

**Mémoire présenté le :**  
**pour l'obtention du Diplôme Universitaire d'actuariat de l'ISFA**  
**et l'admission à l'Institut des Actuaires**

Par : BEDO Gael Jhugo Manassé

Titre : **Impacts de la révision de Solvabilité 2 sur une compagnie d'assurance vie**

Confidentialité :  NON  (Durée :  1 an  2 ans)

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

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

.....  
.....  
.....

*Membres présents du jury de  
l'ISFA*

.....  
.....  
.....

*Entreprise :*

*Nom : Crédit Agricole Assurances*


*Directeur de mémoire en entre-  
prise :*

*Nom : JARRAH Adil*

*Signature :* 


*Invité :*

*Nom : Nathan RAGOT*


*Signature :* 

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

Signature du responsable entreprise



Signature du candidat



# Lexique et acronymes

- BE : Best Estimate ou meilleure estimation des passifs d'assurances,
- CE : Commission Européenne,
- CoC : Cost of Capital (Côté du capital),
- CRA : Credit Risk Adjustment,
- EIOPA : European Insurance and Occupational Pensions Authority (Autorité européenne des assurances et des pensions professionnelles),
- FA : France Assureurs,
- IA : Institut des Actuaire,
- LLFR : Last Liquid Forward Rate
- LLP : Last Liquid Point (dernier point liquide)
- NAV : Net Asset Value, sous Solvabilité 2, elle correspond à la Valeur de l'Actif moins le BE,
- RM : Risk Margin (Marge de risque),
- SCR : Solvency Capital Requirement (capital de solvabilité requis),
- SFCR : Solvency and Financial Condition Report,
- UFR : Ultimate Forward Rate (taux forward ultime),
- VA : Volatility Adjustment (Ajustement de la volatilité),

# Résumé

Entré en vigueur en 2016, Solvabilité 2 prévoyait des revoyures afin de prendre en compte l'expérience qui serait acquise et l'évolution du contexte économique. Dans le cadre de la revue de 2020, la Commission Européenne, sur proposition de l'EIOPA, a proposé de revoir les différentes méthodes d'estimations des exigences quantitatives.

Solvabilité 2 exige une évaluation des actifs et des passifs à leur juste valeur. La courbe des taux sans risque  $y$  joue un rôle important, car elle permet l'évaluation des engagements de l'assureur. Actuellement, sa construction est basée sur la méthode d'extrapolation de *Smith-Wilson*. Pour la révision de 2020, une nouvelle méthode a été proposée, celle-ci prend en compte plus de données de marché, tout en limitant la volatilité de l'évaluation des engagements. Cette courbe est ajustée du VA (Ajustement pour la volatilité), qui permet de tenir compte de l'illiquidité du passif de l'assureur. Son calcul se basant sur un portefeuille de référence présente plusieurs lacunes. Il a été proposé de le modifier pour tenir compte du passif propre à l'assureur.

En outre, il est proposé un nouveau calibrage des chocs pour le risque de taux, et une révision de l'estimation de la marge de risque.

Ce mémoire présente une étude de l'impact de ces différentes propositions sur la solvabilité d'un assureur vie.

**Mots clés :** Solvabilité 2, Courbe de taux sans risque, Ajustement pour la volatilité, Risque de taux, Marge de risque.

# Abstract

Entering into force in 2016, Solvency 2 provided for reviews in order to take into account the experience that would be acquired and the evolution of the economic context. As part of the 2020 review, the European Commission, on a proposal from EIOPA, proposed to review the different methods for estimating quantitative requirements.

Solvency 2 requires assets and liabilities to be measured at fair value. The risk-free rate curve plays an important role because it allows the evaluation of the insurer's commitments. Currently, its construction is based on the *Smith-Wilson* extrapolation method.

For the 2020 revision, a new method has been proposed, which takes into account more market data, while limiting the volatility of the valuation of commitments. This curve is adjusted for the VA (Volatility Adjustment), which takes into account the illiquidity of the insurer's liabilities. Its current calculation based on a benchmark portfolio has several shortcomings. It has been proposed to modify its calculation to take account of the insurer's own liabilities.

In addition, a new calibration of the shocks for the interest rate risk is proposed, and a revision of the estimation of the risk margin.

This thesis presents a study of the impact of these different proposals on the solvency of a life insurer.

**Keywords :** Solvency 2, Risk-free rate curve, Volatility adjustment, Interest rate risk, Risk margin.

# Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier mon tuteur en entreprise JARRAH Adil, qui m'a accordé sa confiance et son soutien et aussi pour ses conseils pour la réalisation de ce mémoire.

Je remercie également mon manager Nathan RAGOT qui m'a permis d'effectuer mon alternance au sein de son équipe, et pour m'avoir guidé pour la réalisation de ce mémoire. Je tiens aussi à remercier toute la Direction de la Gestion Financière du groupe Crédit Agricole Assurances pour l'accueil, l'aide et les conseils que j'ai reçus.

Je profite de l'occasion pour remercier également mon professeur de l'ISFA Frédéric Planchet pour ses conseils.

Enfin, je remercie ma famille et mes amis pour leur soutien tout au long de cette année.

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Solvabilité 2 et Contexte de la réforme</b>	<b>8</b>
1.1	Présentation de la norme Solvabilité 2 . . . . .	8
1.2	Le SCR en Formule Standard . . . . .	12
1.3	Limites de la formule standard . . . . .	15
1.4	La révision de Solvabilité II . . . . .	16
<b>2</b>	<b>Courbe des taux sans risque</b>	<b>18</b>
2.1	Données financières pertinentes à la construction de la courbe des taux sans risque . . . . .	19
2.2	Extrapolation de la courbe des taux sans risque . . . . .	21
2.3	Analyse des courbes obtenues . . . . .	30
2.4	Limites de la méthodologie . . . . .	36
<b>3</b>	<b>L'ajustement de la volatilité ou Volatility Adjustment(VA)</b>	<b>38</b>
3.1	Conditions d'application de l'ajustement pour volatilité . . . . .	39
3.2	Méthode de calcul actuelle de l'ajustement pour volatilité . . . . .	40
3.3	Limites de la méthode actuelle . . . . .	43
3.4	Révision de l'ajustement pour volatilité . . . . .	45
3.5	Analyse des résultats obtenus . . . . .	50
3.6	Limites de la nouvelle méthodologie . . . . .	52
<b>4</b>	<b>Révision de la formule standard</b>	<b>57</b>
4.1	SCR de taux . . . . .	57
4.2	SCR Action - Dampener . . . . .	62
4.3	Matrice de corrélation des risques . . . . .	63
4.4	Marge de risque . . . . .	70
4.5	Limites de la révision de la formule standard . . . . .	73
<b>5</b>	<b>Modèle ALM et présentation du portefeuille d'étude</b>	<b>76</b>
5.1	Outils ALM . . . . .	76
5.2	Générateur de scénarios économiques . . . . .	81
5.3	Les outils de calcul . . . . .	83
5.4	Présentation du portefeuille d'étude . . . . .	84
<b>6</b>	<b>Applications</b>	<b>88</b>
6.1	Présentation des indicateurs . . . . .	88

6.2	Impact des méthodes d'extrapolation . . . . .	89
6.3	Impact des nouveaux chocs de taux . . . . .	92
6.4	Impact de la modification de l'ajustement pour volatilité . . . . .	95
6.5	Impact de la révision de la marge de risque . . . . .	98
6.6	Impact de la révision . . . . .	99
6.7	Analyse de la révision au Q2 2022 suite à la remontée des taux . . . . .	102

# Introduction

Lors de la mise en place de la norme Solvabilité 2, plusieurs points ont fait l'objet de discussion, l'accord Omnibus 2 prévoyait une révision de certaines règles basées sur l'expérience acquise. En 2019, la Commission Européenne a mandaté l'EIOPA pour la production d'un avis technique sur plusieurs thématiques de la réglementation. Cette dernière a donné son avis le 17 décembre 2020, basé sur les données qu'elle a pu recueillir chez les assureurs, elle a proposé plusieurs pistes de modifications à la commission.

En septembre 2021, la Commission Européenne a présenté sa proposition de révision des règles de solvabilité 2, dont l'objectif principal serait de renforcer la contribution des assureurs européens au financement de la reprise en poursuivant la mise en place de l'union des marchés des capitaux et en orientant des fonds vers la mise en place du pacte vert pour l'Europe. Il s'agit aussi de permettre aux assureurs de pouvoir faire face au contexte financier inédit et très volatil causé par la pandémie de Covid-19, l'émergence des taux négatif, le ralentissement de la croissance et le retour de l'inflation. Pour cela, la Commission Européenne, se basant très largement sur l'avis formulé par l'EIOPA, a proposé une adaptation de la norme au nouveau contexte économique, qui aura des impacts divers et qui concernera le pilier 1 de la norme, avec la revue de l'extrapolation de la courbe des taux sans risque, de l'ajustement pour volatilité, du SCR de taux, des investissements sur les actions à long terme et d'autres paramètres.

Dans ce mémoire, nous étudierons l'impact des différentes évolutions proposées par la commission sur les exigences quantitatives de solvabilité pour PREDICA, la filiale assurance vie du Groupe CRÉDIT AGRICOLE ASSURANCES.

Le chapitre 1 introduit le contexte réglementaire et les enjeux d'une révision de la norme Solvabilité II. Ensuite, les chapitres 2 et 3 présentent les outils de construction de la courbe des taux sans risque et de l'ajustement pour volatilité ainsi que les modifications envisagées. Le chapitre 4 sera consacré à la présentation de la révision des exigences quantitatives. Le chapitre 5 se focalisera sur la présentation du modèle de gestion actif passif et du portefeuille d'étude. Enfin, le dernier chapitre sera sur les impacts des différentes mesures envisagées.



# Chapitre 1

## Solvabilité 2 et Contexte de la réforme

### 1.1 Présentation de la norme Solvabilité 2

L'assurance est un secteur particulier du fait de *l'inversion du cycle de production*, c'est-à-dire le fait que le produit d'assurance soit vendu avant que l'on ne connaisse son coût définitif. Les organismes d'assurance disposent donc d'importantes liquidités qu'elles doivent gérer au mieux pour faire face aux engagements envers leurs assurés. Par ce rôle social et économique très important, les états ont depuis plusieurs années adoptés des réglementations propres à l'activité d'assurance.

En Europe, c'est dans les années 1970 qu'apparaissent les premières réflexions sur l'introduction d'un cadre prudentiel pour l'assurance, avec notamment des directives européennes sur la solvabilité des compagnies d'assurance non-vie (en 1973) et d'assurance-vie (en 1979).

#### Solvabilité 1

Apparu en 1970 et revue en 2001, Solvabilité I entrait dans ce registre et avait pour objectif de s'assurer que les entreprises d'assurances puissent honorer leurs engagements futurs. Pour cela, elle imposait à ces sociétés de respecter certains critères afin de s'assurer de leur bonne santé économique :

- Disposer d'actifs de qualité et en quantité suffisante,
- Disposer de provisions techniques suffisantes afin de rembourser ses dettes,
- Disposer d'une *marge de solvabilité*, c'est-à-dire un montant de fonds propres minimum qui permette de subvenir aux imprévus.

Malgré la simplicité de sa mise en œuvre et de sa compréhension, plusieurs critiques lui ont été faites [17] :

- L'évaluation des actifs et des passifs ne semblait pas cohérente avec le marché, les actifs étaient comptabilisés en valeur comptable et donc ne représentent pas leur valeur réelle sur le marché,

- La marge de solvabilité était calculée de manière forfaitaire en utilisant un ratio combinant les provisions, les primes et les sinistres, négligent donc les interactions entre le passif et l'actif,
- La non prise en compte de certains risques comme les risques de marché et les nouveaux risques qui ont émergé (risques terroristes et climatiques),
- L'hétérogénéité du mode de calcul des provisions en Europe, qui avait pour conséquence des niveaux de provisions très différents dans de nombreux pays européens,
- Le manque d'exigence sur la gouvernance des entreprises.

Le contexte économique de la crise de 2008 est venu accentuer ces critiques en mettant en évidence les défaillances de certains grands acteurs. Les autorités ont donc adopté en 2009 la directive cadre de Solvabilité II pour mieux appréhender la réalité des risques et harmoniser les règles de solvabilité sur le marché de l'assurance en Europe.

## Solvabilité II

La norme Solvabilité II est entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2016, et s'applique aux organismes d'assurance qui remplissent au moins une des conditions suivantes :

- avoir encaissé au minimum 5 millions d'euros de primes,
- avoir un total minimum de 25 millions d'euros de provisions techniques,
- ne pas faire partie d'un groupe prudentiel.

La norme solvabilité II se décompose en trois piliers :

- **Pilier I** : les exigences quantitatives,
- **Pilier II** : les exigences qualitatives,
- **Pilier III** : les informations à destination du public et du superviseur.

### Pilier I – Les exigences quantitatives

Le pilier I regroupe les exigences quantitatives, c'est-à-dire les règles de valorisation des actifs et des passifs, ainsi que les exigences de capital et leur mode de calcul. Les exigences de capital peuvent être calculées au moyen de la Formule Standard, ou au moyen d'un modèle interne complet ou partiel. Enfin, les organismes peuvent demander différentes autorisations touchant aux exigences quantitatives.

### Provisions techniques

Les provisions techniques sont calculées de manière prudente, fiable, objective, et en cohérence avec le marché. Elles correspondent au montant que les organismes d'assurance devraient payer s'ils transféraient immédiatement leurs engagements d'assurance à une autre entreprise. Elles sont la somme du *Best Estimate* et de la *marge de risque*, où :

- le *Best Estimate* est la plus juste estimation de l'évaluation des engagements de l'organisme d'assurance,
- la *marge de risque* est le montant de provisions, complémentaires au *Best Estimate* qu'exigerait un autre organisme d'assurance pour récupérer l'ensemble des engagements de l'assureur.

Ces deux composantes seront développées par la suite.

### Fonds propres

Les fonds propres correspondent au capital dont dispose l'entreprise et qui lui permet de faire face aux différents risques. Sous Solvabilité II, il s'agit de fonds propres économiques, composés à la fois des fonds propres dits de base et des fonds propres auxiliaires.

Les *fonds propres de base* sont égaux à la différence entre actifs et passifs, augmentés des dettes subordonnées.

Les *fonds propres auxiliaires* sont des éléments de fonds propres qui peuvent être appelés pour absorber des pertes et font l'objet d'un processus d'autorisation par le superviseur. Ils sont constitués de la fraction non versée du capital social ou le fond initial qui n'a pas été appelé, les lettres de crédits et les garanties, tout autre engagement juridiquement contraignant reçu par l'organisme d'assurance.

Les fonds propres sont, en vertu de la directive, classés en trois catégories (appelés « tiers »), en fonction de leur qualité évaluée au regard de leur disponibilité, de leur degré de subordination et de leur durée ou permanence.

### Exigence de capital

Il y a deux principales exigences en termes de capital, le *capital de solvabilité requis (SCR)* et le *minimum de capital requis (MCR)*.

- Le SCR correspond au niveau de fonds propres permettant à une entreprise d'absorber des pertes importantes. Sous solvabilité II, c'est le montant de capital nécessaire pour limiter la probabilité de ruine à horizon 1 an à 0.5%. Le SCR est basé sur le profil de risque de l'organisme et peut être calculé de plusieurs façon différentes : par une formule standard, par un modèle interne approuvé par le superviseur ou par une combinaison des deux. En formule standard, le SCR est calculé par une approche modulaire. L'organisme doit mesurer la perte engendrée en cas d'événements défavorables lié à un ensemble de facteurs de risque. Pour tenir compte de la possibilité de réalisation simultanée de tous ces événements, la formule standard introduit des corrélations entre les différents

facteurs de risque, permettant ainsi d'obtenir des bénéfices de diversification. Aussi, la perte brute observée par l'organisme (BSCR : SCR de base) peut encore être atténuée par deux effets avant d'obtenir le SCR final :

- la capacité de l'organisme à transférer une partie de sa perte aux assurés par une moindre participation aux bénéfices,
- l'imputation de la perte au résultat fiscal qui conduira souvent à payer moins d'impôts dans le futur.

On peut résumer la modularité du calcul du SCR ainsi :

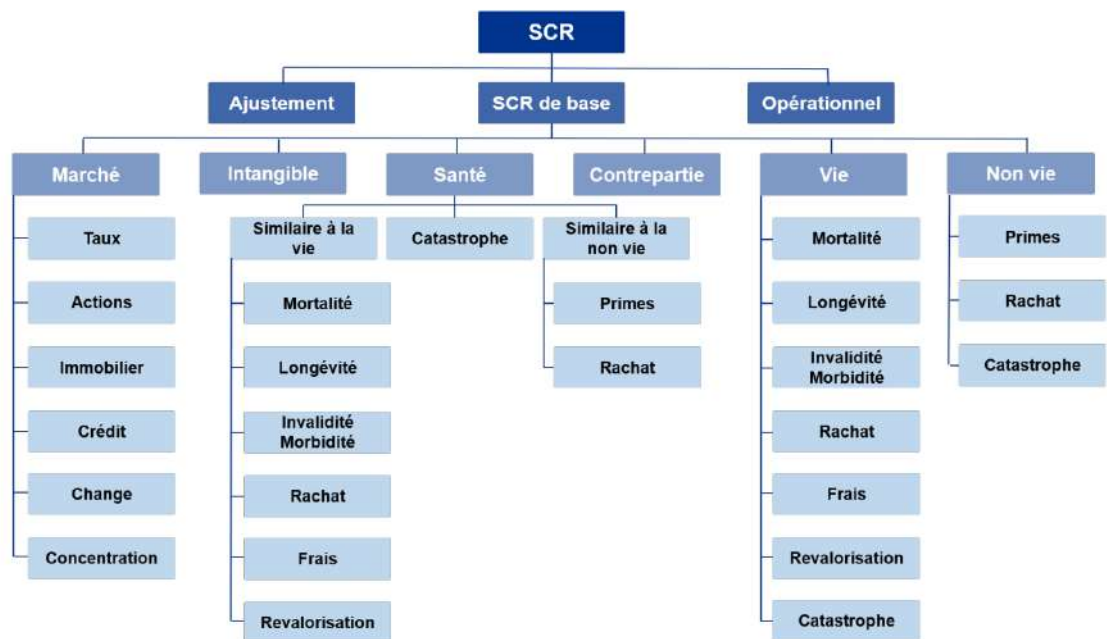


FIGURE 1.1 – Modules de Solvabilité 2

- Le MCR est le niveau de fonds propres de base minimum en-deça duquel les bénéficiaires des contrats de la compagnie d'assurance seraient exposés à un niveau de risque inacceptable. Il est composé de **80%** des fonds propres du tiers 1 et ne doit pas contenir de fonds propres auxiliaires.

## Pilier II – Les exigences qualitatives

Il est centré sur le système de gouvernance des risques au sein de l'entreprise et notamment la notion de fonctions clés. Au nombre de quatre : gestion des risques, audit interne, vérification de la conformité, fonction actuarielle. Il met également en place un processus d'évaluation interne des risques et de la solvabilité (*ORSA - Own Risk and Solvency Assessment*). Enfin, il introduit le principe de la personne prudente qui amène les assureurs à investir dans des actifs de manière à garantir la sécurité, la

qualité, la liquidité et la rentabilité de l'ensemble du portefeuille de façon adaptée à la nature et à la durée de leurs engagements.

### Pilier III – Les informations à destination du public et du superviseur

Ce pilier concerne la communication d'informations au public et aux autorités de contrôle. Il vise à harmoniser au niveau européen les informations publiées par les organismes d'assurance ainsi que celles remises aux superviseurs.

## 1.2 Le SCR en Formule Standard

Comme nous l'avons évoqué, le calcul de l'exigence de capital requis(SCR) se fait de façon modulaire. Dans cette partie, nous allons présenter les formules de calculs des SCR des différents risques.

Le calcul du SCR se fait en trois étapes.

La première consiste à cartographier les risques de l'activité et à évaluer le capital de solvabilité requis pour chaque sous module. L'approche utilisée est d'appliquer un scénario de stress et d'évaluer l'impact de celui-ci sur ses fonds propres économiques par les biais de la *Net Asset Value (NAV)* :

$$NAV = VM_{actif} - PT_{S2} = VM_{actif} - BE$$

Où :

- $VM_{actif}$  : la valeur de marché de l'actif,
- $PT_{S2}$  : les provisions techniques en normes S2,
- $BE$  : *Best Estimate*.

Ainsi, le SCR de chaque sous-module s'obtient par :

$$SCR_{sous\_mod_k} = NAV_{centrale} - NAV_{choqu}$$

La deuxième étape consiste à agréger les SCR d'un sous-module de risque pour obtenir le SCR du module. Il s'agit d'une agrégation *intra-modulaire* à l'aide de matrice de corrélation linéaire donnée par l'EIOPA :

$$SCR_{mod_k} = \sqrt{\sum_{(i,j)} \rho_{i,j} * SCR_i * SCR_j}$$

Avec

- $SCR_{mod_k}$  le module considéré,
- (i, j) les sous modules du module considéré,
- $\rho_{i,j}$  le coefficient de corrélation linéaire entre les sous modules i et j.

Ensuite, on obtient le SCR de base (*BSCR - Basic Solvency Capital Requirement*) à partir d'une agrégation *inter-modulaire* de chacun des modules et d'une matrice de corrélation :

$$BSCR = \sqrt{\sum_{(mod_i, mod_j)} \rho_{(mod_i, mod_j)} * SCR_{mod_i} * SCR_{mod_j}}$$

Coefficients de	SCR marché	SCR défaut	SCR vie	SCR non-vie	SCR santé
SCR marché	<b>1</b>				
SCR défaut	<b>0,25</b>	<b>1</b>			
SCR vie	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>1</b>		
SCR non-vie	<b>0,25</b>	<b>0,5</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	
SCR santé	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

FIGURE 1.2 – Matrice de corrélation des modules de risque de Solvabilité II

Enfin, on obtient le SCR final par :

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

Où :

- Absorption est l'ajustement de SCR au titre de l'absorption des pertes par provisions techniques et par les impôts différés,
- $SCR_{opérationnel}$  est l'exigence de capital pour le risque opérationnel.

Le module de risque de marché est celui qui est le plus affecté par les mesures de révision de Solvabilité II, nous allons donc nous y consacrer dans la suite de cette partie.

## Module de risque de marché

Par l'inversion du cycle de production en assurance, les assureurs sont amenés à disposer d'importants capitaux. L'activité d'assurance vie investit par nature sur les marchés, et les assureurs non-vie le font dans une moindre mesure. Ce comportement génère inévitablement pour les assureurs un risque lié aux fluctuations des marchés financiers, le SCR de marché a pour objectif de l'évaluer. Les risques composant ce module sont : le risque de taux, le risque d'action, le risque immobilier, le risque de spread, le risque de concentration et le risque de change.

## Le risque de taux d'intérêt

Le risque de taux résulte du risque engendré par la variation de la courbe des taux sans risque utilisée. Deux cas sont considérés, une hausse et une baisse des taux. Le SCR de taux nécessite un calcul de deux SCR, le premier pour le choc à la hausse des taux et le second pour le choc à la baisse des taux. Le SCR s'obtient donc en considérant le scénario le plus défavorable. Nous reviendrons sur la méthodologie de calcul du SCR de taux.

## Le risque action

Ce module permet de mesurer l'impact d'une baisse soudaine des marchés actions sur le bilan de l'assureur. Il se décompose en trois types :

- les actions de type 1 : actions cotées sur les marchés de l'Espace Économique Européen (EEE) ou de l'Organisation de Coopération et de Développement Économique (OCDE),
- les actions de type 2 : les actions qui ne sont pas de type 1, c'est-à-dire des actions cotées sur les marchés hors OCDE ou non cotées,
- les investissements en infrastructures (ajouté en 2017).

Pour limiter les effets procycliques, c'est-à-dire les ventes forcées de titres en bas de cycle, les chocs actions de base sont corrigés par un *ajustement symétrique (AS)* communément appelé « *dampener* ». Publié mensuellement par l'EIOPA, il se calcule selon la formule :

$$AS = 0,5 * \left( \frac{CI - AI}{AI} - 8\% \right)$$

Où :

- CI est le niveau actuel de l'indice,
- AI est la moyenne mobile sur 3 ans de l'indice.

Choc Action : Baisse de la valeur de marché	
Type 1	39% + AS
Type 2	49% + AS
Type 3	30% + 77%*AS

FIGURE 1.3 – Chocs appliqués par type d'action

Le SCR action s'obtient par la formule :

$$SCR_{Action} = \sqrt{SCR_{t1}^2 + 0,75 * 2 * SCR_{t1}(SCR_{t2} + SCR_{t3}) + (SCR_{t2} + SCR_{t3})^2}$$

## **Risque immobilier**

Le capital de solvabilité requis pour le risque immobilier est la perte en fonds propres résultant d'une baisse instantanée de 25% de la valeur de marché des biens immobiliers.

## **Risque de spread**

C'est le risque engendré par la hausse des spreads de crédit. Le SCR de spread vient de la perte en fonds propres qui résulterait d'une modification du spread pour l'ensemble des produits de taux de l'assureur : obligations, produits dérivés ou positions de titrisations.

## **Risque de concentration**

Il s'agit du risque engendré par l'accumulation d'expositions à une même contrepartie. Les actifs pris en compte sont ceux déjà soumis aux risques de taux, actions, immobilier et de spread. Le choc appliqué est fonction du rating (probabilité de défaut selon la notation de l'actif) et de l'exposition, et intègre un seuil de concentration. Le besoin en solvabilité au titre du risque de concentration est ensuite l'agrégation des capitaux requis de l'ensemble des expositions, sans corrélation.

## **Risque de change**

Il s'agit du risque de fluctuation du taux de change de toutes les devises par rapport à la devise locale. C'est donc le risque de voir certains investissements de l'assureur perdre de leur valeur du fait de la variation de la valeur de la monnaie étrangère par rapport à la monnaie locale.

Deux scénarios sont envisagés pour le calcul du SCR de change, une hausse et une baisse de 25% des valeurs des autres devises. On considère le scénario le plus défavorable des deux.

# **1.3 Limites de la formule standard**

Pour être la plus générale possible, la formule standard adopte plusieurs simplifications qui induisent des limites dans l'évaluation quantitative des risques des compagnies. La prise en compte imparfaite des risques s'observe notamment sur le calibrage des éléments quantitatifs du pilier 1, à l'instar de la calibration des chocs de marchés, de celle de la prime d'illiquidité (Ajustement pour volatilité), du coût du capital pour le calcul de la marge pour risque.

D'autres points faibles sont à noter sur la méthodologie d'agrégation des risques. Les besoins en capital déterminés pour chaque module et sous-module de risque sont agrégées à partir d'une matrice de coefficients de corrélation, traduisant une structure de dépendance linéaire. Or la dépendance entre les risques ne se limite pas à ces coefficients : des risques peuvent avoir une structure de dépendance non linéaire forte, par exemple une dépendance de queue, mais un faible coefficient de corrélation.



Notons toutefois, que ces limites, bien que réelles, sont nécessaires pour avoir une approche simple de la formule standard applicable à toutes les compagnies.

Dans les différents chapitres, nous présenterons plus en détail les limites de la formule standard.

## 1.4 La révision de Solvabilité II

Entrée en vigueur depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2016, les organismes d'assurance et les autorités de régulation disposent d'une expérience sur l'application de la norme.

Lors de sa mise en place, de nombreux points ont fait l'objet de discussions. Les différentes parties prenantes, la Commission Européenne, les régulateurs, les assureurs, s'étaient accordées sur un processus de révisions périodiques pour adapter la norme au contexte socio-économique, et l'améliorer. Une précédente revue a eu lieu en 2018, pour le calibrage de certains points du SCR. La seconde version pour 2020 devait porter sur les mesures du paquet des longues branches. La Commission Européenne a donc chargé l'EIOPA de réaliser des travaux sur d'éventuelles évolutions. Le calendrier initial a été retardé du fait de la pandémie et l'EIOPA a remis à la commission en décembre 2020 ses préconisations dans son document *Opinion on the 2020 review of Solvency II*[11], une année après avoir réalisé des consultations et des études d'impact après des assureurs européens (voir *Consultation paper* [9]).

En septembre 2021, la commission a publié un *paquet législatif sur la révision de solvabilité II* [6]. Celui-ci est composé de :

- Une proposition de révision de la directive de Solvabilité II,
- Une communication sur les grands principes des mesures de niveau 2,
- Une évaluation des impacts de la proposition.

Les objectifs de la révision sont d'inciter les assureurs à contribuer au financement durable à long terme de l'économie, de contribuer au développement de l'union des marchés des capitaux. Pour cela, la révision devra :

- inciter les assureurs à financer durablement et à long terme l'économie,
- améliorer la sensibilité aux risques,
- améliorer la qualité, la cohérence, et la coordination de la supervision,
- prévenir les risques systémiques,
- améliorer la protection des assurés.

Le processus de révision nécessitera plusieurs années d'échanges entre les parties prenantes qui pourraient modifier certaines des propositions présentées dans ce mémoire.

Le calendrier de la révision[2] est :



FIGURE 1.4 – Calendrier de la révision de Solvabilité II

# Chapitre 2

## Courbe des taux sans risque

Le point de départ de Solvabilité II est la valorisation économique de l'ensemble du bilan, où l'actif et le passif sont évalués selon des critères cohérents avec les principes du marché.

La courbe des taux sans risque ou structure par terme des taux sans risque sous-tend le calcul des passifs par les entreprises d'assurances et de réassurances. Elle permet d'évaluer les engagements d'assurance, comme précisé à l'article 77 de la directive 2009/138/CE [5] sur le calcul des provisions techniques :

« *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 (valeur actuelle attendue des flux de trésorerie futurs), estimée sur la base de la courbe des taux sans risque pertinents.* »

La courbe des taux sans risque est une fonction qui pour une maturité donnée associe la valeur du taux d'intérêts d'un placement sans risque de défauts. Il s'agit d'une notion très présente dans la littérature financière. Pour Solvabilité II, la courbe des taux sans risque est réglementaire, elle est construite et publiée par l'EIOPA mensuellement pour les maturités de 1 à 150 ans. La construction de cette courbe suggère le respect des contraintes suivantes [13] :

- *La répliquabilité* : il doit être possible pour les acteurs du marché de reconstruire cette courbe par leurs propres moyens. Cela profite aux entreprises pour leur gestion des risques et à d'autres fins. Elle permet aussi de réduire au minimum le pouvoir discrétionnaire dans la construction régulière de la courbe des taux sans risque,
- Le caractère *Market Consistency* : la courbe est construite à l'aide des données de marché observables. Ceci permet de favoriser la transparence et la confiance sur les marchés de l'assurance et de créer des règles de jeu équitables qui permettent la comparaison entre les entreprises,
- *La stabilité de la courbe* : La courbe doit être construite de sorte à ne pas exacerber la volatilité de la valeur des passifs par modifications injustifiées du taux sans risque.

Ce chapitre vise à montrer comment est construite la courbe des taux sans risque par l'EIOPA. Tout d'abord, nous présenterons les outils théoriques nécessaires à la construction de la courbe, puis, nous décrirons les méthodes d'interpolations et d'extrapolations de la courbe actuelle. Enfin, nous exposerons les ajustements et modifications proposés par l'EIOPA dans son *Consultation Paper on the Opinion on the 2020 review of Solvency II* [9], avant d'exposer la proposition finale retenue par la commission.

## 2.1 Données financières pertinentes à la construction de la courbe des taux sans risque

Conformément à l'article 77 bis de la directive Solvabilité II [4], les structures par terme des taux d'intérêts, pour chaque monnaie et pays, doivent être basées sur des instruments financiers pertinents négociés sur des marchés *profonds, liquides et transparents (deep, liquid and transparent financial market DLT)* [13].

Un marché profond est un marché capable d'absorber des ordres d'achat ou de vente portant sur des montants importants. La liquidité d'un marché financier représente la capacité à acheter ou à vendre rapidement des actifs qui y sont cotés sans que cela ait d'effet majeur sur les prix. La transparence du marché signifie que les participants disposent de toutes les informations existantes, complètes, claires et véridiques.

### Critères « *Deep, Liquid and Transparent, (DLT)* » du marché

Bien qu'il existe un ensemble de paramètres généralement appliqués pour rendre une évaluation DLT, cette dernière est dans la pratique contrainte par des limitations. En effet, plusieurs facteurs influent sur la liquidité et la profondeur des marchés. De plus, l'influence de ces facteurs varie selon le marché (selon les usages, conventions et règles de fonctionnement) et dans le temps (en fonction de l'environnement économique et/ou politique). Il est donc généralement admis qu'aucun paramètre unique ne peut être concluant pour évaluer la nature DLT d'un instrument financier. L'EIOPA fournit les principaux critères qu'elle utilise :

- *L'écart de spread ou Bid-Ask spread* : Il s'agit de la différence de prix entre le prix le plus élevé qu'un acheteur paierait et le prix le plus bas auquel un vendeur vendrait. Le marché est d'autant plus liquide que son *Bid-Ask* est faible. Lorsqu'il est nul, on parle d'accord parfait des participants au marché sur le prix d'échange de l'instrument,
- *La fréquence des échanges (ou Trade Frequency)* : elle correspond au nombre d'échanges sur une période donnée, une fréquence des échanges élevée indique que le marché est liquide,
- *Les volumes d'échanges* : C'est le montant des transactions sur une période donnée. Il permet d'apprécier la liquidité et la profondeur des marchés,

- *Les mouvements des prix d'échanges volumineux* : c'est une mesure du critère de profondeur du marché,
- *Le nombre de sources de prix* : il peut être considéré comme un indicateur de transparence.

Pour les devises des pays non-membres de l'espace économique européen, l'EIOPA effectue des analyses complémentaires : analyse de la volatilité, analyse des Bid-Ask spread. Dans ce mémoire, nous nous intéresserons uniquement à la devise euro.

## **Instruments financiers utilisés pour la construction de la courbe**

L'article 44-1 du Règlement Délégué[5] indique que :  
 « *Pour chaque monnaie et pour chaque échéance, les taux d'intérêts sans risque de base sont établis à partir des taux des contrats d'échange (swaps) de taux d'intérêt dans cette monnaie, ajustés pour tenir compte du risque de crédit.* »

Pour l'Euro, la courbe des taux est construite à l'aide des taux swap contre Euribor 6 mois (*Euro Interbank Offered Rate*) [14]. Il s'agit du taux moyen auquel les principales banques de l'Association européenne de libre-échange(AELE) obtiennent des fonds sur le marché interbancaires. Il est publié quotidiennement par l'*European Money Market Institut(EMMI)*. Un scandale financier sur la manipulation des taux d'intérêt par des acteurs du marché a poussé la BCE à changer la méthode de calcul des taux Euribor afin de mieux prendre en compte les transactions effectives, il s'agit de l'*ESTER (European Short Term Rate)*[1].

