

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

Par : Monsieur Antoine POIRIER

Titre du mémoire :

Impact de la revue de Solvabilité 2 sur une compagnie d'assurance vie

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

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

*Membres présents du jury de
l'Institut des Actuaires*

signature

Entreprise :

Nom : SOGECAP

Signature :

*Directeur de mémoire en
entreprise :*

Nom : Thomas Daller

Signature :

Invité :

Nom :

Signature :

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

Signature du responsable
entreprise



Signature du candidat



*Membres présents du jury de la
filère*

Institut de Statistiques de l'Université de Paris

Année 2019-2020

POIRIER Antoine

Mémoire : Impact de la revue de Solvabilité 2 sur une compagnie d'assurance vie



Tuteur d'entreprise : Thomas DALLER
Tuteur académique : Olivier LOPEZ

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Romain THION de m'avoir accueilli en stage et alternance au sein de l'équipe ALM épargne de SOGECAP.

Je remercie également Thomas DALLER, tuteur de ce mémoire, pour son encadrement, sa bienveillance et ses nombreux conseils, ainsi qu'à Charline MORDELET pour son aide précieuse.

Merci également à tout le département ALM de SOGECAP pour son accueil chaleureux et son professionnalisme.

Pour finir, je remercie le corps enseignant de l'ISUP pour la qualité des enseignements, et Olivier LOPEZ, tuteur académique de ce mémoire.

Résumé

Mots clés : *ALM, revue solvabilité 2, assureur vie, courbe des taux, Volatility Adjustment, SCR Taux, marge pour risque, SCR, corrélation, reporting, EIOPA.*

En février 2019 la Commission européenne a mandatée l’EIOPA dans le cadre de la révision de la Directive Solvabilité 2. Cette demande s’est traduite par deux consultations, une parue le 25 juin 2019 et la seconde le 15 octobre 2019 dans laquelle l’EIOPA résumait tous les commentaires et critiques des acteurs de l’assurance sur les points de la Directive susceptibles d’être modifiés lors de la revue Solvabilité 2020, avant de donner son propre avis.

Concernant cette seconde consultation, ces différents acteurs du marché assurantiel avaient jusqu’au 15 janvier 2020 pour faire leurs retours dessus. Par la suite, et lors d’une dite collecte d’information au cours du deuxième trimestre 2020, ces acteurs ont dû réaliser des études de l’impact sur leur bilan au 31/12/2019 de toutes les modifications prévues dans la revue Solvabilité 2. L’EIOPA devait faire ses préconisations à la commission en juin 2020, avec pour objectif une mise en œuvre début 2021 de la revue Solvabilité 2. Cependant en raison de la pandémie liée au Covid-19, les différentes échéances sont pour le moment décalées de plusieurs mois et non définitives.

Du point de vue d’une compagnie d’assurance vie, la revue vise à modifier les points suivants : la méthode d’extrapolation de la courbe des taux sans risque, la méthode de calcul du Volatility Adjustment (VA) et de la Marge de Risque, le calibrage des chocs de taux, les critères des Long Term Equity Investment (LTEI) et la corrélation entre le sous-risque de baisse des taux et le risque de spread.

Dans un premier temps, après avoir introduit le contexte réglementaire de l’étude, le mémoire a pour rôle de décrire et de chiffrer un à un l’impact sur le ratio de solvabilité de ces changements en commençant par les points qui concernent les provisions techniques puis ceux concernant les exigences en capital, avant d’analyser l’impact de deux scénarios prévus dans la collecte : Le premier contenant tous les changements combinés ci-dessus, et le deuxième contenant tous les changements à l’exception de celui sur les chocs de taux. Il sera montré que l’impact de ce dernier sur le ratio de solvabilité d’un assureur-vie est de loin le plus important. La dernière partie étudiera l’impact de ces scénarios sur la solvabilité d’un assureur vie en situation de stress économique en prenant comme référence la situation au 31/03/2020.

Afin de réaliser mon mémoire, j’ai d’abord dû effectuer un travail d’analyse de tous les documents publiés par l’EIOPA concernant la révision de Solvabilité 2 (*Consultation Paper, Information request...*) et d’en retirer les informations essentielles. Ces documents étaient les seuls supports disponibles sur lesquels je pouvais m’appuyer étant donné que tous les concepts et formules contenus dans la révision de Solvabilité 2 ont été conçus par l’EIOPA. Après avoir bien assimilé les différents points de la révision, j’ai étudié un à un leur impact sur le bilan de solvabilité du groupe, puis en les combinant. Pour cela, il m’a fallu manipuler le générateur de scénarios économiques (GSE) de la compagnie, par exemple pour générer de nouveaux scénarios stochastiques projetant les taux suite au changement de méthode extrapolation, de calcul du VA ou de changement de calibrage des chocs de taux, et qui sont ensuite injectés en entrée du modèle ALM du groupe. Ou bien j’ai dû effectuer quelques retouches en

sortie du modèle ALM pour prendre en compte certains points de la revue (changement de corrélation entre le sous-risque de baisse des taux et le risque de spread, nouvelle formule de la Marge de Risque).

Ce mémoire servira de support et de point de départ pour l'entreprise en vue de la mise en œuvre définitive de la revue S2, initialement prévue au début de l'année 2021.

Abstract

Keywords: ALM, solvency review 2, life insurer, rate curve, volatility correction, SCR Rate, risk margin, SCR, reporting, EIOPA.

In February 2019 the European Commission mandated the EIOPA as part of the revision of the Solvency Directive 2. This request resulted in two consultations, one published on 25 June 2019 and the second on 15 October 2019 in which the EIOPA summarized all the comments and criticisms of the insurance actors on the points of the Directive that could be changed in the Solvency 2020 review, before giving its own opinion.

Regarding this second consultation, these various actors in the insurance market had until 15 January 2020 to make their returns on it. Subsequently, and during a so-called information gathering during the second quarter of 2020, these actors had to carry out studies of the impact on their balance sheets at 31/12/2019 of all the changes planned in the review Solvency 2. The EIOPA was to make its recommendations to the commission in June 2020, with the aim of implementing solvency 2 in early 2021. However, due to the pandemic associated with the Covid-19, the different deadlines are currently delayed by several months and not final.

From a life insurance company's perspective, the consultation aims to change the following: the method of extrapolating the risk-free rate curve, the Method of Calculating Volatility Adjustment (VA) and Risk Margin, the calibration of rate shocks, the Long Term Equity Investment (LTEI) criteria and the correlation between the sub-risk of rate decline and the risk of spread.

First, after introducing the regulatory context of the study, the role of the brief is to describe and quantify these changes one by one, starting with the points relating to the technical provisions and then those relating to capital requirements, before analyzing the impact of two scenarios foreseen in the collection: the first containing all the changes combined above, and the second containing all the changes except the one on rate shocks. It will be shown that the impact of the latter on the solvency ratio of a life insurer is by far the most important. The last part will study the impact of these scenarios on the solvency of a life insurer under economic stress by using the situation as a reference to 31/03/2020.

In order to carry out my dissertation, I first had to carry out a work of analysis of all the documents published by the EIOPA concerning the revision of Solvency 2 (Consultation Paper, Information request...) and to remove the essential information. These documents were the only available supports on which I could rely since all the concepts and formulas contained in the Solvency 2 review were developed by the EIOPA. After having assimilated the various points of the revision, I studied one by one their impact on the balance sheet of the group, and then combining them. To do this, I had to manipulate the company's economic scenario generator (ESG), for example, to generate new stochastic scenarios projecting rates as a result of the change in extrapolation method, calculation of the VA or change in rate shock calibration, which are then injected into the group's ALM model. Or I had to do some retouching outside the ALM model to take into account certain points of the review

(change of correlation between the sub-risk of lower rates and the risk of spread, new formula of the Risk Margin).

This study will serve as a support and starting point for the company for the final implementation of the review S2, originally scheduled for early 2021.

Glossaire

BEL: Best Estimate of Liabilities

Bp: Base point/Point de pourcentage

CRA: Credit Risk Adjustment

DLT: Deep Liquid Transparent

DVA: Dynamic Volatility Adjustment

EEE : Espace Économique Européen

EIOPA : European Insurance and Occupational Pensions Authority

GSE : Générateur de scénarios économiques

LLP: Last Liquid Point

LTEI: *Long Term Equity Investment*

LTG: Long Term Guarantees

MCR: Minimum Capital Requirement

MR: Marge de Risque

NAV: Net Asset Value

SCR: Solvency Capital Requirement

UC : Unité de compte

UFR: Ultime Forward Rate

VA: Volatility Adjustment

ZC: Zéro Coupon

Table des matières

Résumé	4
Abstract.....	6
Glossaire	8
Introduction	11
1. Première Partie : Présentation et contexte.....	12
1.1 Référentiel Solvabilité 1.....	12
1.1.1 Motivation du cadre Solvabilité 1.....	12
1.1.2 Les exigences de Solvabilité	13
1.1.3 Les limites de Solvabilité I	14
1.2 Référentiel Solvabilité 2.....	15
1.2.1 Cadre réglementaire Solvabilité 2	15
1.2.2 Les 3 Piliers	16
1.2.3 Les éléments quantitatifs.....	19
1.2.3.1 Les Provisions Techniques	19
1.2.3.2 Le SCR	20
1.2.3.3 Le MCR.....	30
2. Deuxième Partie : La revue Solvabilité II.....	32
2.1 Présentation de la revue Solvabilité II.....	32
2.1.1 Contexte et calendrier.....	32
2.1.2 Contenu	33
2.1.3 Conséquences du Covid-19	34
2.2 Les changements sur les provisions techniques.....	35
2.2.1 Extrapolation de la courbe des taux sans risque.....	35
2.2.1.1 Méthode actuelle : Smith Wilson	37
2.2.1.2 Nouvelle méthode d'extrapolation : Points lissés	46
2.2.1.3 Impact du changement de construction de la courbe des taux	52
2.2.2 Volatility Ajustment	52
2.2.2.1 Calcul du VA actuel.....	54
2.2.2.2 Nouvelle méthodologie de calcul du VA	59
2.2.2.3 Impact du nouveau VA sur le bilan.....	65
2.2.3 Marge de risque.....	66
2.2.3.1 Formule Actuelle	66

2.2.3.2	Nouveau calcul sous la revue Solvabilité 2	67
2.2.3.3	Impact de la nouvelle marge pour risque	68
3.	Troisième partie : Les changements sur les exigences en capital.....	69
3.1	SCR Taux	69
3.1.1	Chocs de Taux actuels	69
3.1.2	Nouveaux chocs de taux	70
3.1.3	Impact du changement des chocs de taux	72
3.2	Autres changements sur les SCR.....	73
3.2.1	Corrélation entre le choc baisse taux et spread.....	73
3.2.2	SCR Actions.....	73
3.3	Dynamic Volatility Adjustment (DVA).....	77
3.4	Récapitulatif des impacts de chaque changement sur le ratio de couverture.....	79
4.	Quatrième partie : Impact global sur le ratio de couverture du SCR	80
4.1	Combinaison de tous les changements : Scénario 1	80
4.2	Combinaison de tous les changements sauf le SCR Taux : Scénario 2	81
4.3	Situations de stress	82
4.3.1	Données économiques.....	82
4.3.2	Chiffrage	85
	Conclusion.....	87
	Table des figures	89
	Bibliographie.....	91

Introduction

Dans le cadre de la revue de la Directive Solvabilité 2 et à travers une collecte d'informations, l'EIOPA (Autorité européenne des assurances et des pensions professionnelles) a demandé aux acteurs du monde assurantiel d'évaluer l'impact sur leur ratio de solvabilité des modifications prévues de la Directive Solvabilité 2. L'EIOPA était ensuite tenue de remettre son avis général à la commission européenne sur les conséquences de l'adoption de cette révision, pour une possible mise en œuvre au début de l'année 2021.

La première partie de ce mémoire est destinée à rappeler au lecteur le cadre de Solvabilité 1 et 2 (les exigences, le bilan, les éléments quantitatifs...).

Après une introduction plus complète de la revue de Solvabilité 2, la deuxième partie consistera à présenter et à mesurer un à un les principaux changements apportés par la revue et qui impactent une compagnie d'assurance vie. Ces modifications concernent principalement le pilier 1 de la Directive Solvabilité 2 :

L'examen des mesures des garanties à long terme (LTG : *Long Term Guarantees* en anglais) est un point d'évolution très attendu. Leur révision avait été annoncée par la Directive Omnibus 2 et le point central concerne l'ajustement de volatilité (Volatility Adjustment ou VA) qui vise à permettre de corriger les effets de chocs de taux exceptionnels, notamment lorsque les engagements des assureurs sont sur du long terme. Déterminé sur la base d'un portefeuille d'actifs de référence des assureurs européens, cet ajustement de volatilité consiste en un calcul de l'écart (*spread*) entre le taux de rendement dudit portefeuille de référence et la courbe des taux sans risque. Il permet ainsi d'ajouter une composante de spread à la courbe de taux sans risque utilisé dans le calcul des provisions techniques. Cet ajustement n'est pas soumis à une autorisation préalable de l'ACPR (Autorité de contrôle prudentiel et de résolution, chargée de la surveillance de l'activité des banques et des assurances en France) mais nécessite néanmoins le respect de conditions d'application définies dans des articles du code des assurances. Au-delà de cet aspect central, la consultation aborde de nombreuses autres thématiques du pilier 1 et notamment : la méthodologie de calcul de la courbe des taux avec comme proposition l'utilisation d'une méthode d'extrapolation fondée sur des points lissés à la place de la méthode de Smith Wilson, la formule des choc de taux afin notamment de prendre en compte l'environnement des taux bas et négatifs (point sur lequel l'EIOPA confirme sa proposition de méthode de calcul, méthode dite « shifted » proposée dans l'avis de 2018), les critères d'éligibilité pour les actions de long terme (LTEI), le calcul des provisions techniques, avec notamment des évolutions envisagées concernant le calcul de la marge de risque, ainsi que la corrélation entre le risque de baisse des taux et le risque de spread.

Dans la collecte d'information, l'EIOPA demande aux assureurs de chiffrer l'impact sur le ratio de couverture au 31/12/2019 de tous les changements combinés ci-dessus, ce qui constitue le « scénario 1 ». Le « scénario 2 » exclu le changement sur les chocs de taux. Ça sera l'objet de la dernière partie qui chiffrera aussi ces scénarios au 31/03/2020, date à laquelle les marchés financiers étaient stressés.

1. Première Partie : Présentation et contexte

Cette première partie rappelle d'abord le cadre de solvabilité 1, avant d'aborder ses limites et le passage à la Directive Solvabilité 2, entrée en vigueur en France le 1er janvier 2016 et institué de nouvelles règles.

1.1 Référentiel Solvabilité 1

Toute entreprise d'assurance se doit d'être solvable afin de protéger ses assurés ainsi que la stabilité du système financier.

La solvabilité traduit le fait pour un assureur de pouvoir faire face à ses engagements à un instant donné. En d'autres termes, la solvabilité est la capacité de couvrir l'ensemble des engagements futurs par la vente des actifs en cas d'arrêt immédiate de l'activité.

Afin de prévenir tout risque d'insolvabilité d'un ou plusieurs assureurs, les états ont mis en place des normes visant à encadrer les activités d'assurance.

1.1.1 Motivation du cadre Solvabilité 1

Solvabilité 1 a été introduite par la directive du 27/07/1973 et demeurera en vigueur jusqu'en 2014. Elle s'inscrit dans un cadre européen et vise à harmoniser les règles de solvabilité des compagnies d'assurances ainsi qu'à renforcer la protection des assurés.

Sous Solvabilité 1, il est notamment prévu que toute entreprise souhaitant exercer l'activité d'assurance dans un État membre de l'Union Européenne doit avoir reçu un agrément. Dans le code des Assurances, l'article L. 310-1-2 déclare que toute entreprise étrangère ayant son siège social dans un état membre de l'UE ou toute entreprise étrangère ayant une succursale implantée en France peut demander l'agrément afin de pouvoir exercer sur le sol Français.

Solvabilité 1 correspond à trois piliers principaux :

- Les provisions techniques doivent être suffisantes et évaluées correctement.
- Les provisions sont représentées par des actifs d'une certaine qualité et « admissibles » (catégories autorisées, limitation par catégorie d'actifs et par émetteur). Ils doivent notamment être considérés comme sûrs, liquides et rentables.
- La valeur des actifs doit être supérieure aux engagements et l'organisme d'assurance doit disposer d'une marge de solvabilité suffisante.

La Directive Solvabilité 1 est basée sur des aspects quantitatifs. Elle définit l'exigence de marge en fonction du volume d'activité de l'organisme d'assurance. Ceci a l'avantage d'être peu coûteux et facilement comparable à l'échelle nationale.

La prochaine sous-partie permettra de présenter la méthode de calcul de l'exigence de solvabilité ainsi que la marge de solvabilité et de les comparer.

1.1.2 Les exigences de Solvabilité

Le bilan sous solvabilité 1 des assureurs se présentait ainsi :

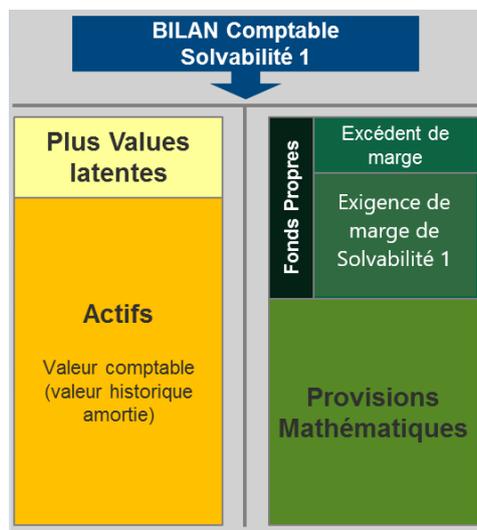


Figure 1: Bilan sous Solvabilité 1

Les actifs sont évalués en valeur comptable.

La marge de solvabilité représente un « matelas de sécurité » de fonds propres que les assureurs doivent détenir afin de faire face à une sinistralité anormale et de réduire la probabilité de ruine. Les éléments la constituant sont :

- Les capitaux propres
- Les plus-values latentes
- Les réserves (de capitalisation par exemple)

L'exigence de marge de solvabilité ou la marge de solvabilité réglementaire, que l'on notera MSR, est le seuil sous lequel les fonds propres ne doivent pas descendre afin que l'assureur puisse continuer à exercer son activité. En assurance vie, elle se calcul comme suit :

$$MSR_{vie} = (4\%PM_{hors UC} + 1\%PM_{UC}) \times \max(85\% ; Tx_{réass}) + ((0.1\% \text{ à } 0.3\%)Capitaux \text{ sous risques}) \times \max(50\% ; Tx_{réass})$$

Où :

- PMhors UC : provisions mathématiques des engagements hors UC
- PM UC : provisions mathématiques des contrats en UC
- Tx réass : Taux de réassurance

Elle correspond donc à la somme d'un pourcentage des provisions mathématiques (4% et 1%, respectivement pour les produits hors UC et en UC) et des capitaux sous risques (de 0.1% pour les engagements inférieurs à 3ans, 0.15% pour ceux entre 3 et 5 ans, et 0.3% sinon). Ces deux termes sont multipliés par un taux de réassurance avec un seuil minimum respectif de 85% et 50%.

La marge de solvabilité d'un organisme d'assurance doit être supérieure à la marge de solvabilité réglementaire et au montant du fond de garantie. Si la marge de solvabilité est inférieure à la MSR, l'entreprise doit constituer un plan de redressement dans un délai d'un mois. Si elle est inférieure au fond de garantie, l'entreprise doit mettre en place un plan de financement à court terme pour revenir à un niveau acceptable. Si la compagnie n'est pas en mesure de retrouver une marge suffisante, elle peut se voir retirer son agrément par les autorités de contrôle.

1.1.3 Les limites de Solvabilité I

La norme Solvabilité 1 a été remise en question car elle présente des limites qualitatives mais également quantitatives.

➤ Limites quantitatives :

- Les exigences en capitaux sont fonction uniquement du chiffre d'affaire et non fonction du profil de risque de l'organisme d'assurance.
- Solvabilité 1 se base sur une vision uniquement rétrospective : prise en compte du passé pour estimer le futur.
- Les entreprises qui sous-provisionnent ou qui sous-tarifient les risques ne sont pas pénalisées, au contraire de celles qui sur-provisionnent.
- Aucune distinction est faite entre assureurs et réassureurs

➤ Limites qualitatives :

- Le côté qualitatif est complètement négligé : Absence de surveillance interne (méthodes de gestion, audit...).
- La norme Solvabilité 1 n'est pas en phase avec les exigences internationales comme IAS-IFRS et US GAAP.

La norme Solvabilité 1 apparaissait donc bien moins complète que d'autres systèmes de solvabilité internationaux. C'est cette raison qui a poussé les pays de l'Union Européenne à développer un nouveau modèle, Solvabilité 2, tenant compte des normes comptables IAS et IFRS et ayant pour principaux objectifs de renforcer la protection des assurés et des bénéficiaires des contrats d'assurances, favoriser la compétitivité des assureurs européens, mieux refléter les risques encourus par les sociétés et intégrer un système de contrôle similaires à tous les états membres de l'UE.

1.2 Référentiel Solvabilité 2

1.2.1 Cadre réglementaire Solvabilité 2

La Directive Solvabilité 2 est un ensemble de règles édité par la Commission Européenne et adopté en 2009 par le Conseil de l'Europe et le Parlement Européen. Son but est de définir de nouvelles exigences de solvabilité des organismes de façon harmonisée en Europe, et de les encourager à mieux connaître et évaluer les risques auxquels ils sont exposés. Cela passe notamment par la nécessité pour ces entreprises de mobiliser suffisamment de capital dans leurs fonds propres afin d'être solvable à horizon d'un an avec une probabilité 99.5%.

La solvabilité est la capacité d'une entreprise à faire face à ses engagements, c'est-à-dire générer suffisamment d'activité pour pouvoir rembourser ses dettes envers ses créanciers (dettes financières) et ses assurés (provisions techniques). Une partie du remboursement de ces engagements est assurée par les fonds propres, capital détenu par les propriétaires de l'entreprise. Ils constituent donc une sécurité dans les comptes, que la Commission Européenne voudrait renforcer en leur imposant des seuils minimums, le MCR et le SCR.

La figure suivante schématise le bilan sous Solvabilité 2 :

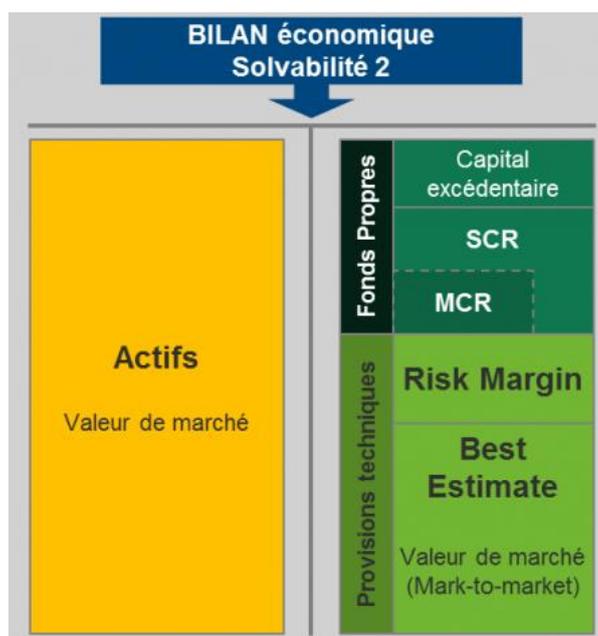


Figure 2: Bilan sous Solvabilité 2

L'équation d'équilibre du bilan permet d'écrire à toute date t :

$$\text{Actif} = \text{Passif} \leftrightarrow NAV_t = A_t - BEL_t$$

La *Net Asset Value* (NAV) correspond à la valeur actualisée des profits futurs des contrats en stock et est égale à la différence entre l'actif et le *Best Estimate*. Ce dernier terme sera détaillé plus tard.

1.2.2 Les 3 Piliers

La Directive Solvabilité 2 s'articule autour de trois piliers : un pilier quantitatif, un pilier qualitatif, et un pilier de transparence et reporting.

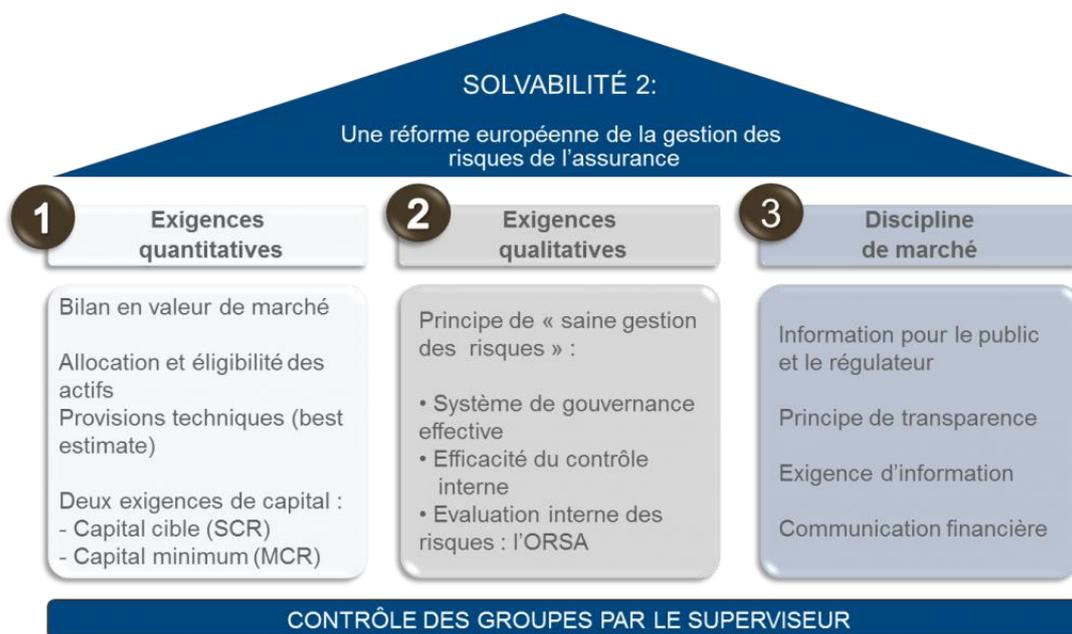


Figure 3 : Piliers sous Solvabilité 2

a) Pilier 1 : Les exigences quantitatives

L'objectif du pilier 1 est de définir les normes de calcul des composantes du bilan économique : valorisation de l'actif, du passif, et calcul des fonds propres, afin de les harmoniser à l'échelle européenne. Par simplification, et parce qu'ils ne sont pas primordiaux, les « bas de bilan », créances clients (hors réassurance) à l'actif et dettes au passif, ne sont pas traités dans les formulations « actif » et « passif » qui suivent.

L'actif est valorisé en *fair value*, c'est-à-dire en juste valeur. La notion de juste valeur renvoie aux principes comptables anglo-saxons de donner une image en cohérence avec celle qu'ont les marchés financiers de l'actif de l'entreprise concernée. Ainsi, dans le cas d'entreprises françaises, soumises au principe comptable de prudence, le bilan comptable et le bilan Solvabilité II (bilan économique) diffèrent. En effet, la prudence comptable demande à ce que les plus-values ne soient comptabilisées qu'une fois réalisées et les moins-values dès que constatées. Les résultats peuvent paraître tirés à la baisse, et non représentatifs de la vraie valeur de l'entreprise. La fair value comptabilise toutes les plus et moins-values, et fait apparaître non seulement les risques de chute du résultat mais aussi de hausse. En cas de hausse des actifs, les fonds propres « économiques » en seraient augmentés d'autant et donc le ratio de couverture du SCR (Fonds Propres / SCR) aussi. L'entreprise apparaît ainsi moins pénalisée par son SCR en « valeur économique ».

Le passif (au sens restreint) est composé des fonds propres, de la marge pour risque et de la meilleure estimation. La somme de ces deux derniers éléments représente les « provisions techniques. Elles sont

évaluées soit en vision fair value pour les risques « couvrables » sur les marchés (risques *hedgeables*), soit en vision *Best Estimate* pour les autres risques. Cette dernière méthode repose sur des méthodes de projection définies à partir d'hypothèses crédibles (business plan de l'entreprise ou du secteur). Le but est de mesurer le risque d'occurrence de sinistres et de définir le montant juste de réserves nécessaires pour le couvrir. Le calcul de la meilleure estimation est fondé sur des informations actualisées et crédibles et des hypothèses réalistes et fait appel à des méthodes actuarielles et statistiques adéquates, applicables et pertinentes. Cela repose au préalable sur une méthode rigoureuse d'identification et quantification des risques impactant ces provisions, imposées via la formule standard ou la validation d'un modèle interne. La meilleure estimation correspond à la moyenne pondérée par leur probabilité des flux de trésorerie futurs compte tenu de la valeur temporelle de l'argent estimée sur la base de la courbe des taux sans risque pertinente, soit la valeur actuelle attendue des flux de trésorerie futurs.

La marge de risque est calculée de manière à garantir que la valeur des provisions techniques prudentielles est équivalente au montant qu'une entreprise agréée pour pratiquer les opérations d'assurance ou de réassurance demanderait pour reprendre et honorer les engagements d'assurance et de réassurance. Les entreprises d'assurance et de réassurance procèdent à une évaluation séparée de la meilleure estimation et de la marge de risque.

Solvabilité II impose des montants minimums de fonds propres :

- Le MCR – Minimum Capital Requirement : niveau de fonds propres minimal en dessous duquel les intérêts des assurés se verraient sérieusement menacés si l'entreprise était autorisée à poursuivre son activité. Ainsi, si les capitaux propres d'une entreprise deviennent inférieurs au MCR, le régulateur interviendra automatiquement pour mettre en place un plan de redressement ;
- Le SCR – Solvency Capital Requirement : niveau de capital nécessaire à la continuité d'activité, et plus précisément au niveau de capital qu'il faut posséder à minima pour limiter la probabilité de ruine de l'assureur à moins de 0,5 % par an. Il doit pouvoir absorber des pertes inattendues (entraînées par exemple par des événements extrêmes et imprévisibles : hausse de la mortalité, chute brutale des marchés, etc.).

Ces deux montants sont calculés à partir du bilan économique de la compagnie en question, soit par une formule standard proposée par la Commission Européenne, soit par un modèle interne (complet ou partiel) développé par l'entreprise. Alors que sous le régime de Solvabilité I, le bilan des compagnies est édité selon les normes comptables prudentes, ce dernier est édité en valeur économique (valeur de marché) sous Solvabilité II.

b) Pilier 2 : Les exigences qualitatives

Un autre objectif du régulateur, au-delà de l'harmonisation des exigences quantitatives, est d'identifier les organismes les plus risqués. Ceux-ci se verraient forcés de mobiliser plus de capital afin de ne pas faire faillite. Cette identification repose sur des processus de contrôle interne et de contrôle externe, ainsi que sur la communication entre les différentes parties de l'entreprise.

➤ Contrôle interne et gouvernance d'entreprise :

Le régulateur et l'autorité de contrôle souhaitent que l'activité d'assureur soit gérée de façon « saine et prudente ». Pour ce faire, la directive Solvabilité II requiert les exigences suivantes :

- La direction doit pouvoir montrer qu'elle a correctement délégué son autorité au sein de l'entreprise via des systèmes d'information clairs et performants.
- Les fonctions actuarielles, de Risk management et d'audit interne sont indépendantes et rapportent directement à la direction. Des livrables clairs et précis doivent donc circuler des fonctions actuarielles vers le conseil d'administration et le comité exécutif de l'entreprise. L'entreprise doit montrer la pertinence de l'existence et l'intérêt du rôle de ces fonctions.
- Les procédures de contrôle interne doivent être parfaitement documentées et bien adaptées au niveau de risque auquel l'entreprise est exposée.

Au travers de ces trois lignes directrices, le régulateur impose la séparation des services qui prennent les risques (développeurs produits, souscription etc.), de ceux qui en assument la responsabilité et la gestion (Risk management) et de ceux qui assurent un contrôle indépendant de ces prises de décisions (audit interne).

Ce contrôle interne se concentre essentiellement sur la gouvernance et la gestion de l'entreprise, la gestion et la modélisation des risques, la gestion financière de l'entreprise.

Afin de s'assurer de la justesse des résultats, un contrôle interne doit aussi s'appliquer aux données : la qualité des données utilisées dans les modèles doit être le meilleur possible pour que les résultats des modélisations, base de la gestion des risques de l'entreprise, soient justes, et l'entreprise saine. Parallèlement à cette procédure de contrôle, le pilier 2 de la Directive impose aux entreprises du secteur de mettre en place le processus appelé *Own Risk and Solvency Assessment* (ORSA). Ce processus consiste à cartographier les risques auxquels est exposée l'entreprise et à vérifier la solidité de celle-ci dans différents contextes avec la simulation de scénarios de stress définis par la Direction.

