas d'une extrapolation par la méthode alternative (vitesse de convergence : 10%)

En considérant la méthode alternative avec un UFR de 3.9%, le ratio de couverture diminue de 8 points par rapport au ratio de couverture de référence. Si cette méthode est retenue, le niveau de l'UFR aura un impact assez important sur la solvabilité des assureurs avec une perte de 8 points de taux de couverture pour un UFR passant de 3.9% à 2.4%. La vitesse de convergence n'a pas été étudiée dans le cadre de ce mémoire mais pourrait être envisagée si cette option est retenue. Sa diminution entraînerait une baisse des taux sans risque et donc du ratio de couverture.

Conclusion : Les résultats obtenus en faisant varier les différents paramètres de l'extrapolation permettent de conclure sur leurs impacts sur la solvabilité des assureurs. En considérant un LLP à 20 ans, un point de convergence à 100 ans et un UFR de 2.4%, le ratio de couverture est de 167%. Avec un point de convergence à 60 ans et un UFR à 3.9%, le ratio est de 157% avec un LLP à 30 ans, et de 148% pour un LLP à 50 ans. Cela signifie que dans le cas d'un LLP à 20 ans, le pire scénario en termes d'UFR et de point de convergence permet un meilleur niveau de solvabilité que le meilleur scénario dans le cas d'une extrapolation à partir de 30 ou 50 ans. Le paramètre qui a le plus d'impact sur la solvabilité est donc le dernier point liquide, de nombreux assureurs pourraient ne plus être solvables s'il est éloigné à 50 ans. Les résultats obtenus montrent également que l'impact d'une diminution de l'UFR et d'un éloignement du point de convergence diminue avec l'éloignement du dernier point liquide.

Afin de compléter cette analyse, les courbes des taux ont été extrapolées avec les quatre options de l'EIOPA à deux autres dates : au 28/02/2019 où les taux sont plus favorables pour les assureurs et au 30/09/2019 où les taux sans risque sont négatifs jusqu'à une maturité de 16 ans. Les paramètres de convergence et l'UFR sont les mêmes que pour le scénario de référence.

4.1. MODIFICATION DES PARAMÈTRES DE L'EXTRAPOLATION DE LA COURBE DES TAUX SANS RISQUE

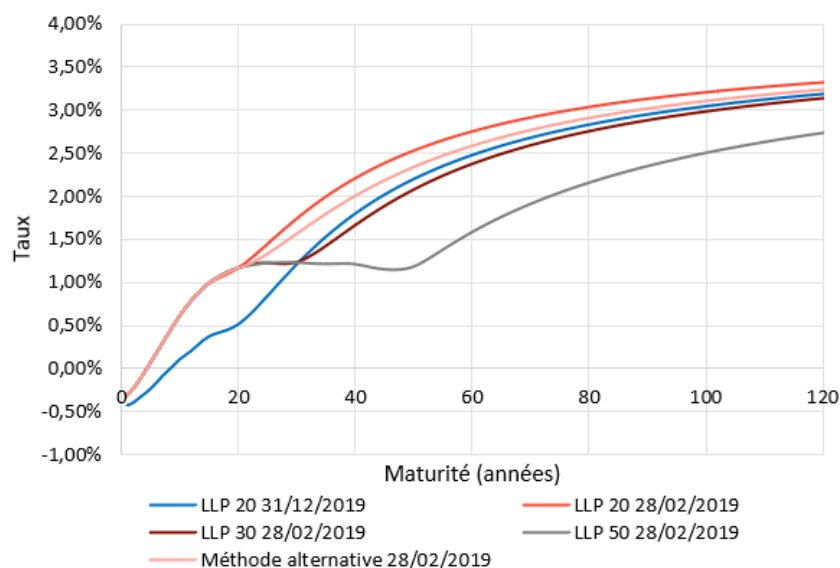


FIGURE 4.10 – Comparaison entre la courbe de référence et les courbes des taux sans risque au 28/02/2019 extrapolées à partir des options de l'EIOPA

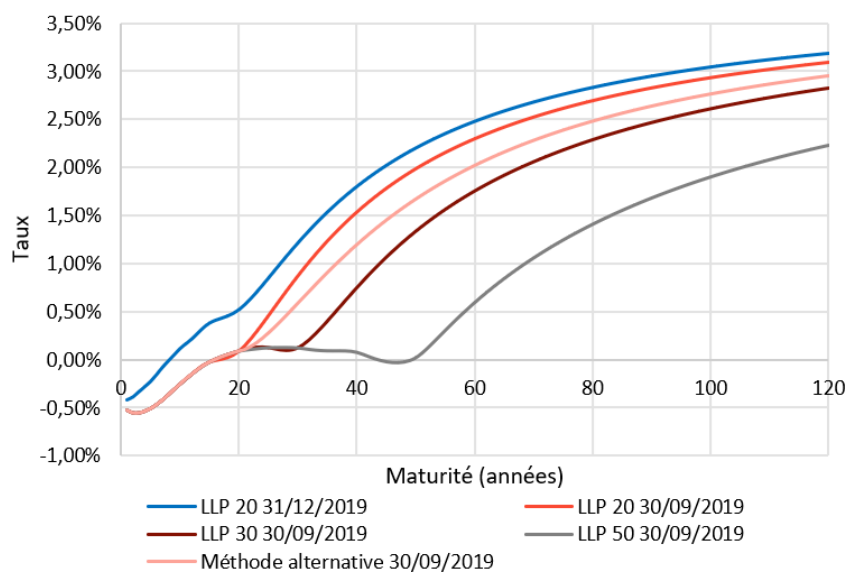


FIGURE 4.11 – Comparaison entre la courbe de référence et les courbes des taux sans risque au 30/09/2019 extrapolées à partir des options de l'EIOPA

4.1. MODIFICATION DES PARAMÈTRES DE L'EXTRAPOLATION DE LA COURBE DES TAUX SANS RISQUE

Dans le contexte plus défavorable, la courbe extrapolée avec un dernier point liquide à 50 ans est extrêmement basse, le ratio de couverture qui avait déjà beaucoup diminué au 31/12/2019 pourrait s'approcher du seuil des 100%. Le tableau suivant présente les impacts de l'option d'extrapolation retenue pour ces deux dates.

| | Proposition | BE (en K€) | Fonds propres (en K€) | SCR (en K€) | Taux de couverture | Ecart taux de couverture de référence |
|------------|---------------------|------------|-----------------------|-------------|--------------------|---------------------------------------|
| 28/02/2019 | LLP 20 | 1 464 462 | 212 005 | 97 555 | 217% | 35 |
| | LLP 30 | 1 472 583 | 198 364 | 96 823 | 205% | 23 |
| | LLP 50 | 1 473 484 | 195 737 | 97 094 | 202% | 20 |
| | Méthode alternative | 1 467 008 | 207 811 | 97 290 | 214% | 32 |
| 30/09/2019 | LLP 20 | 1 499 936 | 147 478 | 94 580 | 156% | -26 |
| | LLP 30 | 1 522 581 | 111 088 | 94 974 | 117% | -65 |
| | LLP 50 | 1 527 292 | 100 840 | 96 886 | 104% | -78 |
| | Méthode alternative | 1 507 435 | 135 536 | 94 709 | 143% | -39 |

TABLE 4.9 – Impacts de l'option retenue pour l'extrapolation au 28/02/2019 et au 30/09/2019

Dans un contexte où les taux sont plus élevés (28/02/2019), le ratio de couverture est de 217% avec un dernier point liquide à 20 ans contre 202% avec un dernier point liquide à 50 ans, soit une perte de 15 points de taux de couverture. La perte au 31/12/2019 est de 35 points entre ces deux options, lorsque les taux sont plus élevés, le passage à un LLP à 50 ans a un impact moins important sur la solvabilité des assureurs.

Dans une situation où les taux sont très bas, notamment au 30/09/2019, le taux de couverture atteint un niveau particulièrement alarmant, 104% en cas d'éloignement du dernier point liquide à 50 ans. Le taux de couverture diminue de 39 points dans le cas d'un passage à un LLP à 30 ans, et de 52 points pour un LLP à 50 ans. Dans un contexte de taux bas, l'éloignement du dernier point liquide a encore plus d'impact et peut causer l'insolvabilité de nombreux assureurs.

4.2 Volatility Adjustment

Actuellement, l'EIOPA calcule le *Volatility Adjustment* à appliquer à la courbe des taux sans risque et fournit la courbe des taux comprenant le VA tous les mois. Le VA n'étant pas spécifique aux assureurs, il ne répond pas à ses objectifs initiaux. Les caractéristiques d'illiquidité du passif ne sont pas prises en compte car tous les assureurs appliquent le même ajustement. De plus, selon le portefeuille auquel le VA est appliqué, les mouvements des *spreads* obligataires peuvent être sous-estimés ou surestimés. L'EIOPA a donc construit huit options de calcul du VA, plus spécifiques au portefeuille de l'assureur. Certaines de ces options sont combinées en deux approches :

- **Approche 1** : application d'un ajustement pour volatilité prenant en compte les caractéristiques d'illiquidité et/ou la durée des passifs des assureurs, en maintenant le concept actuel de portefeuilles de référence mais en introduisant des ratios pour compléter le ratio actuel à 65%. Le calcul du VA permanent est effectué à partir des options 4, 5 et 6.
- **Approche 2** : application d'un ajustement pour volatilité basé sur les pondérations des actifs spécifiques aux assureurs, et en introduisant également des ratios dépendant de l'adossement entre les actifs et les passifs des assureurs. Le calcul du VA est effectué à partir des options 1, 4 et 5.

Cette section décrit les options retenues et explique les étapes de la mise en place des deux approches. En effet, si l'une de ces approches est adoptée dans le cadre de la révision, le VA ne sera plus communiqué par l'EIOPA, mais sera calculé par chaque entreprise souhaitant appliquer le VA. L'objectif de ce mémoire n'est pas d'analyser les impacts quantitatifs du VA sur le portefeuille mais se concentre sur la complexité de mise en oeuvre des deux approches pour les assureurs.

4.2.1 Description des options retenues

4.2.1.1 Option 1 : calcul d'un *spread* spécifique au portefeuille de l'assureur

Sous cette option, le VA est spécifique aux entreprises. Les pondérations des différentes classes d'actifs ne sont plus basées sur le portefeuille de référence mais sont celles du portefeuille de l'entreprise appliquant le VA. Les *spreads* des portefeuilles de référence ne sont plus calculés. L'EIOPA fournira un ensemble de *spreads* calculés en fonction de l'émetteur, de la durée et de la qualité de crédit de l'obligation.

Cette option permet de limiter les effets de surcompensation ou sous-compensation du VA, sauf quand cet effet provient d'une durée des passifs supérieure à la durée des actifs. Sous cette option, une augmentation de VA spécifique à un pays n'est plus nécessaire car le VA est spécifique à chaque portefeuille donc il capte les crises potentielles sur les marchés obligataires nationaux.

Cette option peut entraîner une mauvaise gestion des risques, les assureurs peuvent investir dans des actifs plus risqués, avec des *spreads* supérieurs car cela leur permet de

4.2. VOLATILITY ADJUSTMENT

bénéficier d'un VA supérieur et donc d'une augmentation de leur fonds propres. Afin de contrer ce problème, les obligations avec une notation inférieure ou égale à BB sont traitées comme des obligations de notation BBB. Des exigences supplémentaires dans les piliers 2 et 3 de Solvabilité II sont également proposées. Les assureurs doivent donner plus de précisions sur la composition de leur portefeuille d'actifs dans le SFCR et doivent expliquer les changements dans la répartition de leurs actifs. L'autorité de contrôle pourra ainsi vérifier que les assureurs n'ont pas changé de stratégie d'investissement dans le but d'améliorer leur solvabilité grâce à un VA plus important.