L'utilisation de taux swap peut ne pas être possible pour certaines devises, car les critères DLT ne sont pas respectés, l'article 44-2 du Règlement Délégué stipule alors que :

« *Pour chaque devise, pour les échéances pour lesquelles il n'existe pas de taux de contrats d'échange de taux d'intérêt provenant de marchés financiers profonds, liquides et transparents, les taux d'intérêt sans risque de base sont établis à partir des taux des obligations d'État émises dans cette devise, ajustés pour tenir compte du risque de crédit des obligations d'État, à condition que ces taux proviennent de marchés financiers profonds, liquides et transparents.* »

Le choix des obligations d'État vient du fait qu'elles sont considérées comme peu risquées par leur capacité à lever l'impôt. Toutefois, on a pu observer à travers l'histoire l'impossibilité pour de nombreux pays à honorer leurs engagements (la Russie en 1998, l'Argentine en 2001, la Grèce en 2012). Les obligations d'État font donc aussi l'objet de notations financières en fonction des environnements économiques et politiques.

## **Credit Risk Adjustment - (CRA)**

Les instruments financiers présentés contiennent un risque de crédit sur la période entre l'observation de l'Euribor et le paiement. Pour pallier cela, on effectue

un ajustement pour tenir compte de ce risque de crédit, comme indiqué à l'article 45 du Règlement Délégué et présenté dans la documentation technique de l'EIOPA sur la construction de la courbe des taux sans risque. Pour la devise Euro, l'ajustement est effectué par les OIS (*Overnight Indexed Swap*) à 3 mois et de même échéance. Il correspond à 50% de la moyenne sur 1 an de l'écart entre le taux Euribor 6 mois et le taux OIS à 3 mois correspondant. Le calcul de la moyenne annuelle est basé sur les données journalières des douze derniers mois, et il s'agit d'une moyenne simple. Lorsque des données de marchés sont manquantes pour les taux Euribor (ou OIS), on peut les interpoler et les extrapoler. L'ajustement appliqué ne doit être ni inférieur à 10 points de base, ni supérieur à 35 points de base, et baisse les taux de marchés observés. Ainsi :

$$CRA_{euro} = \min \left( \max \left( \sum_{i=1}^N \frac{(EURIBOR_{6mois,i} - OIS_{3mois,i})}{2N}, 10bps \right), 35bps \right) \quad (2.1)$$

## 2.2 Extrapolation de la courbe des taux sans risque

Le critère DLT n'est pas satisfait par tous les taux que l'on peut observer sur les marchés, notamment pour les maturités les plus grandes. Toutefois, les passifs d'assurances portent généralement sur plusieurs dizaines d'années. Il vient donc la nécessité d'extrapoler les taux pour les maturités ne satisfaisant pas les critères DLT. La dernière maturité qui satisfait au DLT est nommée *dernier point liquide (Last Liquid Point LLP)*. Fixée à 20 ans, sa détermination est un point de discussion importante, qui a notamment conduit à la révision des paramètres de Solvabilité II.

Il existe des maturités inférieures au LLP et qui ne satisfont pas au critère DLT, pour celles-ci les taux sont interpolés.

Devises	ISO 4217	LLP
Euro	Eur	20
Lev Bulgare	BGN	20
Franc Suisse	CHF	15
Couronne Tchèque	CZK	15
Couronne Danoise	DKK	20
Kuna Croate	HRK	9
Forint Hongrois	HUF	15
Couronne Islandaise	ISK	8
Couronne Norvégienne	NOK	10
Zloty Polonais	PLN	10
Leu Roumain	RON	10
Couronne Suédoise	SEK	10

FIGURE 2.1 – LLP des devises de l'EEE

## Ultimate Forward Rate (UFR)

L'objectif de la courbe des taux sans risque est de permettre la valorisation des engagements de l'assureur tout en évitant d'introduire une volatilité artificielle sur les provisions techniques et les fonds propres. Il a donc été décidé de faire converger la courbe des taux vers un taux forward ultime à long terme : **l'Ultimate Forward Rate (UFR)**. Il s'agit d'un paramètre fixé annuellement par l'EIOPA [10], permettant de pallier manque de liquidité des instruments financiers pour des longues maturités : d'où sa qualification de *taux d'équilibre à long terme*.

L'UFR est calculé à partir de données macroéconomiques historiques, afin de rester cohérent à long terme, comme la somme du rendement sans risque moyen et du taux d'inflation moyen. Le taux d'inflation moyen correspond à la cible d'inflation visée par la Banque centrale européenne pour la zone euro, qui est fixé à 2%. Le rendement sans risque moyen correspond à la moyenne des taux d'intérêt réels depuis 1961 jusqu'à la date d'évaluation :

$$UFR_t = \text{taux réel moyen} + \text{inflation} \quad (2.2)$$

Lors de la mise en place de Solvabilité II, l'UFR a été pensé comme une valeur fixe (4,2% pour l'euro). Toutefois, cette valeur semblait trop élevée face au contexte de taux bas. En mai 2017, l'EIOPA a donc annoncé une modification de l'UFR qui ne sera plus fixe, mais calculé annuellement par elle. La nouvelle méthode rend l'UFR variable chaque année uniquement de 15 points de base selon la formule :

$$UFR_t^L = \begin{cases} UFR_{t-1}^L + 15bps & \text{si } UFR_{t-1}^L + 15bps \leq UFR_t \\ UFR_{t-1}^L - 15bps & \text{si } UFR_t \leq UFR_{t-1}^L - 15bps \\ UFR_{t-1}^L & \text{sinon} \end{cases}$$

Avec :

- $UFR_t^L$  : la valeur en t de l'UFR après la limitation de l'évolution de l'UFR,
- $UFR_t$  : la valeur trouvée en t sans limite,
- $UFR_{t-1}^L$  : la valeur qui avait été fixé en t-1.

En 2021, l'UFR a été fixé à 3,60% par l'EIOPA et il est de 3,45% à partir du 01/01/2022.

## Méthode de Smith-Wilson

La méthode de Smith-Wilson [15], présentée dans la note de recherche de Smith et Wilson, permet de réaliser l'interpolation et l'extrapolation des taux. Elle a été retenue par l'EIOPA. L'interpolation vise à trouver l'ajustement parfait avec les données de marchés en garantissant les caractères *Market Consistent et lisse* de la courbe. L'extrapolation vise à faire converger les taux vers l'UFR en partant du LLP.

La documentation technique sur l'extrapolation de la courbe des taux sans risque décrit la méthodologie utilisée. Nous ne nous attarderons donc pas dessus.

La fonction de Wilson  $W(u, v)$  est définie par :

$$W(u, v) = e^{-\omega(u+v)}H(u, v) \quad (2.3)$$

où  $H(u, v)$  est le cœur de la fonction de Wilson :

$$H(u, v) = \frac{\alpha(u+v) + e^{-\alpha(u+v)} - \alpha|u-v| - e^{-\alpha|u-v|}}{2} \quad (2.4)$$

, avec  $\alpha$  : la vitesse de convergence des taux swap vers l'UFR

et  $\omega$  le taux ultime forward en notation exponentielle :  $\omega = \log(1 + UFR)$

### Notations

- La matrice  $C = c_{ij}$ , de taille  $(n, m)$  qui représente  $n$  vecteurs d'instruments financiers de taille  $m$ ,
- $\mathbf{u}$  le vecteur de taille  $m$ , représentant les dates des maturités,
- $\mathbf{P}$  le vecteur de taille  $m$ , représentant les prix des instruments financiers,
- $\mathbf{d} = e^{-\omega \mathbf{u}}$ , un vecteur auxiliaire,
- $d_{\Delta}$  la matrice diagonale construite à partir de  $\mathbf{d}$ , telle que  $W = d_{\Delta}Hd_{\Delta}$ ,
- $\mathbf{Q} = d_{\Delta}C$  matrice utilisée pour simplifier les notations,
- $\mathbf{q} = \mathbf{Q}'\mathbf{1} = \mathbf{C}'\mathbf{d}$  où  $\mathbf{1}$  représente le vecteur unitaire,
- $\mathbf{b} = (d_{\Delta}Hd_{\Delta})^{-1}$  le vecteur d'extrapolation.

Les prix zéro-coupons extrapolés par la méthode de Smith-Wilson sont données par :

$$p(v) = e^{-\omega.v} + W(v, u)Cb = e^{-\omega.v} + e^{-\omega.v}H(v, u)d_{\Delta}Cb = e^{-\omega.v}(1 + H(v, u)Qb)$$

En posant  $\tilde{\mathbf{b}} = Qb$ , on obtient :

$$p(v) = e^{-\omega.v}(1 + \sum_{i=1}^m \tilde{b}_i H(v, u_i))$$

### Avantages et inconvénients de la méthode de Smith-Wilson

La méthode de Smith-Wilson utilisée par l'EIOPA pour la construction de la structure par terme des taux sans risque fait l'objet de nombreuses interrogations. Ses principaux avantages sont :

- Un ajustement parfait des données de marché sur la partie liquide de la courbe,
- Transparence et reproductibilité de la méthode. En effet, elle est publique et donc accessible pour tous les acteurs de marché,



- Formule fermée et facilement implémentable (implémentation facile en Excel sans besoin de macro),
- Permet de réaliser à la fois l'interpolation et l'extrapolation des taux.

Mais, elle présente aussi de nombreux inconvénients :

- Le paramètre de convergence  $\alpha$  est exogène au modèle,
- La fonction de prix des zéros coupons  $P(t)$  peut être négative,
- La fonction de prix zéros coupons n'est pas nécessairement décroissante sur la partie liquide, ce qui peut créer des arbitrages,
- les choix des paramètres par l'EIOPA, tels que le LLP, l'UFR, peuvent sembler arbitraires.

## **Les pistes de révisions de la méthode de construction de la courbe des taux sans risque**

Dans son papier de consultation sur la revue de Solvabilité II, l'EIOPA a présenté les différentes problématiques de la méthode de construction de la courbe des taux sans risque. Rappelons qu'elle a un impact direct sur la valorisation du passif du bilan prudentiel des assureurs.

La méthode d'extrapolation consiste à faire converger les taux forward à partir du LLP, fixé à 20 ans, vers un taux UFR. Or, lorsque ce taux est supérieur au taux au LLP, les taux extrapolés seront croissants et donc supérieurs aux taux observés sur le marché. En outre, plus l'écart entre ces deux taux est grand, plus la croissance de la courbe sera forte. Cela conduit à une sous-estimation des provisions techniques. Lorsque l'UFR est inférieur, il y a une surestimation des provisions techniques. La révision de la méthode de calcul de l'UFR entraîne sa baisse progressive et donc son rapprochement avec les taux observés sur le marché. Toutefois, d'une part, la limitation de la baisse à 15 bps par an, et l'utilisation d'une moyenne de taux réel depuis 1961 (donc un impact faible des nouvelles années) entraîne une diminution est assez faible.

En juin 2017, l'EIOPA a adopté une nouvelle méthodologie pour effectuer l'évaluation des critères DLT d'un marché. Selon cette méthodologie, pour le marché de swap de l'euro, les maturités de 1 à 15, 20, 25, 30, 40 et 50 ans satisfont aux critères DLT. Une évaluation plus poussée a montré que le point de maturité 30 ans est plus profond et liquide que celui de maturité 20 ans. Cela remet profondément en question le choix d'un LLP à 20 ans. Il a aussi été envisagé de modifier la vitesse de convergence des taux vers l'UFR ou la période de convergence, mais des études réalisées par l'EIOPA ont montré que les ratios de solvabilité des assureurs étaient plus sensibles au LLP.

On note aussi des divergences entre la courbe de taux sans risque construite et la courbe des taux swap observés sur les marchés. Ce qui peut interroger sur la stratégie de gestion des risques à adopter pour les organismes d'assurances. En effet, lorsqu'elles

possèdent des passifs dont les échéances dépassent le LLP, l'utilisation de la courbe des taux extrapolé peut entraîner des risques à long terme, tandis que l'utilisation des taux de marchés peut conduire à une plus grande volatilité.

L'EIOPA a proposé des options de réformes pour remédier aux défauts constatés précédemment. Quatre pistes ont été choisies :

- La première option est de maintenir le LLP à 20 ans et à rajouter des exigences supplémentaires dans les piliers 2 et 3. L'objectif ici est de cibler le problème de gestion des risques engendrés par la différence de taux. Les organismes devraient être tenus d'effectuer des analyses de sensibilités sur l'extension du LLP pour l'euro à 50 ans et inclure les résultats dans le *Reporting Prudentiel Régulier (RSR)*, et dans le *Rapport sur la Solvabilité et la situation financière (SFCR)*. Il faudra prouver que la distribution des capitaux n'affecte pas la protection des bénéficiaires des produits d'assurances.
- La seconde option est un décalage du LLP à 30 ans. Malgré le fait qu'il ne s'agit pas du dernier point satisfaisant au critère DLT, cela permettrait d'avoir une stabilité des provisions techniques et la cohérence de la courbe avec les taux de marchés. Des études de sensibilités comme pour la première option devront aussi être réalisées.
- La troisième option consiste en un décalage du LLP à 50 ans. Cette solution est cohérente avec les résultats de l'EIOPA sur le critère DLT des taux swap.
- La dernière option est d'utiliser une nouvelle méthode d'extrapolation qui dépendra des données de marchés au-delà du LLP. Il s'agit de la méthode de lissage, et elle dépend de trois paramètres : le premier point de lissage (*First Smoothing Point ou FSP*), le *Last Liquid Forward Rates (LLFR)* et l'UFR.

## Nouvelle méthode d'extrapolation de la courbe des taux

La méthode alternative préconisée par l'EIOPA pour la construction de la structure par terme des taux sans risque dépend de trois facteurs : *First Smoothing Point FSP*, le dernier taux forward liquide (*Last Liquid Forward Rate LLFR*), et l'UFR.

### **First Smoothing Point (FSP)**

La courbe des taux pour les échéances jusqu'au FSP est entièrement déterminé par les informations du marché, et joue un rôle similaire à celui du LLP. Le FSP est déterminé en deux étapes :

- le FSP est déterminé à l'aide du critère *residual bond*. Ce critère indique la disponibilité relative des obligations. Les données de marché actuelles donneraient un FSP à 22 ans,
- Si le FSP issu de la première étape ne répond pas au critère DLT, alors le FSP serait fixé égal à la maturité la plus proche dont les taux de référence sont considérés comme DLT. Pour l'euro, on a donc un FSP de 20 ans identique

à la valeur du LLP. Enfin, pour s'assurer de la stabilité du FSP, celui-ci n'est modifié que si la seconde étape donne des résultats qui varient pendant deux années consécutives.

### Méthode Alternative

La méthode alternative se décompose en deux étapes.

D'abord, les taux zéro-coupon jusqu'au FSP et les taux forward avant et après le FSP sont déterminés à partir des taux swap de marché pour les maturités respectant les critères DLT.

Nous reprenons les mêmes notations que celle de l'EIOPA dans son document *Opinion on the 2020 review of Solvency II* :

- $r_t$  le taux swap sur le marché pour la maturité  $t$ ,
- $z_t$  le taux spot zéro-coupon pour la maturité  $t$ ,
- $f_{t_1, t_2}$  le taux forward entre les maturités  $t_1$  et  $t_2$ .

Le taux zéro-coupon est dérivé du taux swap au moyen du bootstrap, en commençant par l'échange d'un an. De  $1 = (1+r_1)/(1+z_1)$  on en déduit le taux  $z_1$ . En procède itérativement pour déterminer les taux zéro-coupon  $z_t$  de maturité  $t = 2, \dots, 15$  selon les relations :

$$\sum_{i=1}^{t-1} \frac{r_t}{(1+z_i)^i} + \frac{1+r_t}{(1+z_t)^t} = 1 \quad (2.5)$$

Les taux forward sont alors déterminés par la formule :

$$f_{t-1, t} = \frac{(1+z_t)^t}{(1+z_{t-1})^{t-1}} - 1 \quad (2.6)$$

Les maturités entre 15 et 20 ne satisfaisant pas les critères DLT, on va interpoler les taux. Pour cela, nous supposons que les taux forward 1 an entre 10 et 15 ans sont tous égaux. Cette hypothèse est raisonnable, car le forward est une prévision du taux d'intérêt à 1 an. Et, il y a peu de raisons de supposer que le marché a une vision sensiblement différente du taux d'intérêt à 1 an du taux de 15 ans comparé au taux de 16 ans maintenant. On a alors les relations :

$$(1+z_{16})^{16} = (1+z_{15})^{15}(1+f_{15,16}) = (1+z_{15})^{15}(1+f_{15,20}) \quad (2.7)$$

$$(1+z_{17})^{17} = (1+z_{16})^{16}(1+f_{16,17}) = (1+z_{15})^{15}(1+f_{15,20})^2 \quad (2.8)$$

$$(1+z_{18})^{18} = (1+z_{17})^{17}(1+f_{17,18}) = (1+z_{15})^{15}(1+f_{15,20})^3 \quad (2.9)$$

$$(1+z_{19})^{19} = (1+z_{18})^{18}(1+f_{18,19}) = (1+z_{15})^{15}(1+f_{15,20})^4 \quad (2.10)$$

$$(1+z_{20})^{20} = (1+z_{19})^{19}(1+f_{19,20}) = (1+z_{15})^{15}(1+f_{15,20})^5 \quad (2.11)$$

Sur cette base, nous pouvons écrire la valeur d'un swap à 20 ans :

$$\sum_{i=1}^{19} \frac{r_{20}}{(1+z_i)^i} + \frac{1+r_{20}}{(1+z_{20})^{20}} = r_{20} \left[ \sum_{i=1}^{15} \frac{1}{(1+z_i)^i} + \frac{1}{(1+z_{15})^{15}} \sum_{i=1}^5 \frac{1}{(1+f_{15,20})^i} \right] + \frac{1}{(1+z_{15})^{15}(1+f_{15,20})^5} \quad (2.12)$$

Le taux forward de la relation précédente peut être déterminé par méthode numérique *Newton Raphson* par exemple. De cette façon, il est possible de trouver les taux zéro-coupon de 15 à 20 ans en repassant par l'étape précédente. La répétition de cette procédure fournit les autres taux forward 1 an entre les maturités 20, 25, 30, 40 et 50. Les taux zéro-coupon après le FSP sont obtenus par extrapolation.

Au-delà du FSP, les taux dépendent du Last Liquid Forward Rate (LLFR) et de l'UFR. L'extrapolation s'effectue au niveau des taux à terme.

### Last Liquid Forward Rate (LLFR)

Le LLFR est une moyenne des taux forward pondérée pour prendre en compte le caractère liquide des taux forward. Ce caractère liquide est estimé sur la base des taux swap à partir desquels les taux forward sont construits. Ainsi, les données de marchés pour les maturités suffisamment liquides sont aussi partiellement prises en compte dans la partie extrapolée de la courbe. En zone euro, compte tenu de l'évaluation actuelle du DLT des taux swap, le LLFR s'écrit :

$$LLFR = \omega_{20} * f_{15,20} + \omega_{25} * f_{20,25} + \omega_{30} * f_{20,30} + \omega_{40} * f_{20,40} + \omega_{50} * f_{20,50} \quad (2.13)$$

Les facteurs de pondération  $\omega_x$  sont basés sur l'évaluation de la liquidité du marché swap en fonction des montants notionnel moyen annuel échangé pour un point de maturité x, noté  $V_x$  :

$$\omega_x = \frac{V_x}{V_{20} + V_{25} + V_{30} + V_{40} + V_{50}} \quad (2.14)$$

Ensuite, les taux forward au-delà du FSP sont extrapolés selon la formule suivante :

$$f_{FSP,FSP+h} = \ln(1 + UFR) + (LLFR - \ln(1 + UFR)) * B(\alpha, h) \quad (2.15)$$

et

$$B(\alpha, h) = \frac{1 - e^{-\alpha * h}}{\alpha * h} \quad (2.16)$$

Avec h qui prend des valeurs de 1 jusqu'à la maturité souhaitée (120 ans dans notre cas),  $\alpha$  le paramètre de convergence indiquant à quelle vitesse B converge vers 0.  $B(\alpha, h)$  vise à réduire le poids de la différence entre le LLFR et  $\ln(1 + UFR)$  dans la somme quand h croît. La formule du facteur de pondération dérive du modèle de *Vasicek* pour les taux d'intérêt.

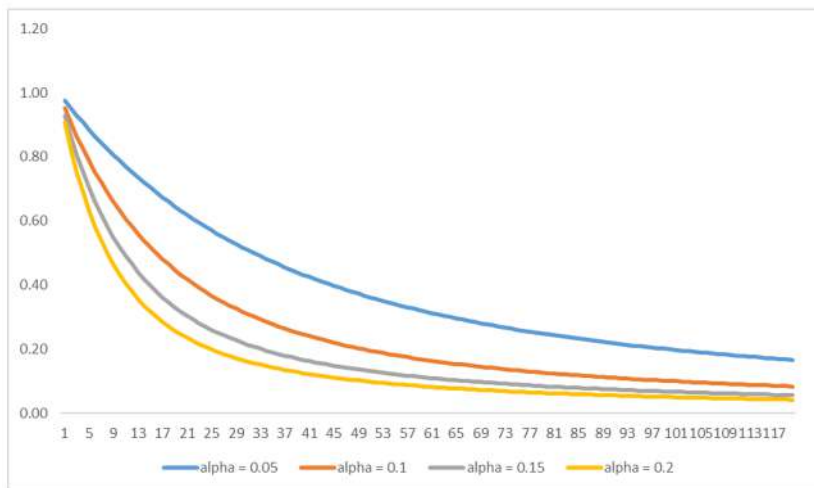


FIGURE 2.2 – Facteur de convergence B pour différent  $\alpha$

Le facteur de convergence joue un rôle dans l'extrapolation des prévisions après le FSP. Il détermine la vitesse de convergence des taux forward vers l'UFR. Plus il est grand, plus rapidement les taux forward convergeront vers l'UFR.

Dans cette nouvelle méthode, contrairement à la méthode de Smith-Wilson, il n'y a pas de période de convergence vers l'UFR qui est fixée. En outre, la littérature scientifique n'apporte pas de preuve de la détermination d'un facteur de convergence ou de sa positivité.

L'EIOPA préconise un facteur de convergence à 10% par prudence, compte tenu de l'impact important d'un changement plus important. Il sera toutefois possible de le réévaluer et le recalibrer lors de futures révisions. Du fait des taux bas, l'EIOPA recommandait de modifier la valeur du facteur de convergence  $\alpha$  afin de limiter l'impact sur la solvabilité des organismes d'assurances. Une méthode transitoire a donc été proposée :

$$\alpha = \begin{cases} 10\% & \text{si } r \geq 0,5\% \\ 20\% & \text{si } r \leq -0,5\% \\ \text{interpolé linéairement entre 10\% et 20\%} & \text{si } -0,5\% \leq r \leq 0,5\% \end{cases}$$

Les taux zéro-coupon extrapolés sont obtenus par la formule :

$$z_{FSP+h} = \exp\left(\frac{FSP * z_{FSP} + h * f_{FSP,FSP+h}}{FSP + h}\right) - 1, \forall h > FSP. \quad (2.17)$$

Lors de la publication de son paquet législatif sur la révision de Solvabilité II en septembre 2021 [6], la Commission Européenne a retenu la proposition de l'EIOPA sur la nouvelle méthode d'extrapolation de la courbe de taux sans risque. Le paramètre de convergence  $\alpha$  n'avait pas encore de valeur définitive, et il avait été convenu qu'il pourrait être modulé en fonction de la conjoncture et du temps, tout en maintenant le mécanisme d'introduction progressif proposé par l'EIOPA. Cependant, un nouveau

projet d'amendements aux orientations de la Commission Européenne sur la révision de Solvabilité 2 [7] a fixé le paramètre de convergence à 20%. Ce qui est différent de l'avis préconisé par l'EIOPA et entraîne la suppression du mécanisme de transition.

### Application de l'ajustement pour volatilité

L'ajustement pour volatilité sera présenté un peu plus loin. On s'intéresse dans ce paragraphe à son ajout dans la nouvelle méthode d'extrapolation. En effet, contrairement à ce qui est fait dans la méthode de Smith-Wilson, dans laquelle le *Volatility adjustment (VA)* est ajouté aux taux sans risque avant le LLP avant d'effectuer une nouvelle extrapolation, il est dans la méthode alternative ajoutée aux taux forward jusqu'au FSP selon la formule :

$$f_{t,t+h}^{VA} = f_{t,t+h} + VA \quad (2.18)$$

Le VA est également ajouté au dernier taux forward liquid (LLFR), mais il faut noter que son ajout ne se fait que sur le dernier taux forward avant le FSP. Ceci est similaire à la méthode actuelle où le VA est également ajouté au taux du dernier point liquide à partir duquel commence l'extrapolation. On a la formule :

$$LLFR = \omega_{20} f_{15,20}^{VA} + \omega_{25} * f_{20,25} + \omega_{30} * f_{20,30} + \omega_{40} * f_{20,40} + \omega_{50} * f_{20,50} \quad (2.19)$$

Une fois le LLFR déterminé, les taux forward sont extrapolés par une combinaison de l'UFR et du LLFR.

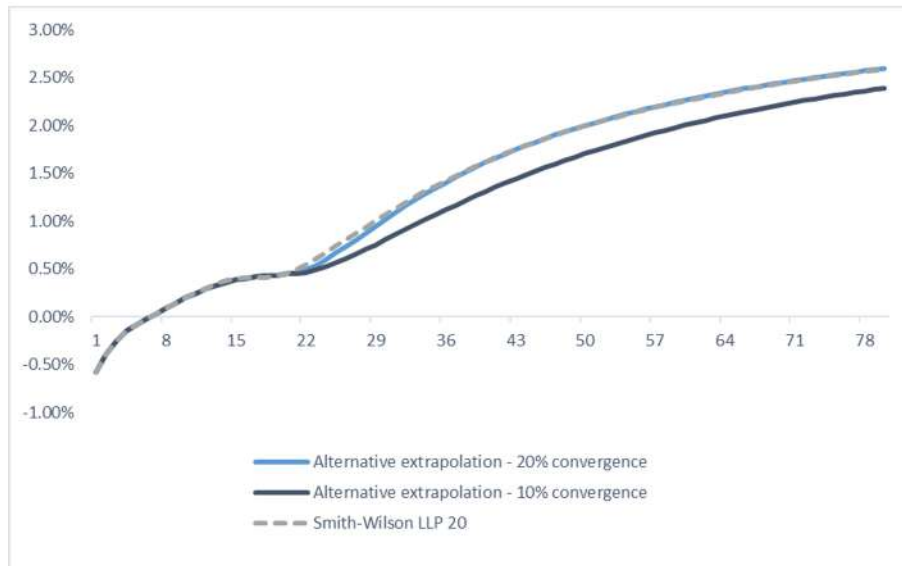


FIGURE 2.3 – Courbes des taux sans risque au 31/12/2021 avec les méthodes alternatives

En analysant le graphique ci-dessus, on observe que la proposition de la commission de choisir un facteur de convergence à 20% est très proche de la courbe actuelle,

tandis que la proposition de l'EIOPA donne une courbe plus faible. Cela permet de limiter l'impact d'un changement trop important lors du changement de méthode.

Il faut tout de même noter que la méthode n'est pas entièrement nouvelle et est, par exemple, utilisée dans la législation néerlandaise sur les fonds de pension. La principale caractéristique de l'approche proposée par l'EIOPA est qu'elle utilise les informations de marché après le LLP (20 ans pour l'euro). Cela se fait par l'introduction de deux nouveaux paramètres, le *premier point de lissage (FSP)* et le *dernier taux liquide à terme (LLFR)*. L'UFR est maintenu et devrait avoir un rôle prépondérant.

## 2.3 Analyse des courbes obtenues

Dans cette partie, nous allons appliquer aux données de marchés les différentes propositions présentées ci-dessus. Pour la construction de la courbe des taux sans risque, nous avons utilisé les taux swap contre Euribor 6 mois au 31/12/2021.

Nous allons d'abord voir l'impact d'un décalage du LLP à 30 et 50 ans. Puis l'impact du changement de la méthode d'extrapolation et de son paramétrage.

### Méthode de Smith-Wilson

L'extrapolation par la méthode de Smith-Wilson a été réalisée par l'outil Excel mis à disposition par l'EIOPA. Il est disponible sur son site.

Le paramétrage choisi est celui utilisé par l'EIOPA [13], le LLP fixé à 20 ans (respectivement 30 et 50 ans), qui donne un point de convergence à 60 ans (respectivement 70 et 90 ans), et donc une période de convergence de 40 ans. Les maturités satisfaisant aux critères DLT sont de 1 à 10 ans puis 12, 15, 20, 30 et 50 ans selon les cas. Les taux swaps avant d'être interpolés et extrapolés sont diminués du *Credit Risk Adjustment CRA* qui au 31/12/2021 est de 10 points de base. L'UFR pour 2021 était de 3,60%. L'extrapolation a été réalisée pour des maturités de 1 à 120 ans.

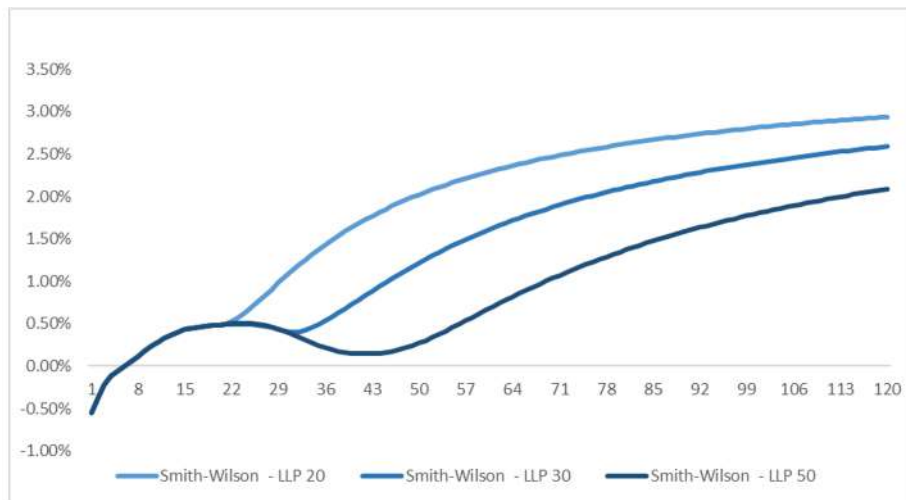


FIGURE 2.4 – Courbes des taux sans risque pour différents LLP au 31/12/2021

Malgré le début de remonter des taux observés en fin 2021, ceux-ci restent relativement bas. Ainsi, le décalage du LLP à 30 ou 50 ans conduit à abaisser significativement la courbe des taux sans risque au-delà de 20 ans, ce qui conduirait à une augmentation de la valeur des passifs d'assurance de long terme et donc une dégradation des ratios de solvabilité des assureurs.

## Méthode d'extrapolation alternative

Proposée dans le *Consultation paper* et retenue dans son avis final par l'EIOPA puis par la Commission Européenne, cette nouvelle méthode vise à améliorer la cohérence de la courbe des taux sans risque avec la situation des marchés. Cependant, le choix de la vitesse de convergence reste un enjeu important.

Au 31/12/2021, le taux au FSP est supérieur à 0,5% donc la méthode transitoire souhaitée par l'EIOPA conduit à un facteur de convergence de 10%.

Sur le graphique ci-dessous, nous avons tracé les courbes de taux sans risque obtenues par la méthode alternative pour les facteurs de convergence de 10% et de 20% qui sont les deux pistes retenues par l'EIOPA. Nous avons aussi tracé pour un facteur de convergence de 15% qui pourrait être un bon compromis entre le choix de l'EIOPA et celui de la commission.

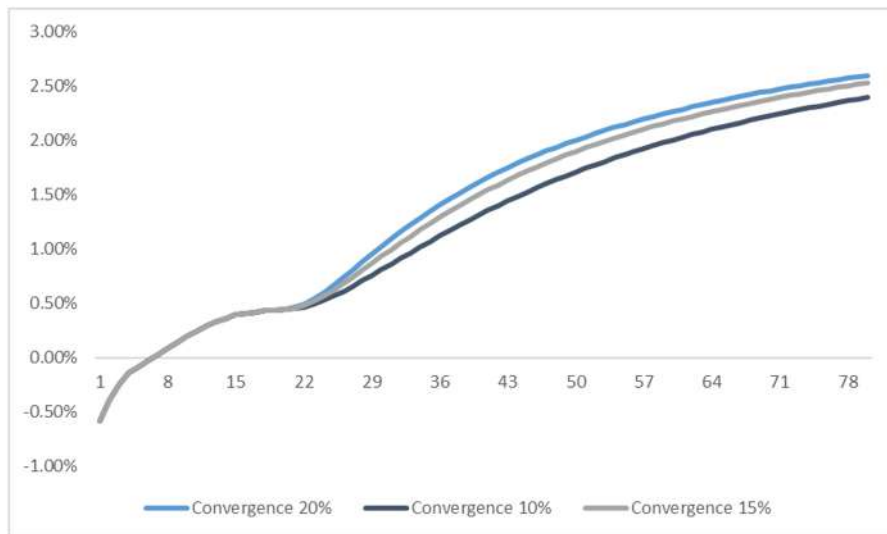


FIGURE 2.5 – Courbes des taux sans risque construites selon la méthode d'extrapolation alternative au 31/12/2021 pour différents facteurs de convergence

La valeur du facteur de convergence choisit par la commission de 20% semble plus prudente, car elle n'entraîne pas d'écarts trop importants avec la courbe actuelle. Toutefois, avec la remontée des taux, il pourrait ne plus être adapté.



Les graphiques suivants illustrent l'importance du facteur de convergence  $\alpha$ , en effet plus celui-ci est grand, plus la convergence est rapide. Pour cette méthode, il n'y a pas de point de convergence définie comme dans la méthode de Smith-Wilson, il s'agit ici d'une convergence asymptotique vers l'UFR.