➤ Contrôle externe : rôle des autorités de contrôle nationales :

Le superviseur européen, relayé par les autorités de contrôle nationales, veille à ce que les compagnies d'assurance, de réassurance, les mutuelles et les institutions de prévoyance honorent leurs engagements envers leurs assurés, et appliquent les règles de la directive Solvabilité II.

Le contrôle s'applique à tout type de modèle employé par l'entreprise (formule standard, modèle interne, modèle interne partiel). En cas d'insuffisance de SCR le régulateur impose une marge additionnelle de solvabilité, appelée « capital add-on ». Il existe deux types de capital add-on :

- Le *Risk Profile capital add-on* : montant de capital à mobiliser en vue de palier à une insuffisance de SCR provenant d'une inadéquation de la formule standard ou du modèle interne au profil de risque de l'entreprise. Le calcul de SCR doit par la suite être modifié en conséquence, afin de faire disparaître cette nécessité d'intervention du superviseur.
- Le *Governance Capital add-on* : ce montant de capital est imposé par le superviseur s'il détecte une défaillance dans la gouvernance de l'entreprise, ou dans le système de gestion des risques.

c) Pilier 3 : Communication et Transparence

La directive Solvabilité II, dans un souci de mise en place d'une certaine discipline sur les marchés, exige la publication d'une information claire et transparente par les entreprises du secteur de l'assurance. L'objectif est d'harmoniser la publication d'informations à l'échelle de l'Union Européenne (UE). Cette publication est destinée au marché ainsi qu'au superviseur, et s'organise autour de trois principes :

- Les publications comptable, réglementaire et pour le superviseur doivent être cohérentes.
- La publication d'information pour le régulateur européen doit être harmonisée à l'échelle de l'UE (le but ultime étant la création d'un fichier européen à remplir par les entreprises)
- Les mêmes règles doivent s'appliquer à tous les assureurs.

1.2.3 Les éléments quantitatifs

1.2.3.1 Les Provisions Techniques

Le montant des provisions techniques correspond à l'évaluation du montant qu'une entreprise devrait payer si elle transférait son portefeuille de passif à un tiers. La méthode d'évaluation des provisions techniques dépend de la nature du passif. Si le passif est couvrable, autrement dit s'il peut être modélisé par des outils financiers existants et provenant d'un marché profond, liquide et transparent, son évaluation est faite en valeur de marché. Dans le cas contraire, lorsque les risques sont non couvrables (dus à des marchés financiers incomplets) ou non financiers (due aux options et garanties), les provisions techniques consistent en la somme de la meilleure estimation (*Best Estimate*) des provisions et d'une marge de risque.

➤ **Best Estimate**

Le *Best Estimate* (BE) est défini sous Solvabilité II comme étant :

« La meilleure estimation qui est égale à la moyenne pondérée par leur probabilité des flux de trésorerie futurs, compte tenu de la valeur temporelle de l'argent (valeur actuelle probable des flux de trésorerie futurs), déterminée à partir de la courbe des taux sans risque pertinente. Le calcul de la meilleure estimation est fondé sur des informations actuelles crédibles et des hypothèses réalistes et il fait appel à des méthodes actuarielles et des techniques statistiques adéquates »

Le calcul du *Best Estimate* nécessite donc la projection de tous les flux futurs correspondant aux prestations (décès, rachats, arbitrage. . .), aux commissions, aux frais (généraux et de chargement), aux primes « programmées », et la réserve PPE que l'assureur doit reverser aux assurés à la fin de la projection.

$$BE = \sum_{t=0}^T (Prestations_t + Commissions_t + Frais_généraux_t - Chargements_t - Primes_t) \prod_{i=0}^{t-1} \frac{1}{1 + fwri}$$

Où fwr_i est le taux *forward* un an à la date i et T la date d'extinction des engagements car on suppose que le portefeuille des contrats d'assurance est en *run-off*, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de nouvelles souscriptions de contrats après la date des calculs.

La projection des flux actif-passif est réalisée par un modèle ALM permettant de modéliser les interactions qui existent entre l'actif (performances financières des actifs) et le passif (engagements de l'assureur dirigés par les options et garanties proposées sur les contrats (Taux minimum garanti, rachats, arbitrages)).

Si une technique stochastique est utilisée pour le calcul, le BE correspondra à la moyenne des scénarios.

➤ **Marge de risque**

La marge de risque correspond au montant à rajouter en plus du *Best Estimate* pour qu'un autre assureur accepte de reprendre le passif. Elle représente une part des éléments éligibles en moins pour l'assureur et forme avec le BE les provisions techniques. Cette notion de marge de risque sera expliquée plus en détail plus tard dans ce mémoire lors que nous comparerons sa méthode de calcul actuelle à la nouvelle prévue par la revue S2 (voir page 58).

1.2.3.2 Le SCR

Face aux limites que présentait Solvabilité I, le *Solvency Capital Requirement (SCR)* a été introduit sous Solvabilité II pour une meilleure valorisation du besoin en capital. Le SCR est le montant de fonds propres économiques (différence entre la valeur de marché de l'actif et de la valeur économique des passifs) dont doit disposer la compagnie afin de réduire sa probabilité de ruine à 0.5% sur 1 an (*Value At Risk* de niveau 0.5%). C'est-à-dire que c'est le montant de capital à immobiliser afin de pouvoir honorer ses engagements avec une probabilité de 99.5% sur une année.

Pour calculer le montant de SCR, les acteurs peuvent recourir à un modèle interne ou à une approche dite formule standard. Seule la formule standard qu'utilise l'entreprise sera présentée.

L'autorité de contrôle, l'EIOPA (*European Insurance and Occupational Pensions Authority*), fournit aux acteurs du marché de l'assurance des indications afin de calculer leur SCR via les QIS (*Quantitative Impact Study*). Cette méthode consiste en une approche par choc. Cette approche ne nécessite pas de projection du bilan, le bilan est choqué en 0. Pour un risque élémentaire, le choc équivaut à la pire réalisation de ce risque si le bilan était projeté à 1 an. Selon le QIS 5, le SCR formule standard est défini par :

$$SCR = BSCR - Adj + SCRop$$

Où :

- *BSCR* : Basic SCR (SCR de Base) ;
- *Adj* : Ajustement lié à l'absorption due à la participation aux bénéfices (PB) et aux impôts ;
- *SCRop* : SCR relatif au risque opérationnel.

La formule standard repose sur une approche Bottom-Up (de bas en haut). C'est-à-dire que l'on considère d'abord tous les risques élémentaires inhérents à l'activité de la compagnie que l'on agrège ensuite pour remonter au BSCR.

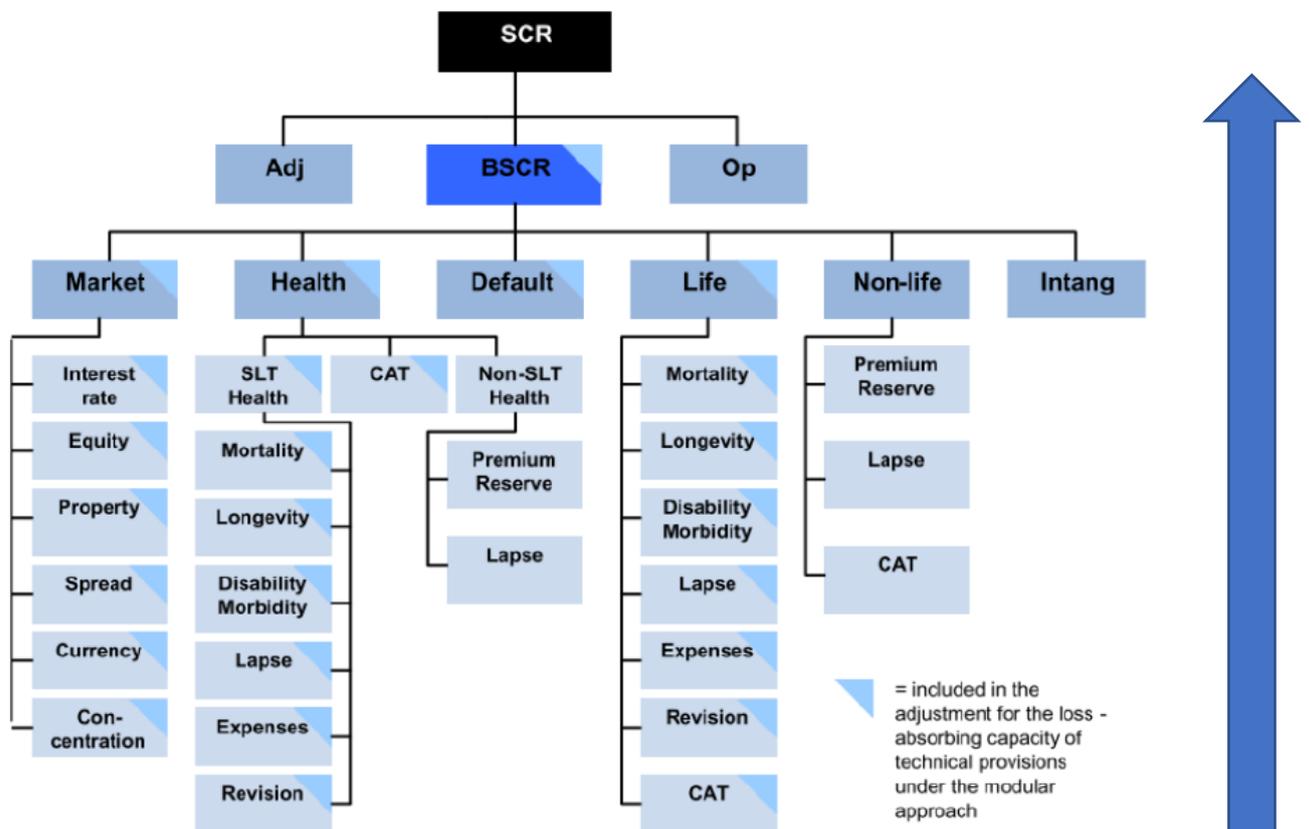


Figure 4 : Approche Bottom-Up pour le calcul du SCR

Les risques des composantes *Market* sont traités par une approche scénario. Le besoin en capital pour un risque élémentaire R est évalué en simulant un choc la NAV en $t = 0$.

$$SCR_R = NAV_0 - NAV_0^R$$

Avec NAV_0^R : Mesure de la valeur économique en cas de survenance du risque R au niveau 0.5%.

Pour un risque non-financier, le choc effectué n'affectant pas l'actif, on se retrouve avec :

$$SCR_{R_{nf}} = NAV_0 - NAV_0^{R_{nf}} = (A_0 - BEL_0) - (A_0 - BEL_0^{R_{nf}}) = BEL_0^{R_{nf}} - BEL_0$$

Calculer le besoin en capital pour un risque non-financier revient donc à effectuer une différence de *Best Estimate*.

Ajustement pour absorption

Le calcul du SCR en assurance vie comporte une particularité : le passif absorbe une partie de la perte subie à l'actif. En cas de survenance d'un choc, l'assureur peut en effet réadapter sa politique de

distribution de participation au bénéfice (PB) afin de faire supporter une partie de l'impact aux assurés : c'est l'effet d'absorption de la PB.

En cas de baisse du marché actions par exemple, l'assuré supporte une partie du choc puisque sa PB se retrouve diminuée. Ce mécanisme n'est valable que pour le support Euro.

$$Adj = Adj_{BDF} + Adj_{ID}$$

Où :

- Adj_{BDF} : ajustement lié à l'absorption des PB (Bénéfices discrétionnaires Futurs)
- Adj_{ID} : ajustement lié aux impôts différés

Calcul du BSCR

La première étape consiste à calculer le SCR pour chaque risque élémentaire. Ensuite, il faut les agréger en composantes : SCRmarché ; SCR Santé ; SCR défaut ; SCR vie et SCR non-vie.

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

Où :

- SCR_{mkt} : Capital requis au titre du risque de marché
- SCR_{def} : Capital requis au titre du risque de contrepartie
- SCR_{life} : Capital requis au titre du risque de souscription vie
- SCR_{nl} : Capital requis au titre du risque de souscription non vie
- SCR_{health} : Capital requis au titre du risque de souscription santé
- $Corr_{i,j}$: Coefficient de corrélation entre les modules de risque i et j

La matrice de corrélation entre les risques est la suivante :

Corrélations	Marché	Défaut	Vie	Santé	Non-Vie
Marché	1	0,25	0,25	0,25	0,25
Défaut	0,25	1	0,25	0,25	0,5
Vie	0,25	0,25	1	0,25	0
Santé	0,25	0,25	0,25	1	0,25
Non-Vie	0,25	0,5	0	0,25	1

Figure 5 : Matrice de corrélation entre modules de risque

Les modules de risque de souscription vie et de risque de risque de marché sont les deux modules se rapportant le plus à notre étude.

Le risque de marché

Le risque de marché est le risque de perte dû aux fluctuations des prix des instruments financiers. Ce risque peut résulter des variations des cours des actions, des taux d'intérêt, des taux de change, etc.

Le SCR marché est défini comme le maximum entre l'agrégation des sous-modules avec un choc de taux à la hausse et celle avec un choc de taux à la baisse.

Les spécifications techniques du QIS5 définissent donc deux matrices de corrélation :

Baisse des taux	Taux d'intérêt	Actions	Actifs immobiliers	Spread	Concentration	Change
Taux d'intérêt	1	0,5	0,5	0,5	0	0,25
Actions	0,5	1	0,75	0,75	0	0,25
Actifs immobiliers	0,5	0,75	1	0,5	0	0,25
Spread	0,5	0,75	0,5	1	0	0,25
Concentration	0	0	0	0	1	0
Change	0,25	0,25	0,25	0,25	0	1

Baisse des taux	Taux d'intérêt	Actions	Actifs immobiliers	Spread	Concentration	Change
Taux d'intérêt	1	0	0	0	0	0,25
Actions	0	1	0,75	0,75	0	0,25
Actifs immobiliers	0	0,75	1	0,5	0	0,25
Spread	0	0,75	0,5	1	0	0,25
Concentration	0	0	0	0	1	0
Change	0,25	0,25	0,25	0,25	0	1

Figure 6: Matrices de corrélation Risque de marché baisse et hausse taux

Le SCR_{mkt} se calcule par le maximum entre SCR_{mkt}^{up} et SCR_{mkt}^{down} :

$$SCR_{mkt}^{up/down} = \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{i,j}^{up/down} * SCR_{mkt_i} * SCR_{mkt_j}}$$

✓ Taux d'intérêt

Le risque de taux résulte de la sensibilité de la valeur des actifs, des passifs et des instruments financiers aux changements affectant la courbe de taux d'intérêt de base ou la volatilité des taux d'intérêt.

Pour chaque devise présente en portefeuille, deux exigences de capital sont à calculer. La première correspond à la perte de fonds propres de base qui résulterait d'une augmentation soudaine des taux d'intérêt sans risque de base selon les niveaux et les maturités définis dans l'article 166 des actes délégués du 30/09/2015. La seconde, quant à elle, est égale à la perte de fonds propres de base qui résulterait d'une diminution soudaine des taux d'intérêt sans risque de base selon les niveaux et les maturités définis dans l'article 167 des actes délégués du 30/09/2015.

Pour les maturités autres que celles définies dans les articles 166 et 167 des actes délégués du 30/09/2015, les niveaux de hausse et de baisse des taux d'intérêt de base sont obtenus par interpolation linéaire entre les maturités les plus proches. Néanmoins, certains cas particuliers sont à prendre en considération :

- pour l'augmentation des taux d'intérêt
 - pour les échéances inférieures à un an, le niveau d'augmentation à considérer est de 70%.
 - pour les échéances supérieures à 90 ans, le niveau d'augmentation à considérer est de 20%.
 - pour toutes les échéances, le niveau d'augmentation minimum est de 1%.
- pour la diminution des taux d'intérêt
 - pour les échéances inférieures à un an, le niveau de diminution à considérer est de 75%.
 - pour les échéances supérieures à 90 ans, le niveau de diminution à considérer est de 20%.
 - pour toutes les échéances, le niveau de diminution pour les taux d'intérêt de base négatifs est nul.

L'exigence en capital pour le sous-module « risque de taux d'intérêt » correspond à la plus élevée des exigences de capital résultant de l'augmentation ou de la diminution de la courbe de taux d'intérêt sans risque.

$$SCR_{taux} = \max(SCR_{Hausse\ taux}; SCR_{Baisse\ taux})$$

✓ Action

Le risque action concerne les actifs d'assurance sensibles aux variations des cours des actions. Ce risque résulte d'une variation défavorable du cours des actions. Les compagnies d'assurance pouvant recourir aux actions pour améliorer leurs performances financières, elles sont exposées à leur variabilité.

Pour déterminer le capital requis au titre du sous-module action, il faut faire la distinction entre trois catégories d'actions, les actions dites « de type 1 », celles « de type 2 » et « actions d'infrastructures éligibles ». Pour chaque type d'actions, le capital requis est obtenu par le calcul de la variation de la NAV après l'application d'un choc spécifique.

- Actions « de type 1 » :

Actions cotées dans les pays de l'EEE (Espace Economique Européen) et de l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Economique). On applique un choc de 39% (hors mesure transitoire sur actions).

- Actions « de type 2 » :

Actions non cotées, actions cotées uniquement sur les marchés émergents, fonds spéculatifs et les autres investissements. On applique un choc de 49% (hors mesure transitoire sur actions).

- Actions « d'infrastructures éligibles » :

Actions relatives à un investissement dans un projet d'infrastructure qui remplit les critères énoncés dans l'article 164 bis des actes délégués de SII publiés le 30/09/2015. Le choc de référence appliqué à cette catégorie est de 30% (hors mesure transitoire sur actions).

- Actions de « sociétés d'infrastructures éligibles » :

Investissements en action dans des entités d'infrastructure remplissant les critères énoncés dans l'article 164 ter (amendement des actes délégués publié le 14/09/2017). Le choc de référence appliqué à cette catégorie d'actif est de 36% (hors mesure transitoire sur actions).

Effet Dampener

Selon le type d'action considérée, un facteur d'ajustement symétrique (effet Dampener) ou un pourcentage de ce dernier est appliqué au choc action. Ce facteur est compris entre -10% et 10%. Il qui permet de corriger le niveau de choc action par rapport à l'évolution du marché action. Il est publié mensuellement par EIOPA et est supposé refléter l'écart d'un indice action par rapport à sa moyenne glissante sur 3 ans. Il est obtenu par la formule suivante :

$$Dampener = \text{Max} \left(-10\% ; \text{Min} \left(10\% ; \frac{1}{2} \times \left(\frac{CI - AI}{AI} - 8\% \right) \right) \right)$$

Où :

- CI représente le niveau courant (à date d'évaluation) de l'indice du cours des actions
- AI représente la moyenne historique de l'indice du cours des actions sur 3 ans

L'indice proposé par l'EIOPA est construit à partir d'un panier d'indices actions défini de manière à représenter l'investissement (sur les marchés européen, américain et asiatique) en actions des compagnies soumises à Solvabilité 2.

Le tableau suivant présente, pour chacun type d'actions listé plus haut, le choc à appliquer en fonction du choc de base et de l'ajustement symétrique :

Type d'action	Choc associé
Type 1	39% + ajustement symétrique
Type 2	49% + ajustement symétrique
Actions d'infrastructures éligibles	30% + 77% x ajustement symétrique
Actions de sociétés d'infrastructures stratégiques	36% + 92% x ajustement symétrique

Figure 7 : Chocs de taux par type d'action

Mesure transitoire

La mesure transitoire sur le niveau de choc action définie au 13e point de l'article 308 *ter* de la Directive 2009/138/CE consiste à calculer l'exigence de capital pour le risque action sur la base d'un choc de 22% la première année, ce niveau de choc progressant ensuite de manière au moins linéaire pour correspondre au choc standard pour chaque type d'action (i.e. : 39% pour les actions de type 1, 49% pour les actions de type 2 et 30% pour les actions d'infrastructures éligibles) plus une proportion de l'ajustement symétrique (100% pour les actions de types 1 et 2, 77% pour les actions d'infrastructures éligibles) le 1er janvier 2023 au plus tard. Cette mesure ne concerne que les actions acquises par l'entreprise au plus tard le 1^{er} janvier 2016.

En pratique, le choc à retenir s'écrit donc :

Type d'action	Choc associé
Type 1	$(1 - a) \times 22\% + a \times [39\% + \text{ajustement symétrique}]$
Type 2	$(1 - a) \times 22\% + a \times [49\% + \text{ajustement symétrique}]$
Actions d'infrastructures éligibles	$(1 - a) \times 22\% + a \times [30\% + 77\% \times \text{ajustement symétrique}]$
Actions de sociétés d'infrastructures éligibles	$(1 - a) \times 22\% + a \times [36\% + 92\% \times \text{ajustement symétrique}]$

Figure 8 : Chocs de taux par type d'action sous la mesure transitoire

Où a vaut 0 en début de transitoire et 1 en fin de transitoire et SOGECAP applique une convergence trimestrielle.

L'exigence de capital pour le sous-module « risque sur actions » correspond à l'agrégation des besoins en capitaux de chaque type d'action. Elle est calculée comme suit :

$$SCR_{action} = \sqrt{SCR_{action 1}^2 + 2 \times 0.75 \times SCR_{action 1} (SCR_{action 2} + SCR_{infra} + SCR_{société infra}) + (SCR_{action 2} + SCR_{infra} + SCR_{société infra})^2}$$

✓ Immobilier

Le risque immobilier résulte d'une variation défavorable du niveau ou de la volatilité du cours de l'immobilier impactant les actifs et les passifs.

L'exigence de capital pour le sous-module « risque sur actifs immobiliers » correspond à la perte de fonds propres de base qui résulterait d'une diminution soudaine de 25% de la valeur de marché des actifs immobiliers.

✓ Change

Le risque change résulte de la sensibilité de la valeur des actifs, des passifs et des instruments financiers aux changements affectant le taux de change des monnaies étrangères par rapport à la monnaie locale. La monnaie locale désigne la devise dans laquelle les états financiers de l'assureur sont établis.

Une règle de congruence entre actif et passif impose cependant qu'au moins 80% des engagements de l'assureur soient couverts dans la même devise afin d'éviter que les assureurs ne spéculent sur les taux de change.

Le capital requis est obtenu en retenant le maximum de la variation de la NAV après l'application d'un choc haussier de 25 % et d'un choc baissier de 25% de toutes les autres devises face à la devise locale dans laquelle l'entreprise établit ses comptes.

✓ Spread

Le risque de spread résulte de la sensibilité de la valeur des actifs, des passifs et des instruments financiers aux changements affectant le niveau ou la volatilité des spreads de crédit par rapport à la courbe des taux d'intérêt sans risque.

Ce risque sera mieux détaillé dans la partie qui aborde le *Dynamic Volatility Adjustment*.

✓ Concentration

Le risque de concentration d'une entreprise d'assurance résulte soit d'un manque de diversification de son portefeuille d'actif soit d'une exposition importante au risque de défaut d'un seul ou d'un groupe d'émetteurs liés de valeurs mobilières.

Le risque de souscription vie

Le risque de souscription vie reflète le risque découlant des engagements d'assurance vie et également tout engagement relevant d'une activité non-vie mais fondé sur des méthodes de calcul relatives à l'assurance vie. Il prend en compte le risque de mortalité, de longévité, d'invalidité et d'incapacité, de rachat, de dépenses, de révision et de catastrophe.

La matrice de corrélation pour ces sous-modules de risque est :

	Mortalité	Longévité	Invalidité	Dépenses en vie	Révision	Cessation	Catastrophe en vie
Mortalité	1	-0,25	0,25	0,25	0	0	0,25
Longévité	-0,25	1	0	0,25	0,25	0,25	0
Invalidité	0,25	0	1	0,5	0	0	0,25
Dépenses en vie	0,25	0,25	0,5	1	0,5	0,5	0,25
Révision	0	0,25	0	0,5	1	0	0
Cessation	0	0,25	0	0,5	0	1	0,25
Catastrophe en vie	0,25	0	0,25	0,25	0	0,25	1

Figure 9: matrice de corrélation, risque de souscription vie

La valeur de marché des actifs n'étant pas impactée par les chocs de souscription, le SCR est calculé par différence entre le *Best Estimate* obtenu suite aux chocs et le *Best Estimate* en situation centrale.

Les chocs de souscription doivent être appliqués par groupe de risques homogènes. Pour une compagnie d'assurance vie, on peut retrouver les groupes de risque homogènes suivants :

- Sur le périmètre Epargne - retraite, il s'agit du croisement des axes ci-dessous :
 - Produit ;
 - Fonds (euro, ou UC) ;
- Sur le périmètre Prévoyance, il s'agit du croisement des axes ci-dessous :
 - Produit ;
 - Garantie ;
 - Assuré.

Les calculs des SCR de souscription vie sont effectués à la maille élémentaire dite « maille S2 » :

- Sur le périmètre Epargne, il s'agit de la maille « produit x fonds ».

Pour chaque élément de cette maille, seules les variations de *Best Estimate* positives sont prises en compte.

- Sur le périmètre Prévoyance, la maille de calcul du SCR souscription vie est identique à la maille d'application des chocs « produit x garantie x assuré ».

✓ **Mortalité**

Le risque de mortalité est lié à l'incertitude sur le décès de l'assuré. C'est le risque de perte ou de détérioration de la valeur des engagements de la compagnie dû à une augmentation des taux de mortalité. Le risque de mortalité concerne tous les contrats garantissant le versement de prestations en cas de décès de l'assuré.

✓ **Longévité**

Le risque de longévité provient de l'incertitude sur la longévité des assurés. Dans le cas d'un contrat proposant une rente viagère par exemple, le risque de longévité est important. La diminution des taux de mortalité entraîne pour l'assureur une augmentation des provisions techniques allouées au contrat.

Le capital réglementaire pour le risque de longévité doit être défini comme la variation de la NAV après un choc à la baisse des taux de mortalité. Le choc stipulé dans le QIS5 est de 20%.

✓ **Incapacité/invalidité**

Le sous-module de risque d'incapacité et d'invalidité concerne les contrats d'assurance vie dont la partie relative à l'incapacité et à l'invalidité ne peut pas être isolée et intégrée au module santé.

✓ **Rachat**

Le risque de cessation (rachat) correspond à une perte en fonds propres de base due à un décalage entre la prévision de l'exercice des options de cessation ou de continuité des contrats et l'exercice observé ou non de ces mêmes options. Ces options sont définies dans l'article premier des actes délégués (paragraphe 14, et 15) :

- Les options de cessation sont l'ensemble des moyens juridiques ou contractuels permettant à un assuré de résilier, racheter, réduire, limiter ou suspendre, totalement ou partiellement la couverture d'assurance ou de laisser le contrat arriver à expiration ;
- Les options de continuité sont l'ensemble des moyens juridiques ou contractuels permettant à un assuré d'établir, de renouveler, d'étendre, de prolonger ou de reprendre, totalement ou partiellement la couverture d'assurance.

Les spécifications techniques du QIS5 spécifient que la charge en capital relative au risque de rachat est obtenue en retenant le maximum de la variation de la NAV lors d'un scénario de hausse des taux de rachat, de baisse des taux de rachat et un scénario de rachat massif.

L'exigence de capital pour risque de baisse (respectivement hausse) permanente des taux de cessation est égale à la perte de fonds propres de base résultant de la baisse (respectivement hausse) soudaine permanente de 50% des taux d'exercice des options de cessation et des taux de non-exercice des options de continuité.

La baisse (respectivement hausse) des taux de cessation après choc est limitée à 20% (respectivement, ne peut pas excéder 100%) et ne s'applique qu'aux options entraînant une baisse (respectivement hausse) du *Best Estimate*.

L'exigence de capital pour le risque de rachat de masse est égale à la perte de fonds propres de base résultant de l'effet conjugué des événements soudains suivants :

- Le rachat de 70% des opérations d'assurance complémentaires souscrites en complément d'une assurance vie, ce choc correspond à l'exercice de l'option de rachat ou du non-exercice de l'option de continuité sur 70% des contrats de groupe fournissant une garantie complémentaire.

Les contrats concernés sont les opérations de gestion de fonds collectifs de retraite, comprenant la gestion des placements et notamment des actifs représentatifs des réserves des organismes qui peuvent fournir des prestations en cas de décès, de vie et de rachat ou de réduction des activités.

- Le rachat de 40% des produits d'assurance autres que ceux concernés par le choc précédent, et pour lesquels l'application du choc entraîne une augmentation du *Best Estimate*.
- Le rachat de 40% de contrats de réassurance qui couvrent les contrats d'assurance ou de réassurance qui seront émis dans l'avenir.

De plus, ce choc ne concerne que les contrats pour lesquels son application entraîne une augmentation du *Best Estimate*.

✓ **Dépenses**

Le risque de dépenses est dû à une augmentation des frais de gestion des contrats d'assurance.

La charge en capital requise pour le risque de dépenses correspond à la variation de la NAV suite à une augmentation de 10 % des dépenses futures par rapport aux anticipations du *Best Estimate* et à une augmentation de 1 % par an du taux d'inflation des dépenses par rapport aux anticipations.

✓ **Révision**

Le risque de révision représente le risque d'une variation du montant d'une rente du fait d'une révision imprévue de la sinistralité. Ce module de risque ne concerne que les rentes de l'activité non-vie qui sont affiliées au module de souscription vie.

La charge en capital se détermine en calculant la variation de la NAV après une augmentation de 3 % du montant annuel à payer pour les rentes exposées au risque de révision.

✓ **Catastrophe**

Le risque de catastrophe en vie prend en compte les événements extrêmes ou irréguliers (une pandémie ou une explosion nucléaire par exemple) qui ne sont pas suffisamment pris en compte dans les autres sous-modules de souscription vie. Il concerne tous les contrats proposant une garantie en cas de décès.

Le capital requis au titre du risque catastrophe est obtenu à partir de la variation de la NAV après un choc à la hausse de 0,15% de la mortalité des assurés la première année.

SCR opérationnel

Le SCR opérationnel est calculé via la formule suivante (issue du QIS5) :

$$SCR_{op} = \min\{30\% * BSCR; \max\{OP_{primes}; OP_{provisions}\}\} + 25\% * EXP_{UC}$$

Où :

- OP_{primes} : 4% des primes vie hors UC + 3% des primes non vie.
- $OP_{provisions}$: 0.45% des provisions techniques vie hors UC + 3% des provisions techniques non vie.
- EXP_{UC} : dépenses annuelles relatives aux UC.

1.2.3.3 Le MCR

Le MCR est le minimum de capital requis. Il correspond au niveau minimum de fonds propres en dessous duquel l'intervention de l'autorité de contrôle est automatique. Si l'entreprise ne détient pas le niveau minimum de fonds propres requis elle peut se voir retirer son agrément.

L'évaluation du MCR nécessite de procéder à plusieurs calculs intermédiaires. Il s'agit du calcul du :

- MCR linéaire ;
- MCR combiné ;
- AMCR (Absolute floor of the MCR).

La suite de ce paragraphe décrit le calcul de chacun des éléments précédents

MCR linéaire

Le minimum de capital requis linéaire (MCR linéaire) s'obtient par somme des minima de capital requis pour les engagements d'assurance vie et d'assurance non-vie.

$$MCR_{linear} = MCR_{linear,l} + MCR_{linear,nl}$$

Où :

- $MCR_{linear,l}$ représente le MCR linéaire vie
- $MCR_{linear,nl}$ représente le MCR linéaire non-vie

Dans la suite de ce paragraphe, nous décrivons succinctement le calcul des MCR linéaires vie et non-vie.

Le MCR linéaire vie, noté $MCR_{linear,l}$ est calculé selon la formule suivante :

$$MCR_{linear,l} = 3,7\% TP_{(life,1)} - 5,2\% TP_{(life,2)} + 0,7\% TP_{(life,3)} + 2,1\% TP_{(life,4)} + 0,07\% CAR$$

Où :

- $TP_{(life,1)}$ représente les provisions techniques pour les prestations garanties des engagements d'assurance avec PB avec un plancher de zéro ;
- $TP_{(life,2)}$ représente les provisions techniques pour les prestations discrétionnaires futures des engagements d'assurance vie avec PB avec un plancher de zéro ;

- $TP_{(life,3)}$ représente les provisions techniques pour les engagements d'assurance vie indexés et en unités de compte, et les engagements de réassurance s'y rapportant avec un plancher de zéro ;
- $TP_{(life,4)}$ représente les provisions techniques pour tous les autres engagements d'assurance et de réassurance vie avec un plancher de zéro ;
- CAR représente le montant total du capital sous risque. Ce montant correspond au maximum entre zéro et la somme sur tous les contrats de la différence entre les deux montants suivants :
 - ✓ La somme du montant des prestations en cas de décès ou invalidité à payer et de la valeur actuelle des prestations futures liées aux décès et invalidité ;
 - ✓ La meilleure estimation des engagements correspondants.