Cette option calcule le risque de crédit de façon similaire à l'option 6, en pourcentage du *spread*. La différence réside dans le fait que le pourcentage varie en fonction de la qualité de crédit des actifs. Le risque de crédit est plus élevé pour une obligation moins bien notée. Cela permet également de limiter l'investissement dans des obligations avec une mauvaise qualité de crédit. Les obligations souveraines émises par des États membres de l'Espace Économique Européen sont traitées comme des obligations de la catégorie 0, quelle que soit leur notation.

| Catégorie | Notation | Pourcentage du <i>spread</i> pour le calcul du risque de crédit |
|-----------|----------|---|
| 0 | AAA | 30% |
| 1 | AA | 40% |
| 2 | A | 50% |
| 3 | ≤ BBB | 60% |

TABLE 4.10 – Catégories d'obligations et risque de crédit sous l'option 1

Le *spread* corrigé du risque de crédit peut ensuite être calculé pour chaque obligation du portefeuille :

$$RC_{-}S_{d,p,c}^{\text{gov}} = \begin{cases} (1 - RC\%_{\text{gov}}) \cdot S_{d,p,c}^{\text{gov}} & \text{si } S_{d,p,c}^{\text{gov}} \geq 0 \\ S_{d,p,c}^{\text{gov}} & \text{sinon} \end{cases} \quad (4.1)$$

$$RC_{-}S_{d,r,f,c}^{\text{corp}} = \begin{cases} (1 - RC\%_{r}^{\text{corp}}) \cdot S_{d,r,f,c}^{\text{corp}} & \text{si } S_{d,r,f,c}^{\text{corp}} \geq 0 \\ S_{d,r,f,c}^{\text{corp}} & \text{sinon} \end{cases} \quad (4.2)$$

avec

- $RC_{-}S_{d,p,c}^{\text{gov}}$: *spread* corrigé du risque de crédit pour une obligation souveraine de duration d , émise par le pays p , dans la devise c ;
- $RC_{-}S_{d,r,f,c}^{\text{corp}}$: *spread* corrigé du risque de crédit pour une obligation *corporate* de duration d , de qualité de crédit r , émise par une entreprise de type f (financière ou non financière), dans la devise c ;
- $S_{d,p,c}^{\text{gov}}$: *spread* d'une obligation souveraine émise par le pays p , avec une duration d , dans la devise c ;

4.2. VOLATILITY ADJUSTMENT

- $S_{d,r,f,c}^{\text{corp}}$: *spread* d'une obligation *corporate* émise par une entreprise de type f, avec une qualité de crédit r, une durée d, dans la devise c ;
- $RC\%_{\text{gov}}$: pourcentage de correction à appliquer pour une obligation souveraine (30% si l'émetteur fait partie de l'Espace Économique Européen, en fonction de la notation sinon) ;
- $RC\%_{\text{r}}^{\text{corp}}$: pourcentage de correction à appliquer pour une obligation *corporate* de qualité de crédit r. Ce pourcentage est indiqué dans le tableau (4.10).

Le *spread* ajusté du risque de crédit peut ensuite être déterminé à l'aide de la formule suivante :

$$RC_{-}S_{i,c} = \sum_{d,p} W_{d,p,i,c}^{\text{gov}} \cdot RC_{-}S_{d,p,c}^{\text{gov}} + \sum_{d,r,f} W_{d,r,f,i,c}^{\text{corp}} \cdot RC_{-}S_{d,r,f,c}^{\text{corp}} \quad (4.3)$$

Avec :

- $RC_{-}S_{i,c}$: *spread* du portefeuille de l'entreprise i, dans la devise c ;
- $W_{d,p,i,c}^{\text{gov}}$: proportion³ des obligations souveraines dans le portefeuille de l'entreprise i, dans la devise c, émises par le pays p, de durée d ;
- $W_{d,r,f,i,c}^{\text{corp}}$: proportion des obligations *corporates* dans le portefeuille de l'entreprise i, dans la devise c, émises par une entreprise de type f (institution financière ou non), de durée d et de notation r ;
- $RC_{-}S_{d,p,c}^{\text{gov}}$: *spread* corrigé du risque de crédit des obligations souveraines libellées dans la devise c, émises par le pays p, de durée d ;
- $RC_{-}S_{d,r,f,c}^{\text{corp}}$: *spread* corrigé du risque de crédit des obligations *corporates* libellées dans la devise c, émises par une entreprise de type f, avec une qualité de crédit r, une durée d.

4.2.1.2 Option 4 : VA tenant compte du montant des actifs à revenu fixe et de l'écart entre la durée de l'actif et du passif

Cette option vise à introduire un ratio d'application spécifique aux assureurs, en plus du ratio actuel de 65%. Ce ratio permet de limiter les effets de surcompensation ou sous-compensation du VA en prenant en compte le volume d'actifs à revenu fixe du portefeuille de l'assureur et les caractéristiques de durée de l'actif et du passif. Le problème de surcompensation ou sous-compensation n'est cependant pas réglé s'il provient d'un écart entre la qualité de crédit des obligations du portefeuille de l'assureur et celle du portefeuille de référence.

3. La proportion est relative à la valeur de marché des investissements de l'entreprise i, dans la devise c.

4.2. VOLATILITY ADJUSTMENT

Pour une devise notée c , et une entreprise i , le ratio d'application est calculé de la façon suivante :

$$AR_{i,c}^{\text{Option 4}} = \min \left\{ \frac{PVBP(MV_{i,c}^{\text{FI}})}{PVBP(BEL_{i,c})} ; 1 \right\} \quad (4.4)$$

Avec :

- $AR_{i,c}^{\text{Option 4}}$: ratio d'application de l'option 4, pour le portefeuille de l'entreprise i , dans la devise c ;
- $PVBP(MV_{i,c}^{\text{FI}})$: prix d'un point de base de la valeur de marché des actifs à revenu fixe de l'entreprise i dans la devise c ;
- $PVBP(BEL_{i,c})$: prix d'un point de base de la valeur du *Best Estimate* de l'entreprise i dans la devise c .

Définition des actifs à revenu fixe : Chaque classe d'actif est identifiée par un code CIC (Code Complémentaire d'Identification). Les différentes catégories sont répertoriées et expliquées par l'ACPR⁴. L'EIOPA a défini les actifs à revenu fixe à partir de ces codes et les a réparti en deux portefeuilles :

| | Codes CIC |
|------------------------|--|
| Portefeuille souverain | 11, 13*, 14*, 15, 16, 17, 19 |
| Portefeuille corporate | 12, 13*, 14*, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 42, 52, 54, 62, 64, 81, 82, 84, 85, 86, 89 |

TABLE 4.11 – Actifs à revenus fixe

Les codes 13 et 14 correspondent aux obligations émises par les administrations régionales et les autorités locales. Seules les obligations listées dans le Règlement d'exécution 2015/2011 de la Commission⁵ peuvent être incorporées au portefeuille souverain.

Calcul de $PVBP(BEL_{i,c})$: Ce montant est calculé comme la sensibilité du *Best Estimate* au VA.

$$PVBP(BEL_{i,c}) = \frac{BEL_{i,c}(RFR_c) - BEL_{i,c}(RFR_c + GAR \cdot RC_{-}S_{i,c})}{GAR \cdot RC_{-}S_{i,c}} \quad (4.5)$$

Avec :

- $GAR \cdot RC_{-}S_{i,c}$ correspond au ratio général de 65% multiplié par le *spread* corrigé du risque de crédit d'une devise c ou d'une entreprise i selon l'option considérée ;

4. https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/20130708-table-cic-fr_0.xls

5. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32015R2011&from=EN>

- RFR_c est la courbe des taux sans risque de la devise c ;
- $RFR_c + GAR \cdot RC_{-}S_{i,c}$ est la courbe des taux sans risque à laquelle l'ajustement $GAR \cdot RC_{-}S_{i,c}$ est appliqué.

Calcul de $PVBP(MV_{i,c}^{FI})$: Ce montant correspond à la différence entre la valeur de marché des actifs avec le *spread* actuel noté CS et avec le *spread* actuel ajusté de $GAR \cdot RC_{-}S_{i,c}$.

$$PVBP(MV_{i,c}^{FI}) = \frac{MV_{i,c}^{FI}(CS) - MV_{i,c}^{FI}(CS + GAR \cdot RC_{-}S_{i,c})}{GAR \cdot RC_{-}S_{i,c}} \quad (4.6)$$

Le *spread* ajusté du risque de crédit est noté $RC_{-}S_{i,c}$ car il peut être calculé à partir du portefeuille de référence de la monnaie ou être spécifique à l'assureur selon les options combinées à l'option 4.

4.2.1.3 Option 5 : Ajustement tenant compte de l'illiquidité des passifs

Le *Best Estimate* correspond à la moyenne pondérée par leur probabilité des flux de trésorerie futurs actualisés par la courbe des taux sans risque. Cette courbe est dérivée des taux de *swaps* issus de marchés profonds, liquides et transparents alors que les passifs sont prévisibles et stables, donc illiquides. Cette option vise à mettre en place une prime d'illiquidité pour les assureurs ayant investi dans des actifs illiquides pour répliquer les flux de trésorerie du passif. L'objectif de cette prime est de reconnaître les caractéristiques d'illiquidité des passifs afin d'éliminer le décalage d'évaluation entre les actifs illiquides et les passifs illiquides. La prise en compte des caractéristiques d'illiquidité des passifs reflète le fait qu'un assureur avec un passif très illiquide n'est pas exposé à la vente forcée de ses actifs à revenu fixe et ne réalise pas de pertes à cause d'une augmentation des *spreads*.

Deux approches ont été conçues par l'EIOPA pour prendre en compte les caractéristiques d'illiquidité des passifs dans le calcul du VA. Seule la première a été retenue, la deuxième approche ne sera donc pas développée. Comme pour l'option précédente, un ratio doit être calculé afin de compléter le ratio actuel de 65%. Pour une entreprise i et une devise c , il est défini de la façon suivante :

$$AR_{i,c}^{\text{Option 5}} = \min \left\{ \frac{PVBP^{CF}(ILL_{i,c})}{PVBP^{CF}(BEL_{i,c})}; 1 \right\} \quad (4.7)$$

Avec :

- $AR_{i,c}^{\text{Option 5}}$: ratio d'application de l'option 5, pour le portefeuille de l'entreprise i , dans la devise c ;
- $PVBP^{CF}(BEL_{i,c})$: prix d'un point de base du *Best Estimate* de l'entreprise i , dans la devise c ;

- $PVBP^{CF}(ILL_{i,c})$: prix d'un point de base des engagements illiquides de l'entreprise i dans la devise c .

Calcul de $PVBP(ILL_{i,c})$: La valeur d'un point de base des engagements illiquides est calculée comme la variation de la valeur actualisée des flux illiquides suite à l'augmentation de la courbe des taux sans risque de 0.01%.

$$PVBP^{CF}(ILL_{i,c}) = ILL_{i,c}(RFR) - ILL_{i,c}(RFR + 0.01\%) \quad (4.8)$$

Avec :

- $ILL_{i,c}$: valeur actualisée des flux illiquides pour l'entreprise i , dans la devise c ;
- RFR : courbe des taux sans risque ;
- $RFR + 0.01\%$: courbe des taux sans risque ajustée de 0.01%.

Ce calcul nécessite de définir et déterminer les flux illiquides. Plus des flux de trésorerie sont stables sur différents scénarios de stress, plus ils sont considérés comme illiquides. Ce concept permet de définir la part du passif qui est parfaitement illiquide et pourra être investie dans des actifs illiquides sur le même horizon de temps. En assurance vie, trois scénarios sont considérés : une hausse de la mortalité, une hausse des rachats, et le rachat massif.