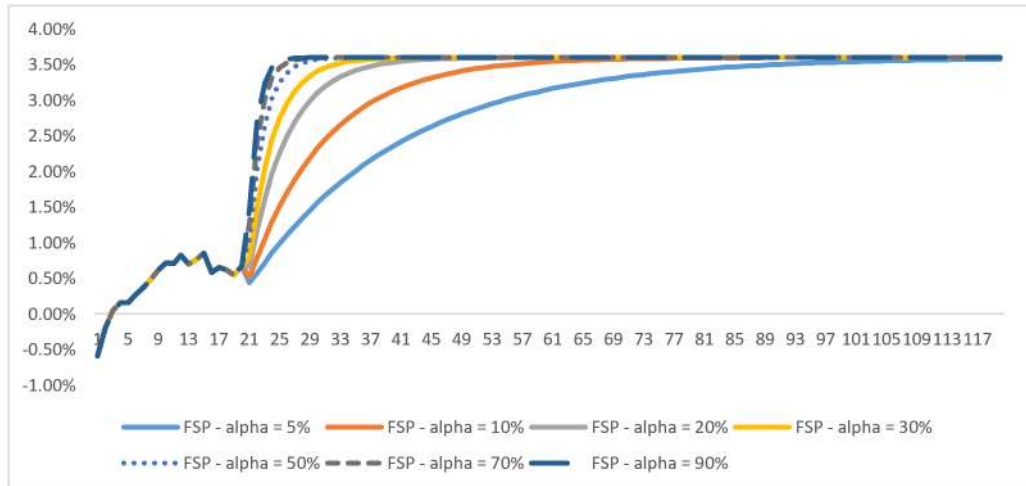


FIGURE 2.6 – Convergence des taux forward extrapolés vers l'UFR en fonction de différentes valeurs de  $\alpha$

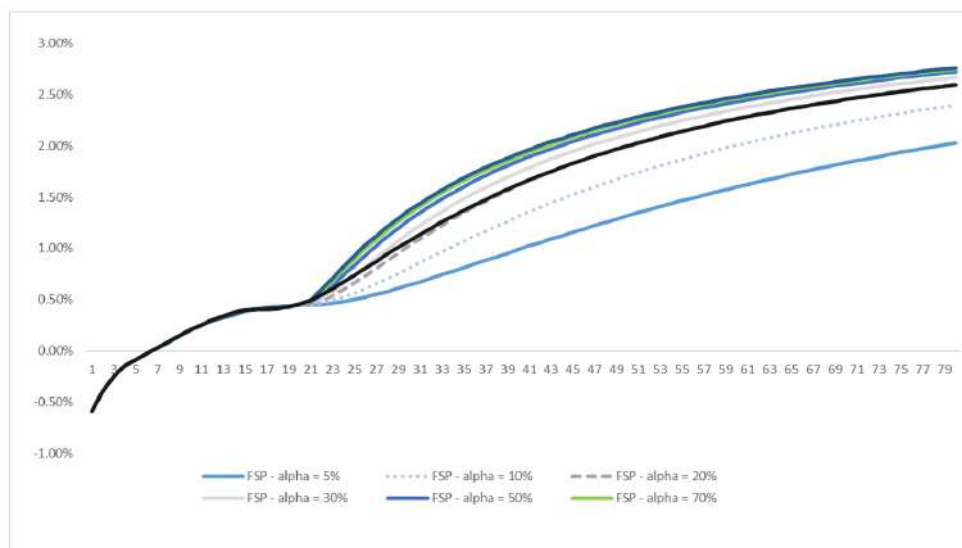


FIGURE 2.7 – Courbes des taux sans risques pour différentes valeurs de  $\alpha$

L'impact de la baisse du paramètre  $\alpha$  devrait être similaire à celui de la baisse de l'UFR (connu en raison de l'expérience acquise lors de la modification de la méthodologie de calcul). Ce paramètre influencera significativement l'évaluation des passifs à long terme. Cela introduit un nouveau risque réglementaire, et peut-être un nouveau mécanisme de direction pour les régulateurs pour abaisser la courbe des taux d'intérêt et donc d'augmenter la valorisation du passif.

Il peut être intéressant de voir le rôle de l'ajustement pour volatilité dans la nouvelle méthode d'extrapolation de la courbe des taux sans risque. On va ici utiliser l'approche de calcul du VA actuelle. Au 31/12/2021, le VA était de 3 bps, ce qui est faible pour voir des écarts notables. On va donc utiliser un VA plus grand (25 bps).

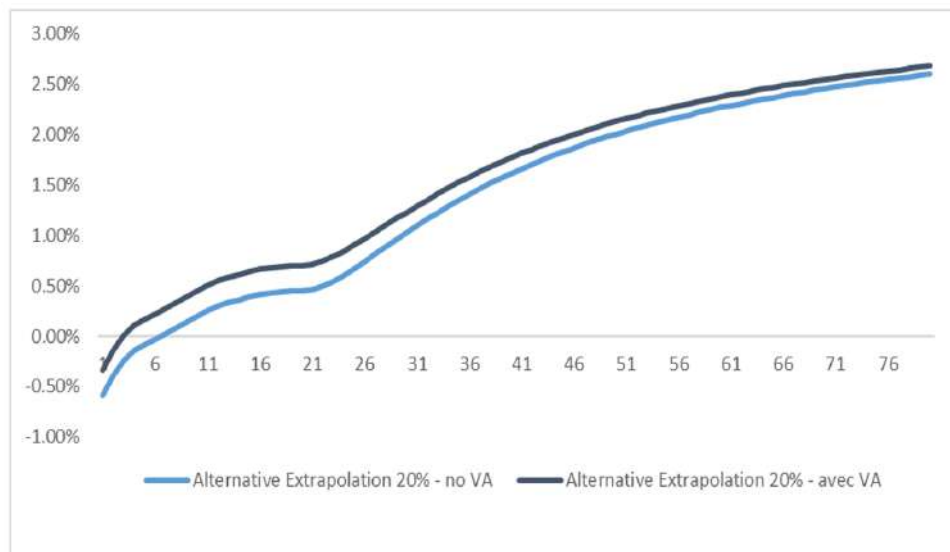


FIGURE 2.8 – Méthode alternative avec et sans va

Comme mentionné dans la description de la méthodologie, le *Volatility Adjustment* est ajouté au taux forward jusqu'au FSP et pour la partie extrapolation de la courbe, le LLFR est ajusté. Le graphique suivant présente l'évolution du *Volatility Adjustment* pour les deux méthodes d'extrapolation. On remarque que pour l'extrapolation alternative, le VA s'estompe moins rapidement. Le poids du VA dans la courbe des taux sans risque est plus important que dans la méthode de Smith-Wilson. Cela aura un impact négatif sur la valeur des passifs à long terme.

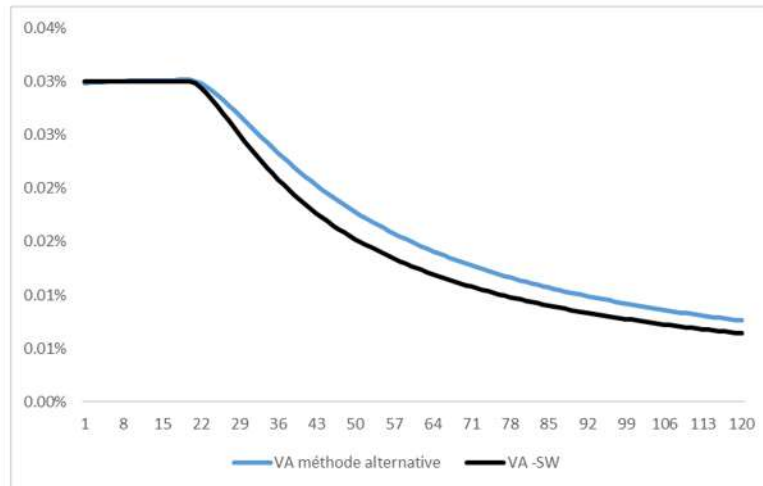


FIGURE 2.9 – Évolution du *Volatility Adjustment* appliqué aux courbes des taux sans risque au 31/12/2021 construites par la méthode de Smith-Wilson et la méthode alternative

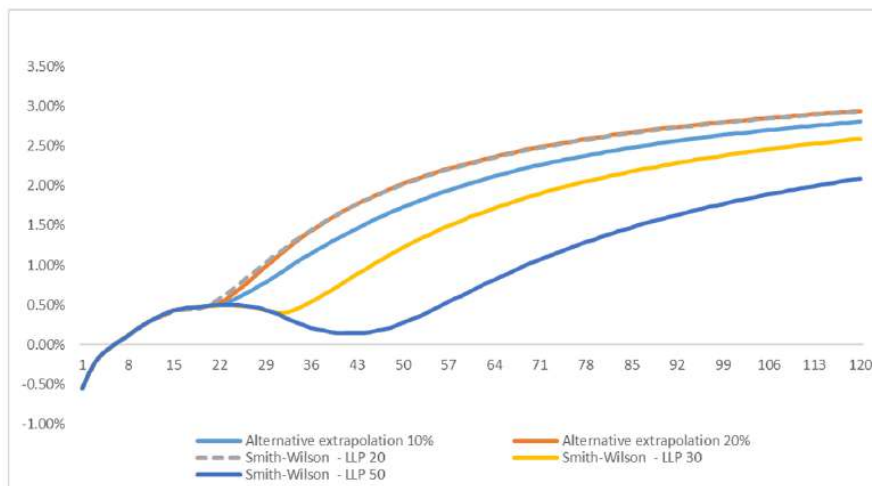


FIGURE 2.10 – Courbes des taux sans risque pour les différentes options au Q4 2021

Le graphique ci-dessus montre qu'un décalage du LLP à 50 ans constituerait un changement important pour l'assureur, en effet, on note un écart maximal avec la méthode de Smith-Wilson actuelle (LLP à 20 ans) de 1,7% alors qu'il est de 0,76% avec la méthode de Smith-Wilson pour un LLP à 30 ans.

Les courbes construites avec la méthode alternatives selon les paramètres de convergence de l'EIOPA ( $\alpha = 10\%$ ) et de la commission ( $\alpha = 20\%$ ) se situent entre les courbes de LLP 20 ans et de LLP 30. On note un écart maximal des taux avec la méthode actuelle de 0,3% pour le facteur de convergence à 10%, et de 0,07% pour le facteur de convergence à 20%. Ces écarts sont dus au fait que la méthode alternative inclut plus de données de marché.

## Critiques des méthodologies proposées

Les recommandations de l'EIOPA sont dues au fait que la méthode d'extrapolation actuelle semblerait entraîner une sous-estimation des provisions techniques, une mauvaise incitation à la gestion des risques et des problèmes de stabilité financière. À la suite de la publication de ses propositions et des études d'impacts réalisées par les assureurs, les différentes parties prenantes ont pu émettre leurs avis sur les propositions de l'EIOPA. Il en est ressorti que les options de changements du LLP à 30 ou 50 ans étaient très critiquées, notamment parce que cela augmenteraient la volatilité des fonds propres, une surcharge des coûts de financements et des coûts pour les preneurs d'assurance, ce qui entraînerait des comportements d'investissement procyclique non désirés.

Si la méthode d'extrapolation alternative a été finalement recommandée par l'EIOPA du fait de sa cohérence avec les taux observés sur les marchés, elle ne fait pas non plus l'unanimité auprès du marché.

### Avis de l'Insurance Europe

Dans son document sur la révision de Solvabilité II, *Insurance Europe* [16] remet en cause le changement de méthodologie voulu. D'abord, il considère que la perception selon laquelle la méthode actuelle entraîne des réserves insuffisantes, des désincitations à la gestion des risques et des problèmes de stabilité financière sont largement exagérés par l'EIOPA. La méthode d'extrapolation actuelle devrait être conservée, car elle a fait ses preuves, notamment durant la crise sanitaire de 2020 lorsqu'elle a contribué à une stabilisation des résultats de Solvabilité II et s'est avéré anticyclique. De plus, la possibilité que les taux restent bas longtemps avait déjà été anticipée et conduit à la mise en place d'une nouvelle méthodologie de calcul de l'UFR en 2017.

Il faut noter qu'un certain nombre d'éléments sont déjà mis en place pour couvrir le risque que les taux d'intérêts restent bas très longtemps :

- Le SCR de choc à la baisse des taux d'intérêts, qui sera recalibré pour supprimer le plancher à zéro des taux négatifs,
- Des tests de résistances sont effectués régulièrement (tous les trois ans),
- L'ORSA des entreprises incluent généralement des scénarios de taux bas, entraînant par conséquent des prises de décisions sur la distribution de capital.

Ensuite, la méthode alternative proposée par l'EIOPA présente plusieurs inconvénients :

- **Augmentation de la volatilité du bilan** : la méthodologie proposée pourrait entraîner une volatilité supplémentaire des passifs et des fonds propres. Cela peut être atténué par des produits dérivés, très coûteux qui pourraient engendrer des risques systémiques et de liquidité,
- **Affaiblissement du rôle de l'UFR** : causé par l'absence de période de convergence et de seuil de convergence des taux forward vers l'UFR,

- Il a été conçu en se concentrant uniquement sur l'euro sans tenir suffisamment compte des conséquences sur les autres devises.

## 2.4 Limites de la méthodologie

La méthode alternative présente des avantages par rapport aux autres options qui ont été discutés. Cependant, certaines limites apparaissent :

- Le paramètre de vitesse de convergence  $\alpha$  est exogène au modèle. Aucune méthode de calibration de ce paramètre n'est proposée, or, nous l'avons vu plus haut, il a un rôle très important dans l'extrapolation. Il pourrait être plus judicieux d'établir une méthodologie de révision à l'instar de ce qui a été fait pour le calcul de l'UFR.
- La méthode est aussi sensible au **LLFR**. La variation de ce paramètre implique une modification globale de l'extrapolation, or par exemple en cas d'inversement de la structure de la courbe des taux swaps, il varie facilement.

### Ajustement du LLFR

Pour réduire la sensibilité du **LLFR** aux variations de spreads, un LLFR ajusté du VA est appliqué, cet ajustement consiste en l'ajout du VA sur le dernier taux forward avant le FSP.

À l'instar de ce qui est fait sur la courbe de taux avant le FSP, il est justifié d'ajouter le VA aux taux forward au-delà du FSP, ou au moins jusqu'aux maturités maximales des actifs de l'assureur. Dans notre cas, nous pouvons observer que 97% des actifs ont une maturité inférieure à 30 ans.

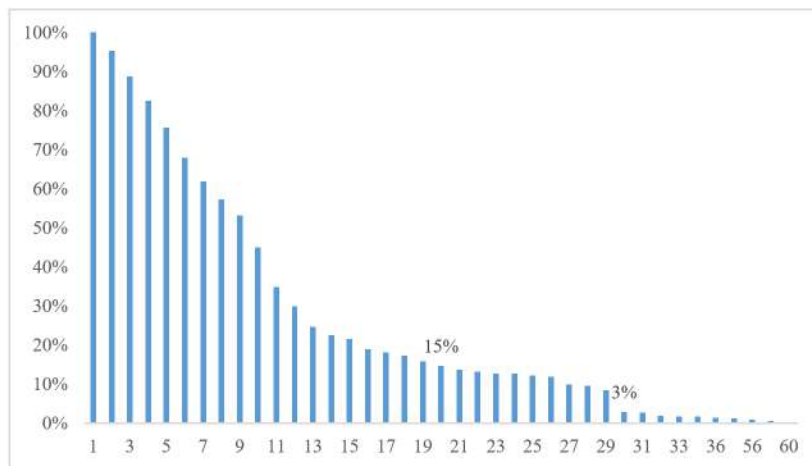


FIGURE 2.11 – Écoulement du stock obligataire au Q4 2021

Il apparait donc plus pertinent de considérer le LLFR défini comme suit :

$$LLFR = \omega_{20} f_{15,20}^{VA} + \omega_{25} * f_{20,25}^{VA} + \omega_{30} * f_{20,30}^{VA} + \omega_{40} * f_{20,40} + \omega_{50} * f_{20,50} \quad (2.20)$$

Au-delà de 30 ans, les faibles valeurs des pondérations limites l'impact d'un ajout du VA sur ces maturités dans les calculs du LLFR. Ci-dessous l'impact sur le LLFR de l'ajout du VA sur les maturités au-delà du FSP.

	Poids LLFR	LLFR(en bps)	$LLFR_{VA}(enbps)$
20 ans	27%	34,22	35,02
30 ans	56%	34,22	37,11
40 ans	2%	34,22	37,18
50 ans	2%	34,22	37,22

## Chapitre 3

# L'ajustement de la volatilité ou Volatility Adjustment(VA)

Sous Solvabilité II, les actifs et les passifs sont évalués par leur valeur de marché, ce qui crée de la volatilité au niveau des fonds propres. Les organismes soumis à Solvabilité II sont donc fortement affectés par les variations de marché. Les organismes d'assurance-vie contractent en majorité des produits de durée longue. Pour couvrir ces engagements de long terme, les assureurs investissent dans des actifs de long terme dans le but de les détenir jusqu'à leur échéance (des obligations majoritairement). S'ils sont moins soumis au risque de liquidité (étant donné qu'ils ne chercheront pas à vendre ses actifs), et au risque de signature (car la dégradation de la notation ne remet pas en cause les paiements futurs), ils sont tout de même affectés par un risque de défaut.

Lors de situation de stress sur les marchés financiers, une contraction de crédit plus ou moins importante conduit à une augmentation des taux d'intérêts du fait de l'augmentation du risque de liquidité, et cela, bien que les critères DLT soient respectés. Cela provoque une baisse de la valeur des actifs couvrant les engagements d'assurance, et donc une baisse des fonds propres et du ratio de solvabilité. Afin de répondre aux exigences réglementaires, les organismes d'assurances auront tendance à vendre au même moment leurs actifs ou à effectuer des réallocations de leur portefeuille de long terme vers du court terme. Si la vente permet de s'assurer une liquidité suffisante, elle entraînera à nouveau une diminution de la valeur économique du portefeuille qui entraînera à nouveau une diminution des fonds propres et ainsi de suite. Il s'agit des **comportement procycliques**, car ils accélèrent la tendance économique.

Les assureurs étant de manière générale des investisseurs à long terme qui détiennent leurs obligations jusqu'à maturité, ce comportement remet en cause leur politique de gestion. Afin d'éviter ces impacts négatifs, le régulateur européen a mis en place deux mécanismes : *L'ajustement pour volatilité (Volatility Adjustment VA)* et *L'ajustement égalisateur (Matching Adjustment MA)*. Dans ce chapitre, nous ne nous intéresserons uniquement au VA.

L'ajustement pour volatilité est un ajustement de la courbe des taux sans risque de

base, visant à diminuer la valeur économique des passifs de l'assureur afin de limiter l'impact de la volatilité des taux d'intérêts. Il s'agit de corriger la courbe des taux sans risque, de sorte à actualiser les flux du passif à un taux plus élevé en tenant compte du niveau des spreads. On peut le considérer comme une prime d'illiquidité, en effet, la courbe des taux sans risque est construite sur la base des taux swap liquide alors que les passifs des assureurs sont illiquides.

Il est calculé mensuellement par l'EIOPA en même temps que la courbe des taux sans risque sur la base d'un portefeuille de référence, et est applicable à tous les assureurs d'un même pays.

### 3.1 Conditions d'application de l'ajustement pour volatilité

L'application de l'ajustement de volatilité n'est pas soumise à l'approbation du régulateur. Cependant, il doit en être informé dans le rapport sur la solvabilité de l'organisme d'assurance. Des conditions définies dans le code des assurances aux articles *R.354-2*, *R354-2-1*, *R354-3-2*, *R355-7* du code des assurances :

- Mettre en place un plan de liquidité comportant une prévision des flux de trésorerie entrant et sortant au regard des actifs et passifs faisant l'objet de la correction pour volatilité,
- Procéder régulièrement aux évaluations suivantes et les soumettre à l'ACPR :
  - Sensibilité des provisions techniques et des fonds propres éligibles aux hypothèses sous-tendant le calcul de la correction pour volatilité,
  - Conséquences potentielles d'une vente forcée d'actifs sur les fonds propres éligibles,
  - Conséquences d'une réduction de la correction pour volatilité à zéro,
  - Si la non-utilisation de l'ajustement pour volatilité entraîne l'insolvabilité de l'assureur, il devra soumettre les solutions qu'il envisage pour rétablir le niveau de fonds propres éligibles ou de réduire le profil de risque,
  - Les critères d'application de l'ajustement pour volatilité sont pris en compte dans la politique de gestion des risques,
  - Dans le cadre de l'ORSA, il faudra s'assurer que les exigences de capital sont vérifiées avec et sans l'ajustement pour volatilité.



## 3.2 Méthode de calcul actuelle de l'ajustement pour volatilité

L'ajustement pour volatilité est calculé comme la valeur corrigée du risque entre l'écart de taux d'intérêts qui pourrait être obtenus sur les obligations, les prêts et les produits de titrisation incluses dans deux portefeuilles de référence et le taux sans risque de base. Le portefeuille de référence correspond aux actifs couvrant les engagements d'assurance, représentant en général 60% des investissements des assureurs. La correction pour volatilité s'effectue sur la partie liquide de la courbe des taux, donc avant le LLP. Au-delà, l'extrapolation de la courbe des taux sans risque corrigée est fondée sur les taux ajustés de la partie liquide.

L'ajustement de volatilité est calculé pour chaque monnaie et chaque pays, comme la somme :

- D'un ajustement commun à toute la zone de la devise,
- D'un ajustement national.

### Ajustement pour volatilité des devises

#### Spread moyen relatif aux devises

Il s'agit d'une prime de risque additionnelle pour faire face au risque de crédit et au risque de liquidité. Le spread relatif au portefeuille de référence au niveau devise  $S_{cu}$  est donnée par :

$$S_{cu} = \omega_{gov,cu} * \max(S_{gov,cu}; 0) + \omega_{corp,cu} * \max(S_{corp,cu}; 0) \quad (3.1)$$

Avec :

- $\omega_{gov,cu}$  la proportion d'obligations souveraines présentes dans le portefeuille d'actifs de référence relatif aux devises,
- $\omega_{corp,cu}$  la proportion d'obligations autres que souveraines présentes dans le portefeuille d'actifs de référence relatif aux devises,
- $S_{gov,cu}$  le taux moyen de spread sur les obligations souveraines,
- $S_{corp,cu}$  le taux moyen de spread sur les obligations autres que souveraines.

#### La correction du risque

L'objectif de l'ajustement pour volatilité étant de couvrir le risque de liquidité, on effectue une correction pour le risque de crédit du **spread moyen relatif aux devises**. Son calcul utilise la *probabilité de défaut (PD)* des actifs, la perte attendue résultant de la dégradation des actifs (*CoD*) et le *spread moyen à long terme (LTAS)*. Ces paramètres dépendent de la durée, du type, de l'origine et de la qualité des obligations. Elles sont fournies par l'EIOPA.

La correction du risque est égale à :

$$RC_{cu} = \omega_{gov,cu} * \max(RC_{gov,cu}; 0) + \omega_{corp,cu} * \max(RC_{corp,cu}; 0) \quad (3.2)$$

Avec :

- $\omega_{gov,cu}$  la proportion d'obligations souveraines présentes dans le portefeuille d'actifs de référence relatif,
- $\omega_{corp,cu}$  la proportion d'obligations autres que souveraines présentes dans le portefeuille d'actifs de référence relatif,
- $RC_{gov,cu}$  la proportion du risque de crédit relative à  $S_{gov,cu}$ ,
- $RC_{corp,cu}$  la proportion du risque de crédit relative à  $S_{corp,cu}$ .

Les corrections pour risque étant calculées selon les formules :

- $RC = 30\% * LTAS$  pour les obligations souveraines de l'UE,
- $RC = 35\% * LTAS$  pour les obligations souveraines issues d'autres états,
- $RC = \max(PD + CoD; 35\% * LTAS)$  pour les obligations d'entreprises.

Le VA pour une devise s'écrit donc :

$$VA_{cu} = 65\% * (S_{cu} - RC_{cu}) = 65\% * S_{cu}^{RC} \quad (3.3)$$

## L'ajustement national

Lorsque l'ajustement spécifique à la devise ne reflète pas la réalité du marché national, c'est-à-dire lorsque le *spread national* est large, le pays membre peut ajouter un ajustement national. Cet ajustement n'est valable que lorsque le spread pays est supérieur à 85 points de base. (Il était de 100 bps avant 2020)

Il se calcule ainsi :

$$VA_{co} = 65\% * \max(S_{cu}^{RC} - 2 * S_{co}^{RC}; 0) \quad (3.4)$$

Avec :

$S_{co}^{RC} = S_{co} - RC_{co}$  le spread pays corrigé pour le risque de crédit.

## Ajustement pour volatilité

Le VA est obtenu par la formule :

$$VA = 65\% * (S_{cu}^{RC} + \max(S_{cu}^{RC} - 2 * S_{co}^{RC}; 0)) \quad (3.5)$$

Le graphique ci-dessous représente la courbe des taux sans risque avec et sans VA, extrapolée avec la méthode de Smith-Wilson au 31/12/2021. Le niveau de VA était de 3 bps d'où les courbes qui sont très proches.

Dans le chapitre 2, il a été expliqué comment la nouvelle méthodologie intégrerait le VA, nous ne reviendront donc pas dessus.

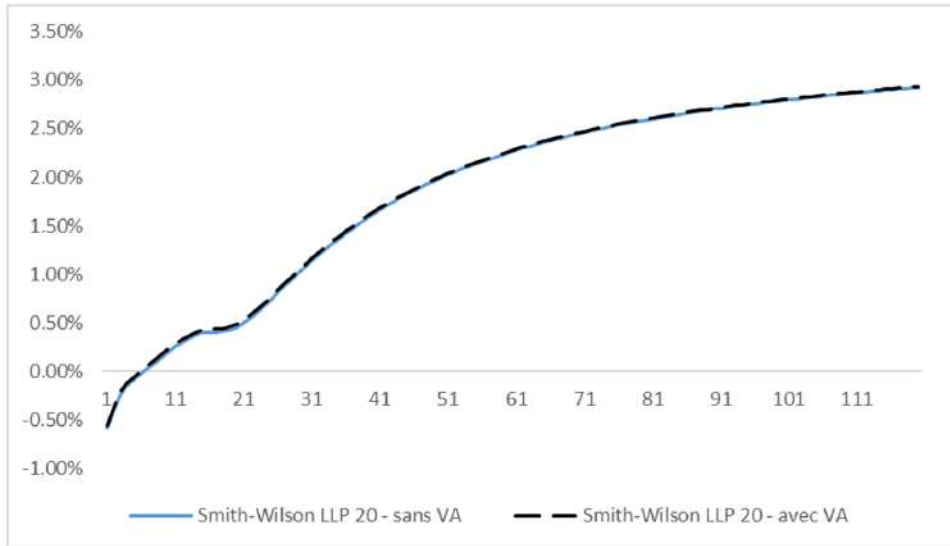


FIGURE 3.1 – Courbes des taux avec et sans VA au 31/12/2021

Rappelons qu'une fois le VA calculé, il est ajouté à la courbe des taux sans risque sur la partie liquide, c'est-à-dire avant le LLP, puis extrapolé. On voit donc l'évolution de l'ajustement pour différentes maturités au 31/12/2021.

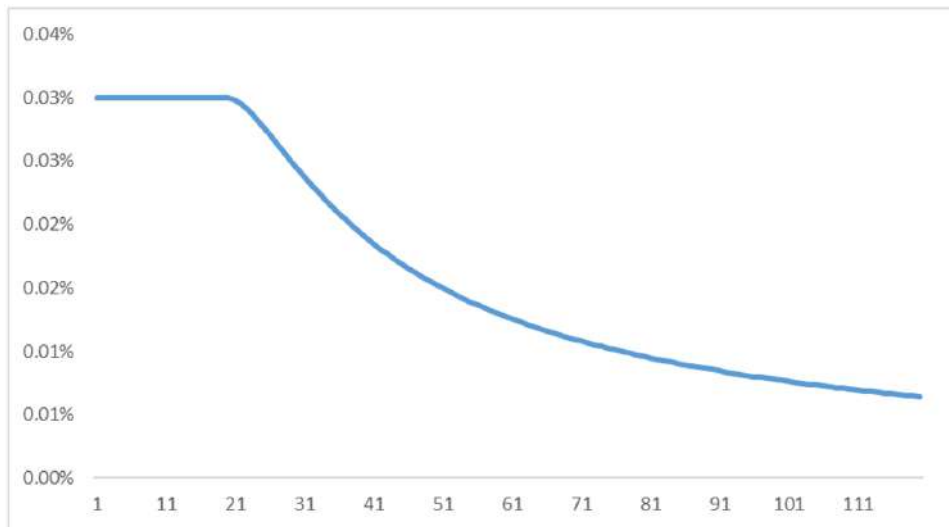


FIGURE 3.2 – Ajustement pour volatilité au 31/12/2021

### 3.3 Limites de la méthode actuelle

Dans le *Consultation paper* [9], l'EIOPA a réalisé une analyse de l'ajustement pour volatilité qui a permis d'identifier deux problématiques techniques dans la méthode actuelle, à cela s'ajoute 7 manquements dans sa conception actuelle.

Dans cette partie, nous allons tout d'abord présenter les problématiques qui ont été révélés, puis nous exposerons la méthodologie retenue par l'EIOPA et enfin celle retenue par la commission.

#### Les problématiques techniques

Deux principales problématiques sont avancées par l'EIOPA, à savoir la constitution du portefeuille de référence et la positivité du spread entre la courbe de taux sans risque et les rendements du portefeuille de référence.

##### Composition du portefeuille de référence

Tout d'abord, notons que les valeurs de marché des portefeuilles représentatifs utilisés par l'EIOPA pour les calculs du VA sont actualisés chaque année alors que le VA est calculé mensuellement. Or pour le calcul des rendements et des spreads du portefeuille, on suppose que les différents actifs sont comme des zéro-coupons de maturité leurs durations, il est alors possible d'obtenir le cash-flow délivré pour chaque actif. On peut dès lors considérer le portefeuille de référence comme un actif délivrant les cash-flows calculés aux dates de duration de chaque zéro-coupon. Sa valeur de marché est donc égale à la somme des valeurs de marché des actifs. Enfin, on détermine le taux de rendement du portefeuille de référence comme le *taux de rendement interne (TRI)* de l'actif équivalent. Les durations et les pondérations des valeurs de marché des actifs étant fixe, les taux d'intérêts moyens et les cash-flows évoluent dans le même sens. Par conséquent, lors de l'agrégation, chaque actif garde le même poids de valeur de marché, mais les cash-flows sont variables. Or, on s'attendrait lors d'une modification des taux d'intérêts à une baisse de la valeur de marché et des cash-flows constants. Il y a donc une surestimation du TRI du portefeuille de référence.

Pour résoudre ce problème, l'EIOPA recommande de fixer annuellement les cash-flows au lieu des valeurs de marché. Ainsi, c'est cette dernière que l'on recalculera. Cette proposition a du sens économiquement.

##### Spread toujours positif

Lorsque les taux d'intérêts sans risque sont supérieurs aux taux de rendements des actifs, un spread négatif reflèterait la réalité économique. Ainsi, l'EIOPA préconise de considérer ce cas de figure.

#### Problèmes conceptuels de l'ajustement pour volatilité

Les objectifs de l'ajustement de volatilité sont de prévenir les comportements *pro-cycliques*, de limiter l'impact des spreads sur les fonds propres et de reconnaître les

caractéristiques de l'illiquidité des passifs pour évaluer au mieux les provisions techniques.

Cependant, sept défaillances majeures ont été identifiées.

### **Mauvaise estimation de l'effet du VA**

Le VA a pour rôle de compenser l'augmentation du spread de marché. Plus le spread de marché augmente, plus le VA augmente pour compenser la baisse de la valeur de marché en diminuant les provisions techniques. En outre, le VA est calculé sur la base d'un portefeuille de référence. Ainsi, on a une surcompensation du VA lorsque les actifs à revenus fixes ont un point faible dans le portefeuille de l'assureur comparativement au portefeuille de référence, et inversement.

Cette surcompensation (ou sous-compensation) peut aussi être causée par l'écart entre les risques des obligations du portefeuille d'assurance et du portefeuille de référence. La qualité de crédit des obligations affectant le VA au travers de la correction de risque (RC). En effet, les valeurs de marché des actifs de l'assureur évoluent à des amplitudes différentes et le VA va alors surcompenser la baisse de la valeur de marché du portefeuille d'actifs.

### **La non prise en compte des caractéristiques d'illiquidité des passifs**

Des engagements d'assurance sont illiquides lorsque les flux de trésorerie associés sont stables et prévisibles dans le temps. Il est donc possible d'associer des flux de trésorerie de l'actif sur les flux provenant du passif. On considère ces flux d'actifs comme illiquides. Les organismes d'assurance peuvent alors réaliser un rendement supplémentaire. En effet, la stabilité de leur passif leur permet d'investir avec un faible risque de vente forcée et donc un faible risque de pertes à court termes sur les actifs. On peut alors envisager de considérer cette prime, car dans la méthodologie actuelle du VA, deux assureurs qui n'ont pas les mêmes caractéristiques de passifs dispose du même VA.

### **La non-activation de l'ajustement pour volatilité pays**

Le VA pays ne s'activant que lorsque le spread corrigé du risque de crédit du pays dépasse les 85 points de base, une période d'oscillations de celui-ci autour de son seuil de déclenchement conduirait à une volatilité des fonds propres. L'oscillation du spread du pays entraînerait une oscillation de l'actif de l'assureur de ce pays dans les mêmes proportions, alors que les passifs évoluent de façon discontinue en fonction du spread du pays. Aussi, la non-activation du VA pays pour une valeur de spread proche du point de déclenchement peut causer une sous-estimation de la baisse de l'actif par le VA.

### **Mauvaise estimation de la correction pour risque**

La correction pour risque vise à corriger les pertes liées à la qualité de crédit des actifs et le coût de dégradation de la qualité de crédit. L'article 77) d) de la directive de Solvabilité II stipule que le spread de devise corrigé du risque de crédit doit être calculé comme la différence entre le spread et la part de ce spread relative aux pertes prévues du risque de crédit, mais aussi imprévues. Le VA pourrait être mal ajustée du

fait des pertes inattendues, c'est le cas par exemple en période de crise, au cours duquel le nombre de pertes inattendues, dues aux défaillances des émetteurs, augmente avec le spread. La part de crédit dans le risque de spread devrait augmenter, ce qui n'est pas le cas avec la méthode actuelle.

### **La positivité du VA**

Le VA joue un rôle important dans la lutte contre les comportements procycliques en cas de baisse des marchés. Toutefois, dans le scénario de spreads faibles, les assureurs vont essayer d'améliorer leur rendement en se tournant vers des actifs plus risqués, ce qui rendra les assureurs plus vulnérables à une augmentation des spreads. La positivité du VA ne les incitera pas à utiliser des actifs moins risqués et ayant des meilleurs de qualité de crédit. Un VA négatif pourrait permettre d'anticiper des réactions procycliques à l'avenir.

### **Manque de clarté des hypothèses d'application du VA**

Le VA permet à la fois de compenser l'exagération des spreads sur les obligations ou comme une prime d'illiquidité sur les actifs qui répliquent les engagements de l'assureur. Cette double interprétation rend difficile les analyses à effectuer dans le cadre du pilier 2 de Solvabilité II.