Les provisions techniques intervenant dans le calcul du MCR linéaire vie sont sans marge de risque et nettes de réassurance.

Le MCR linéaire pour les engagements d'assurance et de réassurance non-vie se calcule comme suit :

$$MCR_{linear,nl} = \sum_s \alpha_s TP(nl, s) + \beta_s P_s$$

Où :

- $TP(nl, s)$ désigne les provisions techniques sans marge de risque sur le segment s avec un plancher de zéro ;
- P_s désigne les primes émises pour le segment s au cours des 12 derniers mois nettes de réassurance avec un plancher de zéro.

Les montants intervenant dans le calcul du MCR linéaire non-vie sont nets de réassurance.

MCR combiné

Le MCR combiné est fonction du SCR et du MCR linéaire. Il est compris entre 25% et 45% du SCR. L'évaluation du minimum de capital requis combiné (MCR combiné) est réalisée selon la formule suivante :

$$MCR_{combined} = \min(\max(MCR_{linear}; 25\% SCR) ; 45\% SCR)$$

Seuil de plancher absolu du MCR

Le seuil de plancher absolu du MCR, noté $AMCR$ (Absolute floor of the MCR), est défini à l'article 129 de la directive Solvabilité 2.

Il correspond au montant minimal de MCR exigé par la directive Solvabilité 2. Le montant du seuil de plancher absolu $AMCR$ est égal à 3,7 M€ pour les activités d'assurance vie ou mixte et à 2,5 M€ pour l'assurance non-vie.

MCR global

Le MCR global est calculé comme suit :

$$MCR = \max(MCR_{combined}; AMCR)$$

2. Deuxième Partie : La revue Solvabilité II

2.1 Présentation de la revue Solvabilité II

2.1.1 Contexte et calendrier

Lors de la mise en place des règles de calcul Solvabilité 2, de nombreux points faisaient l'objet de discussions. Les différents acteurs (Commission Européenne, régulateurs, assureurs...) échangent régulièrement et tentent de se mettre d'accord pour revoir certains de ces points sur la base de l'expérience acquise. C'était le cas en 2018, quand une première révision de solvabilité 2 a eu pour objectif de simplifier la formule standard et lever des contraintes au financement de l'économie.

Lorsqu'une révision de Solvabilité 2 est envisagée, la Commission Européenne est décisionnaire, mais s'appuie largement sur les différentes parties prenantes (autorités de contrôle et entités d'assurance). L'EIOPA est en charge du pilotage du processus de décision et doit soumettre à la Commission des propositions d'évolutions des textes.

C'est dans ce contexte que la Commission européenne a émis en février 2019 une demande d'avis (*Cfa*) technique à l'EIOPA sur la révision de Solvabilité II. A la suite de cela, l'EIOPA a publié le 15 octobre 2019 un projet d'avis de révision de Solvabilité II contenant des propositions provisoires d'amélioration que les organismes d'assurance ont pu consulter et commenter jusqu'au 15 janvier 2020. À la lumière des retours sur la consultation et des études d'impact de chacune des propositions, l'EIOPA a modifié et développé sa position initiale afin d'arriver aux propositions incluses dans une nouvelle collecte d'information. L'objectif de cette nouvelle collecte, débutant le 2 Mars 2020, est de recueillir des données sur l'impact global des propositions sur la solvabilité des entreprises d'assurance et de réassurance. Les participants à cette collecte ont présenté leurs résultats le 31 Mars 2020 à leurs autorités nationales de surveillance qui, après validation, ont remis ces informations à l'EIOPA. Les participants devaient se tenir prêts à répondre à d'éventuelles demandes de clarification ou de remise de résultats à leurs autorités nationales de surveillance jusqu'en juin 2020.

La position de l'EIOPA telle qu'elle est établie dans cette collecte d'information n'était pas définitive et les renseignements recueillis devaient éclairer sa décision finale sur l'avis qu'elle a dû remettre à la commission européenne en juin 2020.

2 Mars 2020	Lancement de la collecte d'informations
31 Mars 2020	Date limite pour les participants pour soumettre leurs résultats à leur autorité nationale de surveillance
1 au 16 Avril 2020	Validation des résultats par les autorités nationales de surveillance
16 Avril 2020	Date limite pour la remise des résultats des autorités nationales de surveillance à l'EIOPA

Figure 10 : Calendrier des étapes de la collecte d'informations

Dans les mois qui suivent, la Commission Européenne doit donner son avis sur la révision de Solvabilité II et dans le cas où celle-ci est adoptée, il est prévu qu'elle soit appliquée dès le 1^{er} Janvier 2021 par les acteurs de l'assurance.

Voici un résumé du calendrier de la mise en œuvre de la revue Solvabilité 2 :



Figure 11 : Calendrier de la revue de Solvabilité 2

2.1.2 Contenu

Les propositions contenues dans la collecte d'information concernent les éléments de solvabilité suivants :

- Structures à terme des taux d'intérêt sans risque
- Provisions techniques
- Fonds propres
- Exigence de capital de solvabilité
- Exigence minimale de capital

Plus précisément, les principales modifications envisagées et ayant le plus d'impact sur l'évaluation de la solvabilité des entités d'assurance sont le changement d'extrapolation de la courbe des taux sans risque, le changement de calcul de l'ajustement de volatilité, de la marge de risque ainsi que le besoin en capital pour le risque de taux. Les autres changements concernent le SCR Action, la corrélation entre le choc de baisse des taux et le choc de spread...Seuls les changements concernant un assureur vie seront présentés dans ce mémoire.

La collecte d'information est adressée à un échantillon représentatif d'entreprises d'assurance et de réassurance soumises à Solvabilité II. L'échantillon doit être représentatif de :

- ✓ Les différents types d'entreprises (Assureur vie, non-vie, mixte et d'entreprises de réassurance),
- ✓ L'utilisation de la formule standard et/ou des modèles internes pour calculer le SCR,
- ✓ L'utilisation de l'ajustement égalisateur et de l'ajustement de la volatilité (VA),
- ✓ Le profil de risque et la gestion des risques des entreprises, en particulier l'étendue de l'écart Actif/Passif et l'utilisation des dérivés de taux d'intérêt,
- ✓ Les différentes tailles d'entreprises (petites, moyennes, grandes).

Pour chaque pays de l'EEE (Espace économique européen), les sociétés appartenant à l'échantillon seront sélectionnées par les autorités nationales de surveillance et devront couvrir au moins 50 % des activités d'assurance sur le marché local (mesurées en provisions techniques pour les engagements d'assurance-vie et mesurées en primes pour les engagements d'assurance non-vie).

Les participants sont priés de fournir des informations sur leur situation de solvabilité conformément à trois scénarios :

- ✓ Scénario de référence : le cadre juridique actuel de Solvabilité II
- ✓ Scénario 1 : Toutes les modifications apportées conformément à l'avis provisoire de l'EIOPA
- ✓ Scénario 2 : le même scénario que le scénario 1, mais sans la modification du calibrage du risque de taux d'intérêt de la formule standard SCR

Pour chaque scénario, le type d'information suivant doit être fourni :

- ✓ Dans le cas où le Volatility Adjustment (VA) est utilisé, un VA pour chaque devise présente dans le portefeuille doit être fourni
- ✓ Provisions techniques (meilleure estimation, marge de risque, provisions techniques calculées dans leur ensemble)
- ✓ Fonds propres disponibles et fonds propres éligibles pour couvrir le SCR et le MCR
- ✓ Le SCR et, dans la mesure où il est calculé avec la formule standard, des informations sur les modules, les sous-modules, les ajustements pour la capacité d'absorption des pertes des impôts différés et des provisions techniques et l'exigence de capital pour le risque opérationnel
- ✓ Le MCR et ses composants (planchers, plafond, composante linéaire vie, composante linéaire non-vie)

En plus des scénarios, les participants qui calculent leurs besoins en capital pour le risque de spread avec la formule standard SCR et appliquant le VA devront recalculer ce sous-module de risque en utilisant un VA dynamique (DVA).

La date de référence pour le calcul des trois scénarios est le 31 décembre 2019.

2.1.3 Conséquences du Covid-19

En raison de la pandémie liée au Covid-19, le calendrier de la collecte a été perturbé et les différentes échéances présentées ci-dessus sont décalées. Désormais, les assureurs ont jusqu'à Juin 2020 pour remettre à leur autorité nationale l'étude d'impact global et l'EIOPA doit à présent remettre son avis à la Commission Européenne en Décembre 2020. La date d'application de la revue, initialement prévue au début de l'année 2021 a été reportée à une date inconnue.

2.2 Les changements sur les provisions techniques

2.2.1 Extrapolation de la courbe des taux sans risque

Rappel de définitions et notations

On note $P(t, T)$ le prix au temps t d'une obligation zéro-coupon (ZC) de maturité T , ce prix correspond à la valeur au temps t d'une unité monétaire qui sera payée en T . Ainsi, $P(T, T) = 1$. Ces obligations ZC sont plutôt des actifs fictifs (non liquides sur le marché). Cependant les emprunts court-terme (< 1 an) peuvent être assimilés à des ZC car ils ne versent qu'un unique flux terminal au prêteur. A partir de ces prix zéro-coupon, nous pouvons en déduire les taux zéro-coupon en composition continue R_c et en composition annuelle R . Les relations entre les taux et les prix des zéro-coupon sont données par :

$$R_c(t, T) = -\frac{1}{T-t} \ln P(t, T),$$

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

La relation liant les deux taux est : $R_c(t, T) = \ln(1 + R(t, T))$

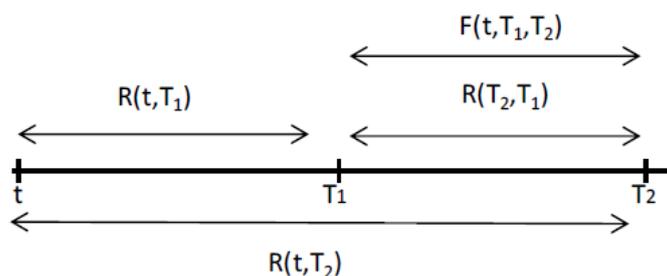
La structure par terme des taux (ou courbe des taux) à la date t correspond à la courbe associée à la fonction :

$$T \rightarrow R_c(t, T).$$

On appelle taux court ou taux sans risque instantané, le taux défini par :

$$r_t = \lim_{T \rightarrow t} R_c(t, T)$$

Un taux *forward* $F(t, T_1, T_2)$ est la rémunération d'un prêt conclu en t et qui prévaut sur la période $[T_1; T_2]$. Le prêt démarre en $T_1 > t$ et se termine en $T_2 > T_1$.



En intérêts composés annuellement :

$$\frac{1}{(1 + R(t, T_1))^{T_1-t} (1 + F(t, T_1, T_2))^{T_2-T_1}} = \frac{1}{(1 + R(t, T_2))^{T_2-t}}$$

$$\Leftrightarrow F(t, T_1, T_2) = \left[\frac{P(t, T_1)}{P(t, T_2)} \right]^{\frac{1}{T_2-T_1}} - 1$$

En intérêts continus :

$$F_c(t, T_1, T_2) = \frac{1}{T_2 - T_1} \ln \left[\frac{P(t, T_1)}{P(t, T_2)} \right]$$

Le taux *forward* instantané $f(t, T)$ évalué en t de maturité T est défini par :

$$f(t, T) = \lim_{T_2 \rightarrow T_1} F_c(t, T_1, T_2) = -\frac{\partial}{\partial T} \ln P(t, T) \text{ et } r(t) = f(t, t)$$

On a ainsi :

$$P(t, T) = e^{-\int_t^T f(t, u) du} = e^{(T-t)R_c(t, T)}$$

En univers risque neutre, le taux d'actualisation correspond au taux sans risque, c'est-à-dire au taux zéro-coupon.

Un swap standard est caractérisé par :

- L'échange d'une jambe fixe dont les paiements dépendent d'un taux fixe pour une jambe variable dont les paiements dépendent d'un taux variable ;
- Un montant principal constant tout au long de la vie du swap ;
- La maturité du taux variable est identique à la durée entre deux paiements de la jambe variable.

La valeur d'un swap standard de montant nominal N est égale à celle d'une obligation à taux fixe de maturité identique à celle du swap et de même montant nominal que le swap moins le montant nominal du swap. A une date t donnée, le taux fixe est déterminé de telle sorte que la valeur du swap soit nulle. Ce taux fixe est appelé taux de swap. C'est ainsi que sont cotés les swaps. Les assureurs opèrent sur le marché des swaps principalement afin d'être sûrs de recevoir un taux d'intérêt fixe.

Utilité de la courbe des taux

L'autorité européenne (EIOPA) prescrit pour chaque pays européen une courbe de taux dite sans risque à utiliser pour valoriser les engagements des compagnies d'assurance, projeter les flux des actifs et modéliser les interactions entre l'actif et le passif dans le modèle ALM.

Pour l'euro, cette courbe est construite et est basée sur les swaps de taux d'intérêt (IRS) dont les données sont issues de Bloomberg, et qui correspondent aux taux de prêt interbancaires (taux LIBOR) qui sont des instruments financiers négociés sur un marché profond, liquide et transparent assurant la cohérence du marché. La raison de l'utilisation des taux de prêt interbancaires (LIBOR) plutôt que des taux de dépôt (par exemple OIS) est la présence d'un marché à terme LIBOR beaucoup plus liquide (cela est dû au fait que les prêts commerciaux sont généralement des références taux LIBOR, et nécessitent donc une couverture LIBOR).

La courbe doit cependant être ajustée d'un paramètre appelé Credit Risk Adjustment (CRA) qui peut être assimilé au spread LIBOR/OIS. Il vient réduire la courbe de taux dite sans risque pour intégrer le fait qu'elle contient implicitement un spread additionnel dû au risque de crédit bancaire. En effet les taux LIBOR contiennent toujours une composante de risque de crédit. L'EIOPA s'attaque à ce problème en ajustant les taux de swap LIBOR par un changement à la baisse parallèle. Le calcul du CRA est fondé sur 50% de la moyenne de la différence entre le taux LIBOR et le taux du swap indexé à un jour (OIS), sur une période d'un an. L'ajustement ne doit pas être inférieur à 10 points de base et ne pas dépasser 35 points de base.

$$CRA = \min \left(\max \left(50\% \frac{\sum_{i=1}^N (LIBOR_i - OIS_i)}{N}; 0.1\% \right); 0.35\% \right).$$

Le taux de swap indexé à un jour (Overnight Index Swap) correspond à un taux de dépôt quotidien capitalisé auprès d'une banque centrale (pour l'Euro, c'est la BCE). En règle générale, le taux OIS est le taux de dépôt le moins risqué pour une devise donnée, et est inférieur au taux LIBOR.

2.2.1.1 Méthode actuelle : Smith Wilson

Problématique

La construction complète d'une courbe des taux s'effectue à partir des taux observés sur les marchés financiers. Cependant, seuls les taux pour quelques maturités sont observables. Au-delà d'une certaine maturité, aucune donnée existe et il est nécessaire d'extrapoler la courbe. Car les assureurs, qui peuvent avoir des engagements sur plusieurs dizaines d'années, ont besoin de ces taux pourtant non observés. La méthode de Smith-Wilson permet de répondre à ce besoin. Elle a été introduite en 2001 et est utilisée par l'EIOPA pour construire la courbe de taux sans risque. Cette méthode permet de modéliser une courbe de prix zéro-coupon. Disposer de cette courbe revient à avoir la courbe des taux *forward* ou celle du rendement. En général, la courbe de taux fournie est celle du rendement. La particularité de la méthode de Smith-Wilson est qu'elle ajuste parfaitement les taux fournis en données. Cependant, son intérêt est avant tout de modéliser les taux « longs », qui ne sont pas observables directement.

Les taux sont observables jusqu'au LLP (*Last Liquid Point*). Au-delà, ils sont extrapolés. Le modèle, tel qu'utilisé par l'EIOPA, prévoit ensuite une période de convergence au-delà de laquelle les taux *forward* tendent asymptotiquement vers un taux ultime, l'UFR. Cette contrainte permet de régler le paramètre de vitesse de convergence noté α , aussi appelé *mean reversion parameter*.

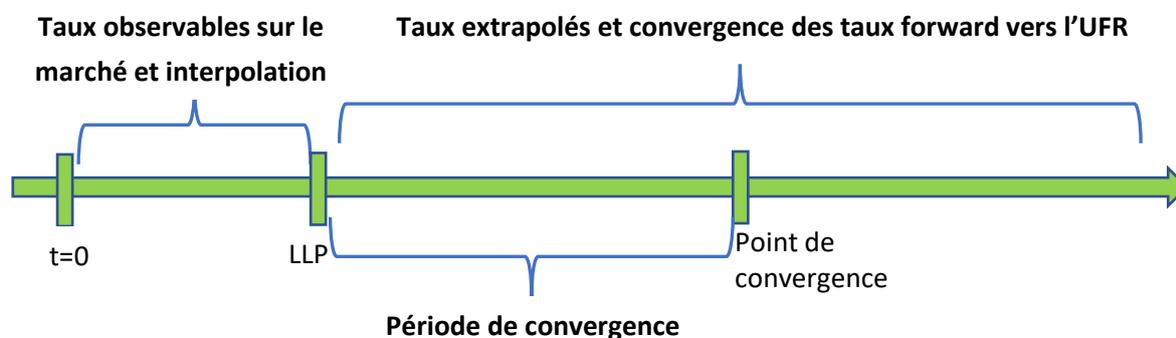


Figure 12: Construction de la courbe des taux forward

L'EIOPA a fixé le point de convergence à : $\text{Max}(LLP + 40; 60)$. Pour l'euro, le LLP étant fixé à 20, le point de convergence est 60 ans.

Cette méthode prend donc en paramètres :

- LLP : la dernière maturité observable ;
- Les prix et taux observés sur la période liquide ;
- UFR : le taux forward instantané ultime vers lequel la méthode converge ;
- α : vitesse de convergence vers l'UFR, optimisée par l'EIOPA. Il s'agit de la plus petite valeur avec une précision de 6 décimales telle que le taux forward instantané vérifie : $|\ln(1 + UFR) - f(0, T)| < 10^{-4}$ où T est le point de convergence (60 pour l'euro). Elle est établie à 13,2% au 31/12/2019.

Toutes les maturités précédant le LLP ne sont pas toujours observables ou utilisables. L'EIOPA a sélectionné les maturités utilisables en se basant sur le critère DLT. Les marchés doivent, à ces maturités, être profonds, liquides et transparents (DLT : *Deep, Liquid, Transparent*). Pour ces taux manquants, il existe de nombreuses méthodes d'interpolation (par exemple : *bootstrap*) mais la méthode de Smith-Wilson permet si besoin de calculer ces maturités (la formule reste applicable avant le LLP).

L'Ultime Forward Rate

Ce taux ultime, est un paramètre de la méthode. Il doit être stable et ne pas dépendre d'un contexte économique à court terme ou moyen terme. Aussi, l'EIOPA suppose l'UFR constant et l'a fixé à 4.2% pour l'Euro en 2010. Cependant, dans le contexte actuel de taux durablement bas, cette valeur pouvait sembler élevée. Par conséquent, depuis 2018, l'EIOPA a mis en place une nouvelle méthode de calcul de l'UFR permettant de le faire varier annuellement d'au plus de 0,15 %. Au 31/12/2019, il était fixé à 3.9% tandis qu'à partir du 1^{er} janvier 2020 sa valeur est de 3.75%.

Il est calculé comme la somme :

- Du taux d'inflation attendu : La Banque Centrale Européenne a pour objectif d'atteindre une inflation de 2% dans la zone euro par an ;
- Du taux réel attendu qui correspond au rendement moyen observé sur un historique de données.

$$R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_{1960+i}$$

Où :

- n est le nombre d'année depuis 1960 ;
- r_{1960+i} est le taux réel annuel pour l'année 1960+i

Pour chaque année, le taux d'intérêt réel annuel est calculé comme suit :

$$\text{taux réel} = \frac{(\text{taux court nominal} - \text{taux d'inflation})}{1 + \text{taux d'inflation}}$$

Critère DLT

Conformément à l'article 77 bis de la directive Solvabilité II, la courbe des taux pour chaque devise est construite à partir d'instruments financiers de référence (les swaps, les taux des obligations d'État ou les taux des obligations d'entreprises) issus d'un marché profond, liquide et transparent. Pour l'euro, ce sont les swaps qui servent de référence.

Un marché profond est un marché dans lequel un grand nombre d'actifs peuvent être échangés sans voir le cours s'envoler ou s'effondrer.

Un marché liquide est un marché où les actifs peuvent être facilement convertis par un acte d'achat ou de vente sans provoquer un mouvement significatif dans le prix.

Un marché transparent est un marché dans lequel les informations commerciales et les prix actuels sont facilement accessibles au public.

Une évaluation DLT consiste à déterminer une liste, pour chaque devise, des échéances pour lesquelles le marché des instruments financiers est considéré comme marché profond, liquide et transparent. Pour déterminer le caractère DLT ou non d'un produit à une maturité donnée, l'EIOPA se base sur les critères suivants récupérés sur le logiciel Bloomberg :

- Le spread bid-ask : la différence de prix entre le prix le plus élevé qu'un acheteur paierait et le prix le plus bas pour lequel un vendeur vendrait ;
- Fréquence des échanges : nombre de transactions effectuées dans un délai défini. Un nombre moyen quotidien d'échange minimum de 10 pour les swaps ;
- Volume des échanges : Un montant notionnel moyen quotidien d'échange de 50 millions d'euros minimum pour les swaps ;
- Évaluation des grandes transactions et mouvements des prix ;
- Nombre de sources de prix disponibles (Bloomberg, Refinitiv, Reuters...) et nombre de cotations de prix par des courtiers en bourse.

Voici comme exemple le graphe du nombre moyen quotidien d'échange par maturité des swaps pour l'euro en 2016 et 2017 :

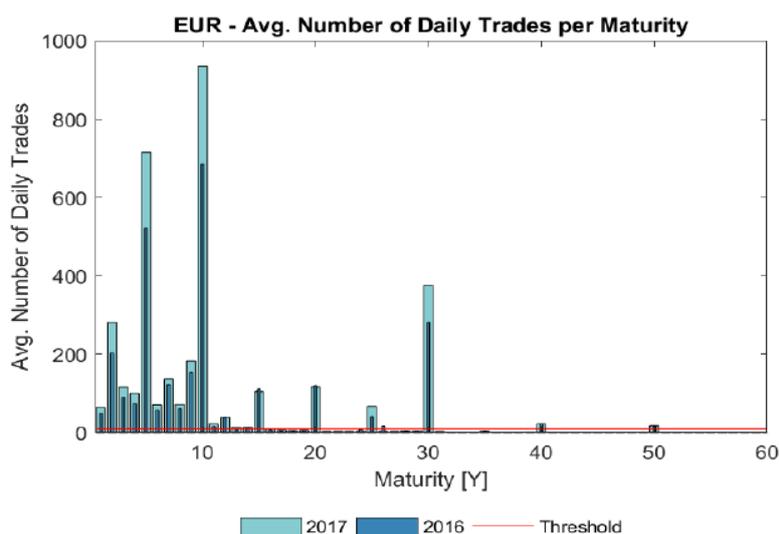


Figure 13 : Volume d'échange moyen des swaps Euro

Pour les maturités de 1 à 15 ans, ainsi que pour les maturités 20, 25, 26, 30, 40 et 50 ans, le seuil du nombre moyen quotidien de 10 transactions est atteint ou dépassé.

Maturité	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21-24	25	26-29	30	31-34	35	36-39	40	41-44	45	46-49	50
EUR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
CHF	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CZK	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
HRK	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NOK	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PLN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SEK	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figure 14 : Évaluation DLT par maturité de certaines monnaies de l'EEE dont les structures à terme sont basées sur les taux de swap (1=DLT, 0=pas DLT) au 31/12/2019

L'évaluation DLT est un exercice exigeant et est réitérée annuellement. En effet, déterminer la liquidité objectivement n'est pas une question simple. Par exemple, les données sur les volumes de transactions ne sont pas toujours disponibles à partir des sources habituelles de données financières parce que les transactions ont souvent lieu de gré à gré (OTC : Over the Counter en anglais), c'est-à-dire directement entre les parties plutôt que sur une place boursière. De plus, la liquidité dépend des conditions du marché. Cependant, à l'exception de situation de crise, des changements violents dans les résultats de l'évaluation du critère DLT ne semblent pas plausibles. Le tableau ci-dessus devraient ainsi rester stable au cours du temps.

Last Liquid Point

Le LLP est le point de départ de convergence de la courbe des taux. Pour l'euro, il est déterminé par le critère de volume résiduel d'obligations. Pour les autres monnaies de l'EEE, le LLP a été choisi en accord avec les résultats de l'évaluation DLT (voir tableau ci-dessus) : C'est la plus longue maturité pour laquelle les taux d'intérêts sans risque peuvent être issus d'un marché profond, liquide et transparent. Par exemple, pour le Franc Suisse (CHF), le LLP est la maturité 25 ans.

Pour l'euro, le LLP est déterminé par le critère de volume résiduel comme suit : Il s'agit de la plus grande maturité T répondant au critère DLT pour laquelle la proportion du volume d'échange d'obligations *investment-grade* (notées de AAA à BBB-) à échéance T ans ou plus est supérieur à 6%. Ce critère doit être calculé à partir d'une base de données complète pour les obligations libellées en euros. La base de données comprend des obligations d'État et des obligations dites corporates (c'est-à-dire émises par des entreprises), financières et non financières.

Dans le graphique ci-dessous, on donne un exemple de ce que pourrait être la répartition des échanges obligataires par maturité pour l'euro. Les maturités DLT sont affichées en bleu, et les maturités non DLT sont de couleur orange. D'après le critère de volume résiduel, la maturité 20 ans est la plus grande maturité DLT pour laquelle le volume cumulé des obligations échangés avec une maturité supérieure ou égale est au-dessus au seuil de 6%.

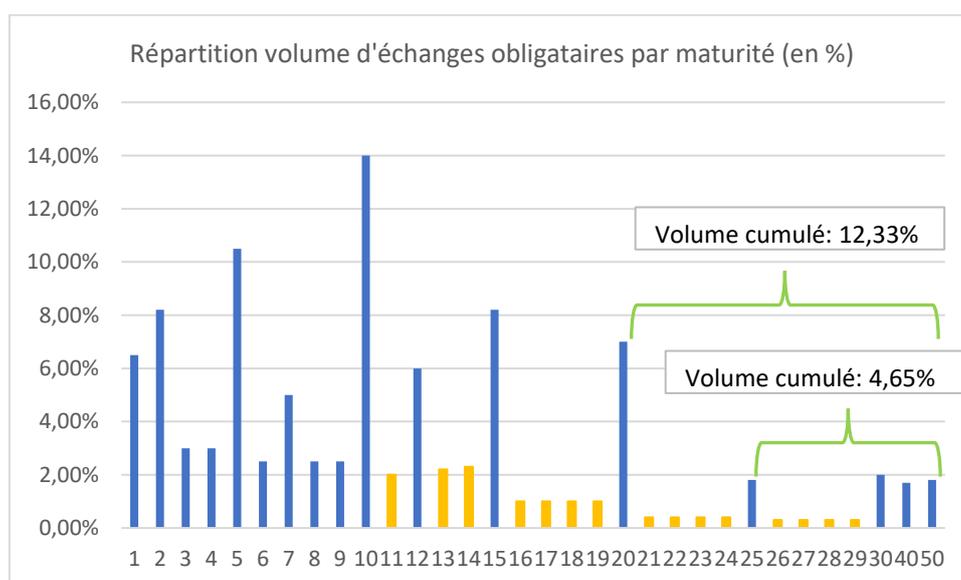


Figure 15 : Exemple répartition volume des échanges obligataires Euro

Dans le tableau ci-dessous, les lettres identifient les instruments utilisés par devise pour construire la courbe des taux sans risque : S=swap de taux d'intérêts, B=obligation d'état, Vide=pas de marché DLT disponible pour cette maturité.

La dernière case non vide définit le LLP. Aucune donnée de marché au-delà du LLP n'est utilisée pour la construction de la courbe des taux. Par conséquent, pour l'euro, aucune autre inscription après le LLP n'est indiquée dans le tableau, même si des échéances (25, 30, 40 et 50 ans) au-delà du LLP peuvent être considérées comme répondant aux critères DLT.

Maturité	EUR	CHF	CZK	GBP	HRK	NOK	PLN	SEK
1	S	S	S	S	B	S	B	S
2	S	S	S	S	B	S	B	S
3	S	S	S	S	B	S	B	S
4	S	S	S	S	B	S	B	S
5	S	S	S	S		S	B	S
6	S	S	S	S		S	B	S
7	S	S	S	S		S	B	S
8	S	S	S	S		S	B	S
9	S	S	S	S		S	B	S
10	S	S	S	S	B	S	B	S
11		S		S				
12	S	S	S	S				
13		S		S				
14		S		S				
15	S	S	S	S				
16-19				S				
20	S	S		S				
25		S		S				
30				S				
35,40,45,50				S				

Figure 16 : Instruments financiers utilisés pour la détermination de la courbe des taux sans risque pour les devises de l'EEE au 31/12/2019

Construction de la courbe ZC par la méthode de Smith-Wilson

L'objectif de la méthode de Smith Wilson est d'estimer la fonction de prix $P(t)$ des zéro-coupon pour toutes les maturités $t > 0$ grâce à la résolution d'un système d'équation. La courbe de taux zéro-coupon est ajustée selon les prix observés d'instruments financiers, avec en paramètre d'entrée le taux forward à long terme ultime (UFR). Pour tout instrument utilisé en entrée, son prix de marché à la date de valeur, ainsi que les dates et le montant de ses Cash Flows jusqu'à maturité sont connus.

Avant toute chose, une fonction de prix $P(t)$ doit satisfaire les propriétés suivantes :

- P est une fonction positive.
- $P(t = 0) = 1$
- P passe par tous les points observés
- P est dérivable jusqu'à un certain degré
- $\lim_{t \rightarrow \infty} P(t) = 0$

La fonction de prix $P(t)$ sous Smith Wilson est définie, pour tout $t > 0$, comme la somme :

- ✓ D'un terme e^{-UFR*t} qui a le rôle d'un facteur d'actualisation asymptotique quand t tend vers l'infini.
- ✓ D'une combinaison linéaire de N fonctions noyau notées $K(t)_i, i = 1, \dots, N$ (où N est le nombre d'instruments en entrée), dont la formule analytique est donnée plus bas. Chacune d'entre elles tient compte des données de marché et des deux arguments suivants :
 - Le taux forward ultime (UFR),
 - La vitesse de convergence de la courbe des taux forward vers l'UFR, à savoir α .

La fonction de prix proposée par Smith-Wilson se présente ainsi sous la formule ci-dessous :

$$P(t) = e^{-UFR*t} + \sum_{i=1}^N \zeta_i * \left(\sum_{j=1}^J c_{i,j} * W(t, u_j) \right), t > 0$$

Les fonctions symétriques dites de Wilson notées $W(t, u_j)$ sont définies de la manière suivante :

$\forall j \in 1, \dots, J :$

$$W(t, u_j) = e^{-UFR*(t+u_j)} * \left\{ \alpha * \min(t, u_j) - 0.5 * e^{-\alpha*\max(t, u_j)} * (e^{\alpha*\min(t, u_j)} - e^{-\alpha*\min(t, u_j)}) \right\}$$

Les fonctions noyau $K_i(t)$ sont définies selon la formule ci-dessous :

$$K_i(t) = \sum_{j=1}^J c_{i,j} * W(t, u_j), t > 0, i = 1, \dots, N$$

La fonction de prix $P(t)$ est une combinaison linéaire de toutes les fonctions noyau. Chacune d'entre elles est spécifique à un instrument en entrée car elles dépendent des données (montants et dates des différents cash-flows) issues d'un seul instrument financier ainsi que des paramètres en entrée (l'UFR et α).

La détermination de la fonction de prix de Smith-Wilson passe d'abord par la résolution d'un système à N équations liant les prix de marché des N instruments observés à leurs cash-flows actualisés aux prix zéro-coupons des maturités correspondantes.

Pour chacun des N instruments financiers, on note par la lettre J le nombre de dates de versement de cash-flows. Ainsi, l'ensemble des données en argument contient :

- Les prix de marché m_i des N instruments i ($i=1, \dots, N$) à la date de valeur.
- Les dates de versement de cash-flows u_1, \dots, u_j de chaque instrument.
- Les cash-flows $c_{i,1}, \dots, c_{i,J}$ générés par l'instrument i aux dates respectives u_1, \dots, u_j .
- Si aucun paiement de cash n'a lieu à la date $t = u_j$, on pose $c_{i,j} = 0$.
- ζ_i ($i = 1, \dots, N$), les paramètres permettant le bon calibrage de la courbe des taux de rendement.