À partir des flux de trésorerie des différents scénarios, le montant de fonds disponibles après t années peut être déterminé pour chaque scénario :

$$AF_{i,t} = AF_{i,t-1} \cdot (1 + r_t) - CF_{i,t} \quad (4.9)$$

Avec :

- i : le scénario central, de hausse de la mortalité, de hausse des rachats ou de rachat massif ;
- $AF_{i,0}$: le *Best Estimate* du scénario central ;
- $AF_{i,t}$: fonds disponibles à la date t , pour le scénario i ;
- r_t : taux d'intérêt sans risque ;
- CF_t : flux de trésorerie du scénario i , l'année t .

Cela permet de déterminer le montant minimal de fonds disponibles après t années :

$$\text{Min Available}_0 = BE \quad (4.10)$$

$$\text{Min Available}_{t>0} = \min_i \{AF_{i,t-1} \times (1 + r_t)\} \quad (4.11)$$

Dans cette définition, le montant minimal de fonds disponibles après 50 ans est également disponible après 40 ans. Ce montant peut être investi dans des actifs pendant 50 ans. Pour déterminer le montant d'actifs qui peut être investi pendant exactement t années, il faut calculer les flux illiquides :

$$ILL_t = \text{Min Available}_t - \frac{\text{Min Available}_{t+1}}{1 + r_t} \quad (4.12)$$

Calcul de $PVBP^{CF}(\mathbf{BEL}_{i,c})$: Ce montant est défini comme la variation du *Best Estimate* de l'entreprise i , en appliquant un ajustement de 0.01% à la courbe des taux sans risque permettant l'actualisation.

$$PVBP^{CF}(\mathbf{BEL}_{i,c}) = BEL_{i,c}^{CF,RFR}(RFR) - BEL_{i,c}^{CF,RFR}(RFR + 0.01\%) \quad (4.13)$$

Avec :

- RFR : courbe des taux sans risque ;
- $RFR + 0.01\%$: courbe des taux sans risque ajustée de 0.01% ;
- $BEL_{i,c}^{CF,RFR}(\widetilde{RFR})$: valeur du *Best Estimate* avec les flux de trésorerie calculés à partir de la courbe RFR mais actualisés avec la courbe \widetilde{RFR} . Cela signifie que la hausse des taux n'a pas d'impact sur les flux de trésorerie mais uniquement sur le *Best Estimate* via l'actualisation.

4.2.1.4 Option 6 : Évaluation du risque de crédit en pourcentage du *spread*

Le calcul du risque de crédit est actuellement basé sur la moyenne des *spreads* à long terme, sur les probabilités de défaut et sur les pertes causées par la dégradation de la notation des actifs. Comme vu précédemment, la correction pour risque de crédit calculée est très stable dans le temps même dans une situation d'augmentation extrême des *spreads* et représente donc mal les pertes liées à la qualité de crédit des actifs. Cette option vise à améliorer l'évaluation de la correction pour risque de crédit.

Sous cette option, le risque de crédit est calculé en pourcentage du *spread* :

$$\begin{cases} RC^{gov} = \max \left\{ RC^{gov}\% \cdot S_{i,c}^{gov}; 0 \right\} \\ RC^{corp} = \max \left\{ RC^{corp}\% \cdot S_{i,c}^{corp}; 0 \right\} \end{cases} \quad (4.14)$$

Avec :

- RC^{gov} : correction pour risque de crédit à appliquer au *spread* $S_{i,c}^{gov}$;
- RC^{corp} : correction pour risque de crédit à appliquer au *spread* $S_{i,c}^{corp}$;
- $S_{i,c}^{gov}$ et $S_{i,c}^{corp}$ les *spreads* calculés à partir du portefeuille de référence de la devise c ou à partir du portefeuille de l'entreprise i ;
- $RC^{gov}\%$ vaut 30% pour les obligations émises par des pays membres de l'EEE, et vaut $RC^{corp}\%$ sinon.
- $RC^{corp}\%$: vaut 50%.

Ces options permettent la mise en place deux approches de calcul du VA. Les étapes de leur mise en place et les résultats obtenus en termes de *Volatility Adjustment* à appliquer sont présentés dans la suite.

4.2.2 Approche 1

L'approche 1 combine les options 4, 5 et 6⁶. La méthode de calcul des *spreads* du portefeuille de référence de la devise est similaire à la méthode de calcul actuelle. La correction pour risque de crédit n'est plus déterminée à partir de la moyenne des *spreads* à long terme, de la probabilité de défaut des actifs et du coût de dégradation de la note des actifs mais est calculée en pourcentage fixe du *spread*. Deux ratios d'application doivent être calculés par les entreprises d'assurance ou de réassurance pour prendre en compte les caractéristiques de leurs portefeuilles.

Pour appliquer cette approche, la première étape est la mise en place de l'option 6. À partir du portefeuille de référence de la devise, les *spreads* des portefeuilles d'obligations souveraines et *corporates* sont calculés et communiqués par l'EIOPA. L'objectif de cette option est d'améliorer l'évaluation de la correction pour risque de crédit, actuellement stable dans le temps. La correction pour risque de crédit est dorénavant calculée en pourcentage fixe du *spread*. La correction à appliquer est de 30% du *spread* du portefeuille d'obligations souveraines (pour les obligations émises par un membre de l'EEE) et de 50% du *spread* du portefeuille d'obligations *corporates*.

Le *spread* corrigé du risque de crédit du portefeuille de référence est ensuite calculé par la formule :

$$RC_{-}S_c = \frac{W_c^{\text{gov}} \cdot RC_{-}S_c^{\text{gov}} + W_c^{\text{corp}} \cdot RC_{-}S_c^{\text{corp}}}{W_c^{\text{gov}} + W_c^{\text{corp}}} \quad (4.15)$$

Avec :

- $RC_{-}S_c$: *spread* corrigé du risque de crédit du portefeuille de référence de la devise c ;
- W_c^{gov} : proportion d'obligations souveraines incluses dans le portefeuille de référence de la devise c ;
- W_c^{corp} : proportion d'obligations *corporates* incluses dans le portefeuille de la devise c ;
- $RC_{-}S_c^{\text{gov}}$: *spread* corrigé du risque de crédit relatif aux obligations souveraines du portefeuille de référence de la devise c ;
- $RC_{-}S_c^{\text{corp}}$: *spread* corrigé du risque de crédit relatif aux obligations *corporates* du portefeuille de référence de la devise c.

Le *spread* corrigé du risque de crédit du portefeuille de la devise est calculé à partir de cette formule et des données de marché du 31/12/2019 extraites de Bloomberg. Cela

6. Le VA macroéconomique calculé à partir de l'option 8 n'est pas traité dans ce mémoire.

permet de déterminer le VA sous l'option 6 :

$$\begin{aligned} \text{VA}^{\text{Option6}} &= 65\% \cdot RC_{S_c} \\ &= 0.15\% \end{aligned}$$

Ce VA est déterminé à partir du portefeuille de référence de la devise et pourra donc être communiqué par l'EIOPA si cette approche est retenue. Ensuite, les deux ratios d'application (options 4 et 5) doivent être calculés par les assureurs, car ils sont spécifiques à chaque portefeuille. L'objectif de ces ratios est de prendre en compte les caractéristiques du portefeuille auquel s'applique le VA. Le ratio d'application de l'option 4 est déterminé à l'aide de l'ajustement sous l'option 6. Pour rappel, ce ratio est le quotient entre :

- la différence entre la valeur de marché des actifs à revenu fixe avec le *spread* actuel et avec le *spread* actuel ajusté du VA sous l'option 6 ;
- la différence entre le BE obtenu sans VA et avec le VA sous l'option 6.

$$\begin{aligned} \text{AR}_{i,c}^{\text{Option 4}} &= \min \left\{ \frac{\text{PVBP}(\text{MV}_{i,c}^{\text{FI}})}{\text{PVBP}(\text{BEL}_{i,c})} ; 1 \right\} \\ &= 88\% \end{aligned}$$

Le ratio d'application de l'option 5 est déterminé comme le quotient entre :

- la variation de la valeur actualisée des engagements illiquides suite à une augmentation de la courbe des taux de 0.01% ;
- la variation de la somme de la valeur actualisée des flux permettant le calcul du BE suite à une augmentation de la courbe d'actualisation de 0.01%.

$$\text{AR}_{i,c}^{\text{Option 5}} = \min \left\{ \frac{\text{PVBP}^{\text{CF}}(\text{ILL}_{i,c})}{\text{PVBP}^{\text{CF}}(\text{BEL}_{i,c})} ; 1 \right\}$$

Le calcul de ce ratio nécessite de calculer les flux de passif dans différents scénarios, la mise en place de cette option est donc coûteuse en temps de calcul. Quatre scénarios sont nécessaires : un scénario non stressé, un scénario de hausse de la mortalité, un scénario de hausse des rachats et un scénario de rachat massif. L'idée repose sur le fait que des flux stables dans différents scénarios de stress sont illiquides. Les flux permettant le calcul du *Best Estimate* dans ces quatre scénarios sont nécessaires au calcul des fonds disponibles chaque année, en fonction du scénario. Cela permet de connaître le montant minimal de fonds disponibles chaque année.

4.2. VOLATILITY ADJUSTMENT

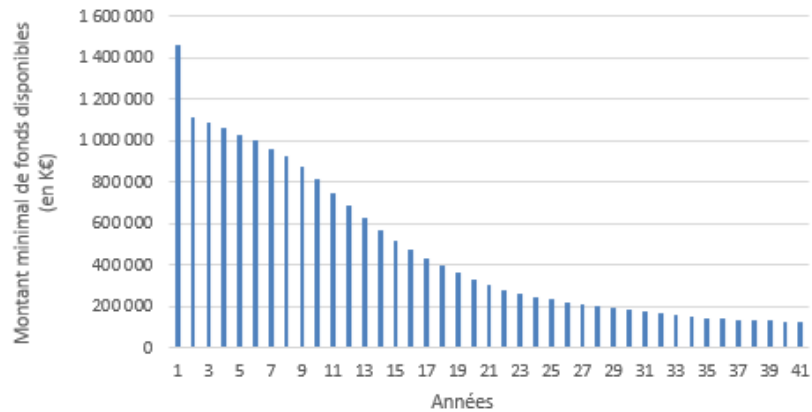


FIGURE 4.12 – Montant minimal de fonds disponibles dans le temps

À partir de ce montant, le montant d'engagements illiquides peut être déterminé pour chaque année t , ce montant peut être investi pendant t années dans des actifs.

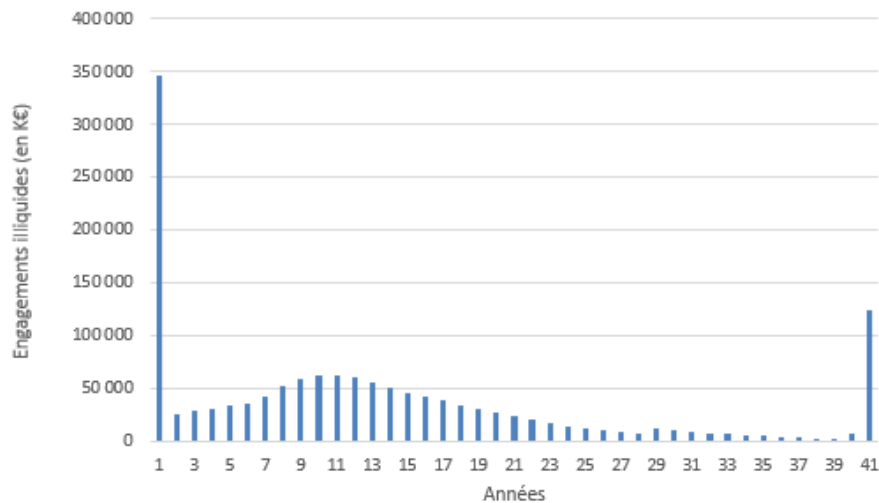


FIGURE 4.13 – Engagements illiquides

Les graphiques illustrent le cas où la courbe des taux sans risque n'est pas ajustée. Les mêmes calculs doivent être reproduits avec la courbe des taux sans risque augmentée de 0.01%. Cela permet ensuite de déterminer la variation de la valeur actualisée des engagements illiquides suite à une augmentation de la courbe des taux de 0.01%.