### **La courbe des taux sans risque avec VA n'est pas Market-consistent**

La directive de Solvabilité II stipule que les provisions techniques vise à refléter une valeur de marché des engagements d'assurance. Comme les engagements d'assurance ne sont pas négociés sur les marchés financiers pour avoir des prix observables, on suppose qu'ils peuvent être répliqués avec des actifs sans risques ayant des caractéristiques similaires (flux de trésorerie, risque de crédit). L'ajustement de la courbe des taux entraîne un écart de valorisation entre l'actif et le passif malgré leurs caractéristiques similaires. Ceci est en contradiction avec l'hypothèse de *Market-consistent*. Afin de résoudre ces problèmes, l'EIOPA a proposé une nouvelle méthodologie de calcul de l'ajustement pour volatilité.

## **3.4 Révision de l'ajustement pour volatilité**

Pour répondre aux différentes problématiques que nous avons présentées précédemment, l'EIOPA avait proposé différentes options [12] combinables pour un nouveau mode de calcul du VA. Dans sa proposition de révision dans son document *Opinion on the 2020 Review of Solvency II* [11], l'EIOPA utilise une combinaison de certaines des options proposées pour construire un VA, comme somme d'un VA permanent similaire au VA devise et un VA macroéconomique correspondant au VA pays.

### **Ajustement pour volatilité permanent – VA permanent**

Similaire au VA de la devise, le VA permanent est donné par :

$$VA_{perm}^i = GAR * AR_4^i * AR_5^i * Scale * RC\_S \quad (3.6)$$

Avec :

- GAR le taux d'application général qui passe de 65% à 85% ;
- $AR_4^i$  : Ratio d'application introduit pour corriger les problèmes de sur/sous-estimation du choc de spread causé par le gap de duration actif/passif et du volume entre les investissements à revenu fixe et les passifs d'un organisme i,
- $AR_5^i$  est le taux d'application qui mesure le degré d'illiquidité du passif de l'assureur i,
- Scale est le facteur d'échelle qui vise à exclure l'influence des instruments à revenu non fixe dans le portefeuille de référence,
- RC\_S est le spread corrigé de crédit du portefeuille de référence.

Le facteur d'échelle se calcule comme :

$$Scale = \frac{1}{\omega_{gov} + \omega_{corp}} \quad (3.7)$$

## Ajustement pour volatilité macroéconomique – VA macro

Le VA macroéconomique est une amélioration du VA pays actuel. Il entre en jeu lorsque les spreads sont larges, lors des crises financières affectant le marché obligataire. Il est construit pour atténuer les effets non souhaités de l'activation de l'ancien VA pays. Il est donné par :

$$VA_{macro}^j = GAR * AR_4^i * AR_5^i * \omega_j * \max(RC\_S_j * Scale_j - 1, 3 * RC\_S * Scale; 0) \quad (3.8)$$

Où :

- j représente le pays considéré,
- $RC\_S_j$  le spread corrigé du risque de crédit du portefeuille de référence pour le pays j,
- $\omega_j$  est un composant conçu pour assurer une activation progressive et en douceur de la composante pays. Il se calcule ainsi :

$$\omega_j = \begin{cases} 0 & \text{si } RC\_S_{c,j} \leq 60bps \\ \frac{RC\_S_j - 60}{30} & \text{si } 60 \text{ bps} < RC\_S_{c,j} \leq 90bps \\ 1 & \text{si } RC\_S_{c,j} > 90bps \end{cases}$$

## Détermination du facteur d'application de dépassement $AR_4^i$

Ce facteur vise à éviter qu'un assureur bénéficie d'un VA élevé (basé sur l'allocation d'actifs moyenne des assureurs de l'UE) et qui aurait une forte incidence sur l'estimation de ses provisions, alors que son portefeuille d'actifs est peu exposé aux variations de spread (car il contient une moindre proportion d'actifs à taux fixe que le portefeuille de référence et/ou la durée de ce portefeuille est beaucoup plus faible que celle du portefeuille de référence).

Il correspond au rapport entre la sensibilité des placements à revenu fixe (identifié par leur code CIC) de l'entité suite aux variations de spread et la sensibilité du *Best Estimate* suite aux variations de VA, plafonné à 1. Il est donné par :

$$AR_4^i = \max \left\{ \min \left( \frac{PVBP(MV_{i,c}^{FI})}{PVBP(BEL_{i,c})}; 1 \right); 0 \right\} \quad (3.9)$$

Où :

Troisième position du CIC	Classe d'actifs	Actifs à revenu fixe
1	Obligations d'états	Oui
2	Obligations d'entreprises	Oui
3	Action	Non
4	Collective Investment Undertakings (Investissements collectifs)	Il faudrait identifier les investissements dont les actifs fournissent un revenu fixe. Si cela s'avère impossible, alors seul la dette est éligible (CIC 42)
5	Notes structurées (Structured notes)	Seuls les notes structurées principalement exposés au risque de taux (CIC 52) et les titres structurés principalement exposés au risque de crédit (CIC 54)
6	Collateralised securities	Seuls les titres collatéralisés principalement exposée au risque de taux (CIC 62) et les titres collatéralisés principalement exposés au risque de crédit (CIC 64)
7	Trésorerie et dépôts	Non
8	Hypothèques et prêts	Oui
9	Proprety	Non

FIGURE 3.3 – Codes CIC des actifs utilisés pour le calcul du facteur d'application



### Calcul du $PVBP(BEL_{i,c})$

La valeur de prix d'un point de base de la meilleure estimation des passifs doit être calculée comme une sensibilité par rapport à la valeur du VA. C'est-à-dire comme la différence entre la meilleure estimation des passifs estimés avec et sans ajustement pour volatilité. La formule s'écrit :

$$PVBP(BEL_{i,c}) = \frac{BEL_{i,c}(RFR_c) - BEL_{i,c}(RFR_c + VA_{sensi})}{VA_{sensi}} \quad (3.10)$$

Où :

- $RFR_c$  est la courbe de taux sans risque dans une devise  $c$ ,
- $VA_{sensi} = GAR * Scale * RC_S$  est la valeur hypothétique du VA,
- $RFR_c + VA_{sensi}$  est la structure par terme des taux sans risque qui résulte de l'application de l'ajustement de volatilité défini ci-dessus.

Une évaluation de la meilleure estimation doit être effectuée en tenant compte de l'effet des avantages discrétionnaires futurs (la capacité d'absorption des pertes des provisions techniques). À noter aussi qu'il est déterminé séparément pour chaque devise.

### Calcul du $PVBP(MV_{i,c}^{FI})$

La valeur du prix d'un point de base des investissements à revenu fixe de l'entreprise doit être calculés en fonction de la différence entre leur valeur de marché et l'estimation de leur valeur de marché lorsque le niveau de spread est augmenté du  $VA_{sensi}$ . Cela s'écrit :

$$PVBP(MV_{i,c}^{FI}) = \frac{MV_{i,c}^{FI}(CS) - MV_{i,c}^{FI}(CS + VA_{sensi})}{VA_{sensi}} \quad (3.11)$$

Où CS représente le niveau actuel des spreads. Les placements à revenu fixe doivent être identifiés sur la base de leur code CIC.

## Détermination du facteur d'application pour l'illiquidité $AR_5^i$

Il vise à tenir compte des caractéristiques d'illiquidité des passifs dans l'évaluation des provisions techniques. Il est calculé suivant l'approche dite de *regroupement*. L'entreprise devrait subdiviser toutes ses obligations en trois catégories selon la méthodologie décrite par l'EIOPA dans son *background analysis* [12]. On le résume ainsi :

Le taux d'application final est alors déterminé en agrégeant les Best Estimate des différentes catégories selon la formule :

$$AR_5^i = \max \left\{ \min \left( \frac{BE_I * AR_{5,I} + BE_{II} * AR_{5,II} + BE_{III} * AR_{5,III}}{BE_I + BE_{II} + BE_{III}}; 100\% \right); 60\% \right\} \quad (3.12)$$

Catégories	Critères	Facteurs d'application
Catégorie I - Illiquidité élevé	Pas d'option d'achat et de suppression de contrat. Lorsqu'il y en a l'exercice de ces options ne peut pas entrainer une perte des fonds propres pour l'assureur. Un faible impact du risque de mortalité sur le BE.	$AR_{5, I} = 100\%$
Catégorie II - Illiquidité intermédiaire	Moins de risque de mortalité. Risque de rachat limité	$AR_{5, II} = 75\%$
Catégorie III - Faible Illiquidité	Contrat ne rentrant pas dans les catégories I et II.	$AR_{5, III} = 60\%$

FIGURE 3.4 – Critères d'application du facteur d'illiquidité

## Détermination de la correction du risque

La correction du risque utilisée pour le calcul des spreads corrigés du risque est révisée. L'EIOPA élimine la prise en compte des probabilités de défaut et des coûts de dégradation de la notation de crédit dans les calculs relatifs aux obligations non émises par un état. L'EIOPA propose des coefficients fixes pour chacune des deux catégories, emprunts d'états de l'EEE et autres placements à taux fixe, incluant dorénavant les états hors EEE.

Pour les obligations issues des pays de l'espace économique européen, la correction du risque est donnée par la formule :

$$RC = 30\% * \min(S^+; LTAS^+) + 20\% * \max(S^+ - LTAS^+; 0) \quad (3.13)$$

Où

- S désigne le spread moyen des obligations d'état dans le portefeuille représentatif,
- LTAS désigne le spread moyen à long terme des obligations d'état dans le portefeuille représentatif.

Pour les autres placements à revenu fixe du portefeuille représentatif, la correction du risque est donnée par la formule :

$$RC = 50\% * \min(S^+; LTAS^+) + 40\% * \max(S^+ - LTAS^+; 0) \quad (3.14)$$

Où

- S désigne le spread moyen des autres placements à revenu fixe dans le portefeuille représentatif,

- LTAS désigne le spread moyen à long terme des autres placements à revenu fixe dans le portefeuille représentatif.

### Scénario de la Commission Européenne

Dans son projet de réforme des exigences de Solvabilité II présenté en septembre 2021, la Commission Européenne a retenu pour le calcul de l'ajustement pour volatilité la méthodologie proposée par l'EIOPA sans le facteur d'illiquidité.

## 3.5 Analyse des résultats obtenus

Nous avons appliqué les méthodologies proposées au 31/12/2021.

	SII Actuel	Revue EIOPA	Revue CE
GAR	65%	85%	85%
Scale	N/A	140%	140%
RC_S	4.6	11.9	11.9
AR4	N/A	100%	100%
AR5	N/A	76%	100%
VA_sensi	N/A	14	14
VA_cu/perm	3	11	14
VA_co/macro	0	0	0

Les nouvelles méthodologies augmentent donc l'ajustement pour volatilité. En effet, les facteurs d'applications rajoutés dans la nouvelle méthodologie permettent de capturer les sous estimations que l'on avait relevées. Les graphiques suivants présentent les courbes de taux extrapolés avec la méthode alternative retenue par la commission.

L'augmentation du VA permet la hausse du niveau de taux dans les deux scénarios envisagés.

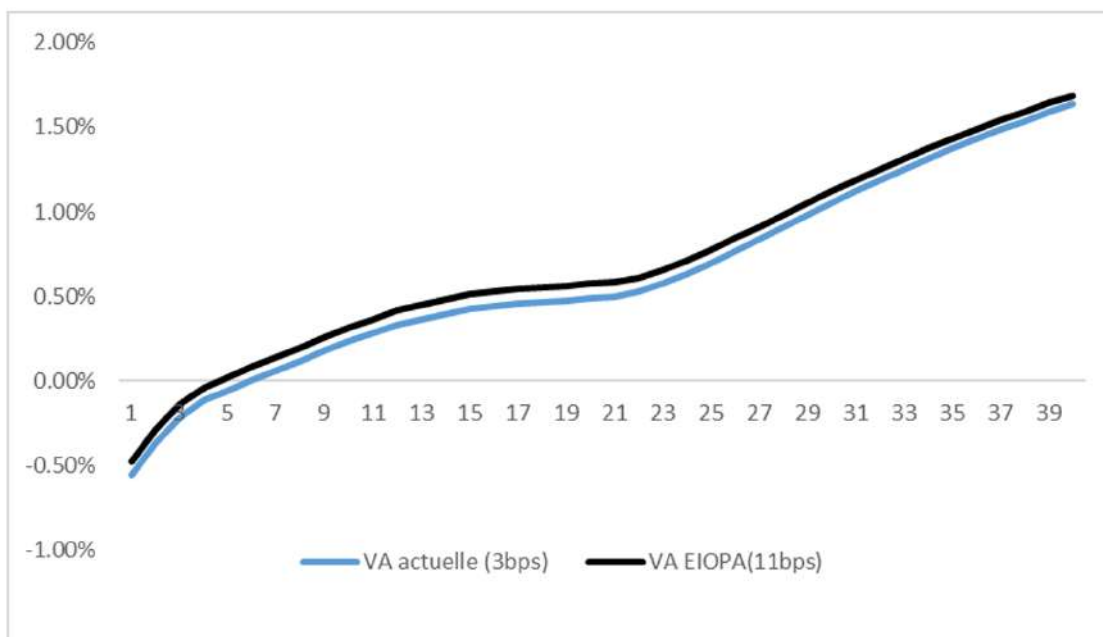


FIGURE 3.5 – Courbes des taux avec VA Actuel et avec le VA proposé par l’EIOPA

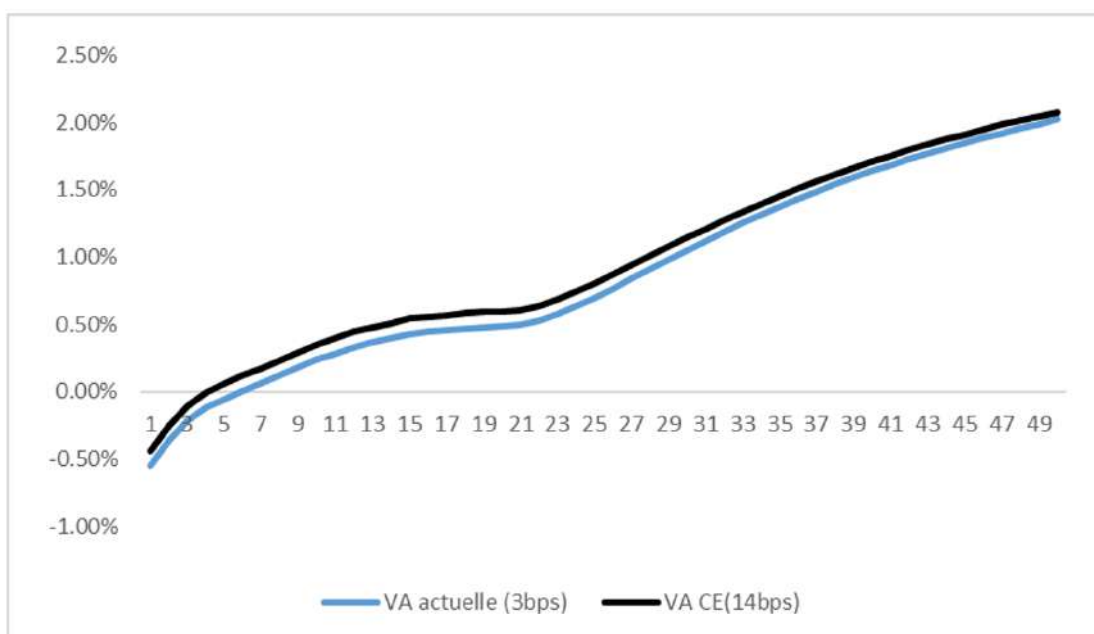


FIGURE 3.6 – Courbes des taux avec VA Actuel et avec le VA proposé par la commission

### 3.6 Limites de la nouvelle méthodologie

En introduisant des facteurs propres à l'assureur, la nouvelle méthodologie permet d'avoir un ajustement pour volatilité spécifique, qui reflète la sensibilité du portefeuille aux variations de spreads. Cependant, cette méthode est très difficile à mettre en place, car le VA n'est plus calculé par l'EIOPA mais par l'entité elle-même. Or, comme nous l'avons vu, le calcul est plus complexe et coûteux, car il nécessite le calcul de deux *Best Estimate* (avec et sans le VAsensi). Au vu des délais de production qui peuvent être restreints et de la charge opérationnelle supplémentaire que cela engendre, plusieurs organismes pourraient décider de ne plus l'utiliser.

En outre, le calcul alternatif proposé se base toujours sur un portefeuille de référence qui peut être très distinct de l'assureur. Les éléments caractéristiques du calcul du VA sont la répartition des actifs (selon les pays pour le calcul du spread govies et selon une classification en obligations financières et non financières pour les obligations d'entreprises) et leur durations.

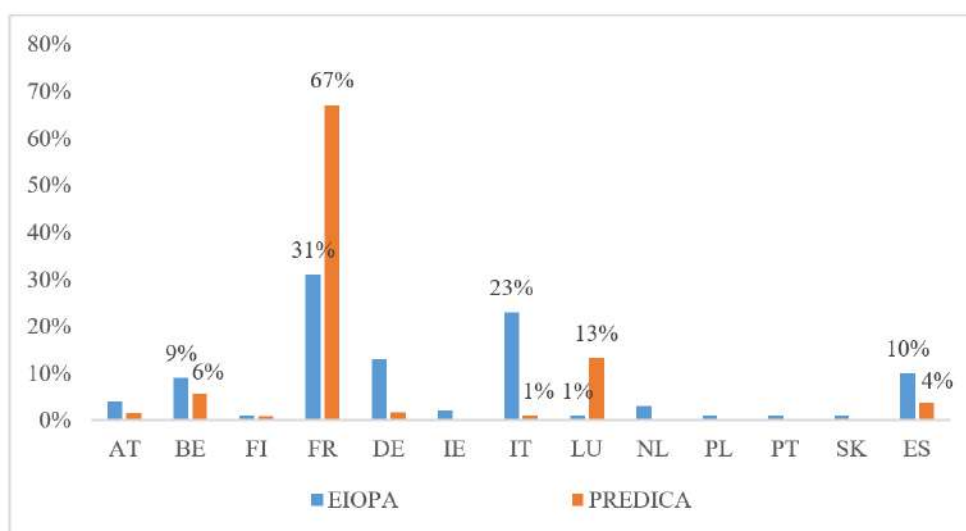


FIGURE 3.7 – Composition du portefeuille d'obligations d'états de référence utilisé pour le calcul du VA et le portefeuille de PREDICA

On constate que le portefeuille de PREDICA est très exposé aux Obligations de l'État français (67% du portefeuille contre 31% du portefeuille de référence pour l'EIOPA), et très faiblement à ceux de l'État italien. Ainsi, l'impact du mouvement du spread de la France n'est pas correctement répercuté lors du calcul du VA sur PREDICA. Inversement, des variations du spread italien auront un impact sur le VA utilisé par la compagnie.

Le portefeuille d'obligations est décomposé en deux catégories, les obligations d'entreprises financières (**EUR\_Finan**) et les obligations d'autres entreprises (**EUR\_Nonfinan**). Dans ces deux catégories, les obligations sont réparties selon leur rating (0 pour des AAA, 1 pour des AA, 2 pour des A, 3 pour des BBB, etc) On peut noter que le portefeuille de PREDICA est à majorité investi dans des obligations d'entreprises non financières (58% contre seulement 33% pour le portefeuille de référence).

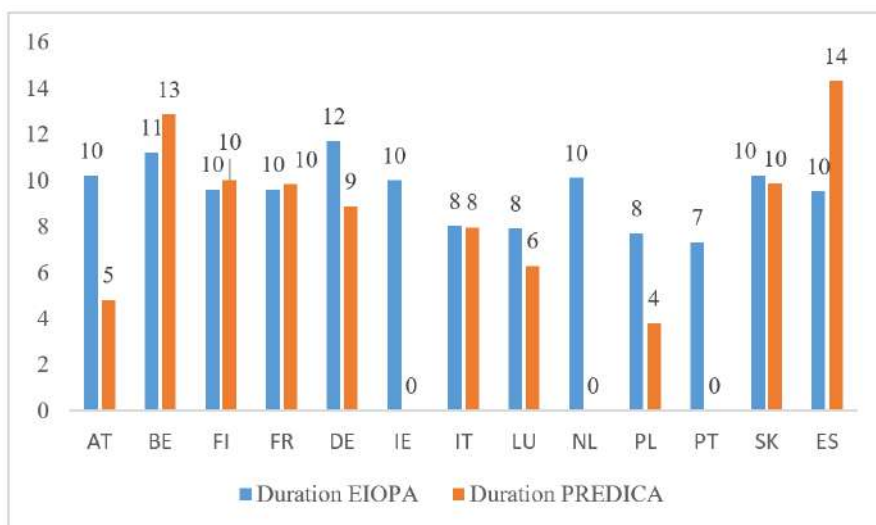


FIGURE 3.8 – Durations du portefeuille d’obligations d’états de référence utilisé pour le calcul du VA et le portefeuille de PREDICA

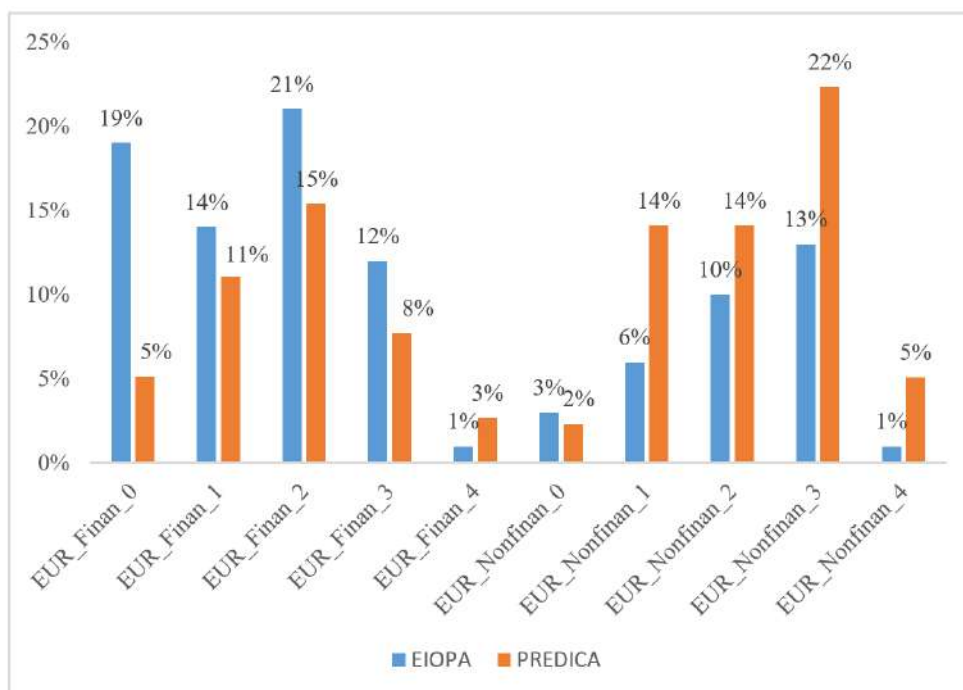


FIGURE 3.9 – Composition du portefeuille d’obligations corporates de référence utilisé pour le calcul du VA et le portefeuille de PREDICA

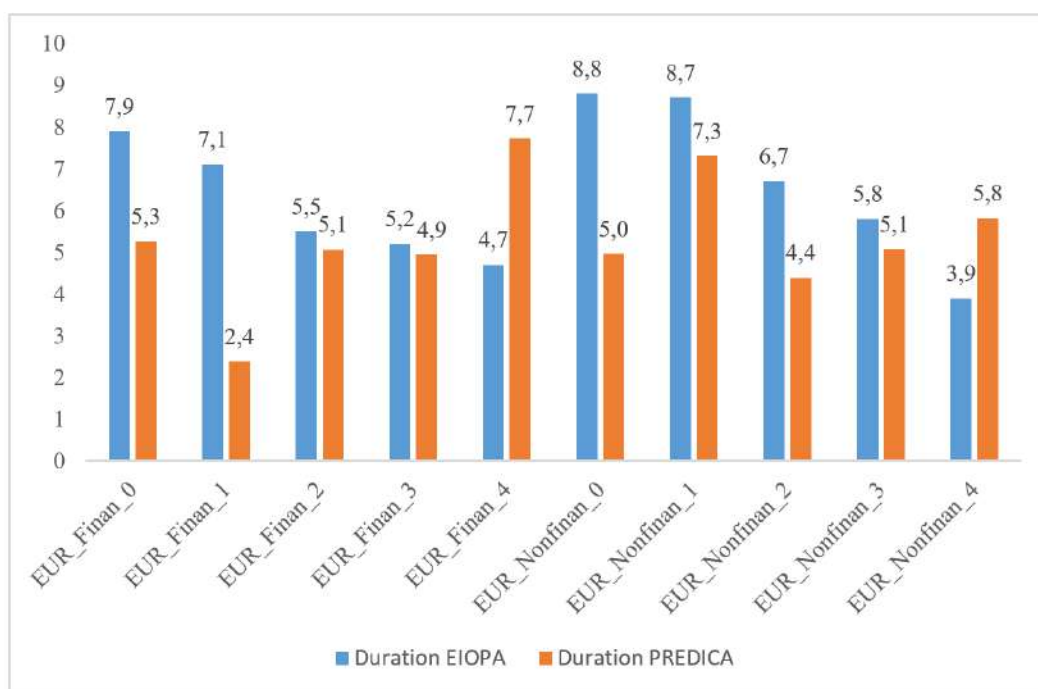


FIGURE 3.10 – Durations du portefeuille d’obligations corporates de référence utilisé pour le calcul du VA et le portefeuille de PREDICA

Les différences observées ont un impact sur le calcul du VA utilisé par l’assureur. La mauvaise estimation du VA du fait d’une inadéquation du passif de l’assureur avec le portefeuille de référence peut conduire à une sous estimation des engagements.

Il pourrait être plus intéressant de conserver la méthodologie actuelle et de rendre le calcul du VA spécifique à chaque assureur. Cela aura plusieurs avantages :

- Les passifs d’assurance étant couverts par des actifs présentant des caractéristiques similaires et compte tenu du fait que le VA est calculé par rapport aux actifs détenus, le VA dépendra donc de la nature des passifs,
- La méthode actuelle permet de calculer le VA rapidement à l’aide d’une maquette Excel. Il n’y aura pas plus de complexité.

Nous avons réalisé le calcul du VA avec la méthode actuelle et en utilisant le portefeuille de PREDICA :

On note que l’utilisation du portefeuille de PREDICA donne un ajustement pour volatilité au Q4 2021 deux fois plus importante. En particulier, la prépondérance des obligations corporates dans le portefeuille de PREDICA est le facteur principal de cet écart.

	SII Actuel	Portefeuille PREDICA
GAR	65%	65%
% Govies	31%	40%
% Corporate	40%	60%
Spread Govies	10	8
Spread Corporate	55	76
Risque de crédit Govies	11	11
Risque de crédit Corporate	42	57
Spread obligataire	25	49
Risque de crédit obligataire	20	39
VA	3	7

## General application ratio (GAR)

L'article 77 de la directive Solvabilité II prévoit que l'ajustement pour volatilité correspond à 65% du spread corrigé du risque de crédit. Ce 65% est appelé **General application ratio**. Le GAR a donc un impact direct sur le niveau du VA et donc sur son bon fonctionnement. D'une part, lorsqu'il est très élevé, cela pourrait conduire à une sous-estimation des engagements. D'autre part, si le GAR est trop prudent, cela entravera le fonctionnement du VA en tant que mécanisme de prévention des comportements procycliques et d'atténuation des effets des exagérations des écarts de taux obligataires.

Rappelons que le GAR a pour but de prendre en compte le déséquilibre restant entre les actifs et les passifs qui ne sont pas entièrement reproduits par les actifs. Aucune méthode de calibration de sa valeur n'est proposée sous solvabilité 2. Les assureurs répliquent les engagements d'assurance en investissant dans des titres de mêmes durations que leur passif. Ainsi, on pourrait définir le GAR comme le rapport entre la duration du passif et de l'actif :

$$GAR = \min \left( 100\%; \frac{duration_{passif}}{duration_{actif}} \right) \quad (3.15)$$

Ainsi, dans le cas du portefeuille de PREDICA, la duration du passif est de **10,7 ans** et celle de l'actif **7,3 ans**, nous obtenons un GAR de **100%**. Ce qui nous donnerait un VA de 11 bps :



	SII Actuel	Portefeuille PREDICA
GAR	65%	100%
% Govies	31%	40%
% Corporate	40%	60%
Spread Govies	10	8
Spread Corporate	55	76
Risque de crédit Govies	11	11
Risque de crédit Corporate	42	57
Spread obligataire	25	49
Risque de crédit obligataire	20	39
VA	3	11

# Chapitre 4

## Révision de la formule standard

### 4.1 SCR de taux

Le sous-module de taux du module de marché permet de mesurer le capital nécessaire pour se couvrir d'une variation brutale de la structure par terme des taux sans risque, qu'il s'agisse d'une hausse ou d'une baisse. Il est défini dans l'article 105, paragraphe 5 bis, de la directive Solvabilité II et précisé aux articles 165 à 167 du Règlement délégué. L'article 103 du règlement délégué fixant un calcul simplifié du risque de taux d'intérêts. Les courbes stressées sont obtenues par variations relatives de la courbe des taux sans risque :

- La courbe des taux à la baisse est obtenue en appliquant un choc dégressif à la courbe des taux sans risque de base selon les maturités, de -75% pour la maturité 1 an à -20% pour la maturité à 90 ans. Pour les taux d'intérêts sans risque de base négatifs, la diminution est nulle. Une interpolation linéaire intervient entre les maturités réglementaires,
- La courbe des taux à la hausse est obtenue en appliquant aussi un choc dégressif à la courbe des taux sans risque de base selon les maturités, allant de +70% pour la maturité 1 an à +20% pour la maturité 90 ans et plus. Une augmentation minimum de 1% des taux sans risque est requise pour toutes les maturités.

Le SCR de taux correspond à la perte maximum générée par les mouvements de la courbe des taux sur l'actif et le passif.

### Problématiques de la méthodologie actuelle

Une étude de l'EIOPA de 2017 a montré que le calibrage actuel sous-estime fortement les risques réels d'un choc de taux d'intérêts. On constate que :

- Les mouvements des taux d'intérêts ont été beaucoup plus forts que ceux prévus par les contraintes réglementaires,

- L'approche actuelle n'applique aucun choc sur les taux négatifs alors que ceux-ci peuvent continuer à baisser,
- L'analyse de l'impact réalisé par l'EIOPA démontra que le risque était important et que les exigences en matière de capital pas suffisantes pour y faire face.

L'EIOPA a donc proposé à la Commission Européenne de modifier l'étalonnage des chocs et de modéliser le risque de taux d'intérêt par une approche dite de décalage relatif. Mais, celui-ci n'a pas été retenu par la commission qui a préféré revisiter le sujet en 2020.

## Méthodologie de révision proposée par l'EIOPA en 2020

L'EIOPA conseille de modéliser le risque de taux d'intérêt dans la formule standard par une approche relative dont les paramètres varient en fonction de la maturité. Le calibrage proposé se base ainsi sur la combinaison d'un choc additif et d'une variation relative. La courbe des taux à la hausse pour une devise est donnée par :

$$r_t^{up}(m) = r_t(m) * (1 + s_m^{up}(\theta_m)) + b_m^{up} \quad (4.1)$$

Où  $r_t^m$  est le taux d'intérêt sans risque de la devise correspondante,  $m$  la maturité et  $s_m^{up}$  et  $b_m^{up}$  sont les vecteurs de chocs fournis par l'EIOPA.

Le choc de taux à la baisse est appliqué au taux sans risque, qu'il soit positif ou négatif. Un plancher de -1,25% a été introduit, il est calibré à partir des courbes de taux swaps historiques des devises EUR, JPY et CHF et d'obligations d'état allemand.

$$r_t^{down}(m) = r_t(m) * (1 - s_m^{down}(\theta_m)) - b_m^{down} \quad (4.2)$$

Les paramètres de chocs  $s_m^{up}$ ,  $s_m^{down}$ ,  $b_m^{up}$ ,  $b_m^{down}$  sont fournis par l'EIOPA pour les maturités jusqu'au LLP. Les valeurs du vecteur  $s$  entre 20 et 90 ans sont interpolés linéairement et valent 20%.

Les valeurs du vecteur  $b$  sont interpolées linéairement entre 20 et 60 ans et au-delà sont nulles.

Le calibrage du taux d'intérêt proposé pour la méthode de Smith-Wilson avec un LLP à 20 ans et la méthode alternative avec un FSP à 20 ans coïncident. En effet, même si théoriquement les méthodes donnent des résultats différents, dans la pratique, on obtient des résultats très similaires avec des différences observées de l'ordre de 0,2 bps. Au vu de ces petites différences, aucun recalibrage du risque de taux pour la méthode alternative d'extrapolation n'a été effectué. On conserve donc les mêmes valeurs pour les paramètres de choc  $s$  et  $b$ .

## Méthodologie proposée par la Commission Européenne

Dans son projet de révision des exigences de calcul de Solvabilité II [6], la commission a convenu de la nécessité de revoir la méthodologie de calcul des chocs de taux.

Elle s'est appuyé sur les recommandations de l'EIOPA. Ainsi, la commission propose d'effectuer la construction des courbes de taux choquées à la hausse et à la baisse en deux temps :

- Les taux sont choqués selon l'approche relative de l'EIOPA sur la partie liquide de la courbe, c'est-à-dire de la maturité 1 an jusqu'au FSP(20 ans),
- Ensuite une extrapolation vers un UFR stressé correspondant à **UFR + 15 bps** pour la courbe de hausse des taux, et **UFR - 15 bps** pour la courbe de baisse des taux.

Compte tenu de l'impact financier du changement envisagé sur les organismes d'assurance, il a été proposé de l'étaler sur une période de 5 ans et uniquement pour le choc de taux à la baisse. Celui-ci sera calculé durant la période de transition ainsi :

$$SCR_{final}^{baisse}(t) = SCR_i^{baisse}(t) + \frac{t}{5} * [SCR_{ii}^{baisse}(t) - SCR_i^{baisse}(t)] \quad (4.3)$$

Où :

- t représente l'année de transition entre 1 et 5 ans,
- $SCR_i^{baisse}(t)$  représente le SCR de baisse des taux avec la méthode en vigueur,
- $SCR_{ii}^{baisse}(t)$  représente le SCR de baisse des taux avec la nouvelle approche proposée.

## Suggestion de France Assureurs

France Assureurs et l'Institut des Actuaire ont également proposé une autre méthode qui permet de respecter la forme de la courbe des taux avec la suppression du plancher de -1,25% proposé par l'EIOPA. Le choc de taux à la baisse s'écrirait donc :

$$r_t^{down}(m) = r_t(m) - \max(0; r_t(m) * s_m^{down}(\theta_m)) - b_m^{down} \quad (4.4)$$

On constate donc que le facteur multiplicatif de choc n'est plus appliqué sur les taux négatifs. En outre, le coefficient de choc additif en cas de baisse des taux  $b_m^{down}$  ne dépend plus de la maturité et est fixé à 30 bps, ce qui correspond au quantile 99,5% des variations annuelles du taux 1 an lorsque celui-ci est négatif.