Ainsi, à partir des facteurs d'actualisation $P(u_1), \dots, P(u_j)$, exprimés par la formule des prix $P(t)$, et les flux de cash flows $c_{i,1}, \dots, c_{i,j}$ aux dates respectives u_1, \dots, u_j , le prix de l'instrument i est donné par:

$$m_i = \sum_{j=1}^J c_{i,j} * P(t, u_j), i = 1, \dots, N$$

Le système d'équations linéaires évoqué plus haut se présente ainsi :

$$\left\{ \begin{array}{l} m_1 = \sum_{j=1}^J c_{1,j} * P(u_j) = \sum_{j=1}^J c_{1,j} * \left(e^{-UFR * u_j} + \sum_{l=1}^N \left(\zeta_l * \sum_{k=1}^J c_{l,k} * W(u_j, u_k) \right) \right) \\ \vdots \\ m_i = \sum_{j=1}^J c_{i,j} * P(u_j) = \sum_{j=1}^J c_{i,j} * \left(e^{-UFR * u_j} + \sum_{l=1}^N \left(\zeta_l * \sum_{k=1}^J c_{l,k} * W(u_j, u_k) \right) \right) \\ \vdots \\ m_N = \sum_{j=1}^J c_{N,j} * P(u_j) = \sum_{j=1}^J c_{N,j} * \left(e^{-UFR * u_j} + \sum_{l=1}^N \left(\zeta_l * \sum_{k=1}^J c_{l,k} * W(u_j, u_k) \right) \right) \end{array} \right.$$

Après plusieurs factorisations, il devient :

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^J c_{1,j} * P(u_j) = \sum_{j=1}^J c_{1,j} * e^{-UFR * u_j} + \sum_{l=1}^N \left(\sum_{k=1}^J \left(\sum_{j=1}^J c_{1,j} * W(u_j, u_k) \right) c_{l,k} \right) \zeta_l \\ \vdots \\ \sum_{j=1}^J c_{i,j} * P(u_j) = \sum_{j=1}^J c_{i,j} * e^{-UFR * u_j} + \sum_{l=1}^N \left(\sum_{k=1}^J \left(\sum_{j=1}^J c_{i,j} * W(u_j, u_k) \right) c_{l,k} \right) \zeta_l \\ \vdots \\ \sum_{j=1}^J c_{N,j} * P(u_j) = \sum_{j=1}^J c_{N,j} * e^{-UFR * u_j} + \sum_{l=1}^N \left(\sum_{k=1}^J \left(\sum_{j=1}^J c_{N,j} * W(u_j, u_k) \right) c_{l,k} \right) \zeta_l \end{array} \right.$$

Ce qui peut s'écrire vectoriellement :

$$m = Cp = C\mu + (CWC^T) \zeta$$

Où :

$$\left\{ \begin{array}{l} m = (m_1, \dots, m_N)^T \\ p = (P(U_1), \dots, P(U_J))^T \\ C = \begin{bmatrix} c_{1,1} & \dots & c_{1,j} & \dots & c_{1,J} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{i,1} & \dots & c_{i,j} & \dots & c_{i,J} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{N,1} & \dots & c_{N,j} & \dots & c_{N,J} \end{bmatrix} \\ \mu = (e^{-UFR * u_1}, \dots, e^{-UFR * u_J}) \\ \zeta = (\zeta_1, \dots, \zeta_N)^T \\ W = \begin{bmatrix} w(u_1, u_1) & \dots & w(u_1, u_j) & \dots & w(u_1, u_J) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w(u_i, u_1) & \dots & w(u_i, u_j) & \dots & w(u_i, u_J) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w(u_J, u_1) & \dots & w(u_J, u_j) & \dots & w(u_J, u_J) \end{bmatrix} \end{array} \right.$$

$W = (w(u_i, u_j))_{i=1, \dots, J; j=1, \dots, J}$ est la matrice de taille J x J des fonctions de Wilson tandis que la matrice de taille N x J des cash-flows est $C = (c_{i,j})_{i=1, \dots, N; j=1, \dots, J}$.

On peut alors déterminer ζ dans le cas où CWC^T est inversible :

$$\zeta = (CWC^T)^{-1} * (m - C\mu)$$

Si ce n'est pas le cas, l'EIOPA cherche des valeurs de paramètre pour ζ de façon à ce que l'équation : $m = C\mu + (CWC^T) \zeta$ soit « presque » satisfaite.

En réinjectant les paramètres ζ_1, \dots, ζ_N dans la fonction de prix $P(t)$ on obtient le prix du zéro-coupon pour toutes les maturités et donc les taux ZC à toute date $t > 0$.

Construction de la courbe forward

Pour rappel, la formule du taux forward instantanée est :

$$f(t) = -\frac{\partial \ln P(t)}{\partial t} = -\frac{1}{P(t)} * \frac{\partial P(t)}{\partial t}$$

Pour obtenir le taux forward instantané il est nécessaire de calculer les dérivées $\frac{\partial W}{\partial t}(t, u_j)$.

La dérivée du prix s'écrit :

$$\frac{\partial P}{\partial t}(t) = -UFR * e^{-UFR*t} + \sum_{i=1}^N \zeta_i * \left(\sum_{j=1}^J c_{i,j} * \frac{\partial W}{\partial t}(t, u_j) \right)$$

On pourrait montrer que la fonction $W(t, u_j)$ est dérivable car elle est de classe C^1 et même C^2 , ce qui permet d'affirmer l'existence de la fonction de taux forward instantané.

La dérivée de $W(t, u_j)$ par rapport à t s'écrit :

$$\frac{\partial W}{\partial t}(t, u_j) = -UFR * W(t, u_j) + e^{-UFR(t+u_j)} * \frac{\partial A}{\partial t}(t, u_j)$$

En posant :

$$A(t, u_j) = \alpha * \min(t, u_j) - \frac{1}{2} * e^{-\alpha * \max(t, u_j)} * (e^{\alpha * \min(t, u_j)} - e^{-\alpha * \min(t, u_j)})$$

Ce qui se décompose en :

$$A(t, u_j) = \begin{cases} \alpha t - \frac{1}{2} (e^{-\alpha(u_j-t)} - e^{-\alpha(u_j+t)}), & t < u_j \\ \alpha u_j - \frac{1}{2} (e^{-\alpha(t-u_j)} - e^{-\alpha(u_j+t)}), & t > u_j \end{cases}$$

Il serait facilement démontrable que $A(t, u_j)$ est dérivable en tout point t autre que u_j et que sa dérivée est continue au point u_j .

$$\frac{\partial A}{\partial t}(t, u_j) = \begin{cases} \frac{\alpha}{2} (1 - \frac{1}{2} * e^{-\alpha * u_j} (e^{\alpha * t} - e^{-\alpha * t})), & t < u_j \\ \frac{\alpha}{2} e^{-\alpha * t} (e^{\alpha * u_j} - e^{-\alpha * u_j}), & t > u_j \end{cases}$$

En prenant le cas simple d'un seul actif financier ($N=1$) versant un seul flux ($J=1$) de montant $c_{1,1} = 1$, il est facile de montrer par factorisation, par simplification et par passage à la limite quand $t \rightarrow \infty$ que $f(t)$ tend bien vers l'UFR.

Exemple de flux : le cas des swaps euro

Pour l'euro, les taux swaps observés au 31/12/2019 sont pris comme référence :

Maturité	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20
Taux	-0,32%	-0,29%	-0,24%	-0,19%	-0,13%	-0,06%	0,02%	0,08%	0,15%	0,21%	0,31%	0,46%	0,59%
Prix	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figure 17 : Taux swaps Euro au 31/12/2019

Il y a donc 13 instruments (numérotés de 1 à 13). Les prix étant par convention de 1 pour tous les swaps, voici la matrice des flux C en pourcentage du nominal :

C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	99,68%	-0,29%	-0,24%	-0,19%	-0,13%	-0,06%	0,02%	0,08%	0,15%	0,21%	0,31%	0,46%	0,59%
2	0	99,71%	-0,24%	-0,19%	-0,13%	-0,06%	0,02%	0,08%	0,15%	0,21%	0,31%	0,46%	0,59%
3	0	0	99,76%	-0,19%	-0,13%	-0,06%	0,02%	0,08%	0,15%	0,21%	0,31%	0,46%	0,59%
4	0	0	0	99,81%	-0,13%	-0,06%	0,02%	0,08%	0,15%	0,21%	0,31%	0,46%	0,59%
5	0	0	0	0	99,87%	-0,06%	0,02%	0,08%	0,15%	0,21%	0,31%	0,46%	0,59%
6	0	0	0	0	0	99,94%	0,02%	0,08%	0,15%	0,21%	0,31%	0,46%	0,59%
7	0	0	0	0	0	0	100,02%	0,08%	0,15%	0,21%	0,31%	0,46%	0,59%
8	0	0	0	0	0	0	0	100,08%	0,15%	0,21%	0,31%	0,46%	0,59%
9	0	0	0	0	0	0	0	0	100,15%	0,21%	0,31%	0,46%	0,59%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100,21%	0,31%	0,46%	0,59%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,31%	0,46%	0,59%
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100,31%	0,59%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,46%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,46%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100,46%
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100,59%

Figure 18 : Flux générés par les swaps Euro

Les instruments sont en colonne et les dates de versements des cash-flows en ligne. Les coupons valent le taux swaps, et complétés du nominal à la maturité.

Pourquoi changer d'extrapolation ?

Cette méthode d'extrapolation utilisée sous-estime les passifs d'assureurs ayant des engagements libellés en euros à très long terme. Bien que l'UFR ait chuté de 15 points de base chaque année depuis 2017, l'extrapolation avec la méthode Smith-Wilson signifie l'application de taux d'actualisation sensiblement plus élevés que les taux swap d'échéances de 20 à 50 ans.

De plus, l'écart entre le taux swap à 15 ans et taux swap à 20 ans (les deux dernières données du marché utilisées pour l'euro) est déterminant dans l'évaluation des engagements à très long terme. En effet, le fait que cet écart soit plus ou moins grand entraînera une distorsion de courbe plus ou moins marquée après 20 ans. Dans certains cas, la couverture destinée à améliorer l'équilibre entre les flux d'actifs et de passifs après 20 ans n'est pas nécessairement efficace pour réduire les variations

des actifs nets sous Solvabilité II. La méthode d'extrapolation actuelle n'encourage pas toujours la gestion des risques. L'EIOPA explore plusieurs solutions pour atténuer ces lacunes, y compris la fixation du LLP à 30 ou 50 ans pour la courbe de l'euro. Ces deux options sont possibles car les swaps d'échéances 25, 30, 40 et de 50 ans répondent à la définition de marchés DLT.

Dans le contexte actuel de taux bas, prendre en compte les taux observés des instruments financiers à plus grande maturité conduit à une baisse significative de la courbe des taux sans risque après 20 ans causant l'augmentation de la valeur actualisée des passifs à long terme et la détérioration des ratios de solvabilité des assureurs. Dans les conditions du marché de fin septembre 2019, avec un 3,90%, un flux de 100 € à 40 ans est évalué à 54 € avec un LLP de 20, à 77 € avec un LLP de 30 ans, et à 96 € avec un LLP de 50 ans.

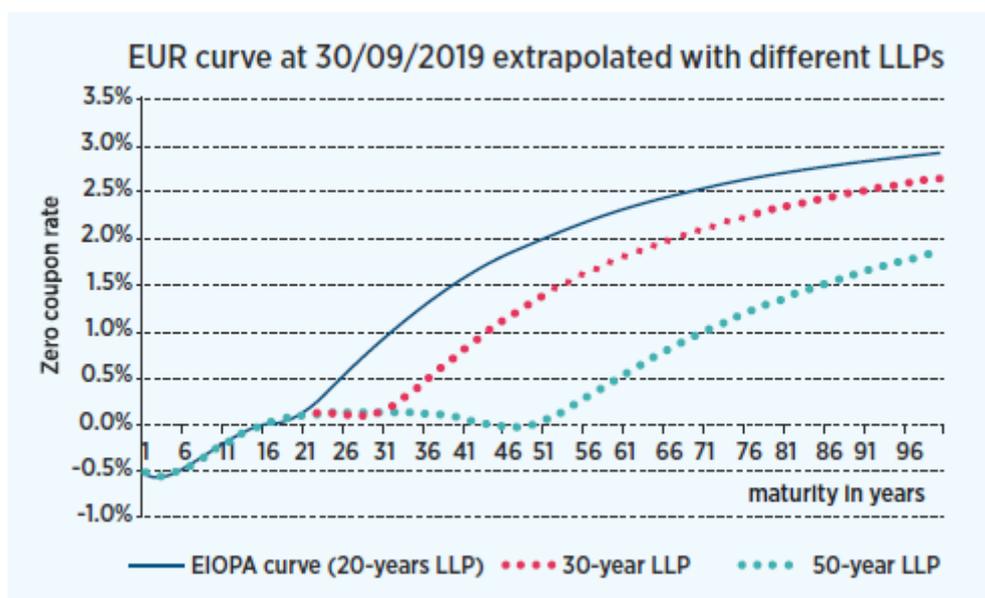


Figure 19 : Courbe des taux Euro extrapolée avec différents LLP

Cependant l'EIOPA a préféré se pencher sur une nouvelle méthode, celle des « points lissés » qui pourrait remplacer la méthode de Smith-Wilson.

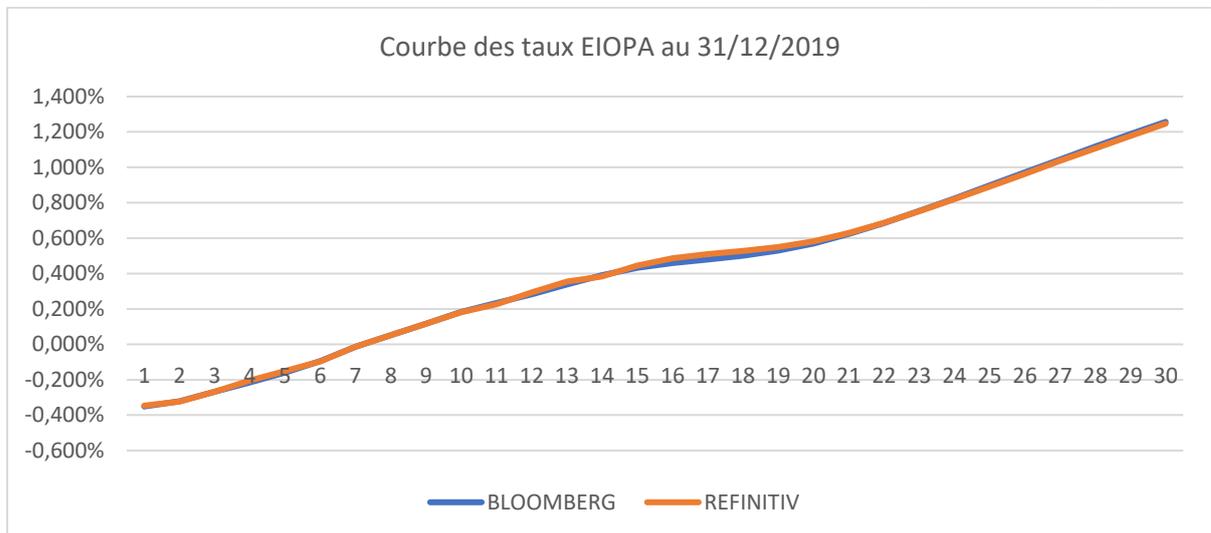
2.2.1.2 Nouvelle méthode d'extrapolation : Points lissés

Cette méthode se différencie totalement de la méthode Smith-Wilson dans la manière d'interpoler et d'extrapoler la courbe, même si les paramètres d'entrée restent quasiment similaires.

La construction de la courbe des taux s'effectue à partir des éléments suivants :

- Le First Smoothing Point (FSP) qui est équivalent au LLP dans la méthode Smith-Wilson et est fixé à 20 ans pour l'euro. C'est la maturité jusqu'à laquelle la courbe sera interpolée et à partir de laquelle est sera extrapolée ;
- L'Ultimate Forward Rate (UFR), qui a la même signification que sous la méthode Smith Wilson ;
- Le Last Liquid Forward Rate (LLFR) qui est présenté plus tard ;
- Un facteur de convergence, qui comme dans la méthode Smith Wilson correspond à la vitesse de convergence de la courbe forward vers l'UFR. Il est fixé à 10% pour l'euro ;

- Des données de marchés d'instruments financiers. La source de référence des données de marché a changé : Désormais, Refinitiv est utilisé à la place de Bloomberg. Pour l'euro, cela entraîne un léger changement des valeurs de marché et un changement des points DLT : Les points 11, 13 et 14 ans viennent s'ajouter aux autres maturités DLT (1 à 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40 et 50 ans). La méthode d'évaluation du critère DLT pour une maturité d'un instrument financier reste la même. Les maturités à partir du FSP sont appelés les « **points de lissage** ».



Sous la méthode des points lissés, l'interpolation et l'extrapolation se font indépendamment, contrairement à la méthode de Smith-Wilson pour laquelle une seule fonction des prix $P(t)$ permettait d'obtenir les points interpolés et les points extrapolés.

L'interpolation : méthode de Bootstrapping

La première étape de la construction de la courbe est l'interpolation :

Jusqu'au premier point de lissage (FSP), fixé à 20 ans pour l'euro, les taux "zéro coupon" en composition annuelle sont calculés étape par étape, en fonction des taux de swap observés sur le marché par la méthode de « bootstrapping » et pour les échéances de swap qui ne répondent pas au critère DLT, les taux zéro-coupons sont interpolés avec l'hypothèse d'un taux forward constant entre les deux échéances liquides aux limites.

Exemple bootstrapping :

Par exemple, à partir des taux swaps 1 et 2 ans connus r_1 et r_2 , on peut en déduire le taux zéro-coupon 2 ans en résolvant :

$$\frac{r_2}{(1+z_1)} + \frac{1+r_2}{(1+z_2)^2} = 1$$

$$\Leftrightarrow z_2 = \sqrt{\frac{1+r_2}{1 - \frac{r_2}{(1+z_1)}}} - 1$$

Sachant que pour le taux swap 1 an, $r_1 = z_1$ car il y a qu'un seul flux : $\frac{1+r_1}{1+z_1} = 1$

Les taux forward 1-an sont calculés comme suit :

$$(1 + z_1)(1 + f_{1,2}) = (1 + z_2)^2$$

Formule de récurrence :

Connaissant r_{n-1} , r_n et z_{n-1} , on peut en déduire z_n :

Par définition du taux swap :

$$\begin{cases} \frac{r_{n-1}}{1 + z_1} + \dots + \frac{1 + r_{n-1}}{(1 + z_{n-1})^{n-1}} = 1 & (1) \\ \frac{r_n}{1 + z_1} + \dots + \frac{r_n}{(1 + z_{n-1})^{n-1}} + \frac{1 + r_n}{(1 + z_n)^n} = 1 & (2) \end{cases}$$

En multipliant (1) par r_n et (2) par r_{n-1} , on a :

$$\begin{cases} \frac{r_{n-1} * r_n}{1 + z_1} + \dots + \frac{r_n + r_{n-1} * r_n}{(1 + z_{n-1})^{n-1}} = r_n & (1) \\ \frac{r_n * r_{n-1}}{1 + z_1} + \dots + \frac{r_n * r_{n-1}}{(1 + z_{n-1})^{n-1}} + \frac{r_{n-1} + r_n * r_{n-1}}{(1 + z_n)^n} = r_{n-1} & (2) \end{cases}$$

En soustrayant les deux expressions :

$$r_{n-1} - r_n = \frac{r_{n-1} + r_n * r_{n-1}}{(1 + z_n)^n} - \frac{r_n}{(1 + z_{n-1})^{n-1}}$$

Ainsi le taux zéro-coupon est :

$$z_n = \left[\frac{r_{n-1}(1 + r_n)}{r_{n-1} - r_n + \frac{r_n}{(1 + z_{n-1})^{n-1}}} \right]^{\frac{1}{n}} - 1$$

Interpolation pour les maturités non DLT :

Au-delà de 15 ans, moins de données de marché sont utilisées :

Par exemple, pour calculer le taux zéro-coupon z_{16} , une hypothèse doit être faite. Il est supposé que le taux forward 1-an est constant entre 15 et 20 ans. Cette hypothèse est raisonnable parce que le forward est en fait une prédiction du taux d'intérêt 1-an 15, 16, etc. ans à l'avance. Il y a peu de raisons de supposer que le marché a une vision sensiblement différente du taux d'intérêt de 1 an dans 15 ans par rapport à 16 ans. En utilisant cette hypothèse, nous pouvons écrire ce qui suit :

$$\begin{cases} (1 + z_{16})^{16} = (1 + z_{15})^{15} * (1 + f_{15,16}) = (1 + z_{15})^{15} * (1 + f_{15,20}) \\ (1 + z_{17})^{17} = (1 + z_{16})^{16} * (1 + f_{16,17}) = (1 + z_{15})^{15} * (1 + f_{15,20})^2 \\ (1 + z_{18})^{18} = (1 + z_{17})^{17} * (1 + f_{17,18}) = (1 + z_{15})^{15} * (1 + f_{15,20})^3 \\ (1 + z_{19})^{19} = (1 + z_{18})^{18} * (1 + f_{18,19}) = (1 + z_{15})^{15} * (1 + f_{15,20})^4 \\ (1 + z_{20})^{20} = (1 + z_{19})^{19} * (1 + f_{19,20}) = (1 + z_{15})^{15} * (1 + f_{15,20})^5 \end{cases}$$

Par la définition du taux swap 20 ans :

$$\frac{r_{20}}{1 + z_1} + \dots + \frac{r_{20}}{(1 + z_{19})^{19}} + \frac{1 + r_{20}}{(1 + z_{20})^{20}} = 1$$

Donc :

$$r_{20} * \left[\sum_{t=1}^{15} \frac{1}{(1+z_t)^t} + \frac{1}{(1+z_{15})^{15}} \sum_{i=1}^5 \frac{1}{(1+f_{15,20})^i} \right] + \frac{1}{(1+z_{15})^{15} * (1+f_{15,20})^5} = 1$$

Un Solver permet de déterminer $f_{15,20}$ et de le remplacer dans les équations au-dessus afin de déterminer z_{16} à z_{20} . De la même manière, on détermine taux forward $f_{20,25}$, $f_{20,30}$, $f_{20,40}$ et $f_{20,50}$ qui seront utilisés dans la prochaine étape pour calculer le LLFR.

Ainsi cette première étape a permis de calculer les taux zéro-coupon et les taux forward 1-an jusqu'au FSP mais également d'estimer les taux forward post-FSP $f_{20,25}$, $f_{20,30}$, $f_{20,40}$ et $f_{20,50}$.

L'extrapolation

Passé le FSP, un Last Liquid Forward Rate est calculé sur la base des taux forward (calculés précédemment) entre le dernier point liquide avant le FSP (15 ans pour l'euro) et le FSP lui-même (20 ans pour l'euro) $f_{15,20}$ et les taux forward dérivés des échéances liquides selon l'évaluation annuelle DLT après le FSP (actuellement 25, 30, 40 et 50 ans pour l'euro). Le LLFR est une moyenne pondérée de ces taux forward convertis en composition continue. Le poids attribué à chaque maturité reflète la liquidité de chaque swap par rapport à la liquidité des swaps des autres échéances.

$$LLFR = w_{20} * f_{15,20} + w_{25} * f_{20,25} + w_{30} * f_{20,30} + w_{40} * f_{20,40} + w_{50} * f_{20,50}$$

Où le facteur de poids w_X est le ratio de V_X , représentant le montant notionnel moyen annuel échangé pour la maturité X , par la somme des montants des cinq maturités :

$$w_X = \frac{V_X}{V_{20} + V_{25} + V_{30} + V_{40} + V_{50}}$$

Pour l'euro, les poids sont :

w_{20}	w_{25}	w_{30}	w_{40}	w_{50}
0,33	0,12	0,48	0,04	0,03

Figure 20 : Poids des taux forwards

Les taux forward en composition continue au-delà du FSP sont ensuite extrapolés selon la formule suivante en fonction de l'UFR et du LLFR :

$$f_{20,20+h} = \ln(1 + UFR) + (LLFR - \ln(1 + UFR)) * B(\alpha, h)$$

Où :

$$B(\alpha, h) = \frac{1 - e^{-\alpha h}}{\alpha h}$$

Où h prend des valeurs allant de 1 an à la maturité souhaitée au-delà du FSP et α , est le facteur de convergence et est fixé à 10%.

Il faut noter que les taux $f_{20,25}$, $f_{20,30}$, $f_{20,40}$ et $f_{20,50}$ sont recalculés et que la fonction $f_{20,20+h}$ converge vers l'UFR et par conséquent le taux forward instantané également.

Ainsi, les taux zéro-coupon continus sont extrapolés comme suit :

$$e^{(20+h)*z_{20+h,c}} = e^{20*z_{20,c}} * e^{h*f_{20,20+h}}$$

Soit :

$$z_{20+h,c} = \frac{20 * z_{20,c} + h * f_{20,20+h}}{20 + h}$$

En composition annuelle, cela donne :

$$z_{20+h} = \exp\left(\frac{20 * z_{20} + h * f_{20,20+h}}{20 + h}\right) - 1$$

On compare ci-dessous la courbe des taux ZC ainsi que la courbe des taux forwards 1-an obtenues par la méthode de Smith Wilson et par la méthode des points lissés au 31/12/2019 :

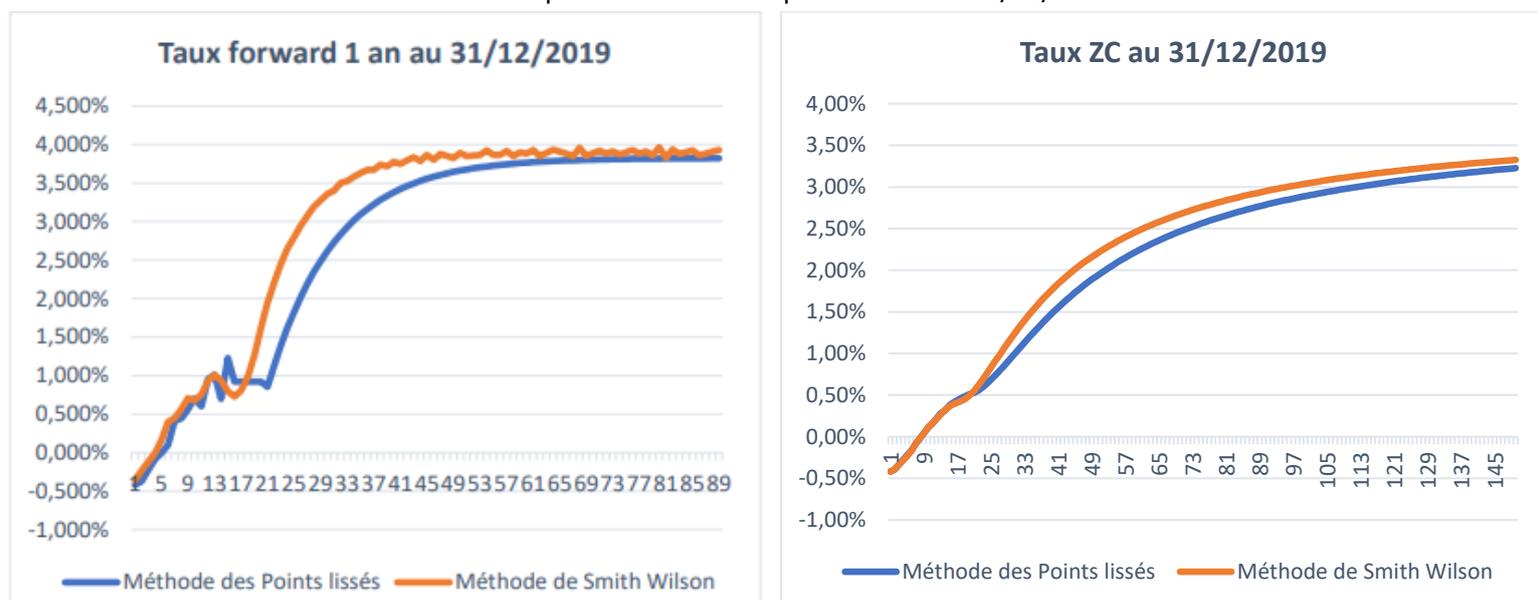


Figure 21 : Comparaison des courbes des taux forwards et ZC par Smith Wilson et Points Lissés

Pour des échéances plus longues de 20 ans, la méthode des « points lissés » entraîne une diminution de la courbe de taux sans risque par rapport à la courbe définie par la méthode Smith-Wilson avec un LLP de 20 ans mais elle s'avère plus élevée qu'une courbe Smith Wilson avec un LLP de 30 ans.

En effet, dans le cadre de la collecte d'information, l'EIOPA demande aux participants de calculer leurs provisions techniques de la même manière que dans le scénario de référence, mais en appliquant pour les passifs libellés en euros une structure à terme des taux d'intérêt sans risque calculé par la méthode de Smith Wilson avec un dernier point liquide de 30 ans. Ce calcul de sensibilité n'est pas inclus dans les scénarios 1 et 2. Pour le 30/06/2020, l'EIOPA fournit les trois courbes suivantes.

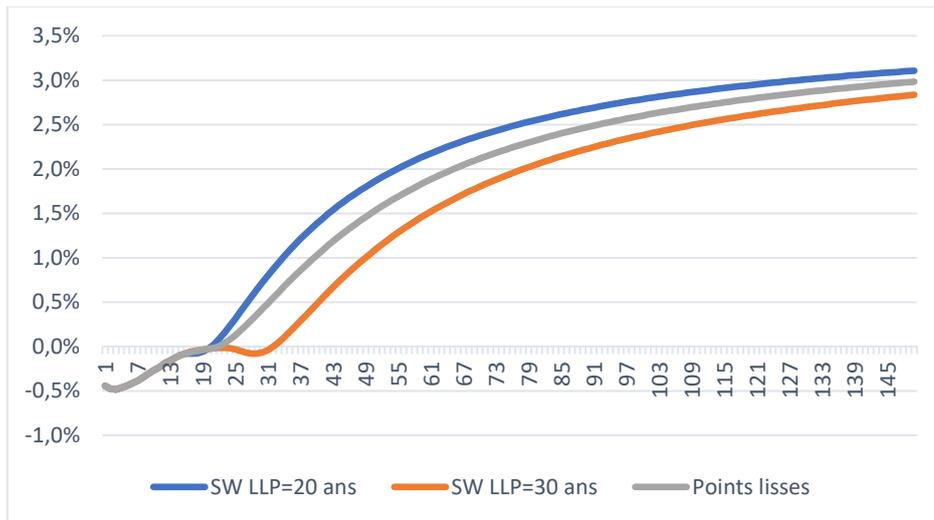


Figure 22 : Courbes des taux ZC Euro au 30/06/2020 extrapolées par les Points Lissés et par Smith-Wilson (LLP de 20 et 30 ans)

Détermination du facteur de convergence α

Contrairement à la méthode de Smith-Wilson pour laquelle le facteur de convergence était calibré de façon à ce que le taux forward instantané atteigne l'UFR au point de convergence, l'EIOPA n'a pour le moment pas fourni d'explication claire sur la manière dont elle a fixé la valeur de ce paramètre. La valeur de 10 % pour l'euro, proche des 13,2% du facteur de convergence de la méthode de Smith-Wilson au 31/12/2019, a sûrement été choisie par prudence, compte tenu du fort impact d'un changement plus important. C'est-à-dire, l'idée était probablement d'obtenir une courbe plus basse sur les longues maturités par rapport à la courbe des taux ZC actuelle mais pas de manière exagérée. Cependant, la taille de ce paramètre pourrait être réévaluée et recalibrée lors d'examen futurs. On présente ci-dessous les courbes des taux forward 1 an et ZC obtenue par la méthode des points lissés avec différentes valeur de α : 2%, 10% et 20%.