Le calcul de la variation du BE suite à une augmentation de la courbe des taux sans

risque nécessite simplement d'actualiser les flux du BE du scénario central avec les deux courbes des taux et d'en faire la différence.

Le ratio sous l'option 5 est :

$$\begin{aligned} \text{AR}_{i,c}^{\text{Option 5}} &= \min \left\{ \frac{\text{PVBPCF}(\text{ILL}_{i,c})}{\text{PVBPCF}(\text{BEL}_{i,c})}; 1 \right\} \\ &= 52\% \end{aligned}$$

Le ratio d'application de l'approche 1 est défini comme le minimum des deux ratios :

$$\begin{aligned} \text{AR}_{i,c}^{\text{Approche 1}} &= \min \left\{ \text{AR}_{i,c}^{\text{Option 4}}; \text{AR}_{i,c}^{\text{Option 5}} \right\} \\ &= 52\% \end{aligned}$$

La dernière étape est le calcul du VA permanent :

$$\begin{aligned} \text{VA}_{i,c}^{\text{permanent}} &= \text{GAR} \cdot \text{AR}_{i,c}^{\text{Approche 1}} \cdot \text{RC}_{S_c} \\ &= 0.08\% \end{aligned}$$

Les données nécessaires au calcul du VA macroéconomique ne sont pas disponibles car il est déterminé à partir de la moyenne sur 3 ans des *spreads* du portefeuille de référence du pays. Son application et son calcul ne sont donc pas détaillés ici, le montant de cet ajustement sera déterminé et communiqué par l'EIOPA si cette option est appliquée après la révision de Solvabilité II.

4.2.3 Approche 2

L'approche 2 combine les options 1, 4 et 5. Le *spread* du portefeuille doit être calculé à partir des pondérations d'actifs du portefeuille de l'assureur. Le *spread* de chaque obligation du portefeuille doit être calculé. La correction pour risque de crédit est calculée en pourcentage fixe du *spread*, ce pourcentage augmente lorsque la qualité de crédit de l'obligation diminue. Deux ratios d'application doivent être calculés par les entreprises d'assurance ou de réassurance pour refléter les caractéristiques du portefeuille auquel le VA est appliqué.

La première étape consiste à appliquer l'option 1 en calculant la part de la valeur de marché de chaque catégorie d'obligation par rapport à la valeur de marché de l'ensemble des actifs du portefeuille. Ce calcul est effectué au niveau du portefeuille de l'assureur. Les portefeuilles de référence ne sont donc plus nécessaires pour réaliser le calcul du *Volatility Adjustment*.

Ensuite, il faut déterminer le *spread* de chaque obligation, à partir des données de marché (au 31/12/2019). Pour chaque obligation du portefeuille de l'assureur, le *spread* doit être calculé en fonction du pays ou de l'entreprise qui a émis l'obligation, de la

duration de l'obligation et de sa note (pour une obligation *corporate*). L'EIOPA sera chargée de communiquer un ensemble des *spreads* permettant aux assureurs de calculer le *spread* de chaque obligation. Pour chaque obligation, la correction pour risque de crédit est évaluée en pourcentage fixe du *spread* et varie avec la qualité de crédit de l'émetteur. Il faut ensuite soustraire la correction pour risque de crédit à chacun des *spreads* calculés, afin de déterminer le *spread* corrigé pour risque de crédit du portefeuille de l'assureur.

$$\begin{aligned} RC-S_{i,c} &= \sum_{d,p} W_{d,p,i,c}^{\text{gov}} \cdot RC-S_{d,p,c}^{\text{gov}} + \sum_{d,r,f} W_{d,r,f,i,c}^{\text{corp}} \cdot RC-S_{d,r,f,c}^{\text{corp}} \\ &= 0.53\% \end{aligned}$$

Cette approche nécessite également l'application des deux ratios calculés précédemment à partir du portefeuille de l'assureur. Le ratio sous l'option 4 vaut :

$$\begin{aligned} AR_{i,c}^{\text{Option 4}} &= \min \left\{ \frac{\text{PVBP}(\text{MV}_{i,c}^{\text{FI}})}{\text{PVBP}(\text{BEL}_{i,c})} ; 1 \right\} \\ &= 88\% \end{aligned}$$

Le ratio sous l'option 5 vaut :

$$\begin{aligned} AR_{i,c}^{\text{Option 5}} &= \min \left\{ \frac{\text{PVBP}^{\text{CF}}(\text{ILL}_{i,c})}{\text{PVBP}^{\text{CF}}(\text{BEL}_{i,c})} ; 1 \right\} \\ &= 52\% \end{aligned}$$

Le ratio de l'approche 2 peut ensuite être déterminé :

$$\begin{aligned} AR_{i,c}^{\text{Approche 2}} &= \min \left\{ AR_{i,c}^{\text{Option 4}} ; AR_{i,c}^{\text{Option 5}} \right\} \\ &= 52\% \end{aligned}$$

La dernière étape est le calcul du VA permanent :

$$\begin{aligned} VA_{i,c}^{\text{Approche 2}} &= \text{GAR} \cdot AR_{i,c}^{\text{Approche 2}} \cdot RC-S_{i,c} \\ &= 0.18\% \end{aligned}$$

4.2.4 Conclusion

La première approche de calcul du *Volatility Adjustment* présente des points communs avec la méthode actuelle. Le *spread* du portefeuille de référence de la devise est à calculer. La correction pour risque de crédit n'est plus déterminée à partir de la moyenne des *spreads* à long terme, de la probabilité de défaut des actifs et du coût de dégradation de la note des actifs mais est calculée en pourcentage fixe du *spread*. Deux ratios d'application doivent être calculés par les entreprises d'assurance ou de réassurance pour prendre en compte les caractéristiques de leurs portefeuilles. Ces ratios s'appliquent en complément du ratio actuel de 65%.

La deuxième approche nécessite le calcul du *spread* de chaque obligation du portefeuille. La correction pour risque de crédit est calculée en pourcentage fixe du *spread*. Ce pourcentage varie en fonction de la qualité de crédit de l'obligation (pour les obligations *corporates*). Les deux ratios calculés dans la première approche sont également appliqués dans la deuxième approche.

Ces approches présentent plusieurs avantages. Elles permettent de limiter certaines défaillances du calcul actuel de l'ajustement pour volatilité. Dans la première approche, l'effet de surcompensation ou sous-compensation du VA est limité grâce au ratio de l'option 4. En effet, ce ratio permet de prendre en compte le montant d'actifs à revenu fixe du portefeuille de l'assureur et le décalage de durée entre l'actif et le passif. Ce ratio ne résout cependant pas le problème de surcompensation ou sous-compensation du VA lorsque cet effet provient d'un écart entre la qualité de crédit du portefeuille de l'assureur et celle du portefeuille de référence de la devise. La cinquième option consiste à calculer un ratio qui prend en compte les caractéristiques d'illiquidité des passifs dans le calcul du VA. Cela peut permettre au VA de mieux répondre à l'un de ses objectifs, être une prime d'illiquidité pour des actifs adossés à des passifs illiquides. La correction pour risque de crédit est évaluée de façon plus réaliste, elle n'est plus stable dans le temps et varie proportionnellement au *spread*.

Dans la deuxième approche, le calcul du *spread* du portefeuille de référence de la devise n'est plus effectué. Le *spread* de chaque obligation du portefeuille de l'assureur doit être calculé. L'application du ratio de l'option 4 combinée à un calcul du *spread* spécifique au portefeuille de l'assureur permet d'éviter le problème de la surcompensation ou sous-compensation du VA. Les caractéristiques d'illiquidité des passifs sont également prises en compte dans le calcul du VA, car le ratio d'application défini sous l'option 5 est également mis en place dans cette approche. L'évaluation de la correction pour risque de crédit est également plus réaliste. Elle est proportionnelle au *spread*, le pourcentage varie avec la qualité de crédit de l'obligation.

Ce mémoire ne s'intéresse pas aux impacts du VA sur le bilan prudentiel, mais se focalise sur la complexité de mise en oeuvre des deux approches proposées. La courbe des taux comprenant l'ajustement pour volatilité est actuellement communiquée tous les

4.2. VOLATILITY ADJUSTMENT

mois par l'EIOPA. Si l'une des approches est retenue dans le cadre de la révision de Solvabilité II, la courbe ne sera plus fournie par l'EIOPA. Les assureurs devront calculer eux-mêmes le montant de VA à appliquer sur leurs portefeuilles. La première approche est moins difficile à mettre en oeuvre pour les assureurs car le calcul du *spread* est réalisé sur le portefeuille de référence de la devise, par l'EIOPA. Le VA macro-économique sera également communiqué par l'EIOPA. Ils devront cependant calculer deux ratios d'application afin de prendre en compte les caractéristiques de leurs portefeuilles. La deuxième approche est plus coûteuse en calcul, le calcul du *spread* est réalisé au niveau de chaque obligation du portefeuille de l'assureur. Il faut également souligner le fait que la deuxième approche peut être difficile à mettre en oeuvre car les obligations ne sont pas toutes notées. Il faudra alors décider de la façon de procéder pour ces obligations. Si l'une de ces approches est retenue, deux ratios d'application devront être calculés par les assureurs. Ces ratios sont spécifiques au portefeuille sur lequel le VA doit être appliqué. La mise en place de ces deux approches nécessite donc un travail important et complexe.

Après obtention du VA, les assureurs devront également réaliser l'extrapolation de la courbe des taux sans risque afin d'obtenir le montant de VA appliqué par année. En effet, l'ajustement est ajouté à la courbe des taux sans risque jusqu'à la maturité du dernier point liquide. Ensuite, les taux sont extrapolés à partir de la courbe ajustée. Une courbe de taux avec VA devra être déterminée pour chaque portefeuille. L'application et la supervision du VA seront donc plus complexes. Bien que les impacts du VA sur le bilan prudentiel ne soient pas étudiés dans le cadre de ce mémoire, les résultats obtenus avec les différents montants d'ajustement pour volatilité sont présentés ci-dessous à titre indicatif.

| <i>Volatility Adjustment</i> | BE (en K€) | Fonds propres (en K€) | SCR (en K€) | Taux de couverture |
|------------------------------|------------|--------------------------|-------------|-----------------------|
| Pas de VA | 1 460 517 | 173 704 | 95 448 | 182% |
| 0.07% (VA 31/12/2019) | 1 456 725 | 178 228 | 94 526 | 189% |
| 0.08% (Approche 1) | 1 456 184 | 178 867 | 94 416 | 189% |
| 0.18% (Approche 2) | 1 450 876 | 185 263 | 93 289 | 199% |

FIGURE 4.14 – Application du VA

4.3 Application des chocs de taux préconisés par l'EIOPA

L'EIOPA a préconisé l'utilisation d'une nouvelle approche pour choquer les taux d'intérêt. Cette approche vise à limiter la sous-estimation du montant de fonds propres nécessaires pour faire face au risque de taux. L'approche proposée par l'EIOPA se base sur l'application d'une composante additive et d'une composante multiplicative pour choquer les taux d'intérêt. De plus, les taux d'intérêt négatifs sont choqués à la baisse dans cette approche. Le calibrage des chocs a été étudié par l'EIOPA conjointement aux options proposées pour l'extrapolation de la courbe des taux sans risque. Dans un premier temps, les chocs préconisés par l'EIOPA sont appliqués au scénario central afin d'évaluer leurs impacts sur le bilan prudentiel. Ensuite, les chocs de taux sont appliqués aux différents scénarios retenus pour l'extrapolation de la courbe des taux sans risque. La modification des paramètres de l'extrapolation a été étudiée précédemment, l'analyse effectuée montre que le paramètre qui a le plus d'impact sur le ratio de couverture est le dernier point liquide. Il a également été prouvé que plus le dernier point liquide est éloigné, moins la diminution de l'UFR et l'augmentation de la durée de la période de convergence n'ont d'impact sur le ratio de couverture. Cela est causé par le fait que ces deux paramètres n'ont d'effet que sur les taux extrapolés (c'est à dire les taux avec une maturité supérieure au LLP). Cette partie va permettre d'observer les effets d'une modification des paramètres de l'extrapolation en cas d'utilisation des chocs de taux préconisés par l'EIOPA.