## Analyse des courbes obtenues

Sur les graphiques suivants, nous allons tracer les courbes de taux choquées à la hausse et à la baisse au 31/12/2021 en nous basant sur l'extrapolation retenue par la Commission Européenne, à savoir la méthode alternative avec un facteur de convergence à 20%.

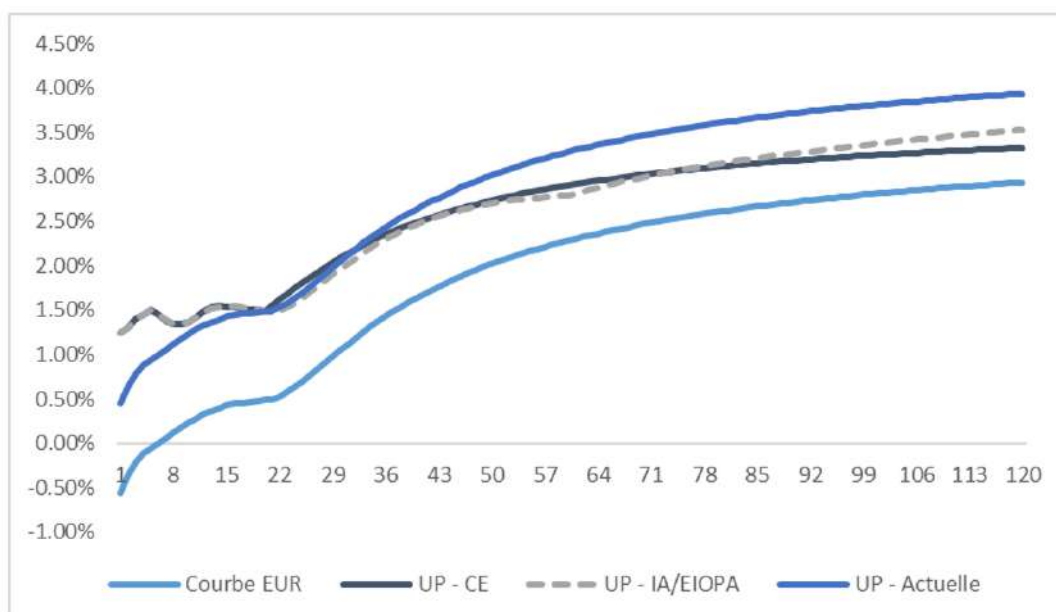


FIGURE 4.1 – Courbes des taux sans risque au 31/12/2021 pour les scénarios central et choc à hausse selon le choc actuel et les chocs proposés par l’EIOPA et la Commission Européenne

En scénario de hausse des taux, on observe que les taux choqués selon les méthodes alternatives (EIOPA et CE) sont plus importantes pour les maturités courtes, les chocs sont proches de 1% (choc minimal actuel). Ils se réduisent progressivement pour les maturités plus longues et la courbe devient inférieure à la courbe stressée dans le scénario de hausse actuel.

En scénario de baisse, le paramétrage préconisé augmente l’amplitude des chocs pour l’ensemble des échéances. la courbe de taux est négative sur la partie liquide (toute la partie pour l’approche CE et EIOPA, et sur une bonne partie pour la proposition de France assureurs). Les deux méthodologies de l’EIOPA et de la CE conduisent à des taux très négatifs sur la partie liquide de la courbe par rapport à la courbe actuelle. Pour les maturités après le FSP, la courbe de l’EIOPA devient très inférieure à la courbe de la commission. Cette dernière aura un écart de plus en plus faible avec la courbe des taux en scénario centrale pour arriver à l’écart de 15 bps voulu. La nouvelle méthodologie conduit à un choc de taux plus important, en particulier le choc à la baisse des taux nécessitera une plus grande charge en capital. Les organismes d’assurances seront donc amenés à se prémunir un peu plus contre le risque de taux, et pour cela, ils se tourneront vers des produits de couverture du risque de taux tels des swaps et/ou des swaptions.

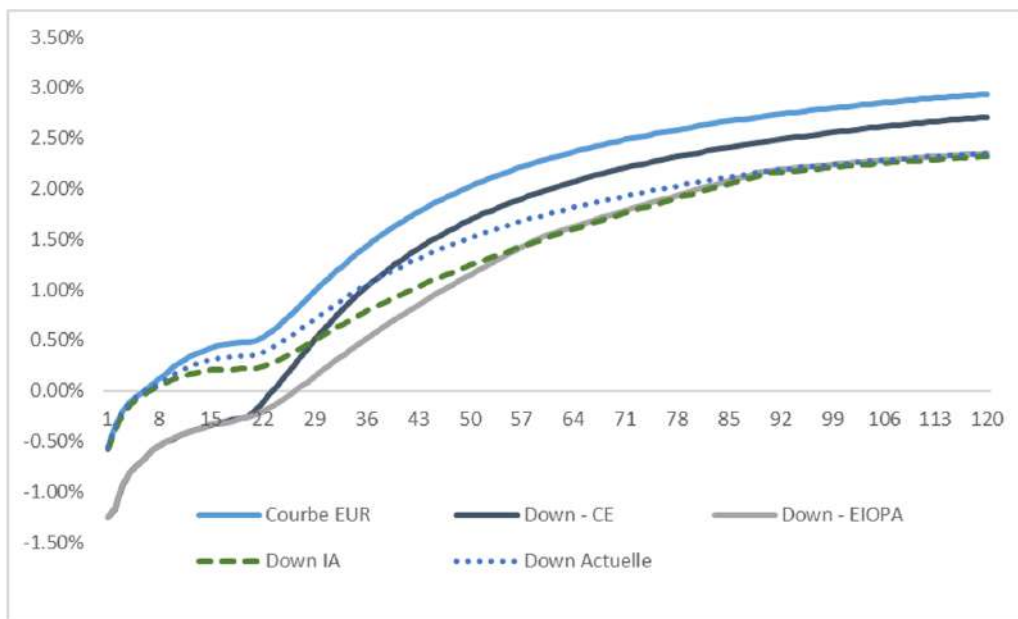


FIGURE 4.2 – Courbes des taux sans risque au 31/12/2021 pour les scénarios central et choc à baisse selon le choc actuel et les chocs proposés par l’EIOPA, la Commission Européenne et France Assureurs

## 4.2 SCR Action - Dampener

La proposition sur le coefficient Dampener sur les actions consiste à passer d'un corridor actuel de +/-10% à +/-17%. Cette proposition n'aura pas d'impact significatif, car depuis l'entrée en vigueur de la norme Solvabilité 2, le Dampener n'étant sorti du corridor qu'en mars 2020 lors du covid. Cependant, cela pourrait être utile lors des sensibilités ou stress test.

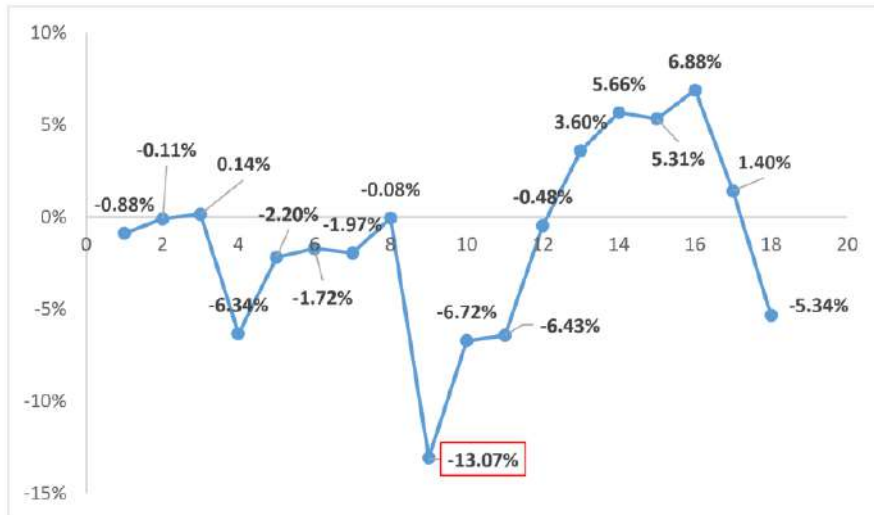


FIGURE 4.3 – Évolution du Dampener action depuis 2018

### 4.3 Matrice de corrélation des risques

Dans son avis de 2020, l'EIOPA propose de conserver la structure de corrélation en deux étapes de la formule standard, avec des matrices de corrélation dans les sous-modules et une matrice de corrélation des principaux modules de risque. Il conseille aussi de conserver toutes les corrélations pour les risques de souscription et les corrélations entre les principaux risques.

Pour le module de marché, l'EIOPA maintient la structure de corrélation entre les différents sous-modules, mais réduit le paramètre de corrélation entre le risque de spread et le risque de taux d'intérêts à **25%**.

Dans son avis sur la proposition de réforme *insurance europe* [16] propose une baisse de cette corrélation à 0. De plus, la calibration de la corrélation entre le risque de taux d'intérêts et le risque d'action soulève des questions quant à la méthodologie proposée par l'EIOPA.

#### Corrélation entre le risque de taux d'intérêts et le risque Action

Pour estimer la corrélation entre le risque de taux d'intérêts et le risque d'action, l'EIOPA a réalisé une étude basée sur l'analyse des données historiques des variations, d'année en année, de l'indice **MSCI World**, par rapport au taux spot britannique 10 ans (**10 years UK gilt yield**) depuis 1970 jusqu'en 2010 [8].

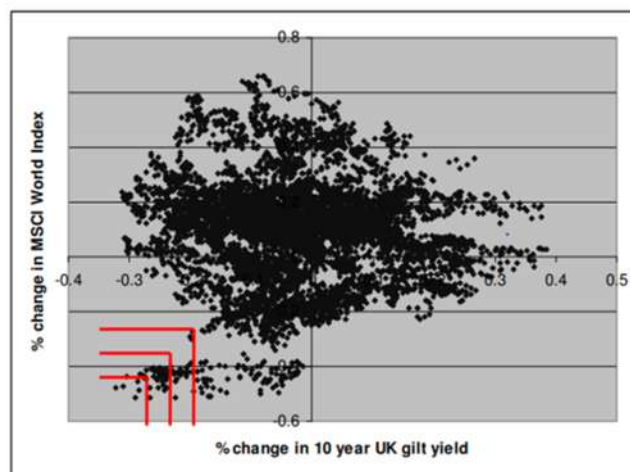


FIGURE 4.4 – Corrélation entre le MSCI World et le 10 ans britannique

Les cases rouges représentent les données des 99e, 90e et 80e quantile des indices action et taux d'intérêts. Le coin inférieur gauche du graphique représente une baisse à la fois des actions et des taux d'intérêts. Les résultats montrent qu'il existe une corrélation positive claire entre les actions et les taux d'intérêt. Ainsi, sur la base de cette étude, l'EIOPA a introduit une corrélation entre le risque actions et le risque de taux au sein de la formule standard, selon la répartition suivante :



- Si l'assureur est exposé à une baisse du risque de taux d'intérêt, un paramètre de corrélation de 50% doit être appliqué entre le risque actions et le risque de taux,
- Si l'assureur est exposé à une augmentation du risque de taux d'intérêt, un paramètre de corrélation de 0% doit être appliqué entre le risque actions et le risque de taux.

Le contexte économique des dernières années avec la baisse des taux d'intérêts et le contexte politique avec le Brexit, les corrélations des risques de marché pourraient être revues. Dans le cadre de la revue de Solvabilité 2 en 2020, l'EIOPA a reproduit une étude pour le calcul de la corrélation entre le risque de taux et le risque action, en se basant sur l'indice MSCI World et sur les taux Swap 10 ans et en prenant un historique de données entre 2001 et 2019. Aucun calcul de corrélation n'a été effectuée, l'EIOPA se contentant d'une analyse graphique et macroéconomique.

Nous avons noté dans l'étude de l'EIOPA plusieurs points :

- Absence de justification sur le choix du quantile qui devrait représenter la queue de distribution dans laquelle les corrélations sont calculées,
- Pour une analyse fiable, il faut une adéquation entre la queue de distribution et un nombre suffisamment de points de données.

Nous avons procédé à des analyses de sensibilités et au calcul des corrélations entre le risque de taux et le risque action.

### Réplication de la méthode

Dans la méthode de 2020[9], l'EIOPA utilise le taux Swap 10 ans à la place du taux spot britannique et met à jour l'historique en prenant des données entre 2001 et 2019.

Les écarts annuels pour l'indice action sont pris en relatif :

$$Change_{Action} = \frac{Action_n}{Action_{n-1}} - 1 \quad (4.5)$$

Les écarts annuels de taux sont pris en absolus :

$$Change_{taux} = (taux_N - taux_{N-1}) * 10 \quad (4.6)$$

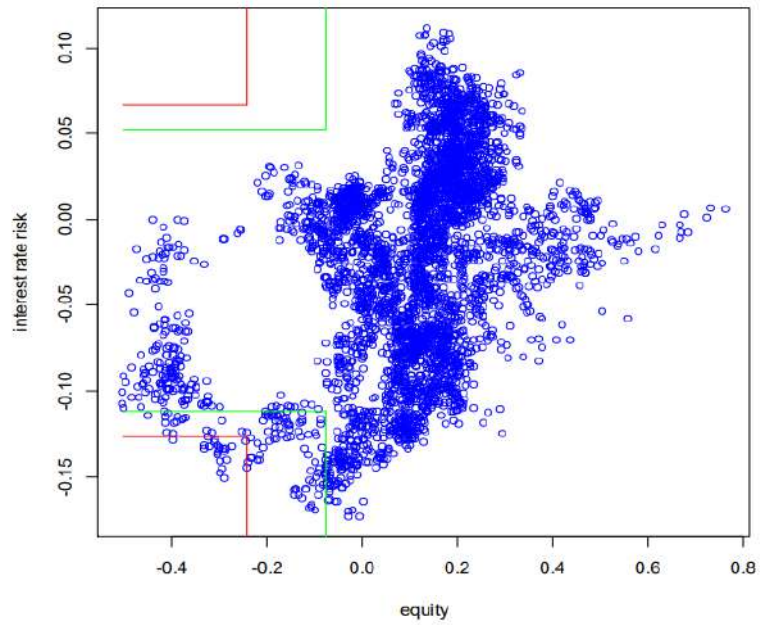


FIGURE 4.5 – Corrélation entre le MSCI World et le taux swap 10 ans – Méthode 2020 EIOPA

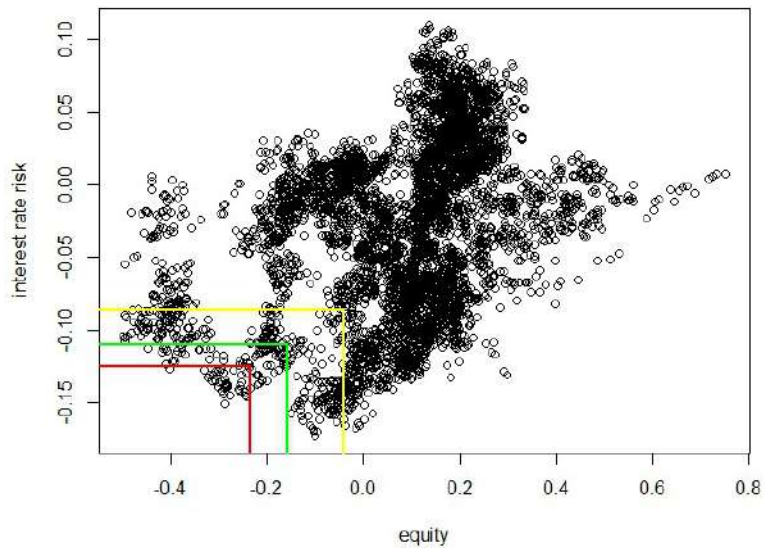


FIGURE 4.6 – Réplication de la corrélation entre le MSCI World et le taux swap 10 ans

Le nuage de points est très proche de celui obtenu par l'EIOPA. Les différences sont dues aux dates de prises en compte pour récupérer les valeurs des indices. La case rouge représente le 95e quantile, la case en vert le 90e quantile et la case jaune le 80e quantile. La corrélation pour le quantile à 80% est de : **-55,89 %** .

**Sensibilité à l'historique :** L'une des problématiques de la méthodologie proposée par l'EIOPA est le choix de l'historique. Pour la calibration de 2010, les indices étaient considérés entre 1970 et 2010. Toutefois, le contexte économique de taux bas que l'on a connu depuis le début des années 2010 n'est donc pas considéré de même que les différentes crises auxquelles nous avons été confrontés : Crise des dettes de l'EURO (2010-2012) et pandémie de coronavirus (2020 - 2022). À cela s'ajoute le choix du quantile de la queue de distribution. Comme on l'observe sur le graphique 4(MSCI \* SWAP : 2008 - 2012), pour des quantiles à 95% et 90% nous n'avons aucun point de données, ce qui suppose qu'aucune corrélation n'existe.

Les données sont prises entre le 1er janvier (ou le premier jour ouvré suivant) et le 31 décembre (ou le premier jour ouvré précédent).

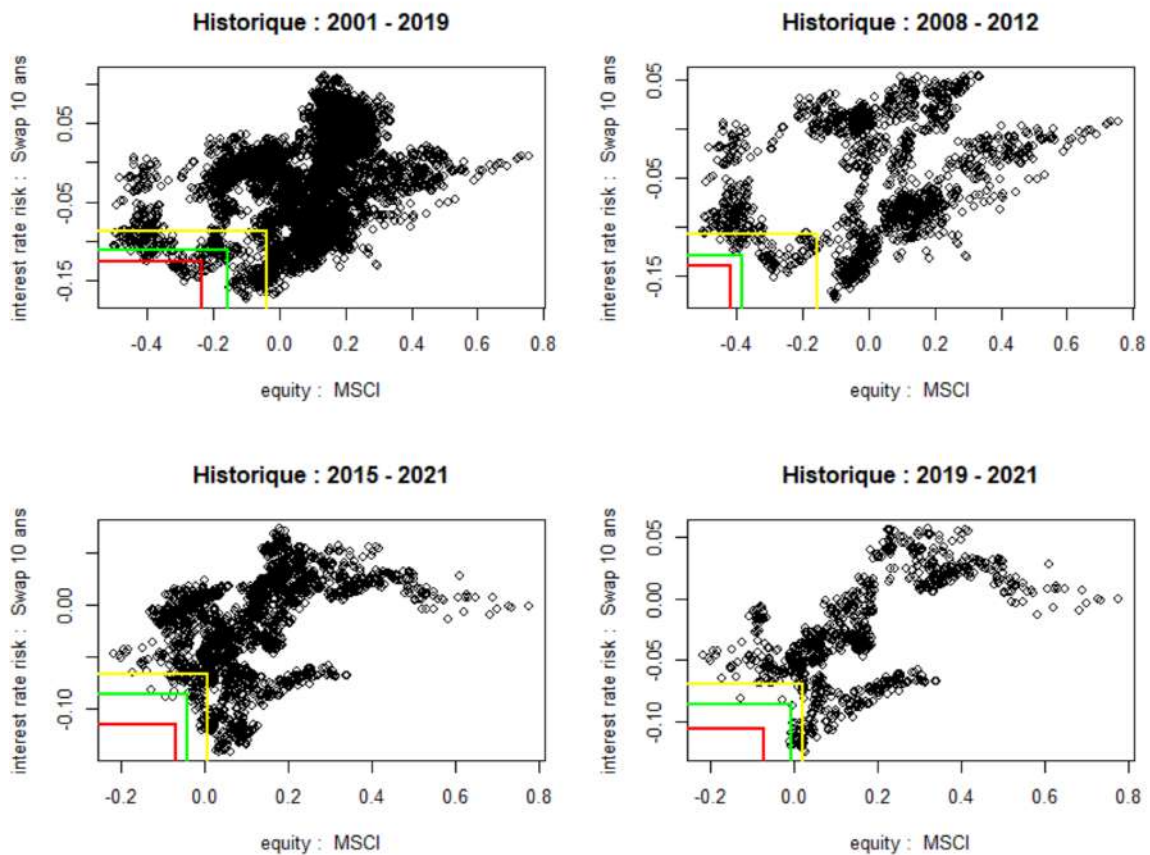


FIGURE 4.7 – Variations d'année en année pour le MSCI World et le taux swap 10 ans pour différents historiques

Les corrélations obtenues sont très sensibles au choix de l'historique et au choix

du quantile. L'utilisation de données plus récentes montre que le choix de corrélation ne semble plus adapté.

Quantiles	MSCI * SWAP 2001 - 2019	MSCI * SWAP 2008 2012	MSCI * SWAP 2015 - 2021	MSCI * SWAP 2019 - 2021
95%	-41%	0%	0%	0%
90%	3%	0%	0%	0%
80%	-56%	-26%	-40%	-19%

FIGURE 4.8 – Corrélations entre le MSCI World et le taux swap 10 ans pour différents historiques

**Sensibilité aux indices de taux et d’actions :** Nous mesurons l’impact du changement d’indice sur le niveau de corrélation entre les taux et l’action. Les données sont prises entre le 1er janvier 2001(ou le premier jour ouvré suivant) et le 31 décembre 2019(ou le premier jour ouvré précédent).

En utilisant l’approche de l’EIOPA, on remarque que l’utilisation d’indice d’action et de taux différents influent grandement sur la valeur de la corrélation à appliquer. En outre, dans la majorité des cas qui ont été présentés, on n’arrive plus à capter la corrélation positive en cas de choc durant les périodes stressées (quantiles de 95%, 90% et 80%), les corrélations étant négatives.

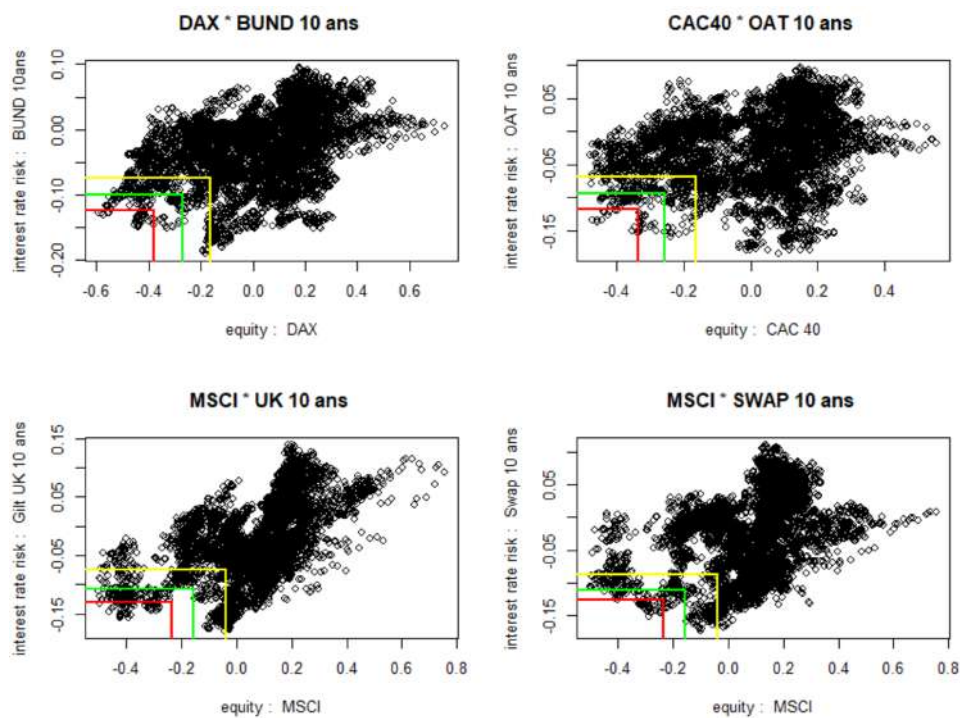


FIGURE 4.9 – Variations d’année en année pour différents indices entre le 1er janvier 2001 et le 31 décembre 2019

Quantiles	MSCI * SWAP 10Y	MSCI * GILT UK 10Y	CAC40 * OAT 10Y	DAX * BUND 10Y
95%	-41%	31%	-38%	-34%
90%	3%	13%	-27%	-4%
80%	-56%	-16%	8%	-13%

FIGURE 4.10 – Corrélations pour différents indices

**Corrélation avec un panier moyen** Le choix d'un indice action idéal est difficile, car aucun critère n'a été préalablement défini. Une idée serait de constituer un panier moyen composé des principaux indices mondiaux à l'image de ce qui est fait pour le calcul de l'ajustement symétrique (Dampener Action). Nous avons donc constitué notre panier moyen sur la base des indices et des poids utilisés pour le calcul de l'ajustement symétrique. Les données sont prises entre le 1er janvier 2001 (ou le premier jour ouvré suivant) et le 31 décembre 2021 (ou le premier jour ouvré précédent).

AEX index	CAC Index	DAXK index	ASX Index	FTSEMIB Index	WIG30 Index	SMI Index
14%	14%	14%	14%	8%	8%	2%
depuis 1984	Depuis 1988	Depuis 1989	Depuis 1972	Depuis 1999	Depuis 2008	Depuis 1989
IBEX Index	NKY Index	OMX Index	SPX Index			
8%	2%	8%	8%			
Depuis 1988	Depuis 1972	Depuis 1987	Depuis 1972			

FIGURE 4.11 – Le portefeuille de l'ajustement symétrique

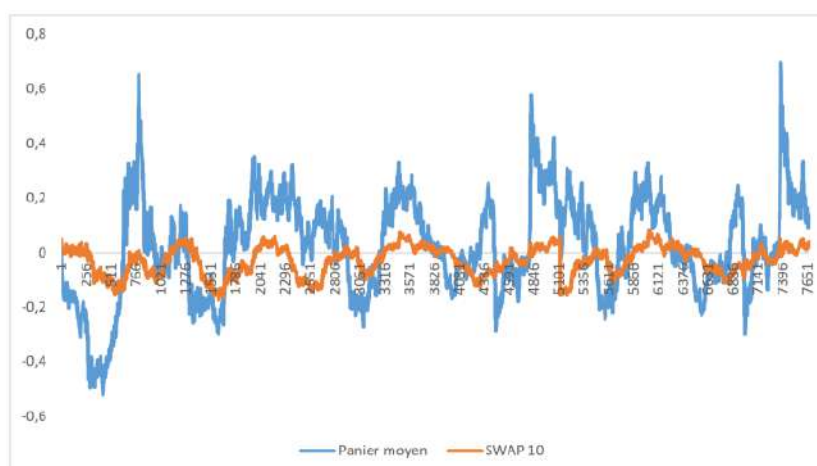


FIGURE 4.12 – Performance du portefeuille de l'ajustement symétrique entre 2008 et 2021

Avec ce panier moyen, nous arrivons à capter une corrélation positive en cas de choc uniquement avec un quantile à 95%. Cependant, on constate pour ce quantile un faible nombre de points.

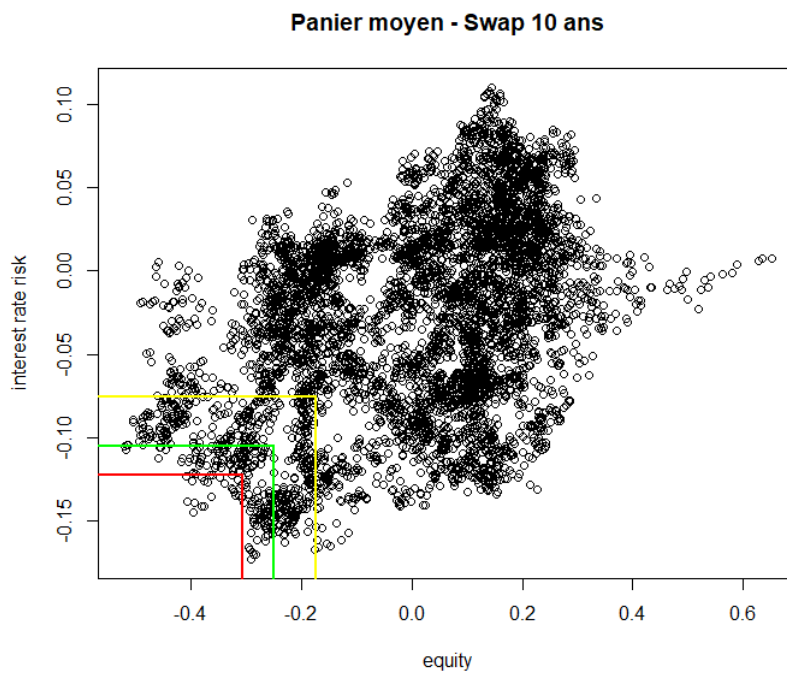


FIGURE 4.13 – Variations d’année en année pour le panier moyen basé sur l’ajustement symétrique et le taux swap 10 ans entre le 1er janvier 2001 et le 31 décembre 2019

Quantiles	Panier Moyen *
	Swap
95%	21%
90%	-48%
80%	-37%

FIGURE 4.14 – Corrélations entre le panier moyen basé sur l’ajustement symétrique et le taux swap 10 ans



## 4.4 Marge de risque

Dans l'article 76 de la Directive 2009/138/CE du parlement européen et du conseil, les *provisions techniques* sous solvabilité II sont définis comme : « *le montant actuel que les entreprises d'assurance et de réassurance devraient payer si elles transféraient sur le champ leurs engagements d'assurance et de réassurance à une autre entreprise d'assurance ou de réassurance* ». Elles sont calculées de manière prudente, fiable et objective, comme la somme la meilleure estimation et de la marge de risque.

La marge de risque représente le montant qu'un organisme d'assurance exigerait pour faire face aux obligations d'une autre compagnie d'assurance lorsque celle-ci lui transfère son portefeuille. L'article 77 de la Directive 2009/138/CE indique que : **la marge de risque est calculée de manière à garantir que la valeur des provisions techniques est équivalente au montant que les entreprises d'assurance et de réassurance demanderaient pour reprendre et honorer les engagements d'assurance et de réassurance.**

La marge de risque vient du fait que l'on veuille avoir un coussin de sécurité pour pallier une éventuelle sous-estimation de la valeur des engagements. En effet, lors du transfert du passif d'un assureur à un autre, le second s'attend à recevoir le *Best Estimate* valorisant le passif qu'elle acquière, cette valeur étant une prédiction de l'avenir, on pourrait être amené à payer plus si la situation future se dégradait, l'assureur demande alors une marge supplémentaire.

### Calcul de la marge de risque

Le calcul de la marge de risque est défini à l'article 37 du Règlement Délégué par l'approche dite de *Coût de Capital (Cost Of Capital - CoC)* :

$$RM = CoC * \sum_{t \geq 0} \frac{SCR_t}{(1 + r(t + 1))^{t+1}} \quad (4.7)$$

Où :

- *CoC* est le taux du coût de capital qui est fixé à 6%. Il représente le taux de rendement du capital immobilisé s'il était investi,
- *SCR(t)* représente le capital de solvabilité requis après t années,
- *r(t + 1)* est le taux d'intérêt sans risque de base à la maturité t+1.

La méthode de calcul utilisé pour solvabilité II consiste donc à projeter le capital de solvabilité requis futur multiplié par le coût du capital chaque année jusqu'à l'extinction des passifs d'assurance. Le calcul s'effectuant au global pour toute l'activité d'assurance. Le Règlement Délégué précise qu'elle doit être répartie par ligne d'activité en fonction de la contribution de ces lignes au capital de solvabilité requis sur la durée de vie du portefeuille.

Il peut être complexe de projeter le capital de solvabilité requis, l'EIOPA propose donc des méthodes simplificatrices détaillées dans les spécifications techniques du QIS

5 :

### L'utilisation de la formule standard de base

Il s'agit de projeter et d'agrégier tous les capitaux de solvabilité requis futurs sans simplification. Cette méthode est complexe, car elle nécessite la modélisation de tous les SCR requis futurs.

### Proportionnalité entre le SCR et le Best Estimate(BE)

On suppose qu'à chaque date le capital de solvabilité requis peut s'écrire sous la forme :  $SCR(t) = \kappa * BE(t)$ , avec  $\kappa = \frac{SCR(0)}{BE(0)}$ . Ainsi, en remplaçant  $\kappa$  dans la formule précédente, on obtient :

$$SCR(t) = SCR(0) * \frac{BE(t)}{BE(0)} \quad (4.8)$$

Avec  $BE(0)$ , la meilleure estimation nette de réassurance en  $t = 0$ .

### La méthode par duration

Elle consiste à estimer tous les capitaux de solvabilité requis futurs en une seule étape, se basant sur l'approximation précédente. Cela s'écrit :

$$RM = CoC * Dur_{mod}(0) * \frac{SCR(0)}{1 + r_1} \quad (4.9)$$

Où :

- $SCR(0)$  est le SCR calculé en 0 pour le portefeuille d'assurance,
- $Dur_{mod}(0)$  est la duration modifiée des engagements nets de réassurance,
- $r_1$  le taux sans risque.

### Méthode du pourcentage de la meilleure estimation

On approxime la marge de risque comme un pourcentage de la meilleure estimation des provisions techniques nettes de réassurance :

$$RM = \alpha_{lob} * BE(0) \quad (4.10)$$

Où  $\alpha_{lob}$  est un pourcentage fixe pour une ligne d'activité (lob)

## Révision de la méthode de calcul de la marge de risque

L'EIOPA a été invité à évaluer la pertinence de la conception de la marge de risque, sans toutefois remettre en cause l'approche basée sur le coût du capital.

En 2018, l'EIOPA a collecté des informations sur les transferts des passifs d'assurance et de réassurance, l'objectif était de comparer les valeurs de ces transferts avec l'évaluation des éléments d'actifs et de passifs transférés. La comparaison des valeurs de transfert avec les provisions techniques permettait d'évaluer si la taille de la marge de risque est appropriée.



Cependant, de nombreuses complexités dans l'analyse du transfert, comme le fait que lors des transferts réels de passif, il y a des conditions générales commerciales du transfert qui ne sont pas pertinentes pour la solvabilité, ou encore un assureur peut acquérir un portefeuille à une valeur réduite pour tenir compte des nouvelles affaires futures, ou pour pouvoir bénéficier des effets fiscaux ou des avantages de diversification. L'analyse complète des résultats de l'EIOPA pourra être retrouvé dans son *background-analysis*[12].

Pour la mise à jour de la marge de risque, l'EIOPA a proposé que le calcul des SCR futurs devraient être ajusté pour tenir compte de la dépendance temporelle des risques. Pour cela, l'EIOPA propose de modifier la formule de la marge de risque en introduisant une valeur plancher, et un élément exponentiel dépendant du temps :

$$RM = CoC_{6\%} * \sum_{t \geq 0} \frac{\max(\text{floor}, \lambda^t) * SCR_t}{(1 + r(t + 1))^{t+1}} \quad (4.11)$$

avec,  $\lambda = 97.5\%$  et  $\text{floor} = 50\%$ , permettant de réduire la valeur et la volatilité de la marge de risque pour les affaires à long terme.