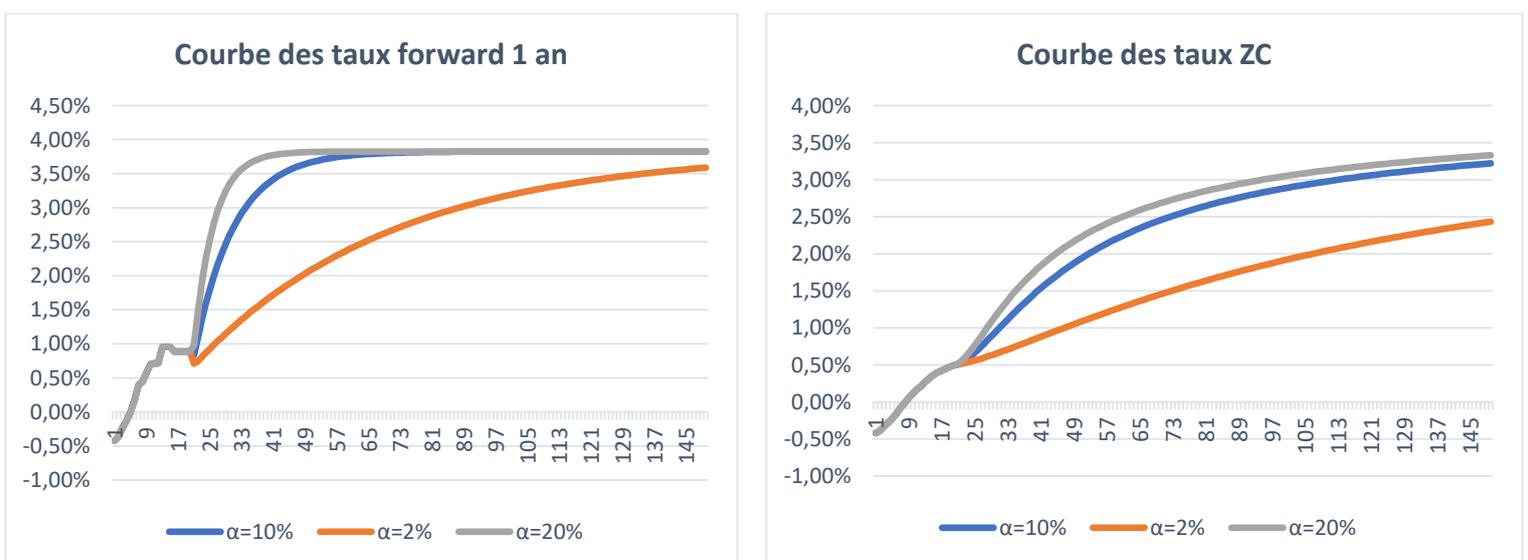


Figure 23 : Courbes des taux forwards et ZC pour différentes valeurs de α

2.2.1.3 Impact du changement de construction de la courbe des taux

La baisse de la courbe des taux à partir de 20 ans entraîne une nette baisse des marges futurs brutes sur les contrats Euro et par conséquent une diminution des éléments éligibles. Cela peut s'expliquer par une baisse plus rapide du taux de rendement des actifs obligataires que le taux servis aux assurés mais également par des facteurs d'actualisation plus grands, donc un *Best Estimate* plus élevé et ainsi des fonds propres plus faibles. Le montant du SCR reste quasiment stable. Le ratio de couverture chute de 7 points de base à 275%.

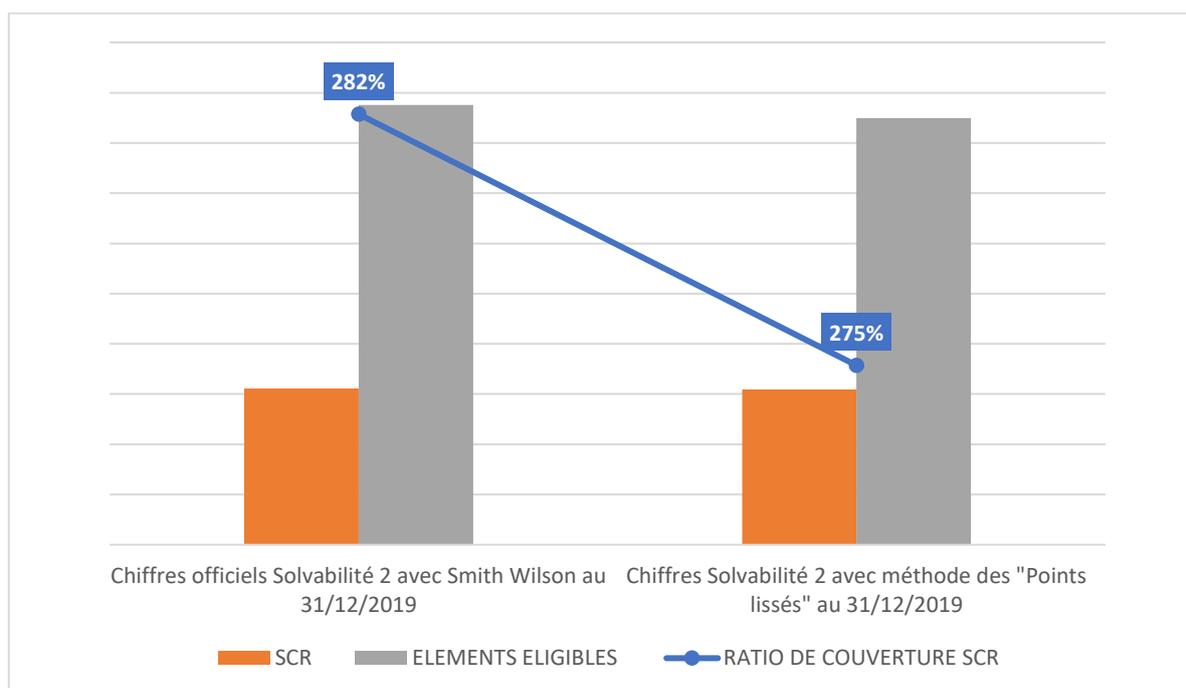


Figure 24 : Impact du changement de construction de la courbe des taux

2.2.2 Volatility Ajustment

Le Volatility adjustment (VA), proposé par l'EIOPA, correspond à un spread d'illiquidité et qui est ajouté à la courbe des taux sans risque que les compagnies d'assurance utilisent pour valoriser leurs engagements. Cet ajustement, positif, vient donc augmenter la courbe des taux sans risque pour diminuer les engagements lors de leur actualisation. Le VA est ajouté à la courbe des taux ZC mais seulement aux maturités jusqu'au LLP inclus. Puis la méthode d'extrapolation converge à partir du LLP vers l'UFR. Ainsi, avant le LLP, il y a un décalage égal au VA entre la courbe construite sans et avec le VA (courbes parallèles), tandis qu'après le LLP, l'écart se réduit au fur et à mesure des maturités car les deux courbes convergent vers le même point, l'UFR.

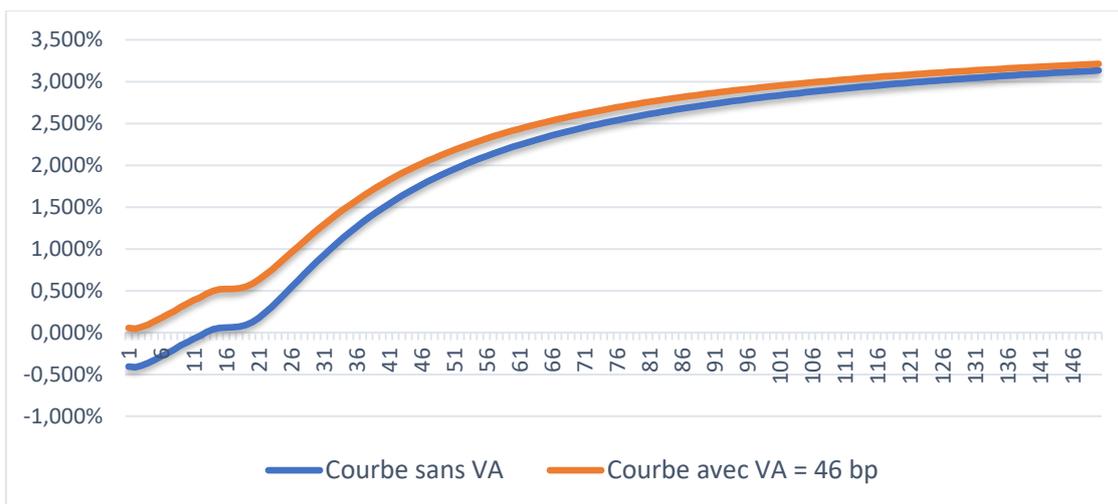


Figure 25 : Exemple de Courbes des taux ZC sans risque avec et sans VA par la méthode de Smith Wilson au 31/03/2020

Nous allons maintenant comprendre pourquoi le VA est ajouté à la courbe des taux sans risque EIOPA et comment il est calculé.

Pourquoi le VA ?

Une correction pour volatilité (ou « ajustement de volatilité ») est calculée par monnaie et est publiée chaque mois par l'EIOPA sur la base d'un portefeuille d'investissement de référence prédéfini. Pour chaque monnaie concernée, le VA est fonction de l'écart entre le taux d'intérêt qu'il serait possible de tirer des actifs inclus dans un portefeuille de référence dans cette monnaie et les taux de la courbe des taux d'intérêt sans risque correspondante dans cette monnaie. Le portefeuille de référence dans une monnaie est représentatif des actifs qui sont libellés dans cette monnaie et dans lesquels les entreprises d'assurance et de réassurance ont investi pour couvrir la meilleure estimation des engagements d'assurance et de réassurance libellés dans cette monnaie.

Le VA traduit le fait qu'une activité d'assurance ne consiste pas à acheter et à vendre des actifs sur le court terme mais à les conserver sur la durée pour payer les engagements envers leurs assurés sous forme de coupons. Les compagnies, sauf en cas de vente d'actifs, sont donc globalement soumises essentiellement au risque de défaut et de migration, et moins au risque de liquidité. Le portefeuille d'un assureur étant en grande partie composé d'obligations soumises au risque de défaut et de liquidité, le VA vise à atténuer la volatilité artificielle des « fonds propres » causée par les marchés obligataires stressés en raison de l'illiquidité. De cette façon, le VA empêche le comportement d'investissement procyclique des assureurs et réassureurs (acheter ou vendre dès que les spreads augmentent ou baisse).

Ainsi, étant donné que les compagnies d'assurance ont des garanties à long terme et visent à détenir leurs actifs en conséquence, la Directive Solvabilité 2 affirme que leurs propres fonds (et leur calcul du capital requis) ne devraient pas être affectés par ces changements temporaires dû à l'illiquidité. Étant donné que leurs actifs dans le bilan de Solvabilité II sont cotés en valeur de marché, SII permet à la place un ajustement pour le calcul du *Best Estimate*, en appliquant un spread additif, la correction pour volatilité, au taux d'actualisation. Cela entraîne une baisse du BE qui vient compenser la baisse des actifs liée à l'illiquidité des obligations.

Schématiquement, le VA est tel que :

$$\sum_{Obligations\ i} \sum_{t \geq 0} \frac{CF_Bond_{i,t}}{(1 + TM_Spd_ill_{i,t})^t} - \sum_{Obligations\ i} \sum_{t \geq 0} \frac{CF_Bond_{i,t}}{(1 + TM_{i,t})^t} \cong \sum_{t \geq 0} \frac{CF_Passif_t}{(1 + R_t)^t} - \sum_{t \geq 0} \frac{CF_Passif_t}{(1 + R_t + VA)^t}$$

Où :

- $TM_{i,t}$ est le taux de marché, c'est-à-dire le rendement de l'obligation i ;
- $TM_Spd_ill_{i,t}$ est le taux de marché, c'est-à-dire le rendement de l'obligation i, sans son spread d'illiquidité : $TM_{i,t} = TM_Spd_ill_{i,t} + Spd_ill_i$;
- $CF_Bond_{i,t}$ est le cash-flow de l'obligation i à la date t ;
- CF_Passif_t sont les cash-flows du passif à la date t ;
- R_t est le taux sans risque à la date t.

En approximant les flux du passif à un seul flux à la duration du passif dur_p , et en supposant le taux sans risque et le VA petit tel que par un développement de Taylor on est :

$$\sum_{t \geq 0} \frac{CF_Passif_t}{(1 + R_t + VA)^t} \cong \frac{\sum_{t \geq 0} CF_Passif_t}{(1 + R_t + VA)^{dur_p}}, \text{ et } (1 + R_t + VA)^{-dur_p} \cong 1 - dur_p * (R_t + VA)$$

Alors le terme de droite est équivalent à :

$$\left(\sum_{t \geq 0} CF_Passif_t \right) * dur_p * VA = Total_CF_Passif * dur_p * VA$$

De même, en notant SL le spread d'illiquidité moyen du portefeuille obligataire, dur_b la duration moyenne, et en considérant tous les flux obligataires à un seul flux à la duration dur_b , on peut faire l'approximation suivante :

$$\sum_{Obligations\ i} \sum_{t \geq 0} \frac{CF_Bond_{i,t}}{(1 + TM_Spd_ill_{i,t})^t} \cong \frac{Total_CF_Bond}{(1 + TM_t - SL)^{dur_b}}$$

Et le terme de gauche vaut : $Total_CF_Bond * dur_b * SL$

On peut donc estimer le VA par :

$$VA \cong SL * \frac{dur_b}{dur_p} * \frac{Total_CF_Bond}{Total_CF_Passif}$$

Or puisque tous actifs autres que les actifs obligataires sont supposés avoir une duration nulle, la duration de l'actif est : $dur_A = w_b * dur_b$ où w_b est le poids du portefeuille obligataire dans le portefeuille d'investissement total d'un assureur. Ainsi :

$$VA \cong SL * \frac{dur_A}{dur_p} * \frac{1}{w_b} * \frac{Total_CF_Bond}{Total_CF_Passif}$$

2.2.2.1 Calcul du VA actuel

Un portefeuille de référence est défini pour chaque devise présente dans l'EEE (Espace économique européen). Pour une devise donnée c, il représente le portefeuille moyen que détiennent les assureurs

dont la devise du pays où est situé le siège social est c. Cependant, le portefeuille peut par exemple contenir des obligations d'états dont la devise nationale est différente de c.

Un VA est déterminé pour chaque monnaie c sur la base du portefeuille correspondant. Nous nous intéresserons seulement à l'euro pour notre étude.

Pour calculer le VA, le portefeuille obligataire de référence est séparé en deux : un portefeuille contenant les actifs obligataires d'états et un contenant toutes les obligations corporates.

Voici la composition du portefeuille de référence pour la devise euro en obligations d'états au 31/12/2019 :

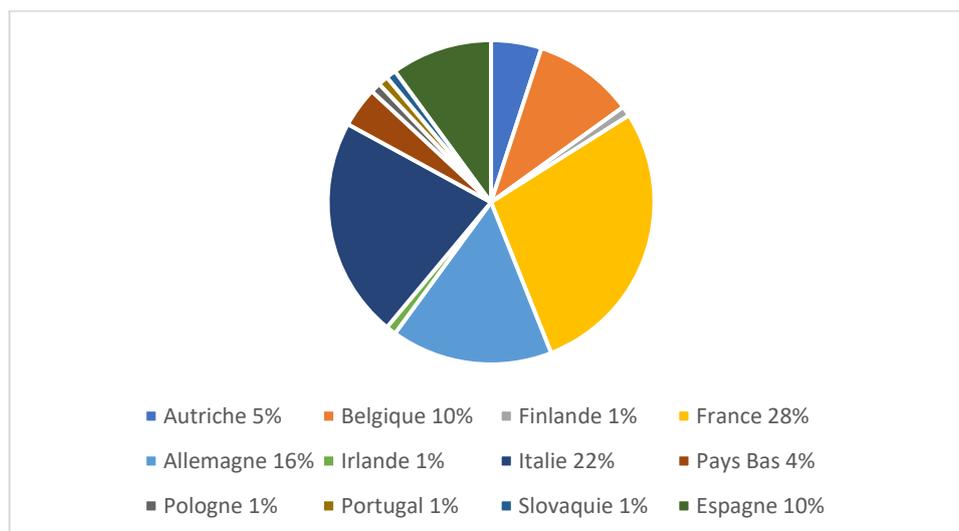


Figure 26 : Composition en obligations d'états du portefeuille de référence pour la devise Euro

Ainsi le portefeuille de référence de l'euro contient des obligations de l'état Polonais (1%) dont la devise est le Zloty.

Les obligations corporates sont catégorisées selon leur secteur économique (financière F ou non financière NF) et selon leur notation (CQS : *Credit Quality Step*) allant de 0 (obligation AAA jugée comme sûr et soumis à un risque de crédit très faible) à 6 (notation CCC : risque de crédit très fort).

Voici la composition du portefeuille de référence pour la devise euro en obligations corporates :

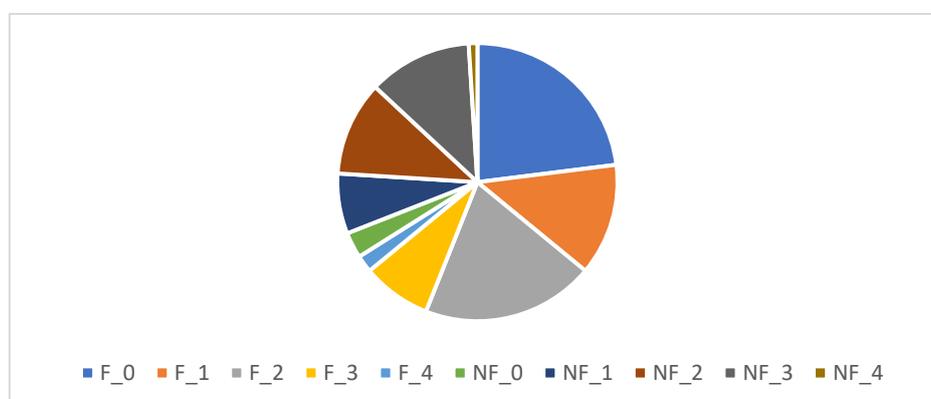


Figure 27 : Composition en obligations de sociétés du portefeuille de référence pour la devise Euro

Les obligations financières AAA (F_0) et A(F_2) sont les plus représentées avec une part de 18% et 22%.

Pour ces deux portefeuilles, deux composantes sont calculées : Un spread obligataire et une composante de correction du risque.

Pour le portefeuille d'obligations d'État, ces deux composantes (spread et correction du risque) sont calculées pour chaque pays du portefeuille. Pour le portefeuille d'obligations corporates, l'EIOPA calcule un spread et une correction du risque spécifiques pour les sociétés non-financières et pour les financières, ainsi que pour chaque catégorie de notation différente.

Le spread obligataire correspond à la différence entre le rendement du marché obligataire et le taux sans risque :

$$Rendement\ obligation = Taux\ sans\ risque + \underbrace{Spread\ Crédit + Spread\ Liquidité}_{Spread\ Obligataire}$$

La composante de correction du risque vise à saisir la partie liée au crédit du spread obligataire :

La correction du risque (RC), conformément à l'article 77d de solvabilité II de la directive Solvabilité II, correspond à la partie du spread attribuable à une évaluation réaliste des pertes attendues (Expected Losses) ou à un événement de crédit inattendu ou à tout autre risque des actifs. Ainsi, conformément à l'article 77c, le RC est actuellement comme suit :

- ✓ Pour le portefeuille d'obligations d'État, l'EIOPA définit pour chaque pays cette correction du risque comme étant égale à 30 % du spread moyen à long terme (Long Terme Average Spread ou LTAS) qui est calculé par année sur un historique de données sur 30 ans :

$$Risk\ Corr_{gov} = Max(30\% * LTA\ spread_{gov}; 0)$$

- ✓ Pour le portefeuille d'obligations corporates, la correction du risque est égale au maximum entre 35 % de la moyenne à long terme du spread obligataire de sociétés représentatives et la somme du spread de crédit correspondant à la probabilité de défaut (PD) et du spread de crédit correspondant à la perte attendue résultant de la dégradation (coût de déclassement du CoD) :

$$Risk\ Corr_{corp} = Max(35\% * LTA\ spread_{corp}; PD + CoD)$$

L'EIOPA considère que 30 ou 35 % du spread moyen à long terme (LTA) ou PD + CoD représente la composante crédit du spread. Par conséquent, le **spread corrigé du risque** de crédit ($S_{RC} = Spread - Risk\ Corr_{gov/corp}$) représente la proportion du spread obligataire découlant des mouvements du marché non liés au crédit. Comme l'illustre la crise financière de 2008, l'élément clé du spread de crédit est lié à la probabilité de défaut de paiement de la contrepartie. Le principal mouvement de marché non lié au crédit est la composante liquidité du spread.

Pour calculer le VA, l'EIOPA a besoin de calculer un spread obligataire et une correction du risque moyen du portefeuille de référence. Pour chaque catégorie d'obligation (état ou société financière ou non-financière) l'EIOPA calcule :

- Un flux de trésorerie unique est projeté pour chaque obligation modèle en fonction de sa durée et en utilisant comme taux de capitalisation le rendement du marché. Cela signifie une projection de flux de trésorerie de 1 euro avec la durée et le rendement du marché de chaque obligation modèle. Par exemple, pour une obligation d'un pays ou d'une société A ayant une durée Dur_A et pour laquelle le taux de marché de maturité Dur_A est R_{Dur_A} le flux est : $(1 + R_{Dur_A})^{Dur_A}$.
- La projection de flux de trésorerie unique pour chaque obligation modèle est répétée, mais en utilisant comme taux de capitalisation le taux sans risque RFR de maturité Dur_A , soit : $(1 + RFR_{Dur_A})^{Dur_A}$.
- Une troisième projection est nécessaire, mais en utilisant cette fois comme taux de capitalisation, le rendement du marché diminué de la correction du risque ($R_{RC_A} = R_{Dur_A} - Risk\ Corr_{gov/corp\ A}$), soit $(1 + R_{RC_A})^{Dur_A}$.

Sur la base des flux de trésorerie calculés ci-dessus, pondérés par la valeur marché relative de chaque obligation modèle dans le portefeuille de référence, EIOPA calcule trois taux effectifs internes (IER) différents pour les obligations d'état et corporates. Ceux-ci correspondent au taux d'actualisation unique qui, lorsqu'il est appliqué aux flux de trésorerie calculés ci-dessus, se traduit par une valeur égale à la valeur agrégée de l'ensemble du portefeuille, c'est-à-dire au taux d'actualisation qui « colle » le mieux à toutes les obligations. Chacun minimise la somme sur toutes les obligations (état ou corporate) :

$$\left(1 - \sum_{\text{Obligations A du ptf}} \frac{\text{poids obligation A} * (1 + \text{Taux}_{i,A})^{Dur_A}}{(1 + IER_i)^{Dur_A}} \right)^2$$

Où $\text{Taux}_{i,A}$ représente soit le taux de marché R_{Dur_A} , le taux sans risque RFR_{Dur_A} ou le taux de marché corrigé du risque $R_{RC_A} = R_{Dur_A} - Risk\ Corr_{gov/corp\ A}$, et pour lesquels on associe respectivement un IER_i :

- ✓ $IER_{Yield\ Market}$: le rendement de marché du portefeuille obligataire ;
- ✓ $IER_{Yield\ RFR}$: le taux sans risque correspondant du portefeuille d'obligations ;
- ✓ $IER_{Yield\ corrected}$: le rendement de marché corrigé du risque par le portefeuille d'obligations génériques (gouvernement ou société).

L'EIOPA calcule ensuite un spread « agrégé » et une correction du risque comme suit :

- Spread du portefeuille État/corporate :

$$Spread_{gov/corp} = IER_{Yield\ Market\ gov/corp} - IER_{Yield\ RFR\ gov/corp}$$

Le spread global du portefeuille est ensuite donné par :

$$Spread_{ptf} = w_{gov} * Max(Spread_{gov}; 0) + w_{corp} * Max(Spread_{corp}; 0)$$

Où w_{gov} et w_{corp} désignent la proportion d'obligations d'État et d'obligations de sociétés dans le portefeuille européen publié par EIOPA.

- Calcul de la correction du risque :

$$Risk\ Corr_{gov/corp} = IER_{Yield\ Market\ gov/corp} - IER_{Yield\ corrected\ gov/corp}$$

La correction du risque globale du portefeuille est ensuite donnée par :

$$Risk\ Corr_{ptf} = w_{gov} * Max(Risk\ Corr_{gov}; 0) + w_{corp} * Max(Risk\ Corr_{corp}; 0)$$

Finalement, le *Volatility Adjustment* est alors égal à 65 % (appelé GAR ou *General Application Ratio*) du spread corrigé du risque :

$$VA = 65\% * (Spread_{ptf} - Risk\ Corr_{ptf})$$

En reprenant l'approximation obtenue précédemment pour le VA :

$VA \cong SL * \frac{dur_A}{dur_p} * \frac{1}{w_b} * \frac{Total_CF_Bond}{Total_CF_Passif}$, la partie $Spread_{ptf} - Risk\ Corr_{ptf}$ correspond au spread de liquidité moyen SL du portefeuille tandis que le GAR représente le rapport de sensibilité à la courbe des taux entre l'actif obligataire et le passif.

Inconvénients du VA actuel

Chaque mois, l'EIOPA publie le VA, qui est calculé sur la base d'un portefeuille de référence prédéfini, représentant l'actif d'un assureur européen moyen. Cependant, cela présente plusieurs lacunes que voici et qu'il serait bon de résoudre pour rendre la « gestion des risques conforme » au VA avec des données entièrement à jour au niveau de l'assureur :

-Risque de base : des différences significatives peuvent être observées entre le portefeuille de référence de l'EIOPA et le portefeuille individuel de placements des assureurs.

-écart de duration : l'écart de duration entre les actifs et les passifs semble être implicitement inclus dans le ratio de 65% ci-dessus, mais peut s'écarter considérablement de la situation de l'assureur et est plutôt fixé au fil du temps tel qu'il est défini à l'article 77d de la directive Solvabilité II.

-Niveau de financement des passifs par des actifs obligataires : le calcul du VA EIOPA prend en compte la répartition de l'actif au sein du portefeuille et le niveau auquel les passifs sont couverts par le portefeuille de titres obligataires en définissant le portefeuille représentatif et les poids respectifs corporate et du étatique. L'EIOPA révise chaque année les portefeuilles représentatifs sur la base des données communiquées par les assureurs européens à leurs superviseurs nationaux dans le cadre de leur rapport annuel de surveillance. Le processus est assez long de sorte qu'il y a un décalage entre les données d'actifs utilisés à des fins de calibrage et leur utilisation effective dans le VA. À titre d'exemple, la mise à jour du portefeuille applicable à partir de fin mars 2018 fait partie de la déclaration annuelle 2017 avec des données sur le marché de l'assurance à la fin de 2016.

-Émissions d'agrégation de données sur les obligations d'état en euros : les rendements des obligations d'État et les LTAS utilisés dans le calcul du VA de l'EIOPA sont les mêmes pour toutes les obligations euro. Ces rendements devraient différer d'un pays à l'autre, afin de saisir adéquatement les différences de liquidité entre les différentes obligations d'État. Une mesure fréquemment utilisée de la liquidité du marché est le volume des transactions sur le marché secondaire. A titre d'exemple, les marchés obligataires d'état espagnol et allemand ont enregistré en 2016 un chiffre d'affaires quotidien moyen d'environ 16 milliards d'euros, alors que pour l'Italie et la Belgique, il ne s'agissait que respectivement de 5 et 7 milliards d'euros. En outre, en 2016, les obligations d'état portugaises et grecques avaient un volume quotidien moyen de négociation inférieur à 1 milliard d'euros. Cela illustre une nette différence de liquidité entre les différentes obligations d'état en euros, qui devraient être reflétées dans le VA.

Nous venons ainsi de constater que le VA actuel calculé uniquement à partir d'un portefeuille européen moyen n'est pas adapté à certains assureurs dont le portefeuille d'actifs possède une composition, une durée et des spreads d'illiquidité obligataire bien différents que ce premier. Un VA non adapté, trop élevé et appliqué sur des flux de très longue durée, réduit le passif dans une proportion excessivement élevée par rapport à la correction de marché observée sur le portefeuille d'investissement. Le nouveau mode de calcul du VA de la revue de Solvabilité 2, plus personnel au profil de l'assureur, a pour but de remédier à cela.

2.2.2.2 Nouvelle méthodologie de calcul du VA

Cette nouvelle méthode de calcul du VA permet d'assurer son application plus en adéquation avec la composition de l'actif de chaque assureur. Une part du VA dépend toujours d'un portefeuille de référence mais désormais l'EIOPA distingue toutes les obligations entre elles, notamment les obligations euro en leur attribuant un spread corrigé du risque propre pour chaque échéance et pour chaque gouvernement en ce qui concerne les obligations d'état. Pour les obligations corporates, un spread corrigé du risque est appliqué pour chaque combinaison de catégorie (financière ou non-financière), de notation et d'échéance.

Le nouveau VA, plus propre à l'assureur, se composera d'un VA permanent qui peut être augmenté par un VA macroéconomique. Le VA macroéconomique est calculé par l'EIOPA comme une augmentation spécifique du pays, et qui est déclenché chaque fois que l'écart du risque corrigé du pays (mesuré sur la base du portefeuille représentatif national) est supérieur à un seuil. A la fin de l'année 2019, ainsi qu'au premier et deuxième trimestre de 2020, la VA macroéconomique n'a pas été déclenchée pour la France.

VA permanent

La formule du nouveau VA permanent est une multiplication de plusieurs ratios et doit être appliquée pour les 5 monnaies les plus importantes du passif de l'assureur. Un VA global sera déterminé en pondérant les différents VA par le poids des passifs dans chacune des devises présentes :

$$VA_{perm} = GAR * AR_4 * AR_5 * Scale_c * S_{RC_c}$$

Le VA permanent se décompose toujours en une partie déterminée à partir d'un portefeuille de référence $GAR * Scale_c * S_{RC_c}$, mais qui est ajustée par deux ratios AR_4 et AR_5 propres à l'assureur.

- Le facteur d'échelle $Scale_c$ est égale à l'inverse de la somme du poids des obligations d'état et corporates dans le portefeuille de référence de la monnaie c :

$$Scale_c = \frac{1}{w_{gov,c} + w_{corp,c}}$$

- Le GAR (General Application ratio) passe désormais de 65% à 85%, augmentant ainsi le VA.

Ratio AR_4

Le ratio AR_4 vise à corriger le gap entre les actifs obligataires et les passifs d'assurance en ce qui concerne la durée et le volume. Il est calculé ainsi :

$$AR_4 = \min \left\{ \frac{PVBP(MV_c^{FI})}{PVBP(BEL_c)} ; 1 \right\}$$

Où :

- MV_c^{FI} est la valeur de marché de l'investissement dans des placements d'obligations dans la devise c ;
- $PVBP(BEL_c)$ est égal à la valeur du prix d'un point de base de la meilleure estimation du passif en devise c ;
- $PVBP(MV_c^{FI})$ est égale la valeur de prix d'un point de base des placements en obligation en devise c.

Plus précisément, $PVBP(BEL_c)$ représente la sensibilité du BE par rapport au VA. Cela signifie que $PVBP(BEL_c)$ est calculé comme la différence entre la valeur de la meilleure estimation des passifs avec et sans ajout de la partie du VA qui ne dépend pas des ratios d'application spécifiques de l'entreprise : $GAR * Scale_c * S_{RC_c}$:

$$PVBP(BEL_c) = \frac{BEL_{i,c}(RFR_c) - BEL_{i,c}(RFR_c + GAR * Scale_c * S_{RC_c})}{GAR * Scale_c * S_{RC_c}}$$

- RFR_c représente la structure de taux d'intérêt sans risque pour la devise c ;
- $RFR_c + GAR * Scale_c * S_{RC_c}$ désigne la structure à terme de taux d'intérêt sans risque, à laquelle un ajustement de volatilité de la taille $GAR * Scale_c * S_{RC_c}$ est appliqué ;
- S_{RC_c} est le spread corrigé du risque d'un portefeuille de référence en devise c uniquement. Son calcul a été revu dans la nouvelle formule du VA (détaillé plus loin) ;
- $Scale_c$ est un facteur d'échelle pour le portefeuille de référence en devise c qui, multiplié par le poids des instruments obligataires, donne 1.

Pour déterminer le $PVBP(BEL_c)$, une réévaluation du BE (après ajout de $GAR * Scale_c * S_{RC_c}$ à la courbe des taux) doit être effectuée en tenant compte de l'effet des bénéfices futurs discrétionnaires (c'est à dire y compris la capacité d'absorption des pertes des provisions techniques). Pour ce calcul,

la valeur des actifs reste inchangée : aucune incidence sur un changement des spreads de crédit sur les actifs de l'assureur ne doit être prise en compte. Les cash-flows sont actualisés avec la nouvelle méthode d'extrapolation de la courbe des taux.

$PVBP(MV_c^{FI})$ est la différence entre la valeur de marché des actifs obligataires avec le spread actuel et avec le spread actuel augmenté de la part du VA qui ne dépend pas des ratios d'application spécifiques de l'entreprise : $GAR * Scale_c * S_RC_c$:

$$PVBP(MV_c^{FI}) = \frac{MV_{i,c}^{FI}(CS) - MV_{i,c}^{FI}(CS + GAR * Scale_c * S_RC_c)}{GAR * Scale_c * S_RC_c}$$

➤ CS (Current Spread) désigne le spread actuel des obligations.