Les courbes des taux choqués avec les chocs du Règlement Délégué et avec les chocs préconisés par l'EIOPA sont présentées dans le graphique ci-dessous.

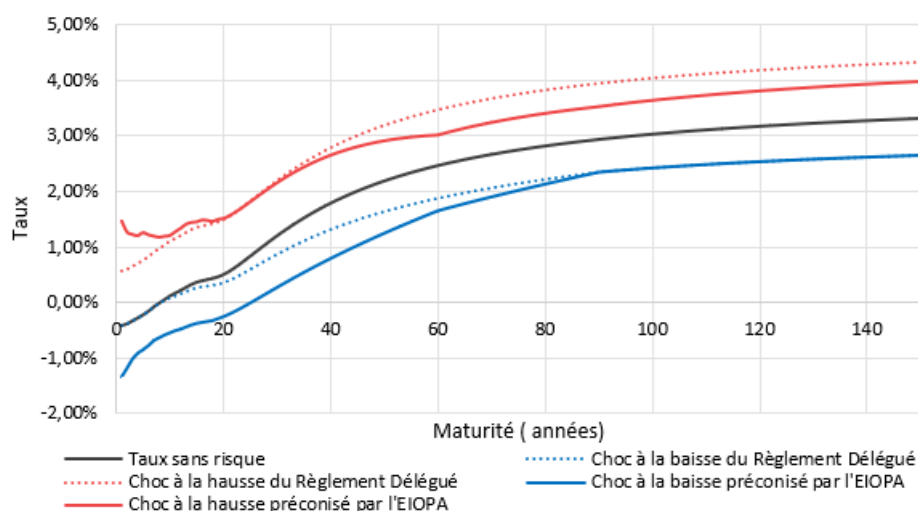


FIGURE 4.15 – Comparaison des courbes des taux choqués avec les chocs du Règlement Délégué et les chocs préconisés par l'EIOPA au 31/12/2019

4.3.1 Scénario de référence

Afin de comparer les résultats, il faut appliquer les chocs de taux sur le scénario de référence. Ce scénario correspond à une extrapolation à partir d'un dernier point liquide à 20 ans, un UFR de 3.9% et un point de convergence à 60 ans.

| LLP | UFR | Point de convergence | Chocs Règlement Délégué | | Chocs préconisés par l'EIOPA | | Ecart taux de couverture de référence |
|--------|------|----------------------|-------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| | | | SCR (en K€) | Taux de couverture | SCR (en K€) | Taux de couverture | |
| LLP 20 | 3,9% | 60 | 95 448 | 182% | 129 561 | 134% | -48 |

TABLE 4.12 – Application des chocs préconisés par l'EIOPA sur le scénario de référence

L'application des chocs préconisés par l'EIOPA a un impact très défavorable sur le ratio de couverture, il passe de 182% à 134%. Cette perte est causée par une augmentation du SCR d'environ 35 millions d'euros. Cela pourrait permettre d'éviter la problématique de sous-estimation du risque de taux avec les chocs actuels. Cette perte de ratio s'explique notamment par le fait que la méthode *shifted approach* choque les taux négatifs, ce qui entraîne une augmentation très importante du SCR. Comme vu précédemment, les paramètres retenus pour l'extrapolation dans le scénario de référence sont favorables pour les assureurs. Il est donc intéressant d'étudier les effets d'une modification des paramètres de l'extrapolation, conjointement à l'application des chocs préconisés par l'EIOPA.

4.3.2 Éloignement du dernier point liquide

L'EIOPA a proposé quatre options pour réaliser l'extrapolation : avec un LLP à 20 ans, à 30 ans, à 50 ans, et l'utilisation de la méthode alternative. Les chocs de taux préconisés par l'EIOPA sont calibrés en fonction de l'option retenue pour réaliser l'extrapolation. Le dernier point liquide est le paramètre qui a le plus d'influence sur le ratio de couverture, il entraîne une augmentation importante du *Best Estimate* et donc une diminution des fonds propres. L'application des chocs préconisés par l'EIOPA combinée à un éloignement du dernier point liquide pourrait être très coûteuse pour les assureurs.

4.3. APPLICATION DES CHOCS DE TAUX PRÉCONISÉS PAR L'EIOPA

| Proposition | Chocs Règlement Délégué | | Chocs préconisés par l'EIOPA | | Ecart taux de couverture de référence |
|---------------------|-------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| | SCR (en K€) | Taux de couverture | SCR (en K€) | Taux de couverture | |
| LLP 20 | 95 448 | 182% | 129 561 | 134% | -48 |
| LLP 30 | 94 155 | 157% | 131 999 | 112% | -70 |
| LLP 50 | 95 033 | 147% | 132 886 | 105% | -77 |
| Méthode alternative | 94 752 | 174% | 128 859 | 128% | -54 |

TABLE 4.13 – Application des chocs préconisés par l'EIOPA en fonction de l'approche retenue pour l'extrapolation de la courbe des taux sans risque (UFR : 3.9%, point de convergence : 60 ans, vitesse de convergence de 10% pour la méthode alternative)

Ce tableau présente le ratio de couverture et le SCR pour les quatre options retenues pour l'extrapolation en appliquant les chocs actuels (Règlement Délégué) et les chocs préconisés par l'EIOPA (*shifted approach*). Le ratio varie entre 182% et 105%. Le fait d'éloigner le dernier point liquide à 30 ans et d'appliquer les nouveaux chocs de taux conduit à une diminution du ratio de 70 points par rapport au ratio de référence. La perte est encore plus importante lorsque l'extrapolation est réalisée à partir d'un dernier point liquide à 50 ans. Le ratio de 147% avec les chocs actuels passe à seulement 105% (soit une perte de 77 points par rapport au ratio de référence). Ces pertes s'expliquent par une augmentation du *Best Estimate* et du SCR. En effet, la première partie de ce chapitre prouve qu'un éloignement du dernier point liquide entraîne une diminution des taux sans risque permettant l'actualisation du *Best Estimate*. Cela engendre une augmentation du *Best Estimate* et par conséquent une diminution des fonds propres. L'augmentation du SCR causée par l'application des chocs préconisés par l'EIOPA est de plus de 35 millions d'euros pour les quatre scénarios considérés. Cela explique les pertes importantes en termes de ratio de couverture. Le niveau du ratio est très préoccupant en cas d'application des chocs préconisés par l'EIOPA et d'éloignement du dernier point liquide. Si ces deux propositions sont appliquées simultanément suite à la révision, elles mettront en difficulté de nombreux assureurs.

Ce tableau permet également de comparer l'impact de l'éloignement du dernier point liquide en cas d'application des chocs actuels et des chocs préconisés par l'EIOPA. Le passage du LLP à 30 ans engendre une perte de 25 points de ratio en cas d'application des chocs du Règlement Délégué contre 22 points avec les chocs préconisés par l'EIOPA ; pour un LLP passant de 20 ans à 50 ans, les pertes sont respectivement de 35 et 29 points. L'impact de l'éloignement du dernier point liquide en cas d'application des chocs préconisés par l'EIOPA est donc légèrement plus modéré que celui observé en cas d'application des chocs actuels.

4.3. APPLICATION DES CHOCS DE TAUX PRÉCONISÉS PAR L'EIOPA

En cas d'extrapolation avec la méthode alternative et d'application des chocs préconisés par l'EIOPA, le ratio est de 128%, soit une perte de 54 points par rapport au scénario de référence. L'utilisation de cette méthode a moins d'impact sur le ratio qu'un éloignement du dernier point liquide car la courbe extrapolée à l'aide de la méthode alternative est similaire à la courbe extrapolée avec les paramètres et la méthode actuels. En cas d'application des chocs préconisés par l'EIOPA, la perte causée par le changement de la méthode d'extrapolation est de 6 points, contre 8 points en appliquant les anciens chocs.

4.3.3 Diminution de l'UFR

L'analyse effectuée plus tôt dans ce mémoire montre qu'une diminution de l'UFR peut avoir un impact significatif sur le ratio de couverture en fonction de l'option retenue pour l'extrapolation. Les niveaux d'UFR sélectionnés précédemment sont étudiés conjointement à l'application des chocs de taux préconisés par l'EIOPA.

| Proposition | UFR | Chocs Règlement Délégué | | Chocs préconisés par l'EIOPA | | Ecart taux de couverture de référence |
|---------------------|------|-------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| | | SCR (en K€) | Taux de couverture | SCR (en K€) | Taux de couverture | |
| LLP 20 | 3,9% | 95 448 | 182% | 129 561 | 134% | -48 |
| | 3,4% | 95 424 | 179% | 129 611 | 132% | -50 |
| | 2,9% | 95 331 | 176% | 129 554 | 129% | -53 |
| | 2,4% | 95 177 | 172% | 129 301 | 126% | -56 |
| LLP 30 | 3,9% | 94 155 | 157% | 131 999 | 112% | -70 |
| | 3,4% | 94 274 | 156% | 132 074 | 111% | -71 |
| | 2,9% | 94 420 | 155% | 132 140 | 110% | -72 |
| | 2,4% | 94 539 | 153% | 132 149 | 110% | -72 |
| LLP 50 | 3,9% | 95 033 | 147% | 132 886 | 105% | -77 |
| | 3,4% | 95 044 | 147% | 132 907 | 105% | -77 |
| | 2,9% | 95 048 | 148% | 132 999 | 106% | -76 |
| | 2,4% | 95 058 | 147% | 132 935 | 105% | -77 |
| Méthode alternative | 3,9% | 94 752 | 174% | 128 859 | 128% | -54 |
| | 3,4% | 94 796 | 172% | 128 856 | 126% | -55 |
| | 2,9% | 94 855 | 169% | 128 837 | 125% | -57 |
| | 2,4% | 94 894 | 166% | 128 730 | 122% | -60 |

TABLE 4.14 – Application des chocs préconisés par l'EIOPA en fonction du niveau de l'UFR et de l'approche retenue pour l'extrapolation de la courbe des taux sans risque (point de convergence : 60 ans, vitesse de convergence de 10% pour la méthode alternative)

En appliquant les chocs de taux actuels, plus le LLP est éloigné, moins une diminution de l'UFR n'a d'impact sur le ratio de couverture. Le même effet est observé en cas d'application des chocs de taux préconisés par l'EIOPA. Pour une extrapolation à partir d'un LLP à 20 ans, l'impact d'une diminution de l'UFR de 3.9% à 2.4% est significatif avec une perte de 8 points de ratio. En cas d'utilisation de la méthode alternative, la perte engendrée par une diminution de l'UFR est similaire au cas où le dernier point liquide est fixé à 20 ans, avec une perte de 6 points de ratio. En réalisant l'extrapolation à partir d'un LLP à 30 ans, le ratio passe de 112% à 109%, l'impact de la diminution de l'UFR est donc assez modéré dans ce cas. L'impact d'une diminution de l'UFR est négligeable en cas d'extrapolation à partir d'un dernier point liquide à 50 ans. Plus le dernier point liquide est éloigné, moins le niveau de l'UFR n'a d'impact sur le ratio de couverture, et ce, quels que soient les chocs de taux appliqués.

Ces résultats montrent également que la diminution de l'UFR a un impact légèrement plus modéré sur le ratio lorsque les chocs préconisés par l'EIOPA sont appliqués. Avec les chocs du Règlement Délégué, la perte de ratio suite à la diminution de l'UFR est de 10 points pour le LLP à 20 ans, 8 points avec la méthode alternative et 4 points pour le LLP à 30 ans, avec les nouveaux chocs, elle est respectivement de 8 points, 6 points, et 2 points.