#### **Ajustement de la méthodologie de l'EIOPA par la commission**

Dans son premier avis de septembre 2021[6], la Commission Européenne a proposé de maintenir l'approche proposée par l'EIOPA en lui apportant quelques modifications : la suppression du floor à 50% et la baisse du coût du capital à  $CoC = 5\%$ . Ainsi, la marge de risque se calcule :

$$RM = CoC_{5\%} * \sum_{t \geq 0} \frac{\lambda^t * SCR_t}{(1 + r(t + 1))^{t+1}} \quad (4.12)$$

Toutefois, dans le projet de rapport du parlement européen[7], proposant des amendements aux orientations de la Commission Européenne sur la révision de Solvabilité II, des modifications ont été apportées aux propositions initiales de la commission :

- La diminution du cout du capital de 6% à 4% au lieu des 5% envisagé,
- le paramètre  $\lambda$  sera fixé à 90% au lieu des 97.5% initiaux.

## 4.5 Limites de la révision de la formule standard

Nous avons abordé précédemment les différentes limites de la formule standard de Solvabilité 2 :

- Simplification méthodologique : pour être applicable à une majorité des assureurs,
- Approche standardisée : la formule ne permet pas une personnalisation en fonction des caractéristiques des compagnies d'assurances. Ce qui a pour effet, de surestimer ou de sous-estimer le risque.

Les propositions de révisions permettent de remédier aux problèmes de calibration de la formule standard. On note toutefois que le choc de spreads présente toujours un défaut dans sa conception. En effet, dans le cas du risque de spread, le besoin en capital est estimé uniquement à partir de l'impact de la variation des spreads sur les actifs, et ne tient donc pas en compte de l'effet compensatoire de l'ajustement pour volatilité. Cela signifie que le véritable impact économique de ce risque n'est pas correctement mesuré, et les résultats surestiment le risque de spread, en particulier pour les affaires longues. Il conviendrait de réaliser un ajustement pour tenir compte de l'effet de variation des spreads sur le VA.

### Ajustement pour volatilité dynamique (DVA)

Rappelons que le VA a été introduit dans la norme pour limiter les effets procycliques, les assureurs étant des investisseurs à long terme et ne sont donc pas exposés aux pertes à court terme découlant des variations de spreads. Lors de l'évaluation de l'impact d'un scénario de changement de spread, il apparaît judicieux de réaliser un ajustement du VA. Cela garantit que le VA utilisé pour l'évaluation des passifs est cohérent avec le scénario de spread de valorisation des actifs. Cette cohérence assure que l'impact global du scénario sur les fonds propres de l'assureur est mesuré correctement.

Toutefois, la méthodologie de choc de spreads actuelle ne permet pas une estimation simple et rapide du VA. Pour simplifier, on pourrait considérer que le risque encouru par les assureurs qui investissent dans des obligations est proche du risque de défaut. Contraindre les assureurs à détenir du capital pour le risque lié à des variations de spreads causées par la volatilité à court terme de marché est incompatible avec Solvabilité 2. Les chocs de spreads dans la formule standard incluent le risque de défaut. L'utilisation d'un ajustement pour volatilité dynamique entraînera des exigences en capital pour les risques de spreads qui se rapprocheront des risques réels encourus par les assureurs et atténueront les exigences en capital induites par la volatilité à court terme du marché.

Un ajustement du risque de spread intégrant un VA dynamique simple consisterait à la modification du choc de spreads appliqué par l'introduction d'un facteur de réduction :

$$stress_i(dur, rating)^{DVA} = stress_i(dur, rating) * RF_i^{DVA} \quad (4.13)$$

$$RF_i^{DVA} = \max\left(\left(1 - GAR * \min\left(\frac{PVBP(BEL_{j,c})}{PVBP(MV_{j,c})}, 1\right)\right), RF_{CQS}\right) \quad (4.14)$$

où :

- $Stress_i$  est le facteur de stress de la formule standard en fonction de la duration et de la notation,
- $GAR$  est le Global application ratio utilisé pour le calcul du VA,
- $PVBP(BEL_{j,c})$  est la sensibilité du BEL à une variation des spreads,
- $PVBP(MV_{j,c})$  est la sensibilité de la valeur de marché des obligations d'entreprise de l'assureur à une variation des spreads,
- $RF_i^{DVA}$  est le facteur de réduction utilisé pour la modélisation de l'ajustement égalisateur. Il dépend de la notation du titre :

Notations	$RF_i^{DVA}$
AAA	45%
AA	50%
A	60%
BBB	75%
BB	100%
B	100%
CCC	100%
CC	100%
C	100%

### Impact de la proposition

Nous avons testé cette proposition avec les deux configurations suivantes :

- $GAR = 65\%$  : il s'agit de la valeur actuelle du paramètre pour le calcul du VA,
- $GAR = 85\%$  : il s'agit de la valeur suite à la révision de la méthodologie du VA.

Notons que les propositions visent à atténuer l'intensité du choc de spreads. Nous le voyons à travers les paramètres de chocs :

TERM	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC	CC	C
<b>1</b>	0,9	1,1	1,4	2,5	4,5	7,5	7,5	7,5	3,0
<b>6</b>	0,5	0,6	0,7	1,5	2,5	4,2	4,2	4,2	1,7
<b>11</b>	0,5	0,5	0,5	1,0	1,8	0,5	0,5	0,5	1,2
<b>16</b>	0,5	0,5	0,5	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,2
<b>21</b>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

FIGURE 4.15 – Paramètres du choc de spreads pour les obligations d'entreprises

TERM	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC	CC	C
<b>1</b>	0,5	0,7	0,9	1,9	4,5	7,5	7,5	7,5	3,0
<b>6</b>	0,3	0,4	0,4	1,1	2,5	4,2	4,2	4,2	1,7
<b>11</b>	0,3	0,3	0,3	0,8	1,8	0,5	0,5	0,5	1,2
<b>16</b>	0,3	0,3	0,3	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	1,2
<b>21</b>	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

FIGURE 4.16 – Paramètres du choc de spreads ajustés avec GAR à 65% pour les obligations d'entreprises

TERM	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC	CC	C
<b>1</b>	0,4	0,6	0,8	1,9	4,5	7,5	7,5	7,5	3,0
<b>6</b>	0,2	0,3	0,4	1,1	2,5	4,2	4,2	4,2	1,7
<b>11</b>	0,2	0,3	0,3	0,8	1,8	0,5	0,5	0,5	1,2
<b>16</b>	0,2	0,3	0,3	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	1,2
<b>21</b>	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

FIGURE 4.17 – Paramètres du choc de spreads ajustés avec GAR à 85% pour les obligations d'entreprises

Les chocs appliqués sont plus faibles. Cela se traduit directement par une baisse du besoin en capital pour le risque de spread de 30% et par une baisse du SCR de 10%.

	Q4 2021	DVA - GAR 65%	DVA - GAR 85%
<b>Ratio</b>	<b>281%</b>	<b>307%</b>	<b>309%</b>
<b>SCR</b>	<b>11 149</b>	<b>10 197</b>	<b>10 149</b>
<b>SCR de marché</b>	<b>11 119</b>	<b>10 100</b>	<b>10 050</b>
<b>SCR de spread</b>	<b>3 839</b>	<b>2 700</b>	<b>2 641</b>

FIGURE 4.18 – Impact de l'utilisation de l'ajustement pour volatilité dynamique sur le ratio de solvabilité

# Chapitre 5

## Modèle ALM et présentation du portefeuille d'étude

Plusieurs outils ont été utilisés pour mesurer l'impact des différentes propositions de révision de la formule standard de solvabilité 2. Les outils internes qui permettent de réaliser les calculs et les interactions :

- Le modèle ALM,
- Le générateur de scénarios économiques,
- Les outils spécifiques à l'étude : outils de construction de la courbe de taux et de calcul de VA.

### 5.1 Outils ALM

L'un des principaux objectifs d'une compagnie d'assurance vie est d'évaluer les relations entre l'actif et le passif. Pour cela, un modèle Actif-Passif est utilisé pour projeter les différents flux de la compagnie. Pour notre étude, les calculs ont été effectués à l'aide du logiciel *Prophet* dont la librairie de calcul a été adapté aux règles de gestion propres à la compagnie. Cet outil permet de modéliser l'actif et le passif de la compagnie pour un grand nombre de scénarios financiers (2000 trajectoires sont simulées), en s'appuyant sur les éléments suivants :

- les données de l'actif : Actions, Obligations, Produits dérivés, allocation cible,
- les données du passif : le stock et les flux futurs (provisions mathématiques),
- les hypothèses économiques : scénarios économiques,
- les hypothèses non économiques : commissions, frais généraux,
- les règles de managements : politique de la participation aux bénéfices(PAB), politique d'investissement, lois de rachats.

## Modélisation du passif

Le calcul des engagements de la compagnie est réalisé dans l'outil **Prophet Contrat**, dans lequel les flux et stocks sont projetés selon un scénario central déterministe, c'est-à-dire que le modèle est exécuté sur la base des hypothèses des cash-flows du passif. La projection s'appuie sur une modélisation fine du passif : les calculs sont intégralement effectués à la maille **Model point de passif** (c'est-à-dire ligne à ligne), correspondant au regroupement de plusieurs polices partageant des caractéristiques communes (garantie, âge, sexe), réalisé en amont du modèle de projection.

Les calculs réalisés à la maille Model point suivent une méthodologie commune définie en fonction de la garantie considérée (épargne, retraite, rentes, obsèques). Les flux sont ensuite agrégés selon différents critères (taux garantis, politique de participation aux bénéficiaires, etc.) pour alimenter la table décrivant les flux futurs générés par le stock de contrats. Les principales données générées sont :

- Le nombre de polices,
- La provision mathématiques sans revalorisation,
- Les montants des primes brutes et nettes de chargements,
- Les montants des prestations (décès, rachats structurels, rachats partiels, arrérages),
- Les montants des frais (gestion et acquisition) et de commissions,
- Les caractéristiques des contrats : Taux minimum garantie, type de contrat, taux de chargement, taux de commission, période de différé.

## Modélisation de l'actif

La projection des actifs repose sur plusieurs grandeurs économiques (prix zéro-coupon, indice boursier, indice inflation, rendement, action, dividendes, loyers, etc.), toutes disponibles au sein d'une trajectoire économique. De multiples trajectoires sont simulées par un GSE (générateur de scénarios économiques). Les actifs sont projetés de manière stochastique. Pour une simulation et un actif donnés, nous recalculons à chaque pas de temps, à partir des grandeurs économiques diffusées dans le GSE : valeur de marché, valeur comptable, risque-neutralisation, flux de trésorerie (entrants et sortants), et provisions réglementaires. Les actifs modélisés sont regroupés en trois classes :

- Actifs obligataires - R343-9 : il s'agit des obligations.
  - La valeur de marché est la somme actualisée des flux futurs (coupons et remboursement du nominal),
  - La valeur comptable correspond à l'amortissement entre la valeur d'acquisition et la valeur de remboursement.

- Actifs de diversification R343-10 ; il s'agit des OPCVM de taux, des actions, des fonds protégés, de l'immobilier physique, du private equity.
  - La valeur de marché de ces actifs est simulée à partir d'un indice de rendement (avec la possibilité de distribuer des dividendes),
  - La valeur comptable est égale à la valeur d'achat.
- Les produits dérivés : les swaps de taux (échange d'un taux variable contre un taux fixe), caps (protègent l'acquéreur contre une hausse de taux), floors (protection contre une baisse de taux), les options.

## Les interactions Actif-Passif

### La stratégie d'investissement

L'assureur met en place différentes stratégies pour atteindre ses objectifs. Il s'agit de :

- L'optimisation du taux de rendement financier pour la satisfaction du taux cible et donc pour limiter le risque de rachats,
- Respecter l'allocation cible : des seuils de détention d'actifs peuvent être définis,
- Respecter la durée cible du portefeuille pour disposer de trésorerie pour payer les prestations.

La première étape de la stratégie d'investissement consiste à vérifier que pour les actifs de diversification R.343-10, les seuils de détention sont respectés. Trois cas sont alors possibles :

- le taux de détention est inférieur au seuil minimal de détention, nous sommes dans une situation d'investissement,
- le taux de détention est dans notre corridor, il y a une capacité d'investissement jusqu'au seuil de détention maximale,
- le taux de détention est au-dessus du seuil de détention maximale, nous sommes dans une situation de désinvestissement.

Dans la seconde étape, le flux de trésorerie de fin d'année est alloué aux différentes classes d'actif selon les conclusions de la première étape. Si le flux de trésorerie net est positif, alors il est investi dans les actifs de diversification puis dans les obligations, à l'inverse, si le flux net est négatif, alors les actifs sont vendus au prorata de leur poids dans le portefeuille.

## La politique de participation aux bénéfices

Selon le Code des Assurances, chaque année, les assureurs doivent distribuer au minimum 90% des bénéfices techniques et 85% des bénéfices financiers sur les fonds garantis en euros. Le montant à distribuer peut toutefois être plus élevé du fait des règles contractuelles (Taux minimum garantis, Clause de participation aux bénéfices) et/ou de l'environnement concurrentiel. La stratégie de participation aux bénéfices vise à calculer le taux de PAB des assurés en fin d'année. Le calcul de ce taux s'effectue en comparant :

- le taux de participation aux bénéfices servi : calculé en fonction de la production financière réalisée, des clauses contractuelles,
- le taux de participation aux bénéfices cible : calculé de manière à fidéliser les assurés.

Ce taux crédité va tenir compte de la consommation, de la provision pour participation aux bénéfices et des réalisations exceptionnelles de plus-values latentes. Lorsque la production financière de l'année n'est pas assez importante, le taux cible est supérieur au taux servi, des ajustements sont envisagés pour que le taux crédité corresponde au taux cible :

- Réalisation des plus-values latentes sur les actifs de diversifications (R343-10),
- Reprise de la PPE : distribution réglementaire des générations antérieures de la PPE.

Si le taux servi est supérieur au taux cible, alors le taux crédité est le taux cible et l'excédent réalisé est doté à la PPE. Dans le modèle, la PPE ne peut pas excéder un seuil défini en fonction des provisions mathématiques. Par conséquent, après la dotation de la PPE, l'excédent par rapport au seuil de PPE est redistribué aux assurés, le taux crédité peut donc être supérieur au taux cible.

## Modélisation du comportement des assurés

Le modèle permet de modéliser le risque du comportement des assurés pour les rachats de contrats. Le risque de rachat a des facteurs multiples et difficiles à modéliser :

- Caractéristiques propres à l'assuré : besoins et projets personnels,
- Caractéristiques de l'ancienneté du contrat : la fiscalité sur les assurances vie,
- Le contexte économique et financier : la hausse des taux peut entraîner une opportunité d'arbitrage pour l'assuré.

Les rachats sont subdivisés en deux catégories :



- *Les rachats structurels* correspondent aux sorties liées aux rachats observés par l'assureur dans un contexte économique normal où les sorties sont déterminées par le comportement moyen des assurés en fonction de leur âge, de l'ancienneté de leur contrat, du réseau de distribution, etc.
- *Les rachats dynamiques* correspondent aux sorties liées aux rachats observés dans un contexte économique « changeant » ou lorsque la revalorisation de l'épargne ne répond plus aux exigences des assurés. La modélisation de ces rachats prend en compte plusieurs facteurs comme le taux servi par l'assureur et le taux attendu par l'assuré.

## Fonctionnement du modèle Actif/Passif

La figure ci-dessous présente le fonctionnement du modèle ALM utilisé. À partir de notre portefeuille d'actif et de passif initial et des scénarios économiques, le modèle permet de projeter le bilan de l'assureur et d'évaluer les engagements *Best Estimate*.

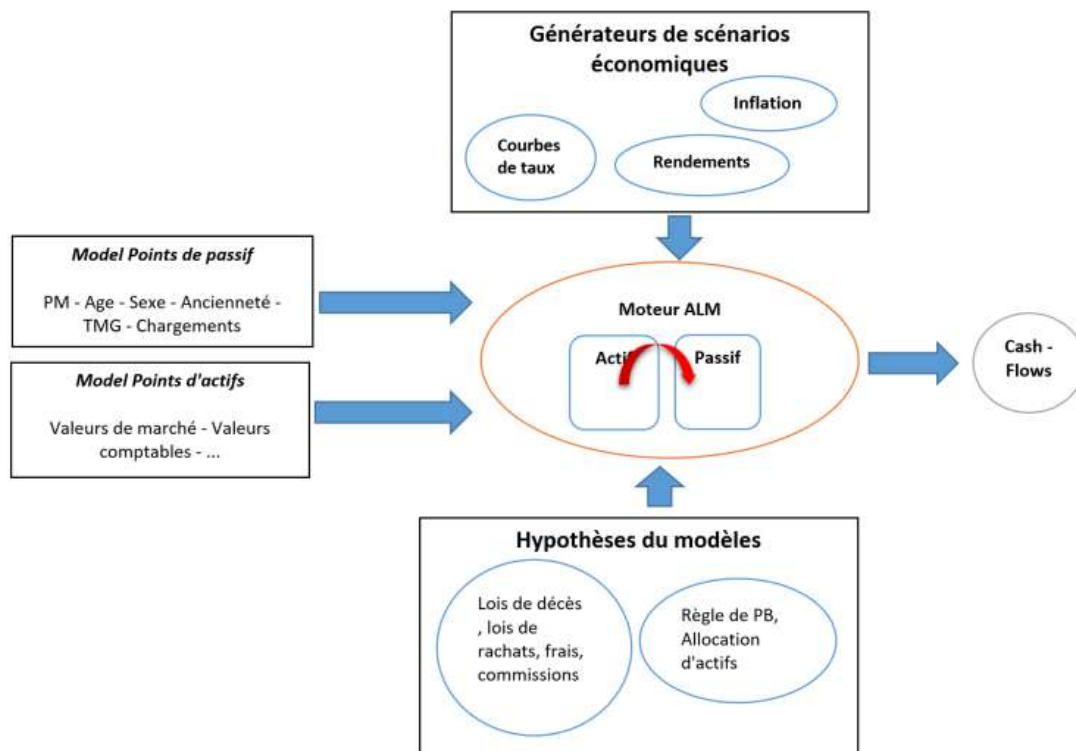


FIGURE 5.1 – Principe du modèle Actif/Passif

Le modèle ALM se base sur le principe de l'adossement actif-passif qui se résume par la relation :

$$MV_{portfolio} = NAV + BE \quad (5.1)$$

Le modèle se base sur les primes versées par les assurés, les provisions calculées par

l'assureur et les revenus des actifs financiers. Le modèle ALM s'appuie sur des scénarios stochastiques fournis par le générateur de scénarios économiques et utilise la méthode de *Monte-Carlo* pour l'estimation des différents indicateurs. Le **Best Estimate** s'évalue ainsi :

$$BestEstimate = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^H Flux_{i,j} * \delta_{i,j} \quad (5.2)$$

, avec :

- N : le nombre de scénarios économiques simulés,
- H l'horizon de projection (30 ans dans le cas de PREDICA),
- $Flux_{i,j}$  les flux de trésorerie projetés pour l'année j et le scénario i,
- $\delta_{i,j}$  le déflateur à l'année j et au scénario i.

Le principe d'un modèle ALM est donc d'évaluer les flux de trésorerie pour un scénario et sur une année de projection. Cette évaluation s'effectue suivant les étapes suivantes :

- Vieillessement du portefeuille financier,
- Gestion du portefeuille d'épargne : la stratégie d'allocation ou d'investissement, la valeur de marché du portefeuille d'actifs au global restant invariant,
- Réallocation des actifs,
- Revalorisation des contrats : calcul de la PAB, gestion de la PPE,
- Réalignement de l'actif sur le passif.

## 5.2 Générateur de scénarios économiques

Le Générateur de scénarios économiques (GSE) utilisé est *Barrie & Hibbert de Moody's Analytics*. Dans cette partie, nous présenterons brièvement les différents modèles de projection utilisés.

Un *scénario économique* est la projection de grandeurs financières et économiques sur un horizon de temps donné sous *la probabilité risque neutre* (le rendement de tout actif est égal au taux sans risque). Plusieurs facteurs de risque sont modélisés par le GSE dont les principaux sont : la diffusion des taux d'intérêt, d'un indice action, d'un indice inflation, d'un indice immobilier.

## Le modèle de taux

Pour les taux nominaux, le modèle utilisé est le *Libor Market Model+* (*LMM+*). Le modèle *LMM+* (ou *Stochastic Volatility with Displaced Diffusion LMM*) est un modèle à deux facteurs. Il s'agit d'une amélioration du modèle *LMM* qui intègre :

- L'ajout d'une volatilité stochastique qui permet de modéliser de manière plus réaliste les mouvements des nappes de volatilités implicites dans le temps,
- Ajout d'un coefficient de déplacement  $\delta$  (également appelé *shift*) permettant de corriger le problème de génération des taux explosifs en admettant la modélisation des taux négatifs.

Ce modèle prend en argument la courbe des taux initiale et les corrélations entre les taux forward. Une courbe lissée en est dérivée et l'on calibre par la suite la structure de volatilité des taux forward pour en déduire les composantes de la volatilité stochastique. La dynamique du modèle s'écrit :

$$F_i(t) = \frac{1}{\Delta} \left( \frac{P(t, T_i)}{P(t, T_{i+1})} - 1 \right) \quad (5.3)$$

$$dF_i(t) = (F_i(t) + \delta) \left( V(t) \left( \sum_{m(t)}^i \frac{\Delta(F_j(t) + \delta) \sum_{q=1}^2 \zeta_j^q(t) \zeta_i^q(t)}{1 + \Delta F_j(t)} \right) dt + \sqrt{V(t)} \sum_{q=1}^{N_f} \zeta_k^q(t) dZ^q(t) \right) \quad (5.4)$$

avec

- $\delta$  le coefficient de déplacement (*Shift*),
- $Z$  un mouvement brownien à  $N_f$  dimensions,
- $\Delta$  le pas de temps.

La volatilité stochastique est générée à partir d'un modèle *CIR* caractérisé par le processus de retour à la moyenne suivant :

$$dV(t) = \kappa(\theta - V(t))dt + \epsilon\sqrt{V(t)}d(t) \quad (5.5)$$

avec :

- $\kappa$  la vitesse de retour à la moyenne,
- $\theta$  la moyenne à long terme de la variance,
- $\epsilon$  la volatilité de la variance,
- $W$  un mouvement brownien.

## Le modèle action

La diffusion des indices action est effectuée par le SVJD (Stochastic Volatility Jump Diffusion). Il s'agit d'une combinaison d'un modèle de Heston à volatilité stochastique et d'un modèle de Merton à sauts :  $S(t) = S^H(t) * S^J(t)$

Le modèle de Heston est défini par :

$$dS_t^H = (\mu dt + \sqrt{V_t} dW_t^1) S_t \quad (5.6)$$

$$dV_t = \alpha(\theta - V_t)dt + \xi\sqrt{V_t}dW_t^2 \quad (5.7)$$

avec :

- $\alpha$  la vitesse de retour à la moyenne,
- $\theta$  la variance à l'infini,
- $\xi$  la volatilité de la volatilité.

## 5.3 Les outils de calcul

Pour les besoins des différentes études, nous avons mis en place plusieurs outils, notamment pour la construction des courbes de taux, pour les chocs de taux et pour le calcul de l'ajustement pour volatilité. Ces outils ont été développés sur Excel/VBA :

### Construction des courbes des taux

Cet outil permet la construction de la courbe des taux nominaux et des courbes de taux choquées. Il prend en paramètres :

- les taux swaps respectant les critères de liquidité,
- les paramètres du modèle : Vitesse de convergence, poids des LLFR, FSP, UFR, CRA et VA,
- les paramètres de stress : chocs appliqués sur la courbe, UFR stressé.

### Calcul du VA

Cet outil permet de calculer le VA à l'aide des données de marché et des données du portefeuille :

- Données caractéristiques du portefeuille : duration, composition, Spreads
- Données de marché : rendement obligataire pour les différents actifs (financières et non financières) en fonction de la duration et de la notation récupérée sur **Markit** ; Donnée de taux (courbe ECB, courbes des obligations d'états).

## Autres outils

D'autres outils ont été utilisés :

- **Bloomberg** : Pour l'extraction des données des indices pour le calcul des corrélations,
- **Reuters** : Pour l'extraction des courbes de taux swaps,
- **R** : pour les calculs sur les corrélations.

*Prophet, Barrie & Hibbert, ...* sont les outils utilisés lors des productions des arrêtés trimestriels. Ils ont été validés et sont audités régulièrement. De plus, ce sont des outils de marché standards utilisés par plusieurs acteurs. Pour les autres outils, des tests de validation ont été effectués au préalable pour s'assurer du bon fonctionnement.

Ce mémoire a aussi été l'occasion de construire et de valider les nouveaux outils qui seront nécessaires pour la mise en place de la réforme.

## 5.4 Présentation du portefeuille d'étude

### Actifs

L'impact des propositions de révision de la norme solvabilité 2 a été mesuré sur le portefeuille de **PREDICA** (Crédit Agricole Assurances), au Q4 2021 et suite à la hausse importante des taux au Q2 2022.

Les figures 5.2 et 5.3 présentent la répartition, en pourcentage de valeur de marché, du portefeuille par classe d'actifs (Action, Obligations, etc.) et de la notation. Elles montrent que les obligations sont prépondérantes dans ce portefeuille avec une proportion de 82%. En outre, plus de 50% des obligations ont une notation *AA* ou *AAA*. La durée moyenne du portefeuille est de *10 ans* pour les obligations d'états et de *5 ans* pour les obligations d'entreprises

Indicateurs	Q4 2021
Actif Total en VNC	245 Mds €
Actif Total en VM	271 Mds €
Duration de l'actif	7,3 ans

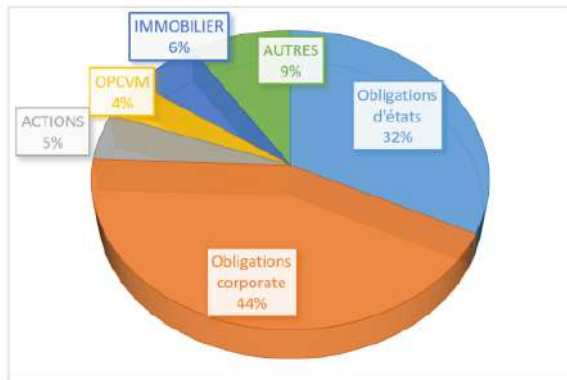


FIGURE 5.2 – Allocation des actifs au 31/12/2021 en proportion de valeur de marché



FIGURE 5.3 – Répartition des notations des obligations par valeur de marché

## Passifs

Le passif est composé des contrats Épargnes, rentes, obsèques commercialisés par le groupe. L'épargne représente la partie dominante du portefeuille.

À partir du décembre 2022, une nouvelle entité Crédit Agricole Assurance Retraite a été créée, cette dernière va regrouper les activités de retraite de PREDICA sous la forme d'un Fonds de retraite professionnelle supplémentaire (FRPS), n'étant pas soumis à la norme Solvabilité 2.

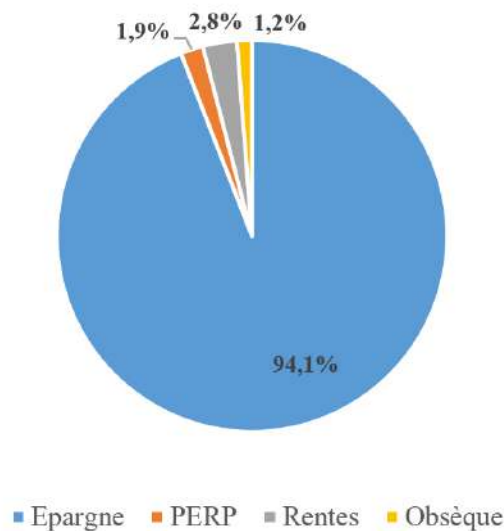


FIGURE 5.4 – Structure du portefeuille de PREDICA

Le portefeuille de PREDICA est composé essentiellement d'Épargne.

Indicateurs	Q4 2021
PM	211 Mds €
PPE	13 Mds €
TMG moyen	0,63%
Taux servi moyen	1,49%
Duration du passif	10,7 ans

## Solvabilité au 31/12/2021

L'évaluation de l'exigence en capital réglementaire (SCR) au niveau du PREDICA est réalisée en appliquant la formule standard de la directive Solvabilité 2 sur la base du bilan prudentiel. Aucune mesure transitoire n'a été retenue par PREDICA dans le cadre de l'évaluation du SCR.

Au 31/12/2021, le SCR de PREDICA s'élève à 11 149 millions d'euros et le ratio de solvabilité est de **281%**<sup>[18]</sup>

En raison de la prédominance de ses activités d'épargne et de retraite, les principaux risques de PREDICA sont les risques de marché et de souscription vie, pris en compte dans la formule standard du calcul du capital de solvabilité requis (SCR). La formule standard couvre également les autres risques techniques, moins significatifs à l'échelle du groupe, ainsi que les risques opérationnels.

La situation de solvabilité initiale : Au 31/12/2021, le SCR s'élève à 11 149 Millions d'euros, le BSCR s'établit à 12 230 Millions d'euros. Le risque de marché représente 90% du BSCR. L'ajustement pour impôt et le bénéfice de diversification permettent de réduire le montant de SCR global.

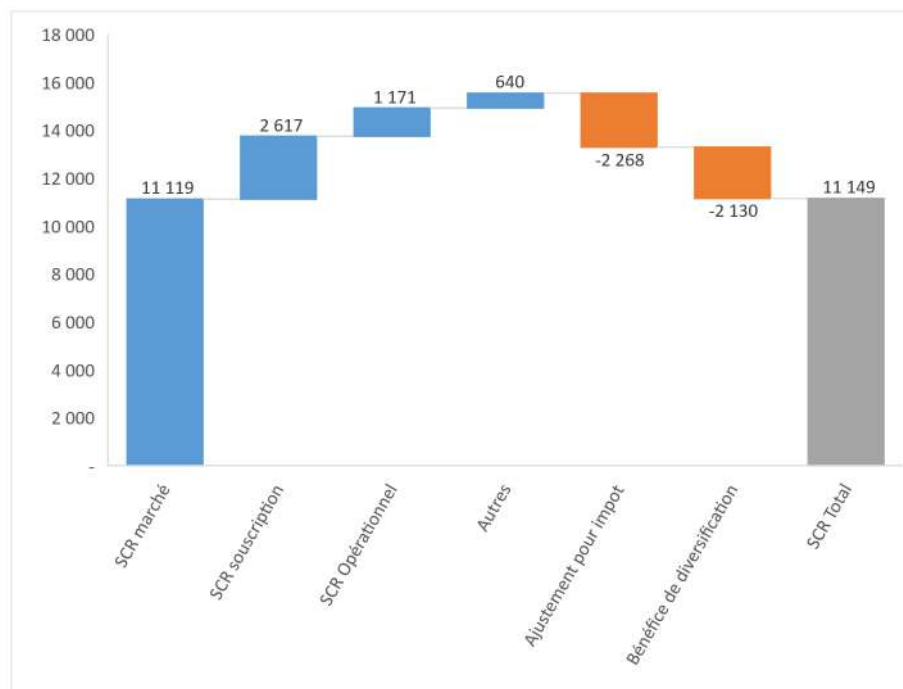


FIGURE 5.5 – Solvabilité au 31/12/2021

## Objectifs des études d'impacts

Le portefeuille de PREDICA étant composé majoritairement de produits d'épargne et de rentes, très sensibles aux variations économiques, il est primordial pour le groupe de mesurer et de capter la sensibilité du portefeuille au changement du cadre réglementaire.

Les différents impacts permettent de mesurer la sensibilité du portefeuille de PREDICA aux différents paramètres de la formule standard : Courbe de taux, Ajustement pour volatilité, choc de taux, marge pour risque, etc.

Les résultats des impacts permettront la mise en place de mesures, notamment la révision de la stratégie ALM pour limiter les impacts qui seraient défavorables pour la solvabilité du groupe. Ces sensibilités sont aussi nécessaires dans le cadre des interrogations que peuvent se poser les législateurs au moment de la révision, et permettent au groupe de proposer des mesures alternatives ou de compensations.



# Chapitre 6

## Applications

Après avoir présenté les principales mesures de la proposition de révision de Solvabilité II, nous allons mesurer les impacts de celles-ci sur le portefeuille de Prédica. L'application se base sur les données du 31/12/2021, les impacts seront donc mesurés par rapport aux résultats obtenus pour cet arrêté.

Au 31/12/2021, nous avons : **UFR = 3,6% - VA = 3bps.**

### 6.1 Présentation des indicateurs

Les indicateurs pour mesurer l'impact des propositions sont le SCR et les fonds propres. Pour ce faire, nous allons introduire deux notions : la Net Asset Value (NAV) et la Value In Force (VIF)

#### Calcul du besoin en capital - SCR

Comme nous l'avons indiqué, le SCR est calculé par agrégation des besoins en capital par module (chocs de souscription et chocs de marché) et sous-module (hausse de taux, baisse de taux, etc). Le SCR de chaque sous module se calcule comme suit :

$$SCR_{\text{sous-module}} = \max(0; NAV_{\text{central}} - NAV_{\text{sous-module}}) \quad (6.1)$$

La Net Assets Value (NAV) correspond à la valeur de l'actif net sous Solvabilité II, c'est-à-dire la différence entre la valeur de l'actif de l'assureur et les engagements d'assurance :

$$NAV = VM - BEL \quad (6.2)$$

#### Value in force - VIF

La value in force correspond à la valeur de l'activité d'assurance. C'est la valeur actualisée des profits futurs liés au portefeuille d'assurance, distribuables aux actionnaires. Elle représente la capacité de l'assureur à dégager des marges avec un portefeuille donné :

$$VIF = \sum_{t=1}^N \frac{Profit_t}{(1 + r_t)^t} \quad (6.3)$$

VIF
<b>Produits Financiers</b>
<i>Revenus du portefeuille obligataire</i>
<i>Revenus du portefeuille diversifié</i>
<b>Charges sur produits financiers</b>
<i>Distribution clients (PAB, PPE)</i>
<i>Autres (chargements financiers, Prélèvements sociaux)</i>
<b>Chargements sur encours</b>
<b>Autres (chargements financiers, Prélèvements sociaux)</b>

FIGURE 6.1 – Décomposition de la VIF sur le support EURO

## Fonds propres

Les fonds propres sous solvabilité II ont été présentés au premier chapitre. Dans le cadre de nos sensibilités, l'impact de la révision des éléments quantitatives se portera sur la VIF, la marge pour risque et les impôts différés (*ID*) :

$$FP = \text{Fonds propres dures} + VIF - \text{Marge pour risque} - ID \quad (6.4)$$

La VIF qui intervient dans le calcul des fonds propres est la somme des VIF pour les supports Euro, UC et prévoyance. Nous nous intéresserons dans les études aux impacts sur la VIF du support euro.