$PVBP(BEL_c)$ et $PVBP(MV_c^{FI})$ représentent respectivement la durée du passif et de l'actif. Le ratio AR_4 pénalise un ajustement $GAR * Scale_c * S_RC_c$ trop important au vu des durées de l'actif du portefeuille et du BE. Il est inférieur à 100% si la baisse du BE est trop importante avec ajout du VA (donc le gain en Fonds propres est trop élevé). Ce ratio ne peut dépasser 100%. Il est possible de fixer l' AR_4 à 100% si l'assureur démontre qu'il ne rentre pas dans le cas pénalisant : lorsque la durée des actifs dépasse la durée du passif et que le volume des titres obligataires se compare au volume de la meilleure estimation, le ratio AR_4 peut être fixé à 1.

Ratio AR_5

Le ratio AR_5 a pour rôle de rendre compte de l'illiquidité du passif.

Les contrats et produits sont classés par catégories appelées « buckets » en fonction de leur illiquidité. Ils existent 3 buckets dont voici les caractéristiques et pour lesquels on associe un facteur d'application propre à chacun :

Catégorie d'illiquidité	Critère	Facteur d'application
Catégorie I : illiquidité élevée (BE_I)	Les passifs des produits qui ne présentent pas d'option d'annulation/de rachat ou qui ne mènent jamais à une perte en fonds propres, et pour lesquels l'impact sur le BE du choc de mortalité est inférieur à 5%.	100% ($AR_{5,I}$)
Catégorie II : illiquidité moyenne (BE_{II})	Les passifs des produits pour lesquels l'impact sur le BE du choc de mortalité et de rachat est inférieur à 5%.	75% ($AR_{5,II}$)
Catégorie III : illiquidité faible (BE_{III})	Les passifs qui ne rentrent pas dans les deux premières catégories	60% ($AR_{5,III}$)

Figure 28 : Critères des différents Buckets

Le premier des Buckets contient par exemple les rentes des produits retraites qui sont considérés comme illiquides car non rachetables.

Après la classification du passif, on calcule les BE de chaque catégorie et le ratio AR_5 est donnée par :

$$AR_5 = \max\left(\min\left(\frac{BE_I * AR_{5,I} + BE_{II} * AR_{5,II} + BE_{III} * AR_{5,III}}{BE_I + BE_{II} + BE_{III}}; 100\%\right); 60\%\right)$$

Ainsi plus l'illiquidité du passif de l'assureur est de catégorie 1, plus le ratio AR_5 et par conséquent le VA augmente.

Dans le cadre de notre étude, ces valeurs ont été déterminées à partir des données au 31/12/2019. Voici la composition de ce ratio :

Catégorie	Poids dans le BE Total	Facteur d'application
Bucket I	1,9%	100%
Bucket II	98,1%	75%
Bucket III	0%	60%
Total	100%	$AR_5 = 75,5\%$

Figure 29 : Répartition des Buckets

Spread corrigé du risque

Pour la détermination du spread corrigé du risque S_{RC_c} l'EIOPA a calculé la correction du risque RC du spread S comme suit :

- Pour les obligations d'État émises par les pays de l'EEE, la correction du risque est :

$$RC = 30\% * \min(S^+; LTAS^+) + 20\% * \max(S^+ - LTAS^+; 0)$$

Les variables S et LTAS sont respectivement le spread actuel moyen et le spread long terme moyen des obligations d'État du portefeuille représentatif de la monnaie c. L'exposant « + » signifie le maximum avec zéro. On remarque que désormais la correction du risque dépend du spread actuel contrairement à l'ancienne formule.

Si $S^+ > LTAS^+$ alors on a une correction du risque de $30\% * LTAS^+ + 20\% * (S^+ - LTAS^+)$ contre $30\% * LTAS^+$ pour l'ancienne formule. On a ainsi une correction du risque plus grande donc un spread du risque corrigé S_{RC_c} plus petit, et par conséquent un VA plus faible également. Ainsi un spread actuel plus fort que le spread moyen à long terme fait baisser le VA et augmenter le *Best Estimate* par une actualisation plus faible. Cela devient le cas notamment en période de crise comme à la fin du premier trimestre 2020.

- Pour les obligations corporates, la correction du risque est :

$$RC = 50\% * \min(S^+; LTAS^+) + 20\% * \max(S^+ - LTAS^+; 0)$$

Les variables S et LTAS sont respectivement le spread actuel moyen et le spread long terme moyen des obligations d'entreprises de différentes catégories (financière ou non-financière), de notations et d'échéances, dans le portefeuille représentatif de la monnaie c.

Comme le calcul du VA actuel, et à l'aide des poids $w_{gov,c}$ et $w_{corp,c}$ des obligations d'états et de société du portefeuille de référence de la monnaie c, on en déduit le spread $Spread_{ptf,c}$, la correction du risque $Risk\ Corr_{ptf,c}$ du portefeuille de référence, ainsi que le spread corrigé du risque S_RC_c :

$$S_RC_{ptf,c} = Spread_{ptf,c} - Risk\ Corr_{ptf,c}$$

Ainsi dans la nouvelle méthode de calcul du VA, on garde toujours une partie dépendant d'un portefeuille représentatif dans les monnaies prépondérantes du portefeuille de l'assureur, et on y ajoute une part plus personnelle liée à l'écart de duration entre l'actif et le passif (ratio AR_4), ainsi qu'à l'illiquidité du passif de l'assureur (ratio AR_5).

VA macroéconomique

Le VA macroéconomique est une composant additif du VA permanent, qui dépend du niveau du spread corrigé du risque du pays j, relativement à la monnaie c. Sa formule est la suivante :

$$VA_{macro,j} = GAR * AR_4 * AR_5 * w_j * \max(S_RC_{c,j} * Scale_{c,j} - 1.3 * S_RC_c * Scale_c; 0)$$

Où :

- $Scale_{c,j}$ est le facteur d'échelle du pays j utilisant la monnaie c ;
- $S_RC_{c,j}$ est le spread corrigé du risque du portefeuille de référence du pays j utilisant la monnaie c ;
- w_j est un composant conçu pour assurer une activation progressive et continue de la composante du pays. Il est égal à 0 lorsque $S_RC_{c,j}$ est inférieur à 60 bps, puis augmente linéairement jusqu'au point où $S_RC_{c,j}$ est égal ou supérieur à 90 bps, où il prend une valeur égale à 1 :

$$w_j = \begin{cases} 0, & \text{si } S_RC_{c,j} \leq 60 \\ \frac{S_RC_{c,j} - 60}{30}, & \text{si } 60 \leq S_RC_{c,j} \leq 90 \\ 1, & \text{si } S_RC_{c,j} \geq 90 \end{cases}$$

Calcul du VA total

Pour un assureur situé dans le pays j, le VA total est la somme $VA_{perm} + VA_{macro,j}$.

Fin décembre 2019, le VA était déterminé à 7 bp par l'EIOPA tandis qu'il est de 15 bp à la suite de l'application de la nouvelle méthode de calcul précédente.

Critiques de la nouvelle méthode de calcul

L'avantage de la nouvelle formule du VA est qu'elle s'adapte mieux au profil de chaque assureur. En termes de duration, plus les dates des flux des actifs correspondent à celles du passif, plus grand sera le VA et moins les fonds propres seront volatils, ce qui est l'objectif à l'origine du VA. De même, une plus grande concentration de passifs illiquides (non rachetables ou non cessibles) doit faire diminuer la volatilité des fonds propres, ce qui est garanti avec la mise en place du ratio AR_5 . Cependant, ce nouveau calcul augmentera la complexité et les coûts de l'application et de la supervision du VA car désormais, ce sont les assureurs et réassureurs qui auront la tâche de calculer leur propre VA.

Retour sur la méthode des Points lissés

Cette partie montre comment est construite la courbe des taux ZC et la courbe des taux forward avec l'ajout du VA par la méthode des points lissés.

Le VA est ajouté aux taux forward jusqu'au FSP par la manière suivante :

$$f_{x,x+y}^{VA} = f_{x,x+y} + VA, \quad x + y \leq FSP$$

Un Last Liquid Forward Rate est alors déterminé par :

$$LLFR^{VA} = w_{20} * f_{15,20}^{VA} + w_{25} * f_{20,25} + w_{30} * f_{20,30} + w_{40} * f_{20,40} + w_{50} * f_{20,50}$$

Les taux forward au-delà du FSP et les taux zéro-coupon qui en découlent sont calculés de la même manière en remplaçant $LLFR$ par $LLFR^{VA}$ dans la formule :

$$f_{20,20+h}^{VA} = \ln(1 + UFR) + (LLFR^{VA} - \ln(1 + UFR)) * B(\alpha, h)$$

Et,

$$z_{20+h}^{VA} = \exp\left(\frac{20 * z_{20} + h * f_{20,20+h}^{VA}}{20 + h}\right) - 1$$

Voilà ce que donne graphiquement le changement de VA sur la courbe des taux zéro-coupon construite par la méthode des points lisses et par la méthode de Smith Wilson au 31/12/2019 :

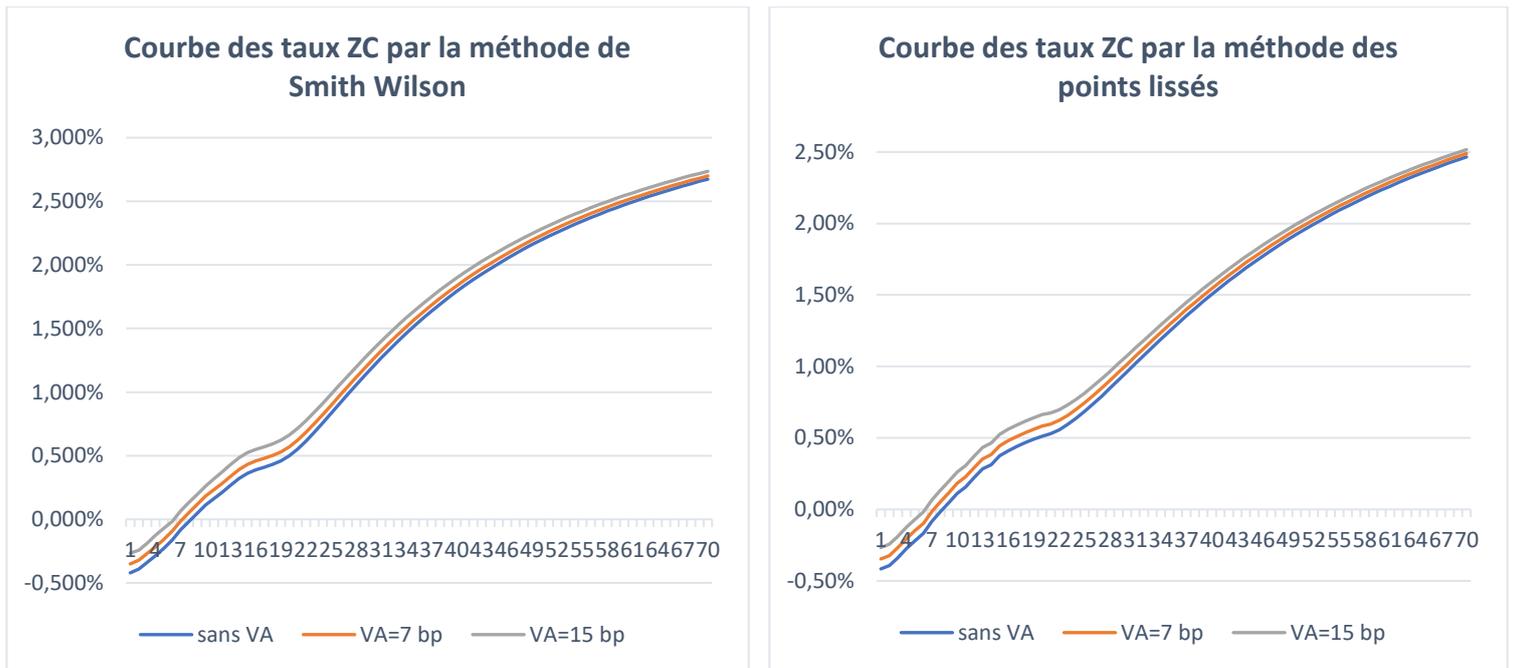


Figure 30 : Figure 30 : Comparaison Courbes des Taux avec et sans VA, extrapolées par Smith Wilson et par les Points lissés

2.2.2.3 Impact du nouveau VA sur le bilan

Voici les principaux impacts sur le bilan du changement de formule du VA uniquement (passage de 7 bp à 15 bp entraînant une hausse de la courbe d'actualisation) au 31/12/2019 :

- Très nette augmentation des marges futures brutes sur les contrats Euro entraînant un accroissement des éléments éligibles ;
- Légère diminution du SCR marché, notamment lié à la baisse du SCR de risque des taux d'intérêts et du SCR du risque de spread ;
- Le taux servi et le taux d'arbitrage UC vers Euro sont en légère augmentation dans les projections ;

Finalement, le SCR baisse légèrement tandis que les éléments éligibles après tiering augmentent davantage faisant croître le ratio de couverture SCR de 282% à 290% :

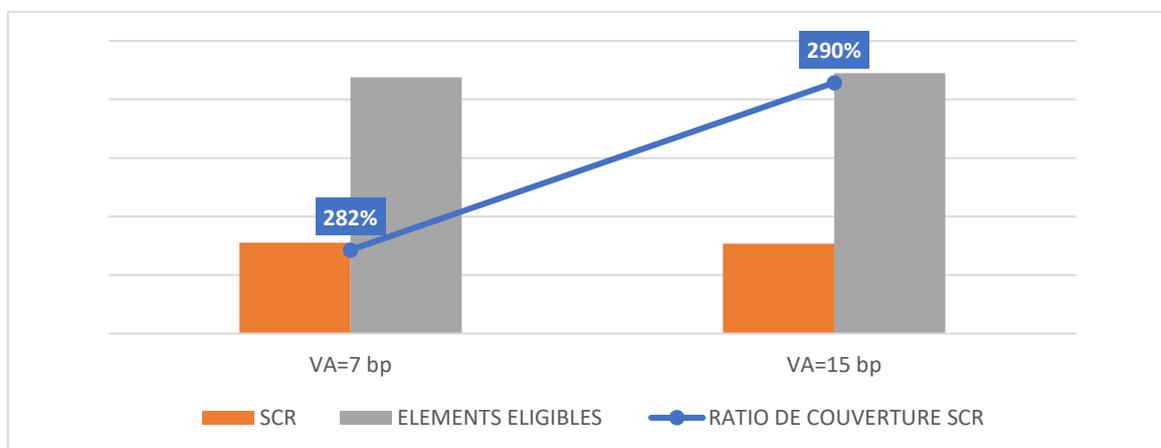


Figure 31 : Impact du nouveau VA sur le bilan

2.2.3 Marge de risque

2.2.3.1 Formule Actuelle

La marge pour risque notée MR, ou *Risk Margin* en anglais, correspond au montant à rajouter en plus du *Best Estimate* pour qu'une « entreprise de référence » accepte de reprendre le passif et d'honorer les engagements. Elle représente une part des éléments éligibles en moins pour l'assureur et forme avec le BEL les provisions techniques.

Elle est calculée selon une approche de coût d'immobilisation du capital :

$$MR = \sum_{t=1}^T 6\% * SCR_t * \prod_{i=1}^{t-1} \frac{1}{1 + fwr_i}$$

Avec fwr_i : le taux *forward* 1-an à la date i . Il s'agit de la courbe des taux *forward* sans le VA.

SCR_t représente le capital de solvabilité requis de l'entreprise de référence après t années et couvre les risques suivants :

- Le risque de souscription relatif aux activités transférées ;
- Le risque opérationnel ;
- Le risque de crédit relatif aux contrats de réassurance, aux véhicules de titrisation, aux intermédiaires, et à toute autre exposition importante étroitement liée aux engagements d'assurance ;
- Le risque de marché (autre que le risque de taux d'intérêt) des actifs choisis de manière à minimiser le capital de solvabilité requis pour le risque de marché auquel l'entreprise de référence est exposée, lorsqu'il est important.

Coût du capital

Le coût du capital (*Cost of Capital ou CoC*) est égal au coût des capitaux propres et est fixé à 6% pour tous les assureurs. Il représente le taux additionnel, supérieur au taux d'intérêt sans risque R_f , qu'une entreprise d'assurance ou de réassurance encourait pour détenir un montant de fonds propres éligibles, égal à l'exigence en capital de solvabilité (SCR) nécessaire pour soutenir les engagements d'assurance et de réassurance pendant la durée de vie de ces engagements.

L'EIOPA a suivi la même approche dans le calcul du taux du COC que celle utilisée par le CEIOPS dans ses conseils techniques en 2009. Cette approche est le modèle d'évaluation des actifs financiers (MEDAF) qui assure une stabilité du taux de CoC au fil du temps et qui comprend :

- Un facteur bêta, qui reflète la performance R boursière du secteur de l'assurance (calculé à partir de 66 groupes d'assurance) par rapport à celle notée R_m d'un marché de référence (l'Eurostoxx) :

$$\beta = \frac{\text{Covariance}(R_m, R)}{\text{Variance}(R_m)}$$

- Une prime de risque action (Equity Risk Premium ou ERP), qui représente le rendement supplémentaire que les investisseurs exigent au-dessus d'un taux sans risque pour investir dans des actions du marché de référence. Elle est déterminée à partir de données des rendements historiques.

$$CoC = R_f + \beta * ERP$$

Le résultat est ajusté pour tenir compte des aspects économiques qui ne sont pas reflétés dans l'estimation MEDAF du COC comme la valeur de la franchise liée aux bénéfices attendus des nouvelles affaires, aux coûts frictionnels d'immobilisation du capital, aux coûts initiaux de l'augmentation du capital.

Estimation des SCR

Le calcul de la marge de risque nécessite un écoulement du SCR jusqu'à extinction des branches d'activités. L'évaluation exacte des SCR futurs pouvant être très complexe, l'ACPR a communiqué, en 2015, plusieurs méthodes simplifiées d'estimation de la marge de risque comme la méthode proportionnelle :

$$SCR_t = SCR_0 * \frac{BEL_t}{BEL_0}$$

Le SCR_0 est calculé par la formule standard que l'on décrit dans la première partie, tandis que les $(BEL_t)_{t \geq 0}$ représente l'évolution du *Best Estimate of Liabilities* au cours du temps jusqu'à extinction des engagements à la date T.

2.2.3.2 Nouveau calcul sous la revue Solvabilité 2

Le calcul de la marge pour risque reste semblable sous la revue S2 mais cependant, l'apparition d'un paramètre lambda inférieur à 1 vient abaisser les SCR futurs et donc le montant de la MR :

$$MR = \sum_{t=1}^T 6\% * SCR_t * \max(\lambda^t, 0.5) * \prod_{i=1}^{t-1} \frac{1}{1 + fwr_i}$$

Un coefficient multiplicatif qui est le maximum entre le paramètre lambda à la puissance des différentes dates t et 0.5, vient de plus en plus réduire le montant des SCR futurs au fil du temps. Le paramètre λ est fixé à 0.975 par l'EIOPA pour le moment. Si on calcule les puissances de 0.975 les SCR sont réduits de moitié à partir de la date $t = 28$ ans ($0.975^{27} = 0.504$ et $0.975^{28} = 0.492$)

Aucune information n'a pour le moment été fourni par l'EIOPA sur l'origine du paramètre lambda et la véritable raison de vouloir diminuer la marge de risque en ajustant sa formule pour tenir compte de la dépendance au temps des risques. Pourtant, dans le document de consultation d'Octobre 2019, l'EIOPA préconisait de ne pas changer la marge de risque malgré les remarques reçues de la part de différents acteurs de l'assurance : Marge de risque trop sensible à la courbe des taux d'intérêts, non prise en compte du VA dans le facteur d'actualisation ou encore un montant de la marge de risque jugé trop élevé ou trop faible par rapport la valeur de transfert réelle des actifs et des passifs lors d'une reprise d'un portefeuille de contrat. Cette différence de valeur peut être due à des conditions commerciales lors du transfert qui ne sont pas pertinentes dans Solvabilité 2 : une entreprise peut acheter un carnet d'affaires avec un rabais afin de pouvoir s'attendre à de futures affaires nouvelles ou peut attribuer une valeur à la marque de l'entreprise qu'elle acquiert (goodwill), ce qui n'est pas

autorisé dans Solvabilité II. Il peut aussi y avoir des effets fiscaux ou des avantages de diversification à la transaction qui n'existent pas lorsque les carnets d'affaires sont considérés séparément.

2.2.3.3 Impact de la nouvelle marge pour risque

La nouvelle formule fait baisser la Risk Margin de près de 20%. Cela a pour conséquences d'augmenter les éléments éligibles de cette différence et de gagner quatre points de ratio de couverture (282% à 286%).

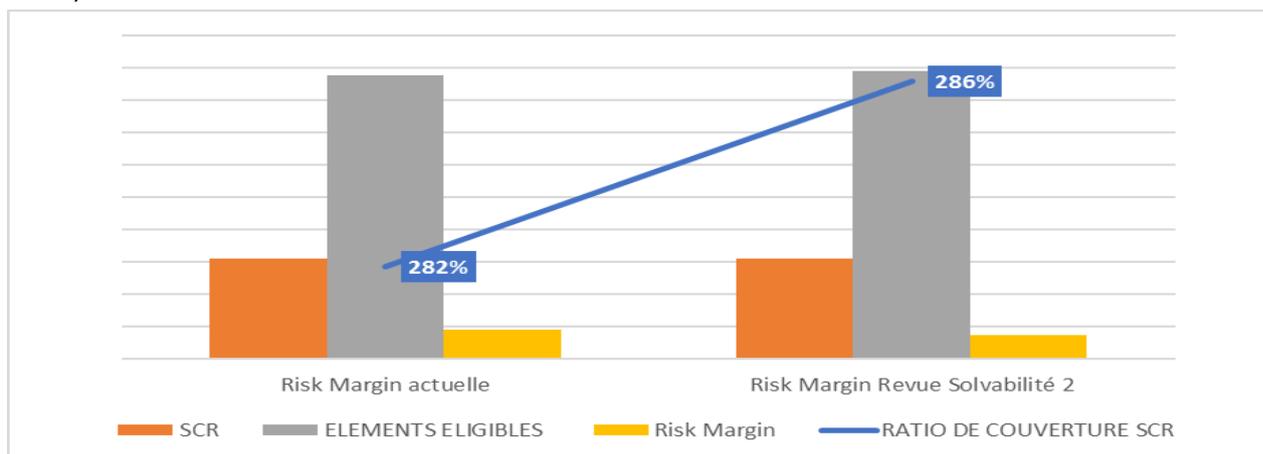


Figure 32 : Impact de la nouvelle marge pour risque

3. Troisième partie : Les changements sur les exigences en capital

3.1 SCR Taux

3.1.1 Chocs de Taux actuels

Le SCR Taux représente le montant en capital à détenir pour faire face à une forte variation de la courbe des taux d'intérêts. Il est calculé comme étant le maximum de la variation de la NAV suite à la survenance de deux scénarios indépendants : un scénario de hausse des taux et un scénario de baisse des taux. Comme nous l'avons vu, les actifs, notamment les obligations, et le *Best Estimate*, via les facteurs d'actualisation et les algorithmes de rachats et d'arbitrage, sont sensibles à la courbe des taux d'intérêts. Les chocs de taux sont actuellement calibrés à partir d'un historique de données, d'une Analyse en Composante Principale (ACP) et des quantiles à 0,5% et 99,5%

Scénario de hausse des taux

Dans le scénario de hausse des taux d'intérêt, un choc multiplicatif décroissant par maturité est appliqué, allant de +70 % pour l'échéance d'un an à +26% pour la maturité 20 ans (LLP), puis étant interpolé linéairement jusqu'à atteindre +20% et rester constant à partir de 90 ans. Avec cependant pour contrainte une augmentation de 1% des taux à toutes les échéances.

Ainsi pour toute maturité t : $r_t^{up} = r_t^{central} + Max(1\%; r_t^{central} * s_t^{up})$

Scénario de baisse des taux

Dans le scénario de baisse des taux d'intérêt, un choc multiplicatif décroissant en valeur absolue par maturité est appliqué, allant de -75% pour l'échéance d'un an à -20% pour les échéances les plus longues en étant interpolé entre la maturité 20 ans et la maturité 90 ans, sauf pour les taux négatifs pour lesquels aucun stress n'est appliqué.

Ainsi pour toute maturité t :
$$\begin{cases} r_t^{down} = r_t^{central}, & \text{si } r_t^{central} < 0 \\ r_t^{down} = r_t^{central} * (1 - s_t^{down}), & \text{sinon} \end{cases}$$

	S _{down}	S _{sup}		S _{down}	S _{sup}									
1	75,00%	70,00%	21	28,87%	25,91%	41	26,30%	24,20%	61	23,73%	22,49%	81	21,16%	20,77%
2	65,00%	70,00%	22	28,74%	25,83%	42	26,17%	24,11%	62	23,60%	22,40%	82	21,03%	20,69%
3	56,00%	64,00%	23	28,61%	25,74%	43	26,04%	24,03%	63	23,47%	22,31%	83	20,90%	20,60%
4	50,00%	59,00%	24	28,49%	25,66%	44	25,91%	23,94%	64	23,34%	22,23%	84	20,77%	20,51%
5	46,00%	55,00%	25	28,36%	25,57%	45	25,79%	23,86%	65	23,21%	22,14%	85	20,64%	20,43%
6	42,00%	52,00%	26	28,23%	25,49%	46	25,66%	23,77%	66	23,09%	22,06%	86	20,51%	20,34%
7	39,00%	49,00%	27	28,10%	25,40%	47	25,53%	23,69%	67	22,96%	21,97%	87	20,39%	20,26%
8	36,00%	47,00%	28	27,97%	25,31%	48	25,40%	23,60%	68	22,83%	21,89%	88	20,26%	20,17%
9	33,00%	44,00%	29	27,84%	25,23%	49	25,27%	23,51%	69	22,70%	21,80%	89	20,13%	20,09%
10	31,00%	42,00%	30	27,71%	25,14%	50	25,14%	23,43%	70	22,57%	21,71%	90	20,00%	20,00%
11	30,00%	39,00%	31	27,59%	25,06%	51	25,01%	23,34%	71	22,44%	21,63%	91	20,00%	20,00%
12	29,00%	37,00%	32	27,46%	24,97%	52	24,89%	23,26%	72	22,31%	21,54%	92	20,00%	20,00%
13	28,00%	35,00%	33	27,33%	24,89%	53	24,76%	23,17%	73	22,19%	21,46%	93	20,00%	20,00%
14	28,00%	34,00%	34	27,20%	24,80%	54	24,63%	23,09%	74	22,06%	21,37%	94	20,00%	20,00%
15	27,00%	33,00%	35	27,07%	24,71%	55	24,50%	23,00%	75	21,93%	21,29%	95	20,00%	20,00%
16	28,00%	31,00%	36	26,94%	24,63%	56	24,37%	22,91%	76	21,80%	21,20%	96	20,00%	20,00%
17	28,00%	30,00%	37	26,81%	24,54%	57	24,24%	22,83%	77	21,67%	21,11%	97	20,00%	20,00%
18	28,00%	29,00%	38	26,69%	24,46%	58	24,11%	22,74%	78	21,54%	21,03%	98	20,00%	20,00%
19	29,00%	27,00%	39	26,56%	24,37%	59	23,99%	22,66%	79	21,41%	20,94%	99	20,00%	20,00%
20	29,00%	26,00%	40	26,43%	24,29%	60	23,86%	22,57%	80	21,29%	20,86%	100	20,00%	20,00%

Pourquoi changer le SCR Taux ?

L'EIOPA est chargée d'évaluer si le calibrage du sous-module du risque de taux d'intérêt avec la formule standard reflète de manière adéquate les risques auxquels sont confrontés les assureurs, compte tenu de l'environnement des taux d'intérêt bas, et au cas où cette analyse indiquerait des failles, conseiller sur la façon de remédier à ces problèmes. Sur la base de plusieurs études, l'EIOPA a conclu que le calibrage actuel sous-estimait gravement le risque et a conseillé de le changer :

- La réalité a montré que des mouvements de taux d'intérêt ont été beaucoup plus forts que ceux fournis par les stress dans le règlement délégué.
- Le fait que l'approche actuelle ne stresse pas les taux négatifs, bien que la réalité ait prouvé que les taux peuvent continuer de diminuer.
- La façon dont les utilisateurs de modèles internes mesurent le risque de taux d'intérêt s'écarte considérablement de la formule standard actuelle.
- L'évaluation d'impact des propositions démontre que le risque est important et que les exigences actuelles en matière de fonds propres ne sont pas suffisantes.
- La méthode proportionnelle/multiplicatif : un taux deux fois plus important sera choqué deux fois plus en terme de variation absolue.

Exemple : $\left\{ \begin{array}{l} \text{Cas 1 : Taux 10 ans} = 2\% \\ \text{Cas 2 : Taux 10 ans} = 4\% \end{array} \right. \xrightarrow{\text{Choc de hausse}} \left\{ \begin{array}{l} 2,84\%, \text{ soit une hausse de } 0,84\% \\ 5,68\%, \text{ soit une hausse de } 1,68\% \end{array} \right.$

Dans la revue l'EIOPA a analysé en profondeur plusieurs approches pour améliorer le calibrage et a recommandé une approche appelée « shifted approach » parce que :

- Il s'agit d'une approche simple et transparente,
- C'est une approche purement axée sur les données,
- Il s'agit d'une approche sensible au risque applicable à tout environnement de taux, y compris un environnement de taux négatifs.

3.1.2 Nouveaux chocs de taux

L'approche consiste en la combinaison d'un coefficient multiplicatif et un coefficient additif. Les chocs pour le scénario de baisse des taux sont plus importants que pour l'approche actuelle. Si elle est adoptée, la nouvelle configuration des chocs de taux aura par conséquent plus d'impact pour les assureurs ayant des engagements long-terme et dont le portefeuille d'actifs affiche une duration courte.

Pour le scénario de hausse, la courbe choquée à la hausse est définie pour toute maturité t par :

$$r_t^{up} = r_t^{central} * (1 + s_t^{up}) + b_t^{up}$$

Pour le scénario de baisse, la courbe choquée à la baisse est définie pour toute maturité t par :

$$r_t^{down} = r_t^{central} * (1 - s_t^{down}) - b_t^{down}$$

Ainsi, même les taux négatifs seraient choqués à la baisse.

Les vecteurs s_t^{up} , b_t^{up} , s_t^{down} , b_t^{down} sont définis dans la table ci-dessous :

	s_t^{down}	b_t^{down}	s_t^{up}	b_t^{up}
1	58,00%	1,16%	61,0%	2,14%
2	51,00%	0,99%	53,0%	1,86%
3	44,00%	0,83%	49,0%	1,72%
4	40,00%	0,74%	46,0%	1,61%
5	40,00%	0,71%	45,0%	1,58%
6	38,00%	0,67%	41,0%	1,44%
7	37,00%	0,63%	37,0%	1,30%
8	38,00%	0,62%	34,0%	1,19%
9	39,00%	0,61%	32,0%	1,12%
10	40,00%	0,61%	30,0%	1,05%
11	41,00%	0,60%	30,0%	1,05%
12	42,00%	0,60%	30,0%	1,05%
13	43,00%	0,59%	30,0%	1,05%
14	44,00%	0,58%	29,0%	1,02%
15	45,00%	0,57%	28,0%	0,98%
16	47,00%	0,56%	28,0%	0,98%
17	48,00%	0,55%	27,0%	0,95%
18	49,00%	0,54%	26,0%	0,91%
19	49,00%	0,52%	26,0%	0,91%
20	50,00%	0,50%	25,0%	0,88%
60	32,86%	0,00%	22,1%	0,00%
90	20,00%	0,00%	20,0%	0,00%

En reprenant l'exemple ci-dessus, la différence de chocs est moins importante.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Cas 1 : Taux 10 ans} = 2\% \\ \text{Cas 2 : Taux 10 ans} = 4\% \end{array} \right. \xrightarrow{\text{Choc de hausse}} \left\{ \begin{array}{l} 3,65\%, \text{ soit une hausse de } 1,65\% \\ 6,25\%, \text{ soit une hausse de } 2,25\% \end{array} \right.$$

Si le Last Liquid Point est gardé à 20 ans, les valeurs de vecteurs S sont interpolées linéairement entre 20 ans et 90 ans, et les valeurs des vecteurs b sont interpolées linéairement entre 20 ans et 60 ans et sont nulles après 60 ans.