Conclusion : Avec les chocs de taux du Règlement Délégué et les chocs préconisés par l'EIOPA, le constat est similaire. Plus le dernier point liquide est éloigné, moins la diminution de l'UFR n'a d'impact sur le ratio de couverture. La diminution de l'UFR de 3.9% à 2.4% a un impact significatif sur le ratio en cas d'extrapolation à partir d'un LLP à 20 ans ou avec la méthode alternative ; mais son impact est négligeable lorsque le LLP est à 30 ans ou 50 ans. Cependant, le niveau de l'UFR a une influence plus modérée sur le ratio lorsque les chocs préconisés par l'EIOPA sont appliqués.

4.3.4 Éloignement du point de convergence

Le point de convergence est fixé à 60 ans pour l'euro. Un éloignement du point de convergence à 100 ans en fonction du dernier point liquide retenu a été étudié en appliquant les chocs de taux du Règlement Délégué. Ce paramètre a une influence assez modérée sur le ratio de couverture. Les points de convergence sélectionnés précédemment sont étudiés conjointement à l'application des chocs de taux préconisés par l'EIOPA.

4.3. APPLICATION DES CHOCS DE TAUX PRÉCONISÉS PAR L'EIOPA

| LLP | Point de convergence | Chocs Règlement Délégué | | Chocs préconisés par l'EIOPA | | Ecart taux de couverture de référence |
|--------|----------------------|-------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| | | SCR (en K€) | Taux de couverture | SCR (en K€) | Taux de couverture | |
| LLP 20 | 60 | 95 448 | 182% | 129 561 | 134% | -48 |
| | 80 | 95 372 | 179% | 129 540 | 132% | -50 |
| | 100 | 95 288 | 177% | 129 488 | 130% | -52 |
| LLP 30 | 60 | 94 155 | 157% | 131 999 | 112% | -70 |
| | 70 | 94 272 | 156% | 132 075 | 111% | -71 |
| | 80 | 94 326 | 155% | 132 083 | 111% | -71 |
| | 100 | 94 451 | 154% | 132 130 | 110% | -72 |
| LLP 50 | 60 | 95 033 | 147% | 132 886 | 105% | -77 |
| | 80 | 95 058 | 148% | 133 013 | 106% | -76 |
| | 90 | 95 062 | 148% | 133 020 | 106% | -76 |
| | 100 | 95 005 | 148% | 133 021 | 106% | -76 |

TABLE 4.15 – Application des chocs préconisés par l'EIOPA en fonction du point de convergence et de l'approche retenue pour l'extrapolation de la courbe des taux sans risque (UFR : 3.9%)

En cas d'application des chocs de taux préconisés par l'EIOPA, l'impact de l'éloignement du point de convergence sur le ratio de couverture est plus faible qu'en cas d'application des chocs de taux actuels. Lorsque le dernier point liquide est conservé à une maturité de 20 ans, l'éloignement du point de convergence a un impact modéré sur le ratio de couverture la perte est de 4 points avec les chocs préconisés par l'EIOPA, contre 5 points avec les chocs actuels. Si l'extrapolation est réalisée à partir d'un dernier point liquide à 30 ans, l'impact est plus faible avec une perte de 2 points de ratio en appliquant les chocs préconisés par l'EIOPA et de 3 points avec les chocs actuels. Dans les deux cas, lorsque l'extrapolation est réalisée à partir d'un dernier point liquide à 50 ans, l'impact de l'éloignement du point de convergence n'est pas significatif, avec des variations de moins d'un point de taux de couverture.

Conclusion : En cas d'application des chocs préconisés par l'EIOPA, l'impact de l'éloignement du point de convergence a un impact plus faible qu'en cas d'application des chocs actuels. Le point de convergence retenu a un impact assez faible sur le ratio de couverture, les pertes ne sont pas significatives lorsque le dernier point liquide est fixé à 30 ou 50 ans.

4.3.5 Synthèse

Dans la suite, un éloignement du point de convergence et une diminution de l'UFR vont être étudiés simultanément, en fonction de l'option retenue pour l'extrapolation. Cela va permettre de conclure sur l'impact d'une modification de l'ensemble des paramètres de l'extrapolation en cas d'application des chocs de taux préconisés par l'EIOPA.

| | UFR | Point de convergence | Chocs Règlement Délégué | | Chocs préconisés par l'EIOPA | | Ecart taux de couverture de référence |
|--------|------|----------------------|-------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| | | | SCR (en K€) | Taux de couverture | SCR (en K€) | Taux de couverture | |
| LLP 20 | 3,9% | 60 | 95 448 | 182% | 129 561 | 134% | -48 |
| | | 80 | 95 372 | 179% | 129 540 | 132% | -50 |
| | | 100 | 95 288 | 177% | 129 488 | 130% | -52 |
| | 3,4% | 60 | 95 424 | 179% | 129 611 | 132% | -50 |
| | | 80 | 95 277 | 176% | 129 476 | 130% | -52 |
| | | 100 | 95 189 | 174% | 129 379 | 128% | -54 |
| | 2,9% | 60 | 95 331 | 176% | 129 554 | 129% | -53 |
| | | 80 | 95 150 | 173% | 129 320 | 127% | -55 |
| | | 100 | 95 097 | 171% | 129 193 | 126% | -56 |
| | 2,4% | 60 | 95 177 | 172% | 129 301 | 126% | -56 |
| | | 80 | 95 172 | 169% | 129 190 | 125% | -57 |
| | | 100 | 95 175 | 167% | 129 105 | 123% | -59 |

TABLE 4.16 – Application des chocs préconisés par l'EIOPA en fonction du point de convergence et du niveau de l'UFR avec une extrapolation réalisée à partir d'un LLP à 20 ans

En cas d'extrapolation à partir d'un dernier point liquide à 20 ans, le ratio de couverture varie entre 182% et 167% lorsque les chocs du Règlement Délégué sont appliqués. La perte est plus modérée avec les chocs préconisés par l'EIOPA car le ratio passe de 134% à 123%. L'impact d'un éloignement du point de convergence et d'une diminution de l'UFR est significatif et défavorable pour les assureurs. Cependant, dans les deux cas, la perte est principalement causée par la diminution de l'UFR, l'éloignement du point de convergence a un impact assez faible sur le ratio de couverture.

4.3. APPLICATION DES CHOCS DE TAUX PRÉCONISÉS PAR L'EIOPA

| | UFR | Point de convergence | Chocs Règlement Délégué | | Chocs préconisés par l'EIOPA | | Ecart taux de couverture de référence |
|--------|------|----------------------|-------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| | | | SCR (en K€) | Taux de couverture | SCR (en K€) | Taux de couverture | |
| LLP 30 | 3,9% | 60 | 94 155 | 157% | 131 999 | 112% | -70 |
| | | 70 | 94 272 | 156% | 132 075 | 111% | -71 |
| | | 80 | 94 326 | 155% | 132 083 | 111% | -71 |
| | | 100 | 94 451 | 154% | 132 130 | 110% | -72 |
| | 3,4% | 60 | 94 274 | 156% | 132 074 | 111% | -71 |
| | | 70 | 94 382 | 155% | 132 120 | 111% | -71 |
| | | 80 | 94 450 | 154% | 132 133 | 110% | -72 |
| | | 100 | 94 541 | 153% | 132 143 | 110% | -72 |
| | 2,9% | 60 | 94 420 | 155% | 132 140 | 110% | -72 |
| | | 70 | 94 483 | 154% | 132 131 | 110% | -72 |
| | | 80 | 94 555 | 153% | 132 150 | 110% | -72 |
| | | 100 | 94 635 | 152% | 132 150 | 109% | -73 |
| | 2,4% | 60 | 94 539 | 153% | 132 149 | 110% | -72 |
| | | 70 | 94 613 | 153% | 132 159 | 109% | -73 |
| | | 80 | 94 657 | 152% | 132 150 | 109% | -73 |
| | | 100 | 94 728 | 151% | 132 149 | 109% | -73 |

TABLE 4.17 – Application des chocs préconisés par l'EIOPA en fonction du point de convergence et du niveau de l'UFR avec une extrapolation réalisée à partir d'un LLP à 30 ans

Le tableau précédent montre l'impact d'une diminution de l'UFR et d'un éloignement du point de convergence lorsque l'extrapolation est réalisée à partir d'un dernier point liquide à 30 ans. Le ratio de couverture passe de 157% à 151% en cas d'application des chocs du Règlement Délégué, et de 112% à 109% avec les chocs préconisés par l'EIOPA. Le niveau de l'UFR et le point de convergence ont moins d'impact sur le ratio lorsque le dernier point liquide est plus éloigné. De plus, l'impact est plus modéré lorsque les chocs de taux préconisés par l'EIOPA sont appliqués.

4.3. APPLICATION DES CHOCS DE TAUX PRÉCONISÉS PAR L'EIOPA

| | | Chocs Règlement Délégué | | Chocs préconisés par l'EIOPA | | | |
|--------|------|-------------------------|-------------|------------------------------|-------------|--------------------|---------------------------------------|
| | UFR | Point de convergence | SCR (en K€) | Taux de couverture | SCR (en K€) | Taux de couverture | Ecart taux de couverture de référence |
| LLP 50 | 3,9% | 60 | 95 033 | 147% | 132 886 | 105% | -77 |
| | | 80 | 95 058 | 148% | 133 013 | 106% | -76 |
| | | 90 | 95 062 | 148% | 133 020 | 106% | -76 |
| | | 100 | 95 005 | 148% | 133 021 | 106% | -76 |
| | 3,4% | 60 | 95 044 | 147% | 132 907 | 105% | -77 |
| | | 80 | 95 061 | 148% | 133 002 | 106% | -76 |
| | | 90 | 95 065 | 148% | 133 007 | 106% | -76 |
| | | 100 | 95 066 | 148% | 133 006 | 106% | -76 |
| | 2,9% | 60 | 95 048 | 147% | 132 919 | 105% | -77 |
| | | 80 | 95 068 | 148% | 132 996 | 106% | -76 |
| | | 90 | 95 071 | 148% | 132 999 | 106% | -76 |
| | | 100 | 95 072 | 148% | 132 998 | 106% | -76 |
| | 2,4% | 60 | 95 058 | 147% | 132 935 | 105% | -77 |
| | | 80 | 95 071 | 148% | 132 987 | 105% | -77 |
| | | 90 | 95 073 | 148% | 132 988 | 105% | -77 |
| | | 100 | 95 074 | 148% | 132 988 | 105% | -77 |

TABLE 4.18 – Application des chocs préconisés par l'EIOPA en fonction du point de convergence et du niveau de l'UFR avec une extrapolation réalisée à partir d'un LLP à 50 ans

La diminution de l'UFR et l'éloignement du point de convergence ont un impact négligeable sur le ratio de couverture, quelques soient les chocs de taux d'intérêt appliqués. Le niveau du ratio est très préoccupant lorsque les chocs préconisés par l'EIOPA sont appliqués.

| | | Chocs Règlement Délégué | | Chocs préconisés par l'EIOPA | | | |
|---------------------|------|-------------------------|-------------|------------------------------|-------------|--------------------|---------------------------------------|
| | UFR | Vitesse de convergence | SCR (en K€) | Taux de couverture | SCR (en K€) | Taux de couverture | Ecart taux de couverture de référence |
| Méthode alternative | 3,9% | 10% | 94 752 | 174% | 128 859 | 128% | -54 |
| | 3,4% | 10% | 94 796 | 172% | 128 856 | 126% | -55 |
| | 2,9% | 10% | 94 855 | 169% | 128 837 | 125% | -57 |
| | 2,4% | 10% | 94 894 | 166% | 128 730 | 122% | -60 |

TABLE 4.19 – Application des chocs préconisés par l'EIOPA en fonction du niveau de l'UFR avec une extrapolation réalisée avec la méthode alternative

En cas d'extrapolation avec la méthode alternative, le niveau de l'UFR a un impact

4.3. APPLICATION DES CHOCS DE TAUX PRÉCONISÉS PAR L'EIOPA

significatif sur le ratio de couverture. L'impact de la diminution de l'UFR est plus faible en cas d'application des chocs préconisés par l'EIOPA. Cette option est plus favorable pour les assureurs qu'un éloignement du dernier point liquide.