## 6.2 Impact des méthodes d'extrapolation

La courbe des taux sans risque permet la valorisation des engagements de l'assureur par le calcul du *Best Estimate*. Nous mesurons les impacts des différentes méthodes de construction que nous avons présenté précédemment :

- Smith-Wilson : LLP à 30 ans et à 50 ans,
- Extrapolation par lissage : paramètre de convergence à 10%, 15% et 20%.

Les différentes propositions d'extrapolation nous donnaient les courbes suivantes :

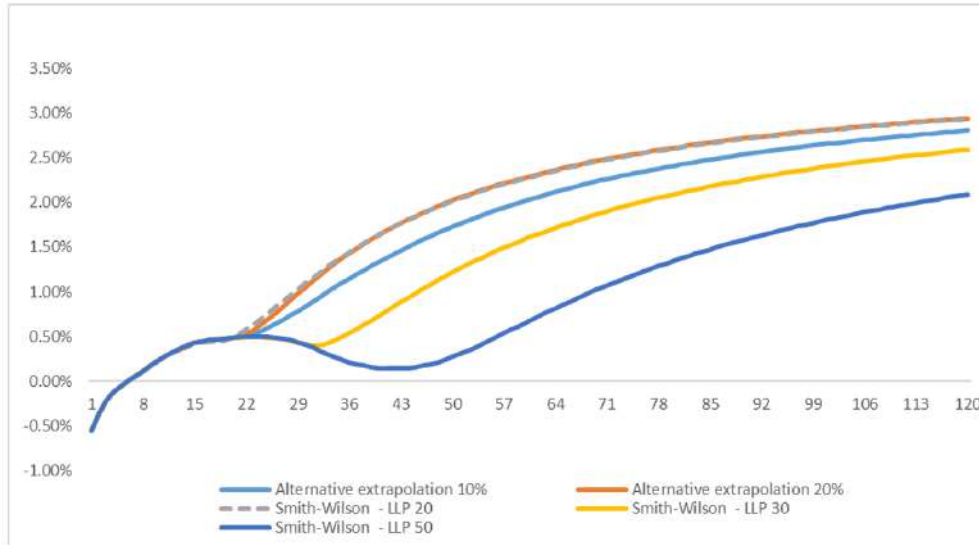


FIGURE 6.2 – Courbes des taux extrapolées au 31/12/2021

Les indicateurs que nous avons analysés sont : le *Best Estimate* qui dépend de la courbe des taux, en effet les passifs sont valorisés à l'aide de celle-ci, le *SCR*, en particulier le risque de taux du module de marché provient d'un choc de la courbe des taux sans risque, *les fonds propres* et *le ratio de solvabilité*.

	<b>SCR</b>	<b>Fonds Propres</b>	<b>Ratio S2</b>	<b>BE</b>
<b>LLP 20 ans</b>	<b>11 149</b>	<b>31 353</b>	<b>281,22%</b>	<b>302 801</b>
<b>LLP 30 ans</b>	<b>11 557</b>	<b>30 201</b>	<b>261,31%</b>	<b>304 324</b>
<b>LLP 50 ans</b>	<b>10 597</b>	<b>30 225</b>	<b>285,22%</b>	<b>304 426</b>
<b>Méthode alternative - Convergence 20%</b>	<b>11 171</b>	<b>31 344</b>	<b>280,59%</b>	<b>302 839</b>
<b>Méthode alternative - Convergence 15%</b>	<b>11 232</b>	<b>31 215</b>	<b>277,91%</b>	<b>303 019</b>
<b>Méthode alternative - Convergence 10%</b>	<b>11 313</b>	<b>31 033</b>	<b>274,31%</b>	<b>303 248</b>

FIGURE 6.3 – Sensibilité du *Best Estimate*, du *SCR* et des *Fonds propres* à la nouvelle méthodologie d'extrapolation de la courbe des taux

Les méthodes d'extrapolation alternative abaissent le niveau des taux comparativement à la méthode actuelle, ce qui se traduit par une augmentation de la valeur des engagements (BE). Cela est très marqué notamment pour les scénarios de décalage du LLP à 30 ans ou 50 ans (hausse du BE respectivement de 0,5% et 0,54%). Aussi, on peut noter une baisse importante de la VIF principalement due à la diminution

des revenus du portefeuille obligataire du fait des niveaux de taux plus bas, avec des baisses très importantes pour les scénarios de décalage du LLP. La légère hausse des revenus de diversifications et la baisse des distributions clients ne permettent pas de compenser l'impact sur la VIF.

La baisse de la VIF entraîne donc pour chacun des scénarios étudiés une baisse des fonds propres.

	LLP 20 ans	LLP 30 ans	LLP 50 ans	Méthode alternative - Convergence 20%	Méthode alternative - Convergence 15%	Méthode alternative - Convergence 10%
<b>VIF</b>	<b>4 354</b>	<b>2 664</b>	<b>2 838</b>	<b>4 149</b>	<b>3 969</b>	<b>3 740</b>
Produits Financiers	37 641	33 423	32 878	37 233	36 724	36 018
<i>dont Revenus du portefeuille obligataire</i>	25 117	21 433	20 869	24 782	24 332	23 706
<i>dont Revenus du portefeuille diversifié</i>	15 819	16 078	16 201	15 744	15 794	15 879
Charges sur produits financiers	-41 426	-39 959	-39 799	-41 272	-41 085	-40 826
<i>Distribution clients (PAB, PPE)</i>	-19 647	-18 195	-18 078	-19 486	-19 292	-19 028
<i>Autres (chargements financiers, Prélèvements sociaux)</i>	-21 780	-21 764	-21 722	-21 786	-21 793	-21 798
Chargements sur encours	15 278	15 543	15 545	15 311	15 355	15 411
<i>Autres (chargements financiers, Prélèvements sociaux)</i>	-7 139	-6 342	-5 785	-7 123	-7 025	-6 863

FIGURE 6.4 – Impact sur la VIF Euro

Les changements de méthode n'ont pas d'impacts significatifs sur le besoin en capital, à l'exception du décalage au LLP à 50 ans. Par conséquent, la baisse des fonds propres induit la baisse du ratio de Solvabilité pour les quatre autres scénarios (-20% pour le décalage du LLP à 30 ans, -0,65% pour la méthode alternative avec un paramètre de convergence à 10%).

Pour le scénario de décalage du LLP à 50 ans, nous avons un abaissement plus important du niveau des taux. Ainsi, la courbe des taux du choc à la baisse des taux sera proche de la courbe des taux centrale, donc on observe une baisse très importante du SCR de taux et du SCR de marché en général. La baisse des fonds propres est compensée par une baisse plus importante du SCR.

Le décalage du LLP a des impacts très significatifs sur les indicateurs. La méthode alternative permet de résoudre les problèmes de la méthode de Smith-Wilson, en particulier l'utilisation des données de marché au-delà du LLP. Toutefois, la calibration du facteur de convergence a un impact très important sur le bilan des assureurs.

## 6.3 Impact des nouveaux chocs de taux

Dans cette partie, nous étudions l'impact du changement de la méthode de choc des taux, en mesurant les impacts sur le SCR de taux, de marché et le SCR final. Nous utiliserons la courbe des taux construite avec la méthode alternative pour un paramètre de convergence à 20%. Ce choix n'aura pas d'impact sur nos comparaisons, en effet comme nous l'avons constaté dans la partie précédente, l'utilisation de cette méthode a un impact faible sur le SCR (augmentation du SCR de **0,20%** et une baisse du ratio de solvabilité de **0,63%**).

Cela permet, en outre, d'avoir un impact croisé des changements de la méthode d'extrapolation et de la méthode de choc de la courbe des taux.

### Méthode de choc de taux proposée par l'EIOPA

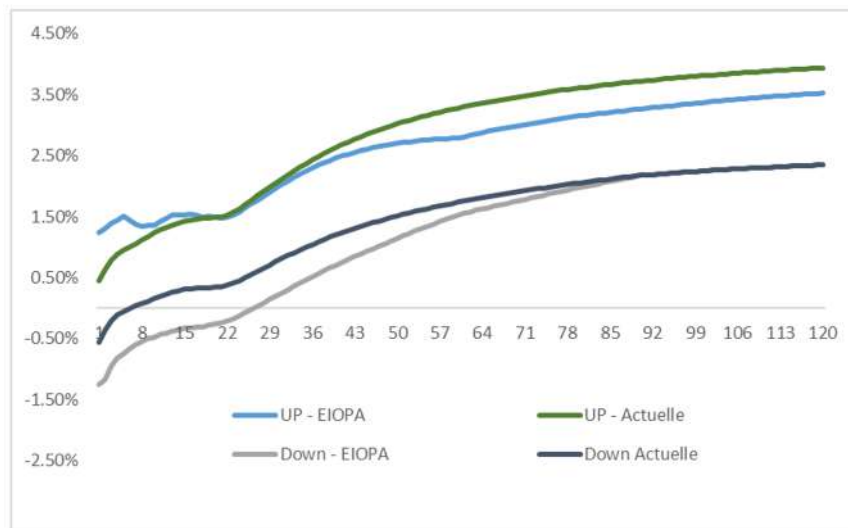


FIGURE 6.5 – Courbes des taux choquées au 31/12/2021 par la méthode actuelle et la méthode proposée par l'EIOPA.

## Méthode de choc de taux proposée par la Commission Européenne

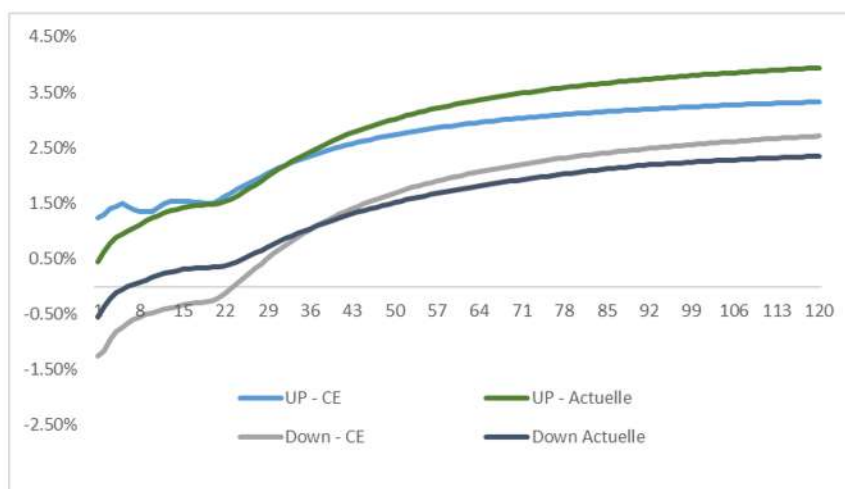


FIGURE 6.6 – Courbes des taux choquées au 31/12/2021 par la méthode actuelle et la méthode proposée par la commission.

## Méthode de choc de taux proposée par l'Institut des Actuaires

La contreproposition de France Assureurs et de l'institut des actuaires a un impact plus faible sur la courbe des taux, cela s'explique par le faible choc appliqué aux taux négatifs (30 bps). On a donc une courbe négative sur un nombre moins important de points (les six premières maturités). La courbe à la baisse est assez proche de la courbe actuelle (on note un écart maximal de 28 bps entre les deux courbes), mais reste plus basse. Le choc de taux est deux fois plus important, mais l'impact sur les SCR reste faible comparés aux deux autres méthodes proposées.

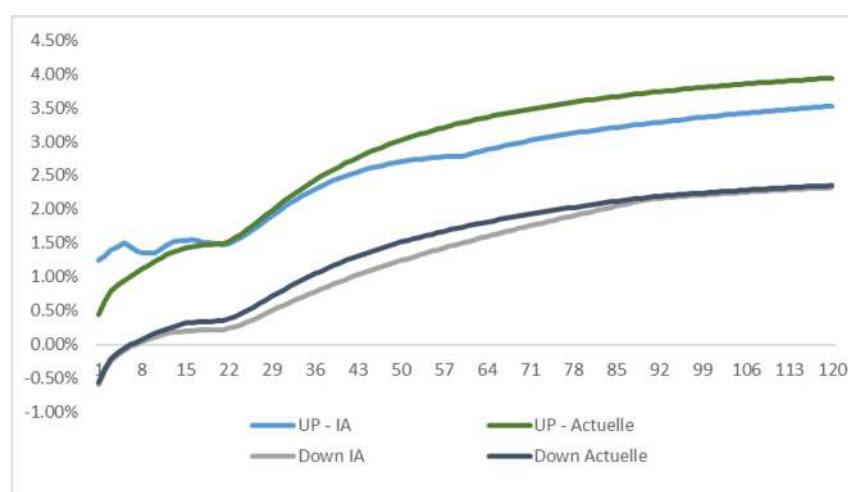


FIGURE 6.7 – Courbes des taux choquées au 31/12/2021 par la méthode actuelle et la méthode proposée par l'institut des actuaires et France assureurs.

	SCR de taux	SCR de Marché	SCR	Ratio S2
<b>Méthode actuelle</b>	<b>918</b>	<b>11 119</b>	<b>11 149</b>	<b>281%</b>
<b>choc_EIOPA</b>	<b>4 884</b>	<b>13 873</b>	<b>13 886</b>	<b>226%</b>
<b>choc_CE</b>	<b>4 115</b>	<b>13 291</b>	<b>13 314</b>	<b>235%</b>
<b>choc_IA</b>	<b>1 975</b>	<b>11 786</b>	<b>11 840</b>	<b>265%</b>

FIGURE 6.8 – Sensibilité du SCR et du ratio S2 aux méthodes de choc de taux proposées sans transition

Les méthodologies proposées pour la révision des courbes des taux choquées accentuent le choc de taux à la baisse, puisque les taux négatifs sont choqués et peuvent donc être plus négatifs.

Pour les calibrages proposés par l’EIOPA et la Commission, les taux obtenus à la baisse sont négatifs sur la partie liquide de la courbe. Cela va engendrer une hausse du capital requis plus importante par rapport au calibrage actuel. Du fait notamment d’une valorisation plus importante du passif en scénario de baisse des taux, aussi le risque de taux a un impact sur les actifs dont la valeur dépend de la courbe des taux sans risque (obligations). Pour compenser l’effet de ces hausses importantes du besoin en capital pour le risque de taux, il a été prévu une phase de transition, comme expliqué précédemment. Ainsi, en considérant les méthodes de choc de taux avec transition, les impacts sont fortement limités et nous observons des baisses du ratio de solvabilité quatre fois moins importantes pour les différents scénarios.

	SCR de taux	SCR de Marché	SCR	Ratio S2
<b>Méthode actuelle</b>	<b>918</b>	<b>11 119</b>	<b>11 149</b>	<b>281%</b>
<b>choc_EIOPA</b>	<b>1 687</b>	<b>11 598</b>	<b>11 722</b>	<b>267%</b>
<b>choc_CE</b>	<b>1 534</b>	<b>11 500</b>	<b>11 614</b>	<b>270%</b>
<b>choc_IA</b>	<b>1 106</b>	<b>11 233</b>	<b>11 322</b>	<b>277%</b>

FIGURE 6.9 – Sensibilité du SCR et du ratio S2 aux méthodes de choc de taux proposées avec transition.

## 6.4 Impact de la modification de l'ajustement pour volatilité

Comme nous l'avons expliqué plus haut, l'ajustement pour volatilité peut être considéré comme une prime d'illiquidité sur le passif de l'assureur. Dans la méthode actuelle, il est calculé sur la base d'un portefeuille de référence, ce qui ne permet pas de tenir compte des spécificités des passifs des assureurs.

L'objectif de la révision de sa méthodologie de calcul est donc de résoudre ce problème. Dès lors, l'ajustement pour volatilité devient spécifique à un assureur. Les propositions de l'EIOPA et de la commission sont proches.

Le facteur  $AR_5^i$  vise à mesurer l'illiquidité du passif de l'assureur. Pour cela, les engagements sont divisés en trois catégories en fonction de leur niveau d'illiquidité. Les engagements très illiquides sont pondérés à 100%, les engagements moyennement illiquides à 75% et les engagements peu illiquides à 60%. Le facteur d'illiquidité est une moyenne pondérée des engagements répartis selon leur niveau d'illiquidité.

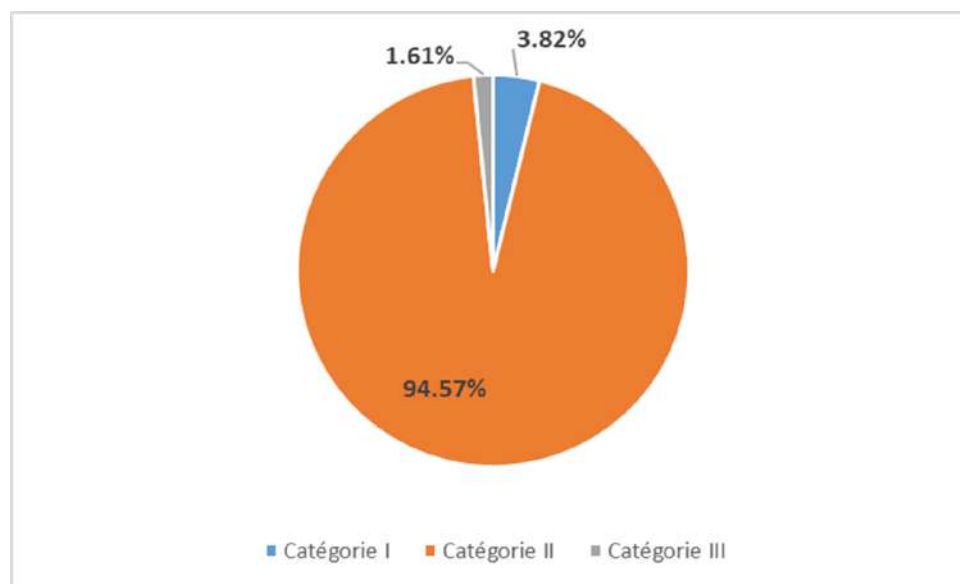


FIGURE 6.10 – Répartition du BE par catégorie



	SII Actuel	Revue EIOPA	Revue CE
GAR	65%	85%	85%
Scale	N/A	140%	140%
RC_S	4.6	11.9	11.9
AR4	N/A	100%	100%
AR5	N/A	76%	100%
VA_sensi	N/A	14	14
VA_cu/perm	3	11	14
VA_co/macro	0	0	0
VA	3	11	14

Les méthodes de révisions donnent des ajustements pour volatilité plus importante que la méthode actuelle. La méthode proposée par la commission donne un VA plus important que celui de l'EIOPA car le facteur de mesure de l'illiquidité du passif est abandonné.

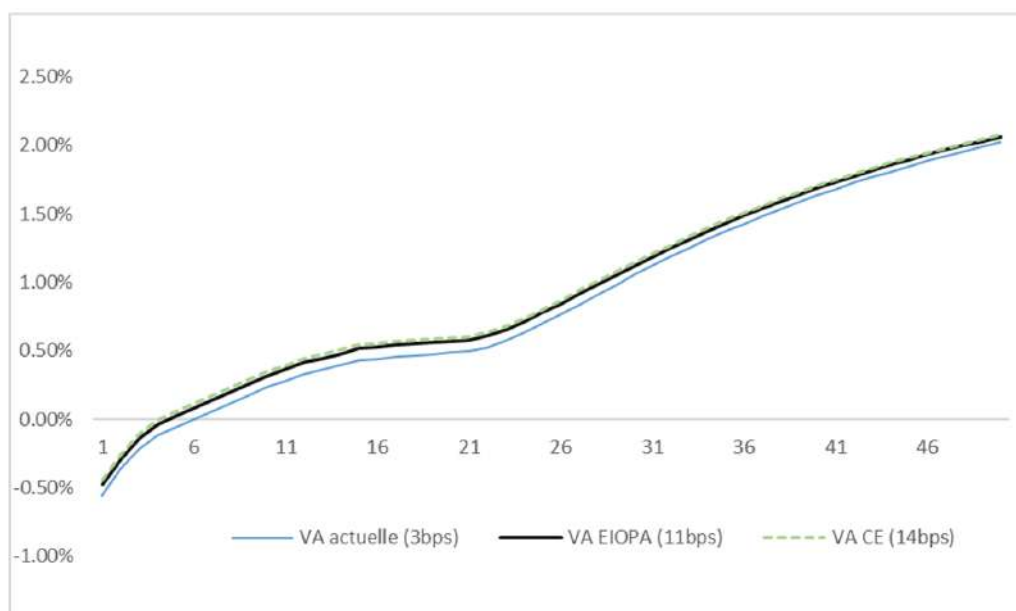


FIGURE 6.11 – Comparaison des courbes des taux obtenues avec les différents VA au 31/12/2021.

La hausse du VA se traduit par des niveaux de taux plus importants. Le BE baisse donc par rapport à notre situation initiale. Cette hausse des taux permet aussi d'augmenter les revenus du portefeuille obligataire, dont une partie est redistribuée aux assurés par la PAB et/ou la PPE. Une autre permet la hausse de la VIF et donc des fonds propres. Le SCR baisse aussi, en effet, la hausse du VA permet de limiter l'impact des scénarios de chocs, en particulier un VA plus important entraîne une baisse du besoin en capital pour le risque de spreads. La hausse des fonds propres et

la baisse du SCR entraîne une hausse assez significative du ratio de solvabilité (+14% pour le scénario EIOPA et +19% pour le scénario de la CE).

	SCR	Fonds Propres	Ratio S2	BE
<b>Méthode Actuelle</b>	<b>11 149</b>	<b>31 353</b>	<b>281%</b>	<b>302 801</b>
<b>Méthode CE</b>	<b>10 676</b>	<b>32 080</b>	<b>301%</b>	<b>302 048</b>
<b>Méthode EIOPA</b>	<b>10 810</b>	<b>31 911</b>	<b>295%</b>	<b>301 806</b>

FIGURE 6.12 – Sensibilité du SCR et du ratio S2 aux modifications du calcul de l’ajustement de la volatilité.

	LLP 20 ans	VA CE	VA EIOPA
<b>VIF</b>	<b>4 354</b>	<b>5 135</b>	<b>4 907</b>
<b>Produits Financiers</b>	<b>37 641</b>	<b>40 178</b>	<b>39 437</b>
<i>dont Revenus du portefeuille obligataire</i>	25 117	27 084	26 506
<i>dont Revenus du portefeuille diversifié</i>	15 819	16 450	16 274
<b>Charges sur produits financiers</b>	<b>-41 426</b>	<b>-42 884</b>	<b>-42 457</b>
<i>Distribution clients (PAB, PPE)</i>	-19 647	-20 920	-20 542
<i>Autres (chargements financiers, Prélèvements sociaux)</i>	-21 780	-21 964	-21 915
<b>Chargements sur encours</b>	<b>15 278</b>	<b>15 232</b>	<b>15 251</b>
<b>Autres (chargements financiers, Prélèvements sociaux)</b>	<b>-7 139</b>	<b>-7 391</b>	<b>-7 324</b>

FIGURE 6.13 – Impact sur la VIF Euro

## 6.5 Impact de la révision de la marge de risque

Comme nous l'avons indiqué plus haut, la marge de risque est un capital immobilisé qui vise à compenser une éventuelle sous-estimation de la valeur des passifs d'assurance. Elle est calculée selon l'approche du coût du capital et en considérant les SCR futurs.

Ce coût du capital a un rôle très important sur la valeur de la marge de risque. L'estimation des SCR futurs est aussi un enjeu très important, car les méthodes de simplifications proposées par l'EIOPA (cf. : partie sur la marge de risque - 70) sont discutables.

Les différentes options proposées pour la marge de risque sont indiquées dans le tableau suivant :

	CoC	floor	lambda
<b>Méthode Actuelle</b>	<b>6%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
<b>Méthode EIOPA</b>	<b>6%</b>	<b>50%</b>	<b>98%</b>
<b>Méthode CE version 1</b>	<b>5%</b>	<b>0%</b>	<b>98%</b>
<b>Méthode CE version 2</b>	<b>4%</b>	<b>0%</b>	<b>90%</b>

La marge de risque a à la fois un impact sur les fonds propres S2 et sur le calcul du SCR final. D'une part, la marge de risque est utilisée pour le calcul des impôts différés d'actifs, qui servent aux calculs de l'ajustement pour impôts appliqués au SCR brute. D'autre part, comme nous l'avons expliqué précédemment, la marge de risque présent dans le passif du bilan en Solvabilité 2 s'intègre dans le calcul des fonds propres éligibles.

Nous avons implémenté les différentes propositions qui ont été faites sur la révision du calcul de la marge de risque.

	MARGE DE RISQUE	IDP-IDA	FONDS PROPRES	SCR	RATIO S2
<b>Méthode Actuelle</b>					<b>281.219%</b>
<b>Lissage 20% + Méthode Actuelle</b>	<b>-0.927%</b>	<b>-0.240%</b>	<b>-0.029%</b>	<b>0.196%</b>	<b>-0.632%</b>
<b>Méthode EIOPA</b>	<b>-19.406%</b>	<b>9.830%</b>	<b>1.179%</b>	<b>-0.986%</b>	<b>6.150%</b>
<b>Méthode CE version 1</b>	<b>-32.600%</b>	<b>17.019%</b>	<b>2.041%</b>	<b>-1.831%</b>	<b>11.091%</b>
<b>Méthode CE version 2</b>	<b>-66.558%</b>	<b>35.523%</b>	<b>4.260%</b>	<b>-4.004%</b>	<b>24.209%</b>

FIGURE 6.14 – Impact des différentes méthodologies de révision du calcul de la marge de risque.

Dans un premier temps, nous avons conservé la méthode de calcul actuelle pour voir l'impact du changement de la méthode d'extrapolation. Cet impact est faible sur la marge de risque et sur les différents éléments qui l'utilisent, en particulier le SCR. Nous avons donc décidé pour la suite des études d'utiliser cette méthode d'extrapolation.

La méthodologie proposée par l'EIOPA et celle proposée par la Commission Européenne diffère uniquement sur le choix d'un floor (Méthodologie EIOPA) pour limiter la baisse du SCR projeté. Toutefois, ce floor fixé à 50% a un impact à partir de la 28ème année. L'EIOPA a toutefois décidé de conserver un coût du capital de 6%, on a bien un impact important sur la marge de risque et sur le ratio de Solvabilité.

Dans sa première proposition, la Commission Européenne a supprimé le floor proposé par l'EIOPA (cela a toutefois un impact très négligeable) et à décider de la baisse coût du capital de 6% à 5%. La deuxième proposition, fixe le coût du capital à 4% et le facteur  $\lambda$  à 90%. Ces deux propositions ont un impact important sur le ratio de Solvabilité 2 comme indiqué dans le graphe précédent.

## 6.6 Impact de la révision

Les impacts des différentes propositions ont été mesurés. Il convient de quantifier l'impact d'un changement complet de la formule standard. En effet, des interactions existent, notamment la courbe des taux est liée au VA en situation central et pour les chocs de taux.

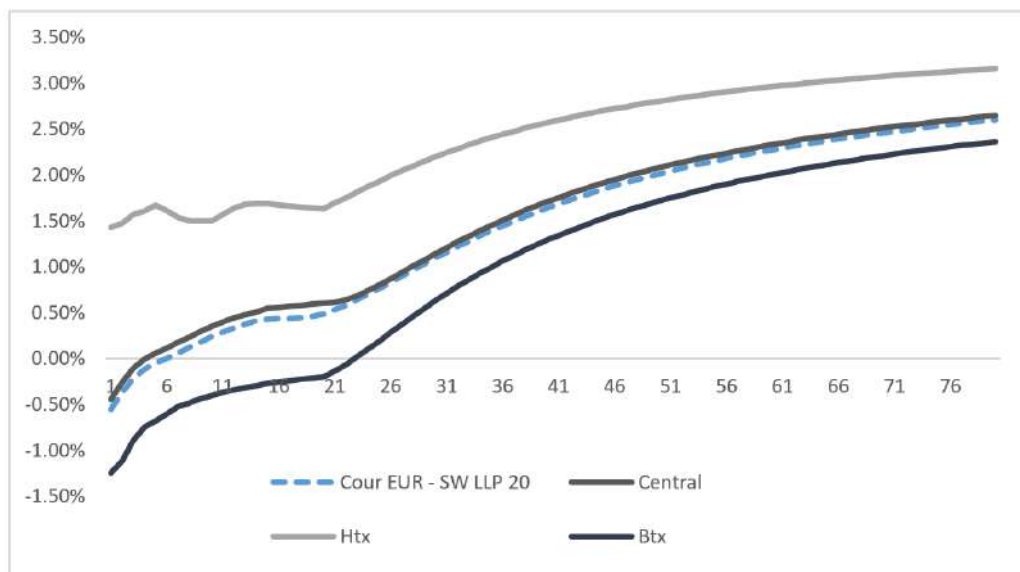


FIGURE 6.15 – Courbes des taux pour les 3 scénarios selon la méthodologie de la Commission Européenne

Comme vu, la norme a un impact sur les fonds propres et sur le SCR. La hausse des fonds propres s'explique par :

	Q4 2021	Révision
<b>Fonds propres</b>	31 353	33 427
<b>Capitaux propres et dettes</b>	11 528	11 528
VIF Euro	4 354	5 135
RM	-2 762	-923
IDA-IDP	-1 309	-2 031
Autres	19 543	19 717

	Q4 2021	Révision
<b>VIF Euro</b>	<b>4 354</b>	<b>5 135</b>
<b>Produits Financiers</b>	37 641	40 178
<i>dont Revenus du portefeuille obligataire</i>	25 117	27 084
<i>dont Revenus du portefeuille diversifié</i>	15 819	16 450
<b>Charges sur produits financiers</b>	-41 426	-42 884
<i>Distribution clients (PAB, PPE)</i>	-19 647	-20 920
<i>Autres (chargements financiers, Prélèvements sociaux)</i>	-21 780	-21 964
<b>Chargements sur encours</b>	15 278	15 232
<i>Autres (chargements financiers, Prélèvements sociaux)</i>	-7 139	-7 391

FIGURE 6.16 – Impact de la révision sur les Fonds propres

- La hausse de la VIF : la nouvelle méthode d'extrapolation et la hausse importante du VA (14bps contre 3bps au Q4 2021 avec l'ancienne méthodologie) permettent une hausse des taux et donc des revenus du portefeuille. Concomitamment, les distributions clients sont plus importantes.
- La réduction de la marge pour risque, a un impact significatif sur nos fonds propres (+1,8 Mds), cela est compensé par une baisse des impôts différés sur les actifs et donc une hausse de la charge en capital du fait des impôts différés(-722 M)

L'introduction de choc de taux plus important a un impact sur le besoin en capital pour le risque de taux, le calcul de transition permet d'atténuer l'impact durant les premières années. On note une hausse très importante du SCR de taux (+70% avec la transition et +350% sans la transition). En outre, le changement d'extrapolation et de l'ajustement pour volatilité permet de réduire le besoin en capital pour les autres sous-risques du module de marché. Ainsi, en période de transition, les changements ont un impact positif sur le SCR (baisse du SCR de 7%), sans la transition, nous aurions observé une hausse du SCR de 8%.

	SCR de taux	SCR de Marché	SCR	Ratio S2
<b>Q4 2021</b>	<b>918</b>	<b>11 119</b>	<b>11 149</b>	<b>281%</b>
<b>Révision avec transition</b>	<b>1 562</b>	<b>11 074</b>	<b>10 408</b>	<b>321%</b>
<b>Révision sans transition</b>	<b>4 138</b>	<b>12 705</b>	<b>12 002</b>	<b>279%</b>

FIGURE 6.17 – Impact de la révision sur le SCR

Sans la transition sur le calcul du SCR de taux, l'impact de la réforme est négative sur le ratio de solvabilité, malgré la forte baisse de la marge de risque qui est très bénéfique, car elle permet d'augmenter les fonds propres.

Avec la transition, nous constatons un impact important sur notre SCR globale et non négligeable sur les fonds propres. Tout cela permet d'augmenter considérablement le ratio de solvabilité.

## 6.7 Analyse de la révision au Q2 2022 suite à la remontée des taux

L'une des mesures importantes de la révision de la norme Solvabilité 2 concerne le choc de taux, il s'agit de la possibilité d'appliquer un choc sur les taux négatifs. Cela se justifiait par le contexte de taux bas et négatifs que l'on a pu observer au cours des dernières années. Cependant, avec la reprise économique après la pandémie de Coronavirus, mais aussi un regain de tension géopolitique causé par la guerre en Ukraine, on a pu observer, depuis le début de l'année 2022, une hausse importante des taux et de l'inflation.

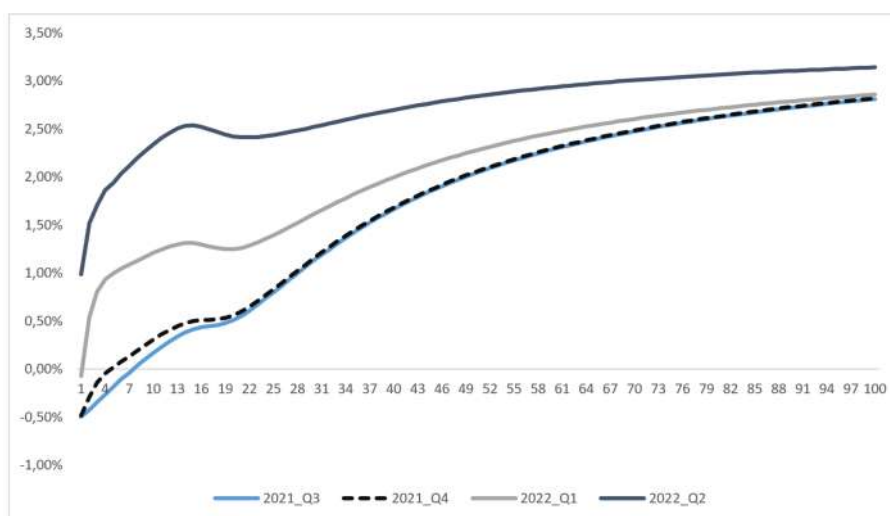


FIGURE 6.18 – Courbes des taux swaps au Q3 2021, Q4 2021, Q1 2022 et au Q2 2022

On observe sur le graphique une augmentation de plus de 100 bps des taux entre le Q4 2021 et le Q2 2022. Cette hausse brutale a un impact important sur la solvabilité des assureurs. Dans cette partie, nous allons analyser la pertinence de la révision dans un tel contexte.

### Courbes des taux

On remarque que le choc de taux à la baisse donne des taux plus bas avec la méthode alternative proposée par l'EIOPA durant les 60 premières années après les deux chocs ont des taux proches. Les taux étant redevenus positifs, la méthode de choc actuelle en scénario de baisse nous donne une courbe des taux positifs. Avec la méthode alternative, les taux sont encore négatifs sur les premières maturités.