Le graphique suivant affiche les courbes hausse taux (ht) et baisse taux (bt) calculées avec la méthode actuelle et la méthode présentée dans la revue de Solvabilité 2 et à partir que la courbe des taux zéro-coupon obtenue au 31/12/2019 par la méthode de Smith Wilson :

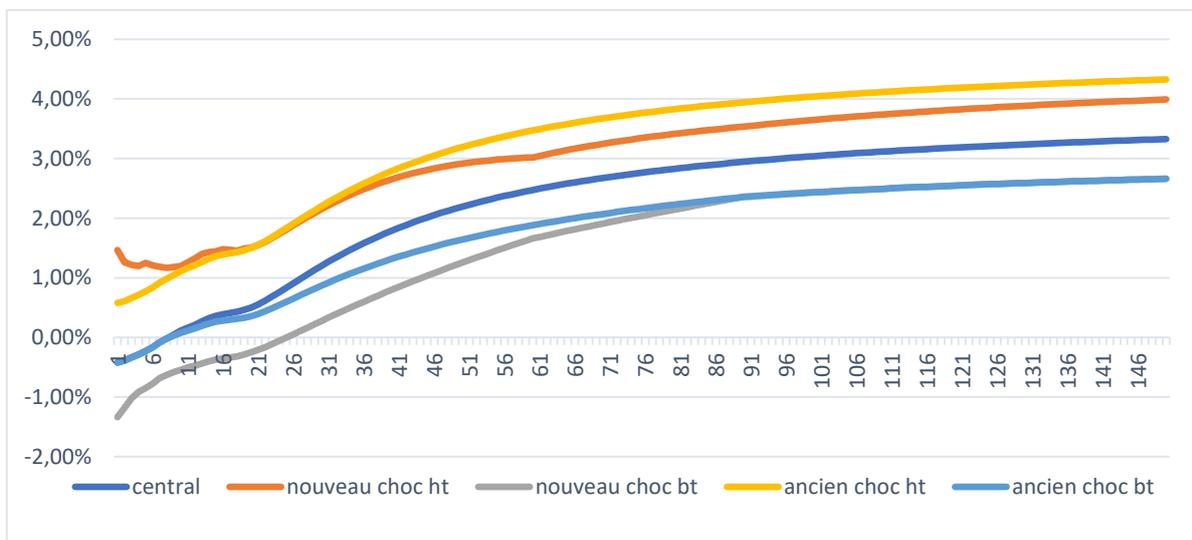


Figure 33 : Nouveaux et chocs actuels sur courbe ZC Smith Wilson sans VA

On peut constater le net écart entre la courbe de baisse des taux actuelle et la nouvelle courbe de baisse des taux obtenue par application des nouveaux chocs recommandés par l'EIOPA. Les nouveaux chocs de hausse des taux conduisent à une courbe de hausse des taux plus haute jusqu'à la maturité 22 ans, puis nettement inférieure sur les maturités les plus longues.

Le graphique suivant reflète mieux les écarts entre la courbe centrale et les courbes hausse taux et baisse taux :

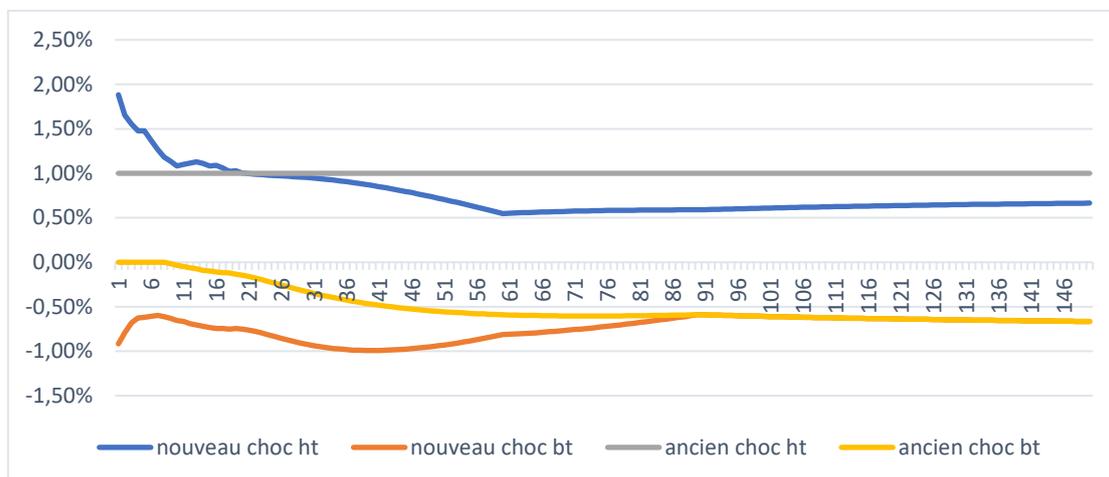


Figure 34 : écart entre la courbe centrale Euro et les courbes choquées au 31/12/2019

3.1.3 Impact du changement des chocs de taux

La modification des chocs de taux a l'impact le plus important sur le bilan parmi tous les points prévus dans la revue de Solvabilité 2. Le ratio de couverture chute de près de 60 points de base à cause de l'explosion du capital requis pour faire face au risque des taux d'intérêts. En effet, au 31/12/2019, le scénario retenu est celui de la baisse des taux car il a un impact plus important sur la NAV que le scénario de hausse des taux. Le SCR net taux d'intérêts a plus que triplé par application des nouveaux chocs des taux.

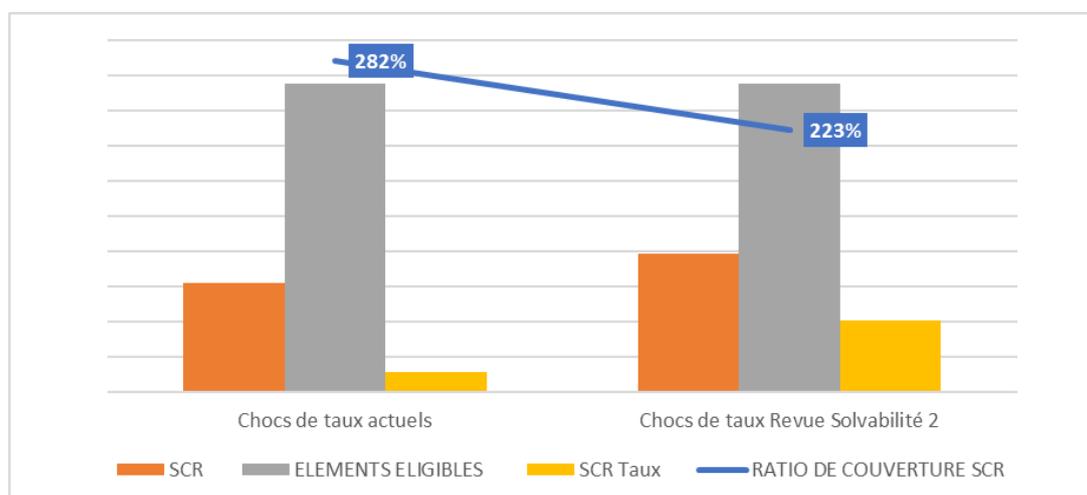


Figure 35 : Impact du changement des chocs de taux

3.2 Autres changements sur les SCR

3.2.1 Corrélation entre le choc baisse taux et spread

La corrélation entre le sous-module de risque de spread et le risque de baisse des taux d'intérêts est diminué de 50% à 25 %. Cela a pour conséquence une baisse du capital requis pour faire face aux fluctuations des marchés financiers, c'est-à-dire une baisse du SCR marché.

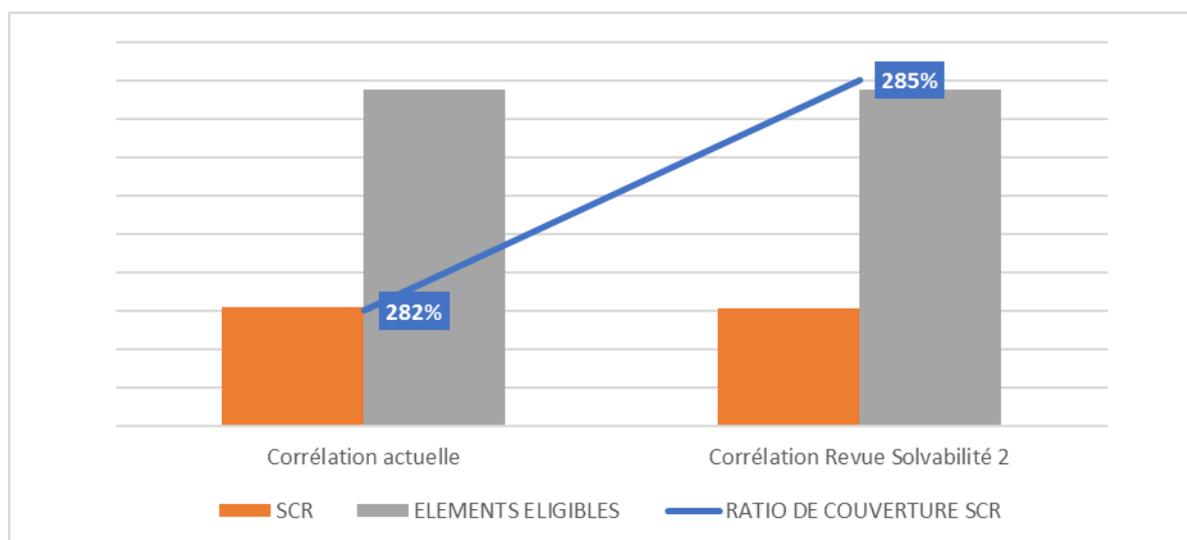


Figure 36 : Corrélation entre le choc baisse taux et spread

Une légère baisse du SCR fait augmenter le ratio de couverture de 3 points de base.

3.2.2 SCR Actions

Un possible assouplissement des critères sur les investissements en actions à long terme, LTEI (*Long Term Equity Investment*) est envisagé dans la revue Solvabilité 2, mais n'est pas inclu dans les scénarios 1 et 2 de la collecte d'information.

Définition des LTEI

En mars 2019, le règlement délégué a fait apparaître une nouvelle classe d'actifs dans la formule standard : les actions détenues sur le long-terme. Sous multiples conditions, cette classe d'actifs a un coût en capital allégé à 22% contre un choc de 39% pour les actions de type 1 et de 49% pour les actions de type 2. Les paramètres d'éligibilité pour un sous-ensemble d'investissements en actions soit classé dans la catégorie LTEI sont rappelés dans l'article 171.a du règlement délégué :

- le sous-ensemble d'investissements en actions ainsi que la période de détention de chacun des investissements en actions qui le composent sont clairement identifiés ;*
- le sous-ensemble d'investissements en actions est inclus dans un portefeuille d'actifs qui est assigné à la couverture de la meilleure estimation d'un portefeuille d'engagements d'assurance ou de*

réassurance correspondant à une ou plusieurs activités clairement identifiées, et l'entreprise d'assurance ou de réassurance conserve cette assignation pendant toute la durée de ces engagements;

Ça peut être le cas, par exemple, de portefeuilles d'actifs de fonds en euro, dédiés à 100% à l'activité d'épargne.

c) le portefeuille d'engagements d'assurance ou de réassurance et le portefeuille assigné d'actifs visés au point b) sont identifiés, gérés et organisés séparément des autres activités de l'entreprise d'assurance ou de réassurance, et le portefeuille assigné d'actifs ne peut être utilisé pour couvrir des pertes résultant d'autres activités de l'entreprise ;

d) les provisions techniques du portefeuille d'engagements d'assurance ou de réassurance visé au point b) ne représentent qu'une partie (50% au maximum) du total des provisions techniques de l'entreprise d'assurance ou de réassurance ;

e) la période de détention moyenne des investissements en actions compris dans le sous-ensemble dépasse cinq ans, ou si la période de détention moyenne du sous-ensemble est inférieure à cinq ans, l'entreprise d'assurance ou de réassurance ne vend aucun investissement en actions compris dans le sous-ensemble jusqu'à ce que la période de détention moyenne dépasse cinq ans;

Du point de vue d'un assureur, les investissements en Private Equity, en infrastructure ou en participations stratégiques sont en général des investissements long-terme pouvant ainsi respecter ce critère-là. En revanche, les actions du CAC 40 ne rentrent pas dans l'optique d'un investissement long-terme.

f) le sous-ensemble d'investissements en actions est uniquement constitué d'actions cotées dans l'EEE ou d'actions non cotées de sociétés qui ont leur siège dans un pays membre de l'EEE;

g) la position de solvabilité et de liquidité de l'entreprise d'assurance ou de réassurance, ainsi que ses stratégies, processus et procédures de déclaration concernant la gestion actif-passif, sont de nature à garantir, à tout moment et en situation de tensions, qu'elle est en mesure d'éviter pendant au moins dix ans la vente forcée de quelque investissement en actions du sous-ensemble que ce soit;

Les assureurs doivent se prouver, par des études, qu'ils peuvent surmonter une période de crise sans vendre ce type d'actions. Les assureurs, ayant un rôle important dans l'économie, sont ainsi encouragés à ne pas aggraver la situation en cas de crise financière en vendant précipitamment et massivement des actions qu'ils détiennent dans leur portefeuille d'actifs.

h) la gestion des risques, la gestion actif-passif et les politiques d'investissement de l'entreprise d'assurance ou de réassurance reflètent l'intention de l'entreprise de détenir le sous-ensemble d'investissements en actions pendant une période qui est compatible avec l'exigence du point e) et montrent sa capacité à satisfaire l'exigence du point g).

Lorsque les actions sont dans des fonds, les conditions énoncées plus haut peuvent être évaluées au niveau des fonds et non au niveau des actifs sous-jacent. Cela peut s'appliquer uniquement pour les catégories de fonds suivants :

- *D'organismes de placement collectif*
- *De fonds d'entrepreneuriat social éligibles au sens 3, b du règlement 346/2013*
- *De fonds capital-risque éligibles au sens 3, b, du règlement 345/2013, autres que les fonds infrastructure*

- *De fonds de type alternatif fermé sans effet de levier*
- *Des organismes agréés en tant que fonds européens d'investissement à long terme*

Les entreprises qui traitent des investissements en actions long terme ne peuvent pas revenir en arrière : Lorsque l'entreprise n'est plus en mesure de respecter les critères cités plus haut, elle doit en informer immédiatement le régulateur et ne plus appliquer le choc à 22% sur les actions long terme pendant 36 mois.

Tous ces critères, trop restrictifs pour les assureurs, pourraient être amenés à changer, ce qui permettrait à ces derniers d'investir et de détenir plus d'actions de type LTEI et ainsi faire baisser leur SCR marché. En effet, le fait qu'un portefeuille d'engagement dépassant les 50% des provisions techniques total ne puisse être couvert par un sous-ensemble d'investissements LTEI ou bien le critère e) qui impose de ne vendre aucune action avant 5 ans, peut interdire les assureurs de classer certains types d'investissements en LTEI.

De plus, par l'importance des assureurs dans le financement de l'économie et en période de taux négatifs, assouplir ces critères donnerait des bonnes alternatives d'investissement.

Nouveaux critères LTEI

La plupart des critères ci-dessus pourraient être modifiés comme suit :

a) Ce point devient : « *Le sous-ensemble d'investissements en actions est clairement identifié* ». La précision sur la période de détention de chacun des investissements en actions qui composent le sous-ensemble n'est plus requise.

b) Point inchangé

c) Point inchangé

d) Point supprimé. Le portefeuille d'engagement couvert n'est ainsi plus limité à la moitié des provisions techniques.

e) Ce point devient : « Une politique d'investissement à long terme est mise en place pour chaque portefeuille d'actions à long terme et reflète l'engagement de l'entreprise à maintenir l'exposition globale en actions dans le sous-ensemble d'investissements en actions pour une période supérieure à 5 ans en moyenne. Les entreprises ne doivent pas utiliser de techniques de trading algorithmique à haute fréquence. Pour la collecte d'information, les entreprises doivent indiquer si cette politique est destinée à être mise en place ».

Autrement dit, la contrainte sur la durée minimum de 5 ans de détention est relâchée, il s'agit maintenant de démontrer la volonté de détention d'une certaine exposition. Cela autoriserait par exemple les « allers/retours » sur les fonds action tant que l'exposition globale est maintenue.

f) Point inchangé

g) La démonstration de la capacité à détenir les actions sur 10 ans y compris en période stressée est modifiée de la sorte que lorsque les entreprises peuvent démontrer que :

- Des groupes de risque homogènes (HRG) particuliers du passif d'assurance-vie et de réassurance appartiennent à la catégorie I définie pour le calcul du VA (voir partie sur la Volatility Adjustment) et la durée du passif dans le présent HRG dépasse 12 ans ou bien que :
- Un coussin de liquidité suffisant est en place pour le portefeuille de passifs d'assurance non-vie et de réassurance ainsi que le portefeuille d'actifs affecté ;

Alors les sous-ensembles d'investissement en actions couvrant les passifs identifiés dans ces deux points peuvent se voir appliqué un choc de -22% à condition que les autres conditions du présent article soient remplies.

Cependant comme nous l'avons vu dans le calcul du VA, le bucket de catégorie I représente seulement 2% du montant du passif de l'entreprise. Donc l'impact serait minime.

h) Un ajout est fait à ce point : « Les éléments du point h) sont communiqués dans l'ORSA des entreprises. Pour la collecte d'information, aucun rapport de ce type n'est demandé ».

i) Nouveau point : Une contrainte sur la bonne diversification du portefeuille est ajoutée afin d'éviter le risque de concentration : « le sous-ensemble des placements en actions doit être correctement diversifié de manière à éviter une dépendance excessive à l'égard d'un émetteur ou d'un groupe particulier d'entreprises et une accumulation excessive de risque dans l'ensemble du portefeuille ».

Dans la collecte d'information, il est demandé en plus aux assureurs vie d'évaluer la sensibilité à une modification du premier point du critère g) révisé, prenant en compte cette fois les passifs des catégories I et II définies pour le calcul du VA. On présente ci-dessous l'impact qui serait provoqué en impliquant un choc de 22% à la valeur de marché des investissements en Private Equity, en infrastructure et en participations stratégiques répondant alors à tous les critères.

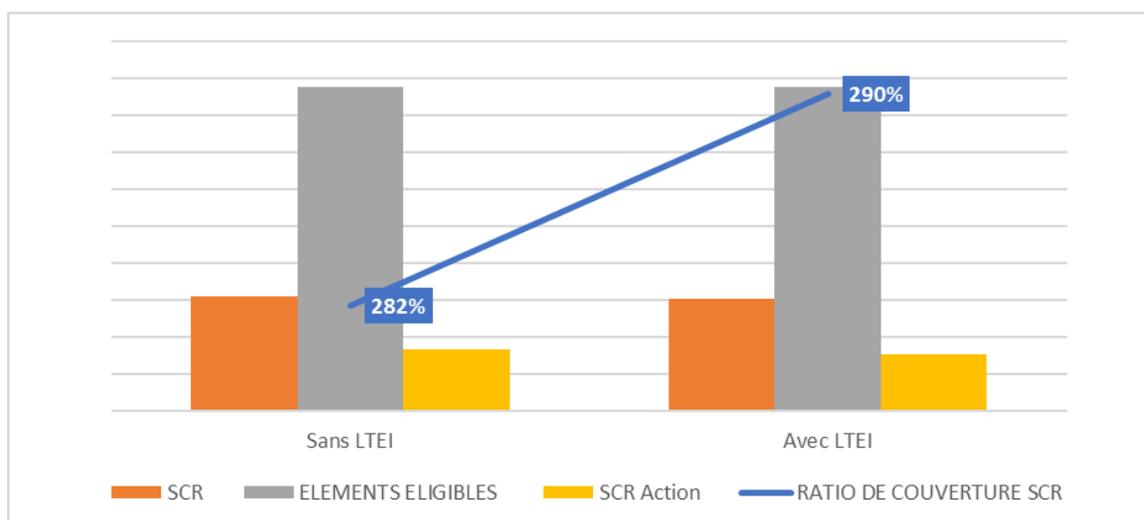


Figure 37 : Impact Nouveaux critères LTEI sur le bilan

La baisse du facteur de stress pour les LTEI entraîne une diminution du SCR Action net et un gain de 8 points de ratio.

3.3 Dynamic Volatility Adjustment (DVA)

Retour sur le risque de spread

Il est défini comme étant le risque de baisse de la valeur des actifs, des passifs ou des instruments financiers suite à une augmentation des spreads de crédit par rapport à la courbe des taux sans risque. Ceci intervient lorsque la qualité de crédit d'un émetteur se dégrade et l'investisseur, en compensation du risque supporté, attend une majoration de la rentabilité de son investissement par rapport au taux sans risque.

Ce sous module de risque s'applique aux obligations (y compris les dépôts des établissements de crédit), les prêts garantis par des hypothèques, les dérivés de crédits (tels que les CDS, les total return swaps et les credit linked notes) ou encore les produits de crédit structurés, tels que les ABS et les CDO.

Le SCR spread est l'exigence en capital pour risque de spread et est égale à la perte de fonds propres de base qui résulterait à la suite d'une augmentation des spreads de crédit. Il est égal à la somme :

$$SCR_{spread} = SCR_{bonds} + SCR_{securitisation} + SCR_{cd}$$

- SCR_{bonds} représente l'exigence de capital pour risque de spread sur les obligations et les prêts ;
- $SCR_{securitisation}$ représente l'exigence de capital pour risque de *spread* pour les positions de titrisations ;
- SCR_{cd} représente l'exigence de capital pour risque de spread sur les dérivés de crédit.

Le DVA portant uniquement sur le SCR_{bonds} , seule la méthodologie de calcul de celui-ci sera abordée ci-dessous.

Pour une obligation ou un prêt, le risque de changement de notation et de défaut se traduit par une baisse de sa valeur de marché via un facteur de stress multiplicatif qui dépend de sa durée et de son rating et qui reflète une augmentation du spread de crédit. Il est important de noter que la Directive Solvabilité 2 considère que les obligations d'état de la zone euro ne sont pas soumises au risque de défaut et donc aucun stress ne leur est appliqué.

Le tableau ci-dessous affiche la calibration des facteurs de stress :

Duration/Rating	AAA	AA	A	BBB	BB	B	<CCC
Jusqu'à 5 ans	$0.9\% * dur_i$	$1.1\% * dur_i$	$1.4\% * dur_i$	$2.5\% * dur_i$	$4.5\% * dur_i$	$7.5\% * dur_i$	$7.5\% * dur_i$
Entre 5 et 10	$4.5\% + 0.53\% * (dur_i - 5)$	$5.50\% + 0.58\% * (dur_i - 5)$	$7\% + 0.70\% * (dur_i - 5)$	$12.50\% + 1.50\% * (dur_i - 5)$	$22.50\% + 2.51\% * (dur_i - 5)$	$37.50\% + 4.20\% * (dur_i - 5)$	$37.50\% + 4.20\% * (dur_i - 5)$
Entre 10 et 15	$7.15\% + 0.50\% * (dur_i - 10)$	$8.40\% + 0.50\% * (dur_i - 10)$	$10.50\% + 0.50\% * (dur_i - 10)$	$20\% + 1\% * (dur_i - 10)$	$35.05\% + 1.80\% * (dur_i - 10)$	$58.50\% + 0.50\% * (dur_i - 10)$	$58.50\% + 0.50\% * (dur_i - 10)$
Entre 15 et 20	$9.65\% + 0.50\% * (dur_i - 15)$	$10.90\% + 0.50\% * (dur_i - 15)$	$13\% + 0.50\% * (dur_i - 15)$	$25\% + 1\% * (dur_i - 15)$	$44.05\% + 0.50\% * (dur_i - 15)$	$61\% + 0.50\% * (dur_i - 15)$	$61\% + 0.50\% * (dur_i - 15)$
Plus de 20	$12.15\% + 0.50\% * (dur_i - 20)$	$13.40\% + 0.50\% * (dur_i - 20)$	$15.50\% + 0.50\% * (dur_i - 20)$	$30\% + 0.50\% * (dur_i - 20)$	$46\% + 0.50\% * (dur_i - 20)$	$63\% + 0.50\% * (dur_i - 20)$	$63.50\% + 0.50\% * (dur_i - 20)$

Figure 38: Calibrage des facteurs de stress par maturité et Rating

Par exemple, une obligation A ayant pour sensibilité de 12 ans se verra attribuée un facteur de stress de $10.50\% + 0.50\% * (12 - 10) = 11,50\%$.

Le choc total de la valeur de marché du portefeuille obligataire et de prêt est :

$$Choc = \sum_{Obligations, prêts i} stress_i * VM_i$$

Et le capital requis pour ce risque de spread est la différence : $SCR_{spread} = NAV_{centrale} - NAV_{choc}$.

Intérêt du DVA

Ce composant qui pourrait être introduit dans la formule standard, a pour rôle de faire évoluer les chocs de spread appliqué pour le calcul du SCR spread en fonction de l'évolution du VA : Plus le VA est important moins les facteurs de stress du SCR spread seront importants. Les facteurs sont modifiés pour tenir compte des hypothèses du VA, à savoir qu'une part du spread peut être attribuée à la correction du risque (et est inchangée sous le stress) et que le résidu est au moins partiellement reflété dans le VA et est atténué par le VA. Le calcul doit être effectué pour chaque obligation et prêt et dépend de la devise c de l'investissement :

$$\begin{aligned} stress_i(avec DVA) &= stress_i * \max((RC + (1 - GAR * AR_5 * \min\left\{\frac{PVBP(BEL_c)}{PVBP(MV_c^{FI})}; 1\right\}) * (1 - RC)); RF_{CQS}) \\ &= stress_i * \max((1 - GAR * AR_5 * \min\left\{\frac{PVBP(BEL_c)}{PVBP(MV_c^{FI})}; 1\right\}) * (1 - RC); RF_{CQS}) \end{aligned}$$

Où :

- ✓ RC est la correction du risque appliquée aux obligations corporates (fixé ici à 50% du spread) ;
- ✓ GAR , AR_5 , $PVBP(MV_c^{FI})$ et $PVBP(BEL_c)$ sont les mêmes composants que ceux présents dans la formule du VA de la revue S2 ;
- ✓ Le ratio $\frac{PVBP(BEL_c)}{PVBP(MV_c^{FI})}$ est l'inverse de celui présent dans le ratio AR_4 ;
- ✓ RF_{CQS} est un facteur de réduction qui est appliqué en fonction de la qualité du crédit de l'obligation à laquelle le stress est appliqué.

Avec $GAR * (1 - RC) = 85\% * (1 - 50\%) = 42,5\%$. On a ainsi :

$$stress_i(avec DVA) = stress_i * \max(1 - 42,5\% * AR_5 * \min\left\{\frac{PVBP(BEL_c)}{PVBP(MV_c^{FI})}; 1\right\}); RF_{CQS});$$

Les valeurs de RF_{CQS} sont établies comme suit :

	0	1	2	3	4 et plus
RF_{CQS}	45%	50%	60%	75%	100%

Figure 39 : Facteurs RF CQS par Rating

Pour les obligations et les prêts pour lesquels aucune notation de crédit n'est pas disponible, un coefficient de 100% s'applique. Ainsi, la DVA n'a aucun impact sur le risque de spread de ces obligations et prêts.

Ainsi, en reprenant la valeur de AR_5 (75,5%) obtenue précédemment et en supposant $\min\left\{\frac{PVBP(BEL_c)}{PVBP(MV_c^{FI})}; 1\right\} = 0,70$, une obligation AA (CQS=1) voit son facteur de stress multiplié par 0,78.

Chiffrage

On compare ci-dessous l'impact de la prise en compte du DVA dans le scénario 1. La baisse du facteur de stress lié au risque de spread sur la quasi-totalité des obligations et prêts fait baisser le SCR_{spread} de prêt de 15%. Le ratio de couverture est augmenté de 5 points.

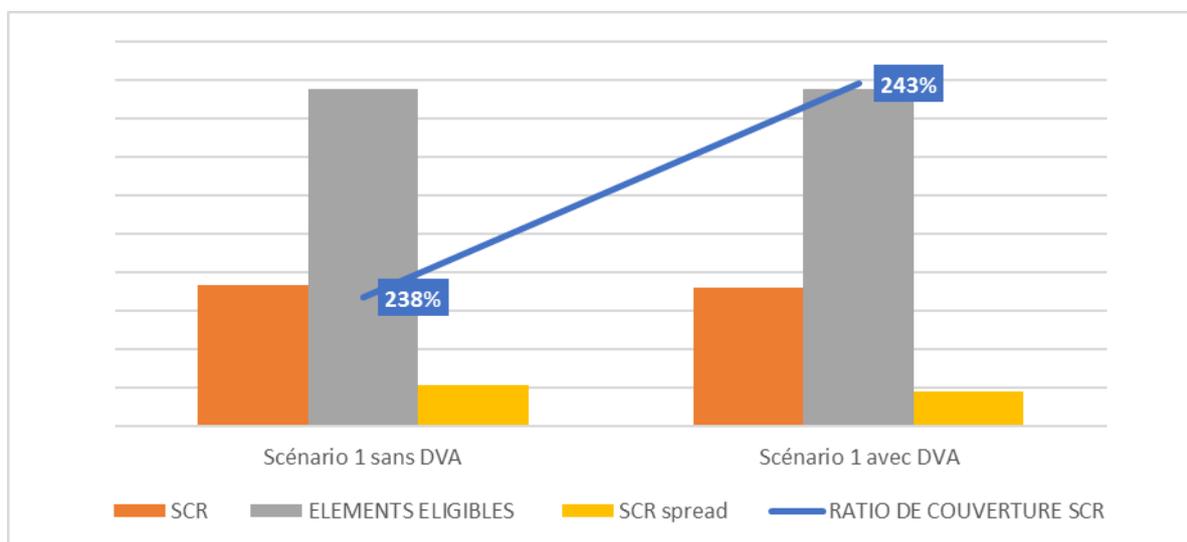


Figure 40 : Impact prise en compte du DVA

3.4 Récapitulatif des impacts de chaque changement sur le ratio de couverture

Le tableau ci-dessous récapitule le gain ou la perte en bp sur le ratio de couverture par application de chacun des changements prévus dans la revue Solvabilité 2 :

Changement de la revue S2	Nouvelle extrapolation de la courbe des taux	Méthode de calcul du VA	Méthode de calcul de la Risk Margin	Chocs des taux	Corrélation Spread/Baisse des taux d'intérêts
Gain/Perte ratio (en bp)	-7	+8	+4	-59	+3

Figure 41 : Gain ou perte sur le ratio de couverture (en bp) causé par chaque point de la revue Solvabilité 2

L'impact du changement des chocs de taux surpasse ceux des autres modifications apportées par la revue S2. C'est probablement la raison pour laquelle l'EIOPA demande aux participants de la revue S2 de fournir séparément un scénario 1 avec et un scénario 2 sans ce changement.

4. Quatrième partie : Impact global sur le ratio de couverture du SCR

4.1 Combinaison de tous les changements : Scénario 1

Cette partie présente l'impact sur le bilan au 31/12/2019 de tous les points prévus dans la revue de Solvabilité 2 combinés et présentés dans ce mémoire : Nouvelle méthode d'extrapolation de la courbe des taux, changement de calcul du VA et de la Risk Margin, changement des chocs de taux et de la corrélation entre le risque de spread et le risque de baisse des taux d'intérêts. Cela correspond au scénario 1 établie dans la collecte d'information.

Pour rappel, la nouvelle méthode de calcul du VA lui donne une valeur propre à l'entreprise de 15 bp au lieu des 7 bp fournie par l'EIOPA au 31/12/2019. Ci-dessous, on compare la courbe des taux actuelle calculée par la méthode de Smith Wilson avec un VA de 7 bp, les courbes de baisse et de hausse des taux qui en découlent et obtenues par les chocs des taux actuels, avec la courbe des taux construite par la méthode des points lisses et un VA de 15 bp et les deux courbes des taux stressées associées obtenues par applications des nouveaux chocs de taux.