Conclusion : Les chocs de taux préconisés par l'EIOPA ont un impact très important et très défavorable sur le ratio de couverture du portefeuille retenu. En combinant l'application de ces chocs à un éloignement du dernier point liquide, les assureurs pourraient être en difficulté. En effet, l'éloignement du dernier point liquide entraîne une augmentation du *Best Estimate*, et donc une diminution des fonds propres. L'application des chocs préconisés par l'EIOPA engendre une augmentation du SCR. Cela a pour conséquence de considérablement diminuer le ratio de couverture. L'impact des deux autres paramètres de l'extrapolation sur la solvabilité diminue avec l'éloignement du dernier point liquide et est plus modéré en cas d'application des chocs préconisés par l'EIOPA.

Afin de compléter cette analyse, les chocs de taux préconisés par l'EIOPA sont appliqués dans un contexte où les taux sont plus favorables (28/02/2019) et dans un contexte où les taux sont plus bas (30/09/2019). Les paramètres de convergence et l'UFR sont les mêmes que pour le scénario de référence.

| | Chocs Règlement Délégué | | | Chocs préconisés par l'EIOPA | | |
|------------|-------------------------|-------------|--------------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| | Proposition | SCR (en K€) | Taux de couverture | SCR (en K€) | Taux de couverture | Ecart taux de couverture de référence |
| 28/02/2019 | LLP 20 | 97 555 | 217% | 136 476 | 155% | -27 |
| | LLP 30 | 96 823 | 205% | 142 665 | 139% | -43 |
| | LLP 50 | 97 094 | 202% | 144 269 | 136% | -46 |
| | Méthode alternative | 97 290 | 214% | 136 475 | 152% | -30 |
| 30/09/2019 | LLP 20 | 94 580 | 156% | 126 270 | 117% | -65 |
| | LLP 30 | 94 974 | 117% | 127 635 | 87% | -95 |
| | LLP 50 | 96 886 | 104% | 128 594 | 78% | -104 |
| | Méthode alternative | 94 709 | 143% | 126 165 | 107% | -75 |

TABLE 4.20 – Application des chocs préconisés par l'EIOPA en fonction de l'option retenue pour l'extrapolation au 28/02/2019 et au 30/09/2019

Dans un contexte où les taux sont plus élevés (28/02/2019), le ratio de couverture initial est de 217%. Il passe à 136% en cas d'éloignement du dernier point liquide à 50 ans et d'application des chocs de taux préconisés par l'EIOPA. Au 31/12/2019, le ratio varie de 182% à 105%. L'application de ces chocs entraîne une augmentation très importante du SCR, d'environ 39 millions d'euros avec un dernier point liquide à 20 ans, et d'environ 47 millions d'euros avec un dernier point liquide à 50 ans. Dans ce contexte, l'éloignement du dernier point liquide combiné à l'application des chocs de taux préconisés par

4.3. APPLICATION DES CHOCS DE TAUX PRÉCONISÉS PAR L'EIOPA

l'EIOPA est plus défavorable que dans le scénario du 31/12/2019.

Dans un contexte où les taux sont plus faibles (30/09/2019), le ratio initial de 156% atteint un niveau très inquiétant en cas d'application des chocs de taux préconisés par l'EIOPA et d'éloignement du dernier point liquide à 50 ans. Le ratio passe de 156% à 78%, soit une perte de 78 points. L'impact de la mise en place de ces deux approches est également très important dans ce cas.

Conclusion

Ce mémoire s'intéresse au cadre actuel de Solvabilité II, aux problématiques rencontrées dans le cadre actuel et aux propositions d'améliorations faites par l'EIOPA dans le cadre de la révision 2020. L'objectif de ce mémoire est d'analyser certains impacts de la révision 2020 de Solvabilité II. Trois éléments clés de Solvabilité II ont été étudiés : la courbe des taux sans risque, le *Volatility Adjustment* et les chocs de taux d'intérêt appliqués pour le calcul du SCR en formule standard.

L'EIOPA considère que les provisions techniques sont actuellement sous-estimées à cause de la méthodologie de construction de la courbe des taux sans risque et a proposé un éloignement du dernier point liquide à partir duquel l'extrapolation de la courbe des taux sans risque est réalisée. Deux autres paramètres sont nécessaires à l'extrapolation : l'UFR et le point de convergence. Une nouvelle calibration de ces paramètres n'a pas été proposée par l'EIOPA mais pourrait se produire dans les prochaines années. La modification de ces trois paramètres a donc été étudiée, il en ressort que le paramètre qui a le plus d'impacts sur le bilan prudentiel est le dernier point liquide actuellement fixé à 20 ans. Un éloignement de ce dernier pourrait mettre en difficulté de nombreux assureurs. Si ce point est fixé à une maturité de 30 ans, une perte de 25 points de ratio de couverture est observée sur le portefeuille considéré, si il est éloigné à 50 ans, la perte est très importante, de 35 points. Le point de convergence et l'UFR n'ont pas une influence significative sur le portefeuille considéré lorsque le dernier point liquide est fixé à une maturité de 30 ans ou 50 ans. L'utilisation d'une méthode alternative pour réaliser l'extrapolation a également été étudiée, elle a moins d'impacts sur le bilan prudentiel que l'éloignement du dernier point liquide à 30 ans.

Le *Volatility Adjustment* a pour objectifs de compenser les pertes de valeur de marché des actifs suite à une augmentation des *spreads* obligataires, de limiter les comportements d'investissement pro-cycliques sur le marché et de prendre en compte les caractéristiques d'illiquidité des passifs afin de permettre une meilleure évaluation des provisions techniques. De nombreuses défaillances dans son calcul sont identifiées par l'EIOPA, notamment une compensation trop élevée ou trop faible des pertes de valeur de marché des actifs. Deux approches ont été conçues par l'EIOPA pour résoudre ces problématiques. Ces approches sont plus spécifiques aux assureurs, les calculs sont assez difficiles à mettre en oeuvre et doivent être réalisés au niveau de chaque portefeuille. L'application et la

4.3. APPLICATION DES CHOCS DE TAUX PRÉCONISÉS PAR L'EIOPA

supervision de l'ajustement pour volatilité sera plus complexe si l'une des ces approches est adoptée suite à la révision de Solvabilité II.

Les chocs de taux actuels sous-estiment le risque de taux d'intérêt, particulièrement en contexte de taux bas où les taux négatifs ne sont pas choqués. Une nouvelle méthode a été proposée par l'EIOPA afin de résoudre cette problématique. L'application de ces chocs pourrait être très défavorable pour les assureurs, sur le portefeuille choisi, le ratio de couverture de référence passe de 182% à 134%. Cette perte est causée par une augmentation du SCR d'environ 35 millions d'euros. Un éloignement du dernier point liquide combiné à l'application de ces chocs a un impact très important sur la solvabilité du portefeuille considéré, le ratio est de 112% avec un LLP à 30 ans et de 105% avec un LLP à 50 ans. La diminution du ratio est causée par l'application des chocs préconisés par l'EIOPA qui entraîne une augmentation du SCR et par l'éloignement du dernier point liquide qui engendre une augmentation du *Best Estimate*. Les deux autres paramètres de l'extrapolation de la courbe des taux sans risque ont un impact négligeable sur le ratio de couverture lorsque le dernier point liquide est à une maturité de 30 ou 50 ans, leur influence diminue avec l'éloignement du dernier point liquide.

Enfin, il faut noter que les analyses présentées dans ce mémoire s'appliquent au portefeuille retenu et peuvent être significativement différentes en fonction des hypothèses et du portefeuille considérés.

Table des figures

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Extrapolation de la courbe des taux sans risque au 31/12/2019 | 4 |
| 2 | Courbes au 31/12/2019 extrapolées avec les différentes propositions de l'EIOPA (UFR : 3.9%, point de convergence : 60 ans) | 5 |
| 3 | Taux de couverture obtenus pour les différentes propositions de l'EIOPA, en faisant varier le niveau de l'UFR et le point de convergence (excepté pour la méthode alternative) | 5 |
| 4 | Comparaison des courbes des taux choqués avec les chocs du Règlement Délégué et les chocs préconisés par l'EIOPA au 31/12/2019 | 7 |
| 5 | Taux de couverture obtenus pour les différentes propositions de l'extrapolation, avec les chocs du Règlement Délégué et les chocs préconisés par l'EIOPA | 8 |
| 6 | Extrapolation of the risk-free yield curve at 31/12/2019 | 11 |
| 7 | Curves at 31/12/2019 extrapolated with the different EIOPA proposals (UFR : 3.9%, convergence point : 60 years) | 12 |
| 8 | coverage ratios obtained for the different EIOPA proposals, by varying the level of the UFR and the length of the convergence period (except for the alternative method) | 12 |
| 9 | Comparison of the shocked rate curves with the shocks of the Delegated Regulation and the shocks recommended by EIOPA as of 31/12/2019 . . . | 14 |
| 10 | Coverage rates obtained for the different extrapolation proposals, with the shocks of the Delegated Regulation and the shocks recommended by EIOPA | 15 |
| 1.1 | Bilan simplifié | 24 |
| 1.2 | Extrapolation de la courbe des taux sans risque au 31/12/2019 | 31 |
| 1.3 | Courbes des taux au 31/12/2019 avec et sans VA | 38 |
| 1.4 | Application des chocs à la courbe des taux sans risque du 31/12/2019 . . | 41 |
| 2.1 | Caractéristiques des <i>model points</i> | 44 |
| 2.2 | Lois de rachat conjoncturel modélisée, plancher, et plafond | 45 |
| 2.3 | Composition du portefeuille d'actifs en pourcentage de la valeur de marché | 45 |
| 2.4 | Bilan comptable au 31/12/2019 | 46 |
| 2.5 | Schéma de fonctionnement de SALLTO | 48 |
| 2.6 | Les étapes de calcul de SALLTO | 50 |
| 2.7 | Bilan prudentiel au 31/12/2019 | 51 |

TABLE DES FIGURES

| | | |
|------|---|-----|
| 2.8 | Indicateurs pour le scénario central | 51 |
| 3.1 | Comparaison des courbes des taux choqués avec les chocs du Règlement Délégué et les chocs préconisés par l'EIOPA au 31/12/2019 | 69 |
| 4.1 | Comparaison entre la courbe fournie par l'EIOPA et la courbe construite au 31/12/2019 | 71 |
| 4.2 | Courbes des taux sans risque fournies par l'EIOPA aux trois dates étudiées | 72 |
| 4.3 | Courbes au 31/12/2019 extrapolées avec les différentes propositions de l'EIOPA (UFR : 3.9%, point de convergence : 60 ans, vitesse de convergence de 10% pour la méthode alternative) | 73 |
| 4.4 | Courbes des taux sans risque au 31/12/2019 avec un LLP à 20 ans en fonction de l'UFR (point de convergence : 60 ans) | 75 |
| 4.5 | Courbes des taux sans risque au 31/12/2019 avec un LLP à 30 ans en fonction de l'UFR (point de convergence : 60 ans) | 76 |
| 4.6 | Courbes des taux sans risque au 31/12/2019 avec un LLP à 50 ans en fonction de l'UFR (point de convergence : 60 ans) | 76 |
| 4.7 | Courbes des taux sans risque au 31/12/2019 extrapolées avec la méthode alternative en fonction de l'UFR (vitesse de convergence : 10%) | 77 |
| 4.8 | Courbes des taux sans risque au 31/12/2019 avec un LLP à 20 ans et 50 ans et des périodes de convergence de 10 ans et 40 ans (UFR : 3.9%) | 79 |
| 4.9 | Courbes des taux sans risque au 31/12/2019 avec un LLP à 30 ans en fonction du point de convergence (UFR : 3.9%) | 80 |
| 4.10 | Comparaison entre la courbe de référence et les courbes des taux sans risque au 28/02/2019 extrapolées à partir des options de l'EIOPA | 85 |
| 4.11 | Comparaison entre la courbe de référence et les courbes des taux sans risque au 30/09/2019 extrapolées à partir des options de l'EIOPA | 85 |
| 4.12 | Montant minimal de fonds disponibles dans le temps | 96 |
| 4.13 | Engagements illiquides | 96 |
| 4.14 | Application du VA | 100 |
| 4.15 | Comparaison des courbes des taux choqués avec les chocs du Règlement Délégué et les chocs préconisés par l'EIOPA au 31/12/2019 | 101 |