La courbe des taux en scénario de hausse des taux avec la méthode alternative doit sa forme à une convergence vers l'UFR stressé à 3,60%. Les taux étant plus importants et le taux au FSP est supérieur à l'UFR. Le choc de taux à la hausse nous donne aussi des taux plus élevés qu'avec la méthode actuelle.

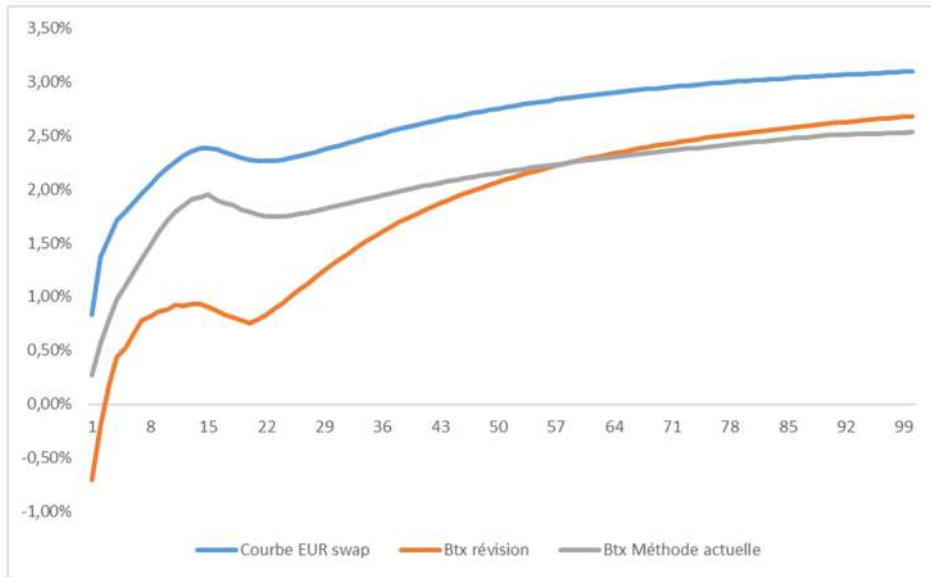


FIGURE 6.19 – Courbes des taux choquées à la baisse au Q2 2022

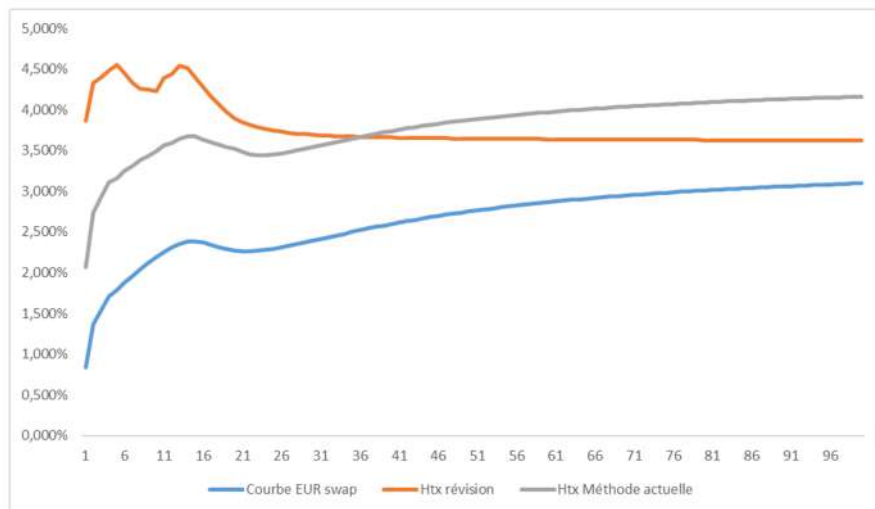


FIGURE 6.20 – Courbes des taux choquées à la hausse au Q2 2022



## Ajustement pour volatilités

	<b>S2 Actuel</b>	<b>Revue EIOPA</b>	<b>Revue CE</b>
<b>GAR</b>	<b>65%</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>
<b>scale</b>	<b>N/A</b>	<b>141%</b>	<b>141%</b>
<b>RC_S</b>	<b>20.5</b>	<b>27.9</b>	<b>27.9</b>
<b>AR4</b>	<b>N/A</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
<b>AR5</b>	<b>N/A</b>	<b>76%</b>	<b>100%</b>
<b>VA_sensi</b>	<b>N/A</b>	<b>33.4</b>	<b>33.4</b>
<b>VA_cu/perm</b>	<b>24.9</b>	<b>25.3</b>	<b>33.4</b>
<b>VA_co/macro</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>VA</b>	<b>24.9 bps</b>	<b>25.3 bps</b>	<b>33.4 bps</b>

FIGURE 6.21 – Calcul du Volatility Adjustment au 30/06/2022 selon les différentes méthodologies

Le contexte économique a aussi pour effet une hausse importante de l'ajustement pour volatilité, on passe de 3 bps au Q4 2021 à 25 bps au Q2 2022. Les méthodes alternatives, reflétant l'illiquidité de notre passif, permettent d'obtenir un ajustement pour volatilité plus importante : 25,3 bps et 33,4 bps selon les méthodologies.

	<b>Q2 2022</b>	<b>Révision</b>
<b>Fonds propres</b>	27 312	30 557
<b>Capitaux propres et dettes</b>	8 389	8 389
<b>VIF Euro</b>	7 509	9 193
<b>RM</b>	-4 728	-1 812
<b>IDA-IDP</b>	-1 216	-2 405
<b>Autres</b>	17 359	17 192

FIGURE 6.22 – Impact de la révision sur les fonds propres au Q2 2022

	<b>SCR de taux</b>	<b>SCR de Marché</b>	<b>SCR</b>	<b>Ratio S2</b>
<b>Q2 2022</b>	<b>675</b>	<b>9 908</b>	<b>11 221</b>	<b>242%</b>
<b>Révision avec transition</b>	<b>1 212</b>	<b>9 517</b>	<b>10 808</b>	<b>283%</b>

FIGURE 6.23 – Impact de la révision sur le SCR et le ratio de solvabilité au Q2 2022

On note une hausse très importante des fonds propres aux Q2 2022, cela s'explique par deux effets :

- La hausse de la VIF +22% du fait du niveau de taux plus important et donc de la hausse des revenus du portefeuille. Au Q4 2021, nous avons une hausse de 18% ;
- La baisse de la marge pour risque, comme pour le Q4 la baisse du coût du capital permet de réduire considérablement (-62%) la marge pour risque.

Pour le SCR, on note une augmentation importante du SCR de marché comme au Q4 2021, mais une baisse des besoins pour les autres risques. En conséquence, en période de transition, la révision présente, malgré le contexte de forte hausse des taux observés, un impact positif sur le ratio de solvabilité de PREDICA.

La hausse des taux ne remet pas en cause la réforme.

# Conclusion

Dans le cadre de la révision de la norme Solvabilité 2, l'EIOPA et la Commission Européenne ont fait plusieurs propositions de changements méthodologiques. Nous avons mesuré l'impact des changements affectant le calcul des exigences quantitatives qui permet l'estimation du capital de solvabilité requis (SCR) et du ratio de solvabilité, à savoir la construction de la courbe de taux sans risque, le calcul de l'ajustement pour volatilité, le calcul de la marge de risque et le calcul du SCR de taux.

Tout d'abord, nous avons étudié les nouvelles approches proposées pour l'extrapolation de la courbe de taux sans risque. En effet, pour améliorer la *Market Consistency* de cette dernière, il a été proposé initialement un décalage du LLP vers 30 ans ou 50 ans. Nous avons vu que cela abaisse la courbe des taux construite et crée de la volatilité sur les résultats. On note une forte baisse du ratio de solvabilité ( $-19,91\%$ ) pour un décalage à 30 ans.

Une méthode alternative a été proposée pour prendre en compte plus de données de marché et en étant moins sensibles à la variation des taux pour les maturités longues, ce qui permet d'obtenir une courbe de taux proche de la courbe actuelle. On note ainsi un impact faible sur les provisions techniques et sur le ratio de solvabilité. Cette nouvelle méthode introduit aussi un facteur de convergence  $\alpha$  de la courbe des taux vers l'UFR. Ce facteur étant exogène, il pourra être utilisé comme paramètre d'ajustement de la courbe des taux sans risque par l'EIOPA, à l'instar de l'UFR.

À la courbe des taux sans risque, peut se rajouter un ajustement pour volatilité qui vise à limiter les comportements procycliques. Plusieurs lacunes ont été identifiées dans la méthodologie de calcul actuelle. L'EIOPA propose dans sa nouvelle méthode d'introduire des paramètres propres à l'assureur qui permettent de mesurer l'illiquidité du passif et le gap de duration entre le passif et l'actif. Les différentes propositions donnent un ajustement pour volatilité plus importante, augmentant ainsi le niveau de la courbe de taux sans risque. Cela induit une baisse des provisions techniques et du capital de solvabilité requis.

Ensuite, nous avons analysé les propositions de révision des formules de calcul du SCR. En particulier, une nouvelle méthodologie de chocs de la courbe des taux sans risque est proposée avec la possibilité d'appliquer un choc de taux à la baisse à des taux négatifs. Cela a un impact très important sur le SCR de taux. Il a donc été proposé une phase transitoire pour atténuer l'effet de ce changement. Enfin, la marge de risque a été ajustée pour tenir compte de la volatilité pour les affaires à long terme, réduisant considérablement la valeur de celle-ci. L'application combinée

de ces propositions, et en particulier celle sur les taux, pourrait dégrader la solvabilité des assureurs. La sensibilité très forte des assureurs à la variation des taux d'intérêts implique de trouver des mesures afin de réduire l'impact de ces changements.

Ce mémoire a été l'occasion de parcourir la construction des exigences quantitatives du pilier 1 de la norme solvabilité 2, nous nous sommes intéressés en particulier à l'un des éléments essentiels de la norme, *la courbe des taux sans risque*, qui permet l'évaluation des engagements. Comprendre sa construction et les hypothèses sous-jacentes est primordiale. Un autre aspect a été l'étude de la calibration des risques de marché de la formule standard. En Épargne retraite, c'est l'un des risques les plus importants. La proposition de réforme permet de corriger les lacunes de la norme, nous avons toutefois noté plusieurs points d'attention : le choix du paramètre de convergence pour la méthode d'extrapolation, la charge opérationnelle supplémentaire avec le nouveau calcul du VA et l'absence d'ajustement du risque de spread.

Nous proposons une méthode de calcul du VA alternative, utilisant les spécificités du portefeuille de l'assureur. Cette méthode demande une charge opérationnelle moins importante que la méthode alternative et résout les failles de la méthode actuelle. Nous avons aussi noté que le besoin en capital pour le choc de spreads était surestimé, l'introduction d'un VA dynamique est une solution à ce problème.

La proposition de réforme est globalement neutre, voire positive, durant la phase transitoire, en régime de croisière, un impact important est attendu sur le risque de taux. Les cinq années de transition devraient permettre aux assureurs d'adapter leurs stratégies de gestion actif-passif pour mieux se couvrir face aux risques de taux.

Dans cette revue, plusieurs autres propositions ont été faites, dont une proposition d'assouplissement des conditions d'éligibilités aux LTEI.

En septembre 2021[6], la Commission Européenne a présenté sa proposition législative de révision de Solvabilité 2, s'appuyant sur les travaux de l'EIOPA. Et, en juin 2022, plusieurs amendements par le parlement européen[7] ont été proposés pour ajuster les propositions de la commission, notamment sur la vitesse de convergence et sur le calcul de la marge de risque. La proposition est examinée par Conseil et au parlement européen, leur mise en œuvre n'est pas prévue avant 2025-2026.

Enfin, ces travaux présentent un point d'appui pour PREDICA lors de la mise en place de la norme. Par exemple, les impacts montrent la nécessité d'adapter la stratégie de gestion actif-passif, en particulier pour se prémunir contre le risque de taux. De plus, cette révision nécessite la mise en place de nouveaux outils, qui ont été implémentés et validés.

# Table des figures

1.1	Modules de Solvabilité 2 . . . . .	11
1.2	Matrice de corrélation des modules de risque de Solvabilité II . . . . .	13
1.3	Chocs appliqués par type d'action . . . . .	14
1.4	Calendrier de la révision de Solvabilité II . . . . .	17
2.1	LLP des devises de l'EEE . . . . .	21
2.2	Facteur de convergence B pour différent $\alpha$ . . . . .	28
2.3	Courbes des taux sans risque au 31/12/2021 avec les méthodes alternatives . . . . .	29
2.4	Courbes des taux sans risque pour différents LLP au 31/12/2021 . . . . .	30
2.5	Courbes des taux sans risque construites selon la méthode d'extrapolation alternative au 31/12/2021 pour différents facteurs de convergence . . . . .	31
2.6	Convergence des taux forward extrapolés vers l'UFR en fonction de différentes valeurs de $\alpha$ . . . . .	32
2.7	Courbes des taux sans risques pour différentes valeurs de $\alpha$ . . . . .	32
2.8	Méthode alternative avec et sans va . . . . .	33
2.9	Évolution du <i>Volatility Adjustment</i> appliqué aux courbes des taux sans risque au 31/12/2021 construites par la méthode de Smith-Wilson et la méthode alternative . . . . .	34
2.10	Courbes des taux sans risque pour les différentes options au Q4 2021 . . . . .	34
2.11	Écoulement du stock obligataire au Q4 2021 . . . . .	36
3.1	Courbes des taux avec et sans VA au 31/12/2021 . . . . .	42
3.2	Ajustement pour volatilité au 31/12/2021 . . . . .	42
3.3	Codes CIC des actifs utilisés pour le calcul du facteur d'application . . . . .	47
3.4	Critères d'application du facteur d'illiquidité . . . . .	49
3.5	Courbes des taux avec VA Actuel et avec le VA proposé par l'EIOPA . . . . .	51
3.6	Courbes des taux avec VA Actuel et avec le VA proposé par la commission . . . . .	51
3.7	Composition du portefeuille d'obligations d'états de référence utilisé pour le calcul du VA et le portefeuille de PREDICA . . . . .	52
3.8	Durations du portefeuille d'obligations d'états de référence utilisé pour le calcul du VA et le portefeuille de PREDICA . . . . .	53
3.9	Composition du portefeuille d'obligations corporates de référence utilisé pour le calcul du VA et le portefeuille de PREDICA . . . . .	53
3.10	Durations du portefeuille d'obligations corporates de référence utilisé pour le calcul du VA et le portefeuille de PREDICA . . . . .	54

4.1	Courbes des taux sans risque au 31/12/2021 pour les scénarios central et choc à hausse selon le choc actuel et les chocs proposés par l'EIOPA et la Commission Européenne . . . . .	60
4.2	Courbes des taux sans risque au 31/12/2021 pour les scénarios central et choc à baisse selon le choc actuel et les chocs proposés par l'EIOPA, la Commission Européenne et France Assureurs . . . . .	61
4.3	Évolution du Dampener action depuis 2018 . . . . .	62
4.4	Corrélation entre le MSCI World et le 10 ans britannique . . . . .	63
4.5	Corrélation entre le MSCI World et le taux swap 10 ans – Méthode 2020 EIOPA . . . . .	65
4.6	Réplication de la corrélation entre le MSCI World et le taux swap 10 ans . . . . .	65
4.7	Variations d'année en année pour le MSCI World et le taux swap 10 ans pour différents historiques . . . . .	66
4.8	Corrélations entre le MSCI World et le taux swap 10 ans pour différents historiques . . . . .	67
4.9	Variations d'année en année pour différents indices entre le 1er janvier 2001 et le 31 décembre 2019 . . . . .	67
4.10	Corrélations pour différents indices . . . . .	68
4.11	Le portefeuille de l'ajustement symétrique . . . . .	68
4.12	Performance du portefeuille de l'ajustement symétrique entre 2008 et 2021 . . . . .	68
4.13	Variations d'année en année pour le panier moyen basé sur l'ajustement symétrique et le taux swap 10 ans entre le 1er janvier 2001 et le 31 décembre 2019 . . . . .	69
4.14	Corrélations entre le panier moyen basé sur l'ajustement symétrique et le taux swap 10 ans . . . . .	69
4.15	Paramètres du choc de spreads pour les obligations d'entreprises . . . . .	74
4.16	Paramètres du choc de spreads ajustés avec GAR à 65% pour les obligations d'entreprises . . . . .	75
4.17	Paramètres du choc de spreads ajustés avec GAR à 85% pour les obligations d'entreprises . . . . .	75
4.18	Impact de l'utilisation de l'ajustement pour volatilité dynamique sur le ratio de solvabilité . . . . .	75
5.1	Principe du modèle Actif/Passif . . . . .	80
5.2	Allocation des actifs au 31/12/2021 en proportion de valeur de marché . . . . .	85
5.3	Répartition des notations des obligations par valeur de marché . . . . .	85
5.4	Structure du portefeuille de PREDICA . . . . .	85
5.5	Solvabilité au 31/12/2021 . . . . .	87
6.1	Décomposition de la VIF sur le support EURO . . . . .	89
6.2	Courbes des taux extrapolées au 31/12/2021 . . . . .	90
6.3	Sensibilité du <i>Best Estimate</i> , du <i>SCR</i> et des <i>Fonds propres</i> à la nouvelle méthodologie d'extrapolation de la courbe des taux . . . . .	90
6.4	Impact sur la VIF Euro . . . . .	91

6.5	Courbes des taux choquées au 31/12/2021 par la méthode actuelle et la méthode proposée par l'EIOPA. . . . .	92
6.6	Courbes des taux choquées au 31/12/2021 par la méthode actuelle et la méthode proposée par la commission. . . . .	93
6.7	Courbes des taux choquées au 31/12/2021 par la méthode actuelle et la méthode proposée par l'institut des actuaires et France assureurs. . . . .	93
6.8	Sensibilité du SCR et du ratio S2 aux méthodes de choc de taux proposées sans transition . . . . .	94
6.9	Sensibilité du SCR et du ratio S2 aux méthodes de choc de taux proposées avec transition. . . . .	94
6.10	Répartition du BE par catégorie . . . . .	95
6.11	Comparaison des courbes des taux obtenues avec les différents VA au 31/12/2021. . . . .	96
6.12	Sensibilité du SCR et du ratio S2 aux modifications du calcul de l'ajustement de la volatilité. . . . .	97
6.13	Impact sur la VIF Euro . . . . .	97
6.14	Impact des différentes méthodologies de révision du calcul de la marge de risque. . . . .	98
6.15	Courbes des taux pour les 3 scénarios selon la méthodologie de la Commission Européenne . . . . .	99
6.16	Impact de la révision sur les Fonds propres . . . . .	100
6.17	Impact de la révision sur le SCR . . . . .	101
6.18	Courbes des taux swaps au Q3 2021, Q4 2021, Q1 2022 et au Q2 2022 . . . . .	102
6.19	Courbes des taux choquées à la baisse au Q2 2022 . . . . .	103
6.20	Courbes des taux choquées à la hausse au Q2 2022 . . . . .	103
6.21	Calcul du Volatility Adjustment au 30/06/2022 selon les différentes méthodologies . . . . .	104
6.22	Impact de la révision sur les fonds propres au Q2 2022 . . . . .	105
6.23	Impact de la révision sur le SCR et le ratio de solvabilité au Q2 2022 . . . . .	105
6.24	Solvabilité au 31/12/2021 . . . . .	114
6.25	Répartition du SCR de marché . . . . .	115
6.26	Répartition du SCR de souscription . . . . .	115
6.27	Impacts des méthodes d'extrapolation alternative . . . . .	116
6.28	Impacts de la révision de l'ajustement pour volatilité . . . . .	116
6.29	Impacts de la révision du choc de taux avec mesures transitoires . . . . .	117
6.30	Impacts de la révision du choc de taux sans mesures transitoires . . . . .	117
6.31	Impacts des différentes propositions de révision de la marge de risque . . . . .	118
6.32	Impacts de la révision du coefficient de corrélation entre les risques de spreads et baisse de taux . . . . .	118
6.33	Impacts de la révision au 31/12/2021 . . . . .	119
6.34	Impacts de la révision au 30/06/2022 . . . . .	119
6.35	Coefficients de choc dans la nouvelle méthodologie . . . . .	120

# Bibliographie

- [1] **Euro short-term rate.**  
[https://www.ecb.europa.eu/stats/financial\\_markets\\_and\\_interest\\_rates/euro\\_short-term\\_rate/html/index.en.html](https://www.ecb.europa.eu/stats/financial_markets_and_interest_rates/euro_short-term_rate/html/index.en.html).
- [2] **ACPR.** La revue en cours de solvabilité ii, 2022.  
[https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/medias/documents/20220329\\_revue\\_acpr\\_revue\\_s2.pdf](https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/medias/documents/20220329_revue_acpr_revue_s2.pdf).
- [3] **ALEXANDRE EXTRAT.** Mémoire d'actuariat : Étude de la sensibilité d'un best estimate retraite au paramétrage du llp et de la période de convergence de la courbe de taux sans risque sous solvabilité ii, 2020.  
<https://www.institutdesactuaire.com/docs/mem/1986531ee935dc45d3683ac47b094a6a.pdf>.
- [4] **Commission Européenne.** Directive 2009/138/ce du parlement européen et du conseil, 2009.  
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0138&from=sv>.
- [5] **Commission Européenne.** Règlement d'ÉguÉ (ue) 2015/35 de la commission, 2014.  
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R0035&from=FR>.
- [6] **Commission Européenne.** Proposal for a directive of the european parliament and of the council amending directive 2009/138/ec as regards proportionality, quality of supervision, reporting, long-term guarantee measures, macro-prudential tools, sustainability risks, group and cross-border supervision, 2021.  
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021PC0581>.
- [7] **Commission Européenne.** Draft report on the proposal for a directive of the european parliament and of the council amending directive 2009/138/ec as regards proportionality, quality of supervision, reporting, long-term guarantee measures, macro-prudential tools, sustainability risks, group and cross-border supervision, 2022.  
[https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/ECON-PR-732668\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/ECON-PR-732668_EN.pdf).



- [8] **EIOPA**. Solvency ii - calibration paper, 2010.  
<https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/publications/submissions/ceiops-calibration-paper-solvency-ii.pdf>.
- [9] **EIOPA-BoS-19/465**. Consultation paper on the opinion on the 2020 review of solvency ii, 2019.  
[https://www.eiopa.europa.eu/document-library/consultation/consultation-paper-opinion-2020-review-of-solvency-ii\\_en](https://www.eiopa.europa.eu/document-library/consultation/consultation-paper-opinion-2020-review-of-solvency-ii_en).
- [10] **EIOPA-BoS-20/090**. Risk-free interest rate term structures - report on the calculation of the ufr for 2021, 2020.  
[https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/risk\\_free\\_interest\\_rate/eiopa-bos-20-090-report-on-the-calculation-of-ufr-2021.pdf](https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/risk_free_interest_rate/eiopa-bos-20-090-report-on-the-calculation-of-ufr-2021.pdf).
- [11] **EIOPA-BoS-20/749**. Opinion on the 2020 review of solvency ii, 2020.  
[https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/solvency\\_ii/eiopa-bos-20-749-opinion-2020-review-solvency-ii.pdf](https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/solvency_ii/eiopa-bos-20-749-opinion-2020-review-solvency-ii.pdf).
- [12] **EIOPA-BoS-20/750**. Background document on the opinion on the 2020 review of solvency ii-analysis, 2020.  
[https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/solvency\\_ii/eiopa-bos-20-750-background-analysis.pdf](https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/solvency_ii/eiopa-bos-20-750-background-analysis.pdf).
- [13] **EIOPA-BoS-21/317**. Technical documentation of the methodology to derive eiopa's risk-free interest rate term structures, 2021.  
[https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/risk\\_free\\_interest\\_rate/eiopa-bos-21-317-technical-documentation.pdf](https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/risk_free_interest_rate/eiopa-bos-21-317-technical-documentation.pdf).
- [14] **Euribor rates**. Qu'est-ce que euribor ?  
<https://www.euribor-rates.eu/fr/que-est-ce-que-euribor/>.
- [15] **FINANSTILSYNET - The Financial Supervisory Authority of Norway**. A technical note on the smith-wilson method, 2010.  
[http://www.ressources-actuarielles.net/EXT/ISFA/fp-isfa.nsf/2b0481298458b3d1c1256f8a0024c478/bd689cce9bb2aeb5c1257998001ede2b/\protect\T1\textdollarFILE/A\\_Technical\\_Note\\_on\\_the\\_Smith-Wilson\\_Method\\_100701.pdf](http://www.ressources-actuarielles.net/EXT/ISFA/fp-isfa.nsf/2b0481298458b3d1c1256f8a0024c478/bd689cce9bb2aeb5c1257998001ede2b/\protect\T1\textdollarFILE/A_Technical_Note_on_the_Smith-Wilson_Method_100701.pdf).
- [16] **Insurance Europe**. Views on eiopa's opinion on the 2020 review, 2020.  
<https://www.insuranceeurope.eu/publications/1638/views-on-eiopa-039-s-opinion-on-the-2020-review/download>.
- [17] **Otoul, Benoît**. Quels sont les impacts du passage de solvabilité 1 à solvabilité 2 sur les contrats à annuités ?.louvain school of management, université catholique de louvain, 2019. prom. : Henrard, luc, 2019.  
<http://hdl.handle.net/2078.1/thesis:21026>.

- [18] **SFCR PREDICA.** Solvency and financial condition report 2021 - predica, 2021.  
[https://www.ca-assurances.com/previewPDF/26605/PREDICA%20-%20SFCR\\_2021.pdf](https://www.ca-assurances.com/previewPDF/26605/PREDICA%20-%20SFCR_2021.pdf).

# Annexes

## Annexes A : Situation de solvabilité initiale

Au 31/12/2021, le SCR s'élève à 11 149 Millions d'euros, le BSCR s'établit à 12 230 Millions d'euros. Le risque de marché représente 90% du BSCR. L'ajustement pour impôt et le bénéfice de diversification permettent de réduire le montant de SCR global.

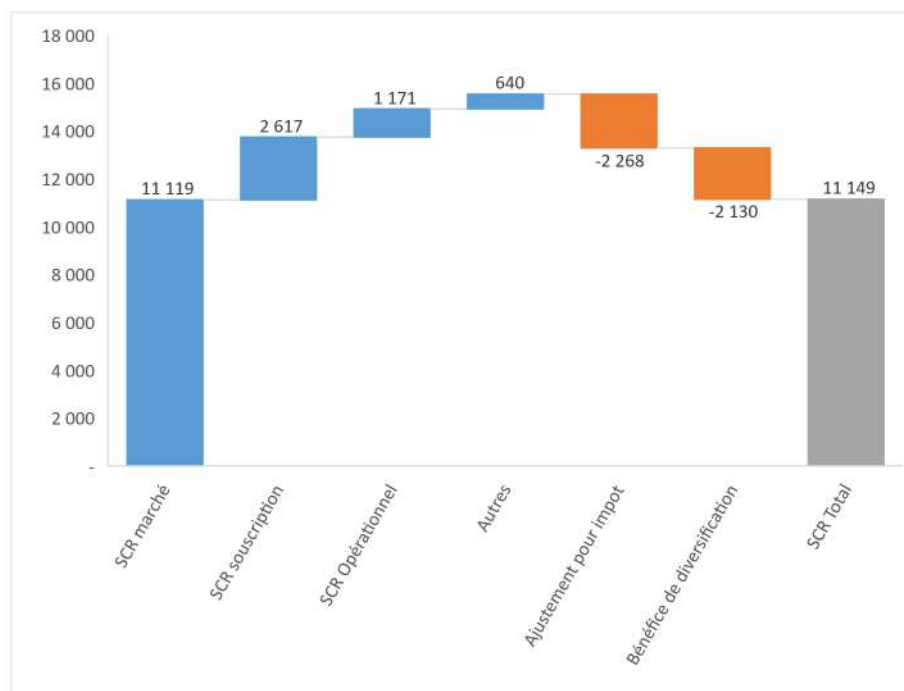


FIGURE 6.24 – Solvabilité au 31/12/2021

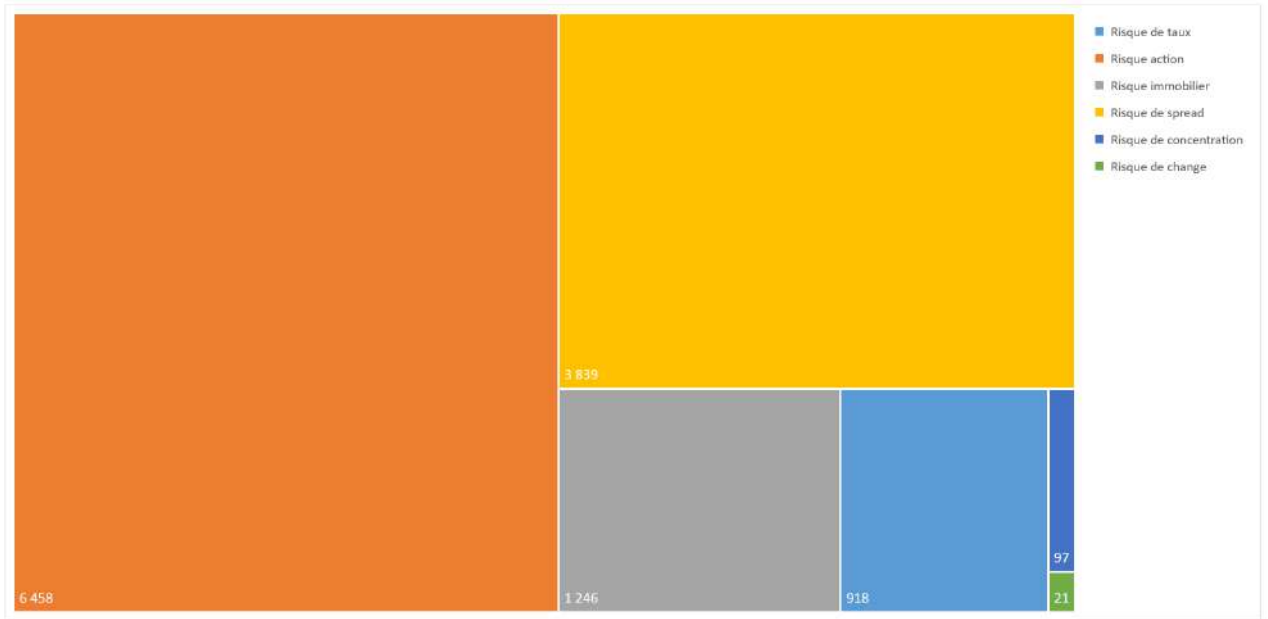


FIGURE 6.25 – Répartition du SCR de marché

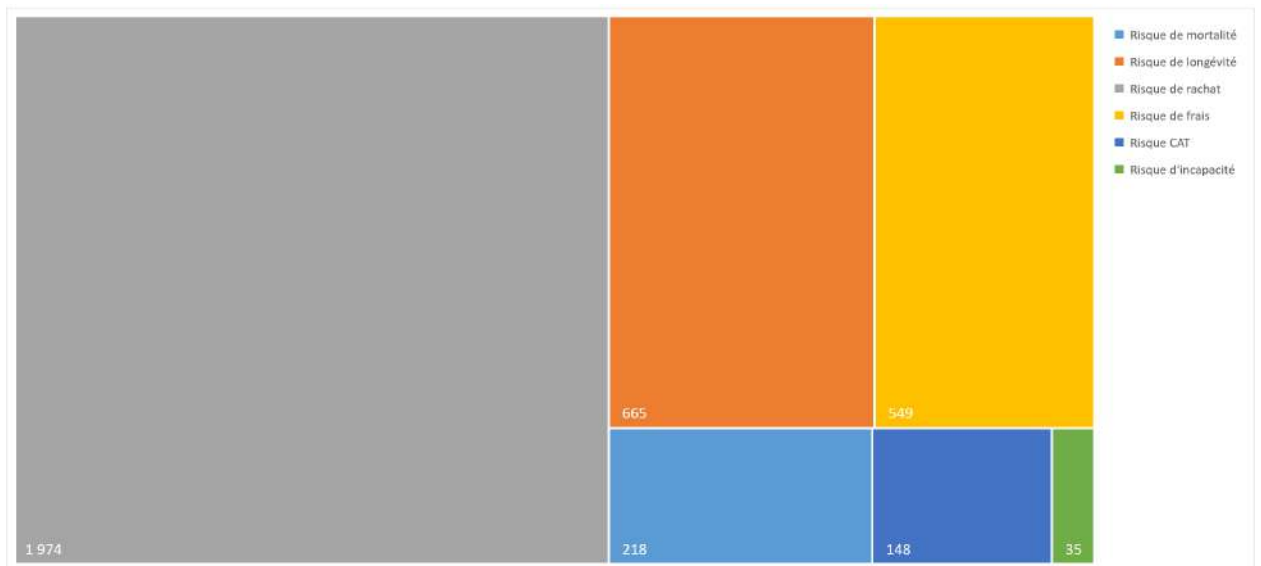


FIGURE 6.26 – Répartition du SCR de souscription

## Annexes B : Impacts des différentes propositions

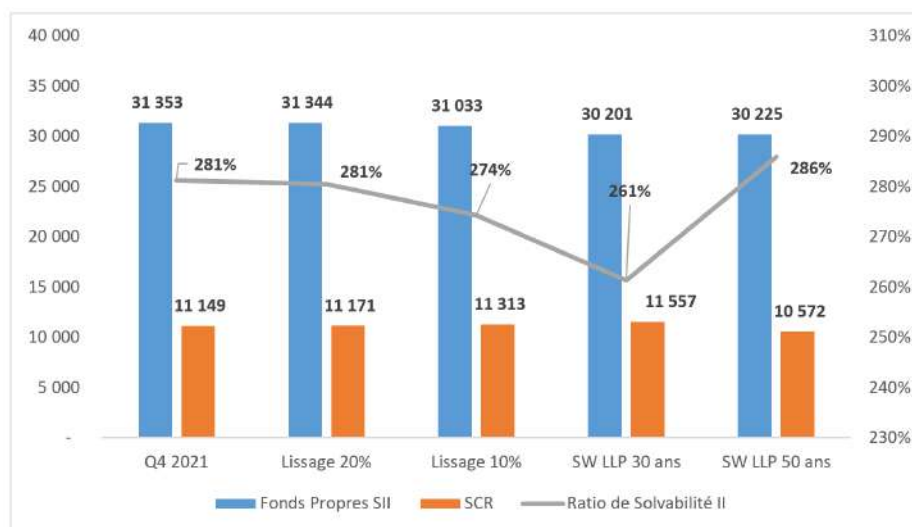


FIGURE 6.27 – Impacts des méthodes d'extrapolation alternative