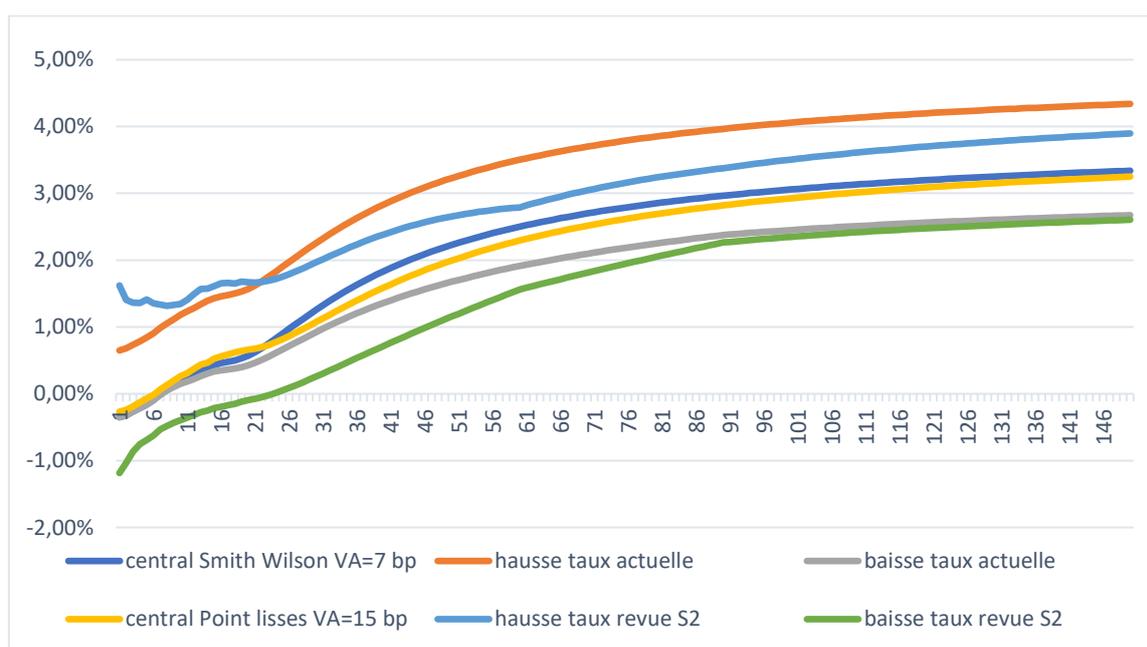


Figure 42: Courbes des taux S2 et revue S2 au 31/12/2019

Chiffrage

Par combinaison de toutes les modifications, le ratio de couverture baisse de 44 points de base. Cela s'explique par une nette augmentation du montant du SCR, et plus précisément du SCR taux d'intérêts. La perte en marges futures est compensée par la baisse de la Risk Margin ce qui rend le montant des éléments éligibles quasiment stable.

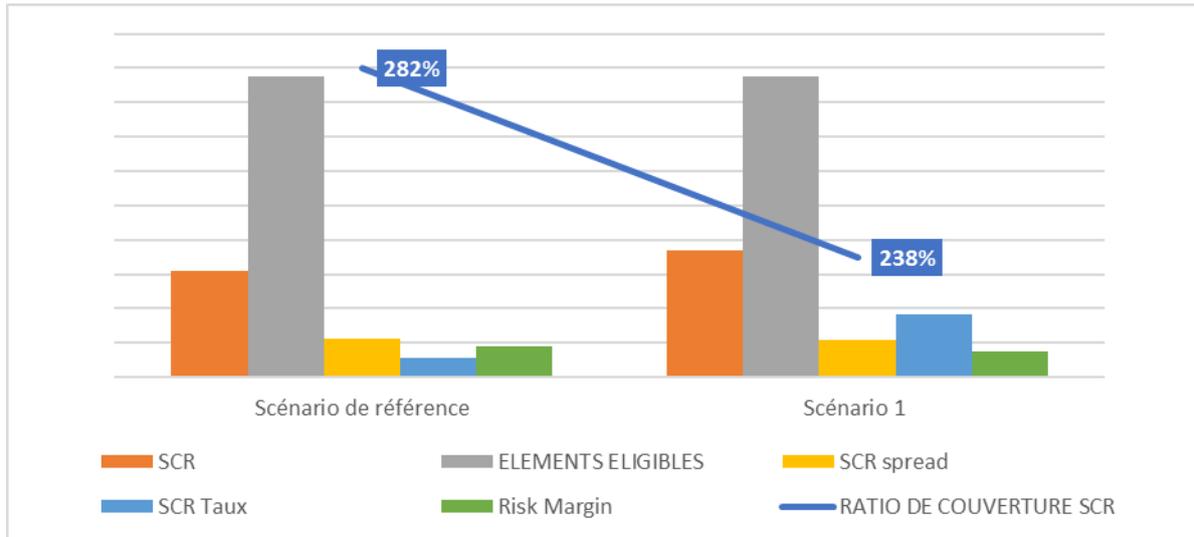


Figure 43 : Impact du scénario 1 sur le bilan

4.2 Combinaison de tous les changements sauf le SCR Taux : Scénario 2

Pour rappel, le scénario 2 comporte tous les changements prévus dans la revue Solvabilité 2 à l'exception du changement sur les chocs de taux. Ce dernier ayant l'impact individuel le plus important sur le ratio de couverture comme nous l'avons vu, le rôle du scénario 2 est de comparer par rapport au scénario 1 les conséquences de l'intégration du changement de SCR Taux dans la revue S2.

Dans le graphe ci-dessous, on compare les courbes (centrales et stressées) construite à partir de la méthode de Smith Wilson et d'un VA de 7 bp, ou de la méthode des points lisses avec un VA de 15 bp et en appliquant les chocs de taux actuels.

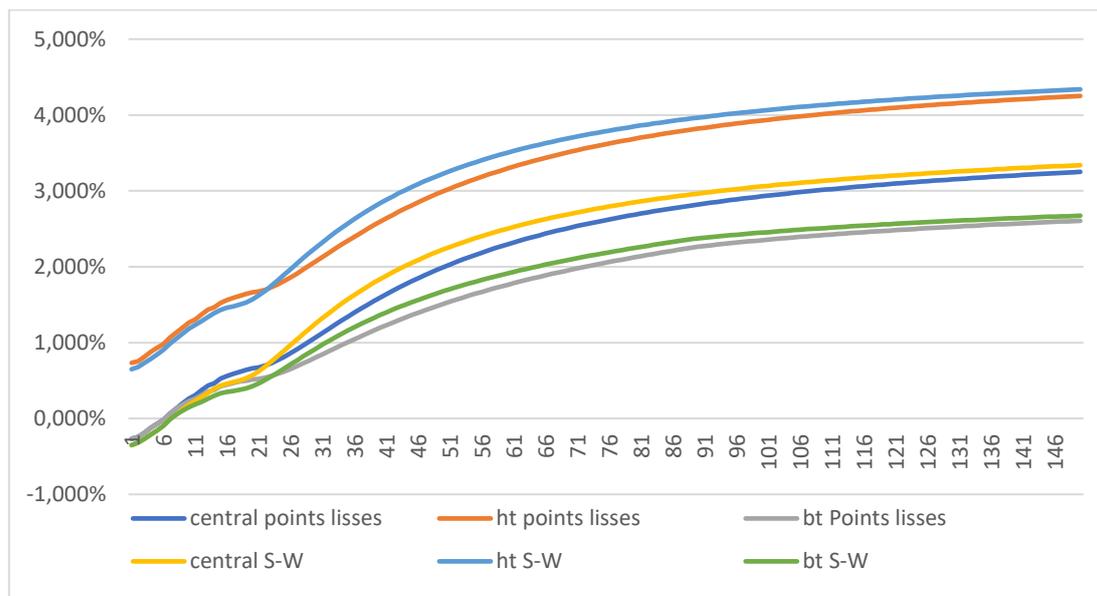


Figure 44 : Comparaison des courbes des taux ZC centrales et choquées, extrapolées par Smith Wilson et par les Points lissés

Les trois courbes obtenues par la méthode de Smith Wilson sont légèrement inférieures jusqu'à 20 ans à cause de la différence du VA mais sont supérieures à partir de cette maturité.

On présente ci-dessous le résultat du scénario 2 :

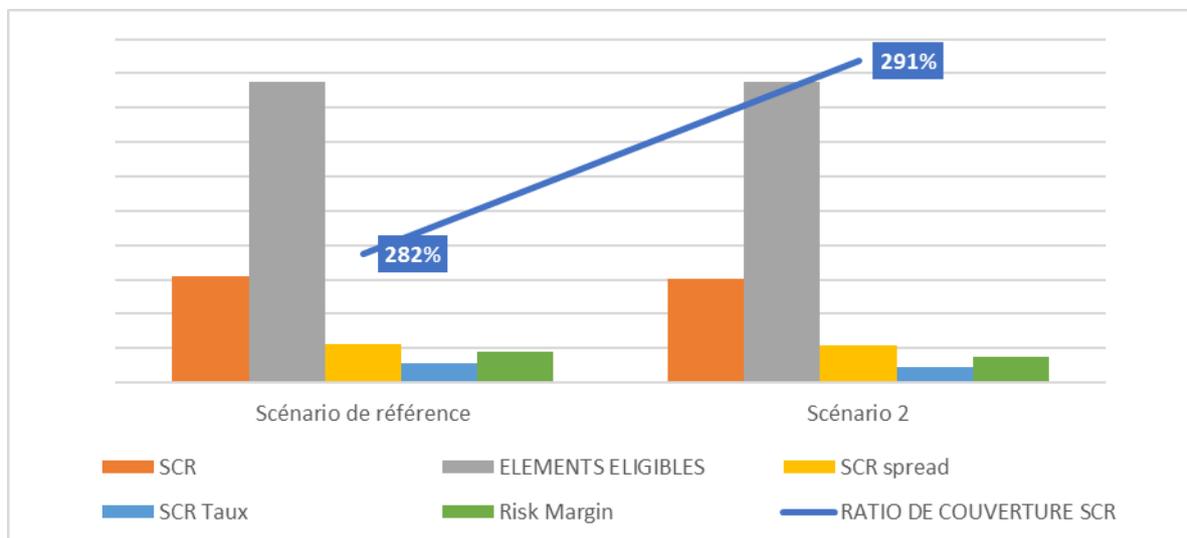


Figure 45 : Impact du scénario 2 sur le bilan

Le constat est l'augmentation du ratio de couverture (+9 bp) qui contraste avec le résultat du premier scénario. La baisse du SCR marché, causée par une courbe des taux plus basse, une NAV plus petite et la diminution de la corrélation entre le risque de spread et le risque de baisse des taux, est la raison principale de ce gain en ratio. Plus spécifiquement, la diminution du SCR taux d'intérêt (causés par un niveau de la courbe central plus bas) et du SCR spread sont les sources principales de ce gain.

L'impact sur le ratio de couverture serait ainsi bien moins important sous le scénario 2 que sous le scénario 1. L'EIOPA devra faire le choix entre les deux scénarios, c'est-à-dire elle devra choisir si elle modifie ou non les chocs de taux d'intérêts.

4.3 Situations de stress

4.3.1 Données économiques

Cette sous-partie a pour but de présenter l'impact de la revue Solvabilité 2 dans une situation de stress économique. La baisse brutale du niveau des actions et des taux ainsi que la hausse des spreads obligataires survenus durant la pandémie Covid-19 est un exemple de ce que peuvent devenir les marchés financiers en période de crise et l'impact engendré sur le bilan d'un assureur vie.

Dans le tableau de la page suivante, on montre les hypothèses économiques au 31/12/2019 et au 31/03/2020.

Le CAC 40 et l'Eurostoxx ont connu une baisse respective de 26,6% et de 25,6%. L'OAT, le taux de rendement de l'obligation d'état française est passé dans le négatif (à -0,01%) tandis que le taux swap a chuté de 23 bp entre les 2 dates. Le resserrement des taux de swap entre les maturités 2 ans et 10 ans ainsi qu'entre 10 ans et 30 ans se traduit par un aplatissement de la courbe zéro-coupon. La montée des spreads a provoqué une valeur de l'actuel VA nettement plus importante (7 bp à 46 bp). Enfin, les volatilités des actions à 1 an ont plus que doublé tandis que celles à 10 ans ont augmenté entre 3 et 4 bp.

	Indicateurs	2019Q4	2020Q1
Indices	CAC 40	5 978	4 396
	EUROSTOXX 50	3 745	2 787
	Dampener	-0,08%	-10,00%
Taux	Taux OAT 10Y	0,12%	-0,01%
	Taux CMS 10Y	0,21%	-0,02%
	Pente CMS 10-2	0,50%	0,30%
	Pente CMS 30-10	0,42%	0,20%
	VA	0,07%	0,46%
	CRA	-0,10%	-0,10%
	Taux S2 EIOPA 10Y (ZC)	0,18%	0,34%
	Euribor 1M	-0,46%	-0,42%
Volatilités	Vol CAC 1 ATM	14,98%	33,76%
	Vol CAC 10 ATM	17,64%	20,90%
	Vol Eurostoxx 1 ATM	15,18%	34,12%
	Vol Eurostoxx 10 ATM	18,41%	22,04%
	Vol taux 1/10 ATM	0,47%	0,60%
	Vol taux 10/10 ATM	0,55%	0,58%
Spread (bp)	Spread France	-9	0,3
	Spread Allemagne	-40	-45
	Spread Espagne	18	70
	Spread Italie	120	155

Figure 46 : Données économiques au 31/12/2019 et au 31/03/2020

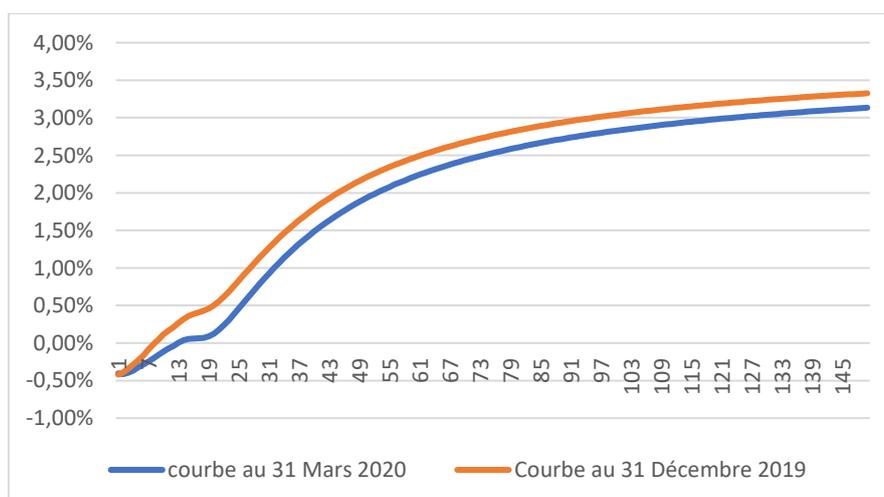


Figure 47 : Comparaison courbes des taux ZC au 31/12/2019 et au 31/03/2020

En effectuant la différence entre la courbe European Central Bank Bond et la courbe des taux sans risque on obtient la courbe moyenne des spreads d'obligation d'état libellées en euro sur 30 ans aux deux dates :

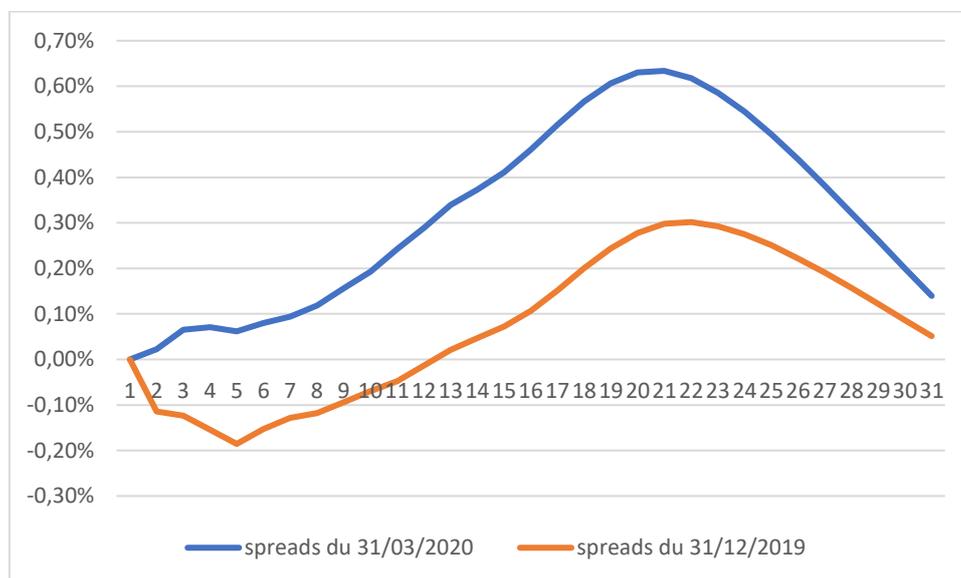


Figure 48 : Courbes des spreads obligataires d'états Euro par maturité

L'écart flagrant entre les deux courbes a contribué à la forte augmentation du VA entre les deux trimestres.

De même, la comparaison des spreads des obligations corporates (financières et non-financières) par tranche de maturités nous donne un aperçu de la forte hausse survenue entre les deux dates :

	1-3yr	3-5yr	5-7yr	7-10yr	10yr+
31/12/2019					
Fin AA	0,32%	0,41%	0,43%	0,48%	0,61%
Fin A	0,43%	0,58%	0,69%	0,79%	0,90%
Fin BBB	0,72%	1,02%	1,28%	1,42%	1,63%
Non Fin AA	0,22%	0,28%	0,30%	0,36%	0,48%
Non Fin A	0,37%	0,43%	0,51%	0,53%	0,79%
Non Fin BBB	0,53%	0,78%	0,97%	1,01%	1,22%

Figure 49 : Spreads des obligations corporates au 31/12/2019

	1-3yr	3-5yr	5-7yr	7-10yr	10yr+
31/03/2020					
Fin AA	1,44%	1,52%	1,47%	1,58%	1,69%
Fin A	1,94%	2,12%	2,25%	2,38%	2,40%
Fin BBB	3,26%	3,17%	3,26%	3,17%	3,36%
Non Fin AA	1,13%	1,10%	1,21%	1,26%	1,39%
Non Fin A	1,51%	1,58%	1,52%	1,70%	1,90%
Non Fin BBB	2,30%	2,50%	2,37%	2,33%	2,57%

Figure 50 : Spreads des obligations corporates au 31/03/2020

Pour les entreprises financières, l'augmentation du spread pour les sociétés notées AA est de l'ordre de 1,1% environ pour toutes les maturités, et de 2% en moyenne pour les triples B. Tandis que pour les non-financières, les corporates AA, A et BBB voient leur spread augmenter respectivement de 0,9%, 1,1 et 1,5 en moyenne.

4.3.2 Chiffrage

Dans cette sous-partie, nous présentons l'impact des changements apportés par la revue Solvabilité 2 au 31/03/2020 sur le bilan d'un assureur vie. Pour cela, nous comparons encore une fois le résultat obtenu par la Directive Solvabilité 2 actuelle avec ceux obtenus par les scénarios 1 et 2 établis dans la collecte d'informations.

Le tableau page suivante récapitule les résultats :

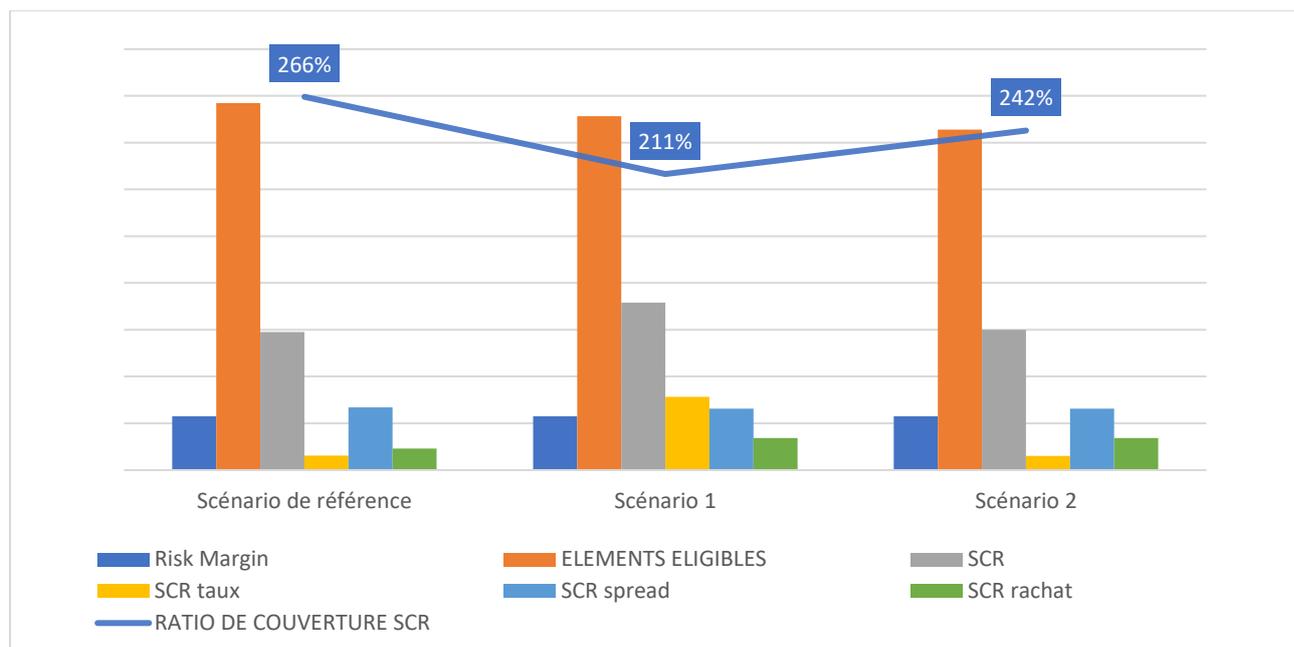


Figure 51 : Impact du scénario 1 et du scénario 2 sur le bilan en situation de stress économique au 31/03/2020

Plusieurs remarques sont à faire :

- En cette période de stress économique, les marges futures nettes sont négatives.
- La forte baisse des marges futures brutes, notamment des marges futures brutes euro entre le résultat officiel S2 et les scénarios entraîne la diminution des éléments éligibles après tiering.
- Au 31/12/2019, l'unique changement de méthode de calcul du VA, de 7 bp à 15 bp, avait permis un gain en marges futures brutes et 8 points de ratio de couverture. Ici, au 31/03/2020, le VA est en léger repli de 1 bp (46 bp pour le VA calculé par l'EIOPA contre 45 bp pour le VA propre à l'entreprise) et ne permet pas de compenser la perte sur les marges futures brutes.
- Au 31/12/2019, l'unique changement de calcul de la Risk Margin, avait permis un fort gain en marges futures. Ici, au 31/03/2020, la baisse de la nouvelle courbe des taux extrapolée et la hausse des SCR futurs se conclut seulement par une faible augmentation des marges futures brutes.

- Après tiering, les éléments éligibles sont supérieurs dans le scénario 1 que dans le scénario 2, limitant ainsi la perte en ratio de couverture (211% contre 242% pour le scénario 2 et 266% pour le scénario de référence).
- On retrouve une forte augmentation du SCR taux d'intérêts pour le scénario 1 qui intègre le changement de chocs de taux à la différence du scénario 2. Le risque de baisse de rachat participe également à l'augmentation du SCR global avec une hausse du SCR rachat. Avec une courbe de taux de rendement plus basse avec la nouvelle extrapolation, le risque est par exemple que le rendement des investissements sur le marché des assureurs soit très faible tandis que le nombre d'assurés souhaitant racheter leurs contrats ayant un Taux Minimum Garanti bien plus élevé, baisse.

Cette période de stress économique a montré que l'impact de la revue S2 sur la solvabilité de l'assureur est plus important en situation de crise avec une perte de 55 points de base (scénario 1) sur un ratio initial de 266% contre une perte de 44 bp pour un ratio de 282% en période « normale » au 31/12/2019. Le changement de chocs des taux en est la première cause.

Conclusion

Ce mémoire a permis de présenter et de chiffrer l'impact sur le bilan d'une compagnie d'assurance-vie de tous les changements dans le cadre de la revue de la Directive Solvabilité 2. Sa en œuvre a été décalée à une date inconnue à ce jour en raison notamment de l'épidémie Covid-19.

Les changements suivants ont été étudiés : la méthode d'extrapolation de la courbe des taux sans risque, la méthode de calcul du Volatility Adjustment (VA) et de la Risk Margin, le calibrage des chocs de taux, les critères des Long Term Equity Investment (LTEI) et la corrélation entre le sous-risque de baisse des taux et le risque de spread.

En ce qui concerne la construction de la courbe des taux, le passage de la méthode de Smith Wilson à la méthode des points lisses entraîne une baisse considérable du niveau de la courbe extrapolée à partir du Last Liquid Point mais reste semblable pour les faibles maturités. L'EIOPA doit encore approfondir la méthode avec laquelle elle calibre le facteur de convergence α qui est la vitesse à laquelle la courbe des taux extrapolée converge vers le taux forward ultime (UFR). Ce paramètre est pour le moment fixé à 10%.

Le Volatility Adjustment qui correspond à un spread d'illiquidité n'est plus sous la revue Solvabilité 2 uniquement basé sur un portefeuille d'investissement de référence mais est désormais calibré sur mesure pour chaque compagnie. Il est en adéquation avec l'actif de chaque assureur et tient désormais compte également du niveau d'illiquidité de leur passif. Un VA macroéconomique vient s'ajouter à ce VA permanent lorsque le niveau du spread corrigé du risque du pays de l'assureur atteint un certain seuil. La Risk Correction et le GAR ont également été ajustés.

L'EIOPA introduit désormais dans la formule de calcul de la marge de risque un coefficient multiplicateur fonction du temps qui entraîne une nette diminution de la MR. Cela représente donc un montant en éléments éligibles en plus pour les assureurs.

Les nouveaux chocs de taux utilisés afin de déterminer le capital requis pour faire face à une hausse ou une baisse des taux seraient calibrés sous la revue Solvabilité 2 selon l'approche appelée « shifted approach ». Ce choix est justifié par l'EIOPA qui pense que le calibrage actuel sous-estime le risque de taux car les chocs ne reflètent pas correctement les mouvements de taux d'intérêt observés notamment lorsque ceux-ci sont en territoire négatif. La nouvelle courbe choquée de hausse des taux est plus haute sur les petites maturités que la courbe choquée actuelle mais inférieure pour les maturités moyennes et longues. La nouvelle courbe choquée de baisse des taux est largement plus basse que la courbe choquée actuelle sauf pour les très longues maturités (à partir de 80 ans).

Les critères des *Long Term Equity Investment* sont également assouplis dans la revue Solvabilité 2 et pourrait permettre aux assureurs de catégoriser davantage d'actifs en catégorie LTEI. Ceux-ci se verraient adresser un choc de baisse de valeur de -22% au lieu de 39% ou 49%. Le SCR Action des assureurs diminuerait donc assez nettement si la proportion d'actifs LTEI détenue est forte.

Nous avons vu qu'au 31/12/2019, chaque changement individuel entraîne un gain ou une perte en points de ratio de couverture ne dépassant pas les 10 bp sauf le changement des chocs de taux (-59 bp) pour lequel l'EIOPA devra trancher s'il sera retenu ou non dans sa décision finale sur l'avis qu'elle devra remettre à la commission européenne en Décembre 2020. En combinant tous les changements

(scénario 1) le ratio de couverture chute de 44 bp (à 238%) tandis qu'en excluant le nouveau calibrage des chocs de taux, il augmente de 9 bp (à 291%).

Il en était autrement au 31/03/2020, en période de stress économique, où les indices actions ont fortement baissé, où les spreads obligataires ont nettement augmenté et où les taux d'intérêts sont redescendus en territoire négatif. Désormais, le scénario 1 affiche une perte plus importante en termes de ratio de couverture (-55 bp) tandis que le scénario 2 entraîne désormais une baisse lui aussi, de 24 bp, du ratio de solvabilité.

La conclusion générale de ce mémoire est que, si la revue Solvabilité 2 est adoptée comme elle est à ce jour avec la prise en compte du changement des chocs de taux, le ratio de couverture d'une compagnie d'assurance vie en serait fortement impacté à la baisse, et encore davantage en période de crise économique. Si ce point n'est pas retenu (scénario 2), le ratio de couverture resterait globalement stable par compensation de tous les impacts des autres changements de la revue Solvabilité 2, sauf en période de stress économique également.

Table des figures

Figure 1: Bilan sous Solvabilité 1.....	13
Figure 2: Bilan sous Solvabilité 2.....	15
Figure 3 : Piliers sous Solvabilité 2	16
Figure 4 : Approche Bottom-Up pour le calcul du SCR	21
Figure 5 : Matrice de corrélation entre modules de risque.....	22
Figure 6: Matrices de corrélation Risque de marché baisse et hausse taux.....	23
Figure 7 : Chocs de taux par type d'action.....	25
Figure 8 : Chocs de taux par type d'action sous la mesure transitoire	26
Figure 9: matrice de corrélation, risque de souscription vie	27
Figure 10 : Calendrier des étapes de la collecte d'informations.....	32
Figure 11 : Calendrier de la revue de Solvabilité 2	33
Figure 12: Construction de la courbe des taux forward	37
Figure 13 : Volume d'échange moyen des swaps Euro.....	39
Figure 14 : Évaluation DLT par maturité de certaines monnaies de l'EEE dont les structures à terme sont basées sur les taux de swap (1=DLT, 0=pas DLT) au 31/12/2019	39
Figure 15 : Exemple répartition volume des échanges obligataires Euro.....	40
Figure 16 : Instruments financiers utilisés pour la détermination de la courbe des taux sans risque pour les devises de l'EEE au 31/12/2019.....	41
Figure 17 : Taux swaps Euro au 31/12/2019	45
Figure 18 : Flux générés par les swaps Euro	45
Figure 19 : Courbe des taux Euro extrapolée avec différents LLP	46
Figure 20 : Poids des taux forwards.....	49
Figure 21 : Comparaison des courbes des taux forwards et ZC par Smith Wilson et Points Lissés	50
Figure 22 : Courbes des taux ZC Euro au 30/06/2020 extrapolées par les Points Lissés et par Smith-Wilson (LLP de 20 et 30 ans).....	51
Figure 23 : Courbes des taux forwards et ZC pour différentes valeurs de α	51
Figure 24 : Impact du changement de construction de la courbe des taux	52
Figure 25 : Exemple de Courbes des taux ZC sans risque avec et sans VA par la méthode de Smith Wilson au 31/03/2020	53
Figure 26 : Composition en obligations d'états du portefeuille de référence pour la devise Euro	55
Figure 27 : Composition en obligations de sociétés du portefeuille de référence pour la devise Euro	55
Figure 28 : Critères des différents Buckets	61
Figure 29 : Répartition des Buckets	62
Figure 30 : Figure 30 : Comparaison Courbes des Taux avec et sans VA, extrapolées par Smith Wilson et par les Points lissées	65
Figure 31 : Impact du nouveau VA sur le bilan	65
Figure 32 : Impact de la nouvelle marge pour risque	68
Figure 33 : Nouveaux et chocs actuels sur courbe ZC Smith Wilson sans VA.....	71
Figure 34 : écart entre la courbe centrale Euro et les courbes choquées au 31/12/2019	72
Figure 35 : Impact du changement des chocs de taux.....	72

Figure 36 : Corrélation entre le choc baisse taux et spread	73
Figure 37 : Impact Nouveaux critères LTEI sur le bilan	76
Figure 38: Calibrage des facteurs de stress par maturité et Rating.....	77
Figure 39 : Facteurs RF CQS par Rating.....	78
Figure 40 : Impact prise en compte du DVA	79
Figure 41 : Gain ou perte sur le ratio de couverture (en bp) causé par chaque point de la revue Solvabilité 2	79
Figure 42: Courbes des taux S2 et revue S2 au 31/12/2019.....	80
Figure 43 : Impact du scénario 1 sur le bilan	81
Figure 44 : Comparaison des courbes des taux ZC centrales et choquées, extrapolées par Smith Wilson et par les Points lissés	81
Figure 45 : Impact du scénario 2 sur le bilan	82
Figure 46 : Données économiques au 31/12/2019 et au 31/03/2020	83
Figure 47 : Comparaison courbes des taux ZC au 31/12/2019 et au 31/03/2020.....	83
Figure 48 : Courbes des spreads obligataires d'états Euro par maturité.....	84
Figure 49 : Spreads des obligations corporates au 31/12/2019	84
Figure 50 : Spreads des obligations corporates au 31/03/2020	84
Figure 51 : Impact du scénario 1 et du scénario 2 sur le bilan en situation de stress économique au 31/03/2020	85

Bibliographie

- [1] *Technical specification of the information request on the 2020 review of Solvency II Holistic impact assessment*, EIOPA, 2 Mars 2020
- [2] *Consultation Paper on the Opinion on the 2020 review of Solvency II*, EIOPA, Octobre 2019
- [3] *Technical documentation of the methodology to derive EIOPA's risk-free interest rate term structures*, EIOPA, 2015
- [4] *Volatility adjustment under the loop*, DELOITTE, 2018
- [5] *Revue 2020 Holistic impact assessment*, ACPR, Mars 2020
- [6] *Documentation interne, SOGECAP, 2019-2020*