Liste des tableaux

| | | |
|------|--|-----|
| 2.1 | Valeurs de marché et plus-values latentes des actifs | 46 |
| 3.1 | Chocs pour une extrapolation avec un LLP à 20 ans | 66 |
| 3.2 | Chocs pour une extrapolation avec un LLP à 30 ans | 67 |
| 3.3 | Chocs pour une extrapolation avec un LLP à 50 ans | 68 |
| 4.1 | Présentation du scénario de référence | 73 |
| 4.2 | Impacts de l'option de l'EIOPA retenue pour l'extrapolation | 74 |
| 4.3 | Impacts d'une diminution de l'UFR en fonction de l'option retenue pour l'extrapolation | 77 |
| 4.4 | Impacts de l'éloignement du point de convergence en fonction du dernier point liquide considéré (UFR : 3.9%) | 80 |
| 4.5 | Impacts d'une diminution de l'UFR et d'un éloignement du point de convergence avec un dernier point liquide à 20 ans | 81 |
| 4.6 | Impacts d'une diminution de l'UFR et d'un éloignement du point de convergence avec un dernier point liquide à 30 ans | 82 |
| 4.7 | Impacts d'une diminution de l'UFR et de l'éloignement du point de convergence avec un dernier point liquide à 50 ans | 83 |
| 4.8 | Impacts d'une diminution de l'UFR dans le cas d'une extrapolation par la méthode alternative (vitesse de convergence : 10%) | 84 |
| 4.9 | Impacts de l'option retenue pour l'extrapolation au 28/02/2019 et au 30/09/2019 | 86 |
| 4.10 | Catégories d'obligations et risque de crédit sous l'option 1 | 88 |
| 4.11 | Actifs à revenus fixe | 90 |
| 4.12 | Application des chocs préconisés par l'EIOPA sur le scénario de référence | 102 |
| 4.13 | Application des chocs préconisés par l'EIOPA en fonction de l'approche retenue pour l'extrapolation de la courbe des taux sans risque (UFR : 3.9%, point de convergence : 60 ans, vitesse de convergence de 10% pour la méthode alternative) | 103 |
| 4.14 | Application des chocs préconisés par l'EIOPA en fonction du niveau de l'UFR et de l'approche retenue pour l'extrapolation de la courbe des taux sans risque (point de convergence : 60 ans, vitesse de convergence de 10% pour la méthode alternative) | 104 |

LISTE DES TABLEAUX

| | | |
|------|---|-----|
| 4.15 | Application des chocs préconisés par l'EIOPA en fonction du point de convergence et de l'approche retenue pour l'extrapolation de la courbe des taux sans risque (UFR : 3.9%) | 106 |
| 4.16 | Application des chocs préconisés par l'EIOPA en fonction du point de convergence et du niveau de l'UFR avec une extrapolation réalisée à partir d'un LLP à 20 ans | 107 |
| 4.17 | Application des chocs préconisés par l'EIOPA en fonction du point de convergence et du niveau de l'UFR avec une extrapolation réalisée à partir d'un LLP à 30 ans | 108 |
| 4.18 | Application des chocs préconisés par l'EIOPA en fonction du point de convergence et du niveau de l'UFR avec une extrapolation réalisée à partir d'un LLP à 50 ans | 109 |
| 4.19 | Application des chocs préconisés par l'EIOPA en fonction du niveau de l'UFR avec une extrapolation réalisée avec la méthode alternative | 109 |
| 4.20 | Application des chocs préconisés par l'EIOPA en fonction de l'option retenue pour l'extrapolation au 28/02/2019 et au 30/09/2019 | 110 |
| A.1 | Matrice de corrélation des modules du SCR | 118 |
| A.2 | Matrice de corrélation des sous modules du SCR risque de marché | 118 |
| A.3 | Matrice de corrélation des sous modules du SCR risque de souscription en vie | 118 |
| B.1 | Chocs de taux d'intérêt | 119 |

Annexe A

Matrices de corrélation

| | Marché | Défaut | Vie | Santé | Non-vie |
|---------|--------|--------|------|-------|---------|
| Marché | 1 | | | | |
| Défaut | 0,25 | 1 | | | |
| Vie | 0,25 | 0,25 | 1 | | |
| Santé | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 1 | |
| Non-vie | 0,25 | 0,5 | 0 | 0 | 1 |

TABLE A.1 – Matrice de corrélation des modules du SCR

| | Taux | | Action | Immobilier | Spread | Concentration | Change |
|---------------|--------|--------|--------|------------|--------|---------------|--------|
| | Hausse | Baisse | | | | | |
| Taux | 1 | | | | | | |
| Action | 0 | 0,5 | 1 | | | | |
| Immobilier | 0 | 0,5 | 0,75 | 1 | | | |
| Spread | 0 | 0,5 | 0,75 | 0,5 | 1 | | |
| Concentration | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| Change | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0 | 1 |

TABLE A.2 – Matrice de corrélation des sous modules du SCR risque de marché

| | Mortalité | Longévité | Invalidité | Dépense | Révision | Rachat | Catastrophe |
|-------------|-----------|-----------|------------|---------|----------|--------|-------------|
| Mortalité | 1 | | | | | | |
| Longévité | -0,25 | 1 | | | | | |
| Invalidité | 0,25 | 0 | 1 | | | | |
| Dépense | 0,25 | 0,25 | 0,5 | 1 | | | |
| Révision | 0 | 0,25 | 0 | 0,5 | 1 | | |
| Rachat | 0 | 0,25 | 0 | 0,5 | 0 | 1 | |
| Catastrophe | 0,25 | 0 | 0,25 | 0,25 | 0 | 0,25 | 1 |

TABLE A.3 – Matrice de corrélation des sous modules du SCR risque de souscription en vie

Annexe B

Chocs de taux du Règlement Délégué

| Maturité | Choc à la baisse | Choc à la hausse |
|----------|------------------|------------------|
| 1 | 75% | 70% |
| 2 | 65% | 70% |
| 3 | 56% | 64% |
| 4 | 50% | 59% |
| 5 | 46% | 55% |
| 6 | 42% | 52% |
| 7 | 39% | 49% |
| 8 | 36% | 47% |
| 9 | 33% | 44% |
| 10 | 31% | 42% |
| 11 | 30% | 39% |
| 12 | 29% | 37% |
| 13 | 28% | 35% |
| 14 | 28% | 34% |
| 15 | 27% | 33% |
| 16 | 28% | 31% |
| 17 | 28% | 30% |
| 18 | 28% | 29% |
| 19 | 29% | 27% |
| 20 | 29% | 26% |
| ... | ... | ... |
| ≥ 90 | 20% | 20% |

TABLE B.1 – Chocs de taux d'intérêt

Les chocs sont interpolés entre 20 ans et 90 ans.

Bibliographie

- [1] ACPR. Orientations Nationales Complémentaires aux Spécifications Techniques pour l'exercice 2013 de préparation à Solvabilité II. https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/20130527-onc-2013_0.pdf.
- [2] Alexandre EXTRAT. Étude de la sensibilité d'un Best Estimate retraitée au paramétrage du LLP et de la période de convergence de la courbe de taux sans risque sous Solvabilité II. [http://www.ressources-actuarielles.net/EXT/ISFA/1226-02.nsf/0/99939e73e520b59ec125853c0061b4fd/\\$FILE/M%C3%A9moire%20Actuariat%20Extrat%20Alexandre.pdf](http://www.ressources-actuarielles.net/EXT/ISFA/1226-02.nsf/0/99939e73e520b59ec125853c0061b4fd/$FILE/M%C3%A9moire%20Actuariat%20Extrat%20Alexandre.pdf).
- [3] EIOPA. Complementary information request for the 2020 review. https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/solvency_ii/technical_information_v1.0.xlsm.
- [4] EIOPA. VA calculation example for one euro area country. https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/risk_free_interest_rate/va_demo_calculation_italy_v1.2.xlsm.
- [5] EIOPA. Smith Wilson risk free interest rate extrapolation tool, 2014. https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/risk_free_interest_rate/smith-wilson_risk-free_interest_rate_extrapolation_tool_v1.2.xlsm.
- [6] EIOPA. Report on the Calculation of the UFR for 2019, mars 2018. https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/risk_free_interest_rate/calculation_of_the_ufr_for_2019.pdf.
- [7] EIOPA. Consultation Paper on the Opinion on the 2020 review of Solvency II, Octobre 2019. https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/publications/consultations/eiopa-bos-19-465_cp_opinion_2020_review.pdf.
- [8] EIOPA. Technical documentation of the methodology to derive EIO-PA's risk-free interest rate term structures , septembre 2019. https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/risk_free_interest_rate/12092019-technical_documentation.pdf.
- [9] EIOPA. Technical specification of the complementary information request on the 2020 review of Solvency II, Juillet 2020. https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/solvency_ii/technical_specification_cir_v1.0.pdf.

BIBLIOGRAPHIE

- [10] Parlement Européen et Conseil de l'Union Européenne. Directive 2009/138/CE du Parlement Européen et du Conseil, Novembre 2009. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0138&from=FR#d1e6088-1-1>.
- [11] Parlement Européen et Conseil de l'Union Européenne. Directive 2014/51/UE du Parlement Européen et du Conseil, Avril 2014. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32014L0051&from=FR>.
- [12] Commission Européenne. Règlement délégué (UE) 2015/35 de la Commission, Octobre 2014. http://publications.europa.eu/resource/cellar/e0c803af-9e0f-11e4-872e-01aa75ed71a1.0009.03/DOC_477.
- [13] Commission Européenne. Formal request to EIOPA for technical advice on the review of the Solvency II Directive, février 2019. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/190211-request-eiopa-technical-advice-review-solvency-2.pdf.
- [14] Forsides. Note technique sur le GSE de Forsides. Document interne.
- [15] Forsides. Note technique sur l'outil ALM de Forsides. Document interne.
- [16] Insurance Speaker. Solvabilité 2 : Enjeux et contraintes pour les assureurs. <https://www.insurancespeaker-wavestone.com/2014/03/solvabilite-2-enjeux-et-contraintes/>.
- [17] Alice LAUNAY. Quels effets attendre de la revue 2020 de la Directive Solvabilité II sur l'ajustement de volatilité?, septembre 2019. https://www.institutdesactuels.com/global/gene/link.php?news_link=mem%2Fd879fd5c2f239bdcd8c663b16e7b1b79.pdf&fg=1.
- [18] Money Vox. Euribor : taux interbancaire de la zone euro. <https://www.moneyvox.fr/bourse/euribor.php>.
- [19] The Financial Supervisory Authority of Norway. Technical Note on the Smith-Wilson Method , Juillet 2010. http://janroman.dhis.org/finance/Smith%20Wilson/A_Technical_Note_on_the_Smith-Wilson_Method_100701.pdf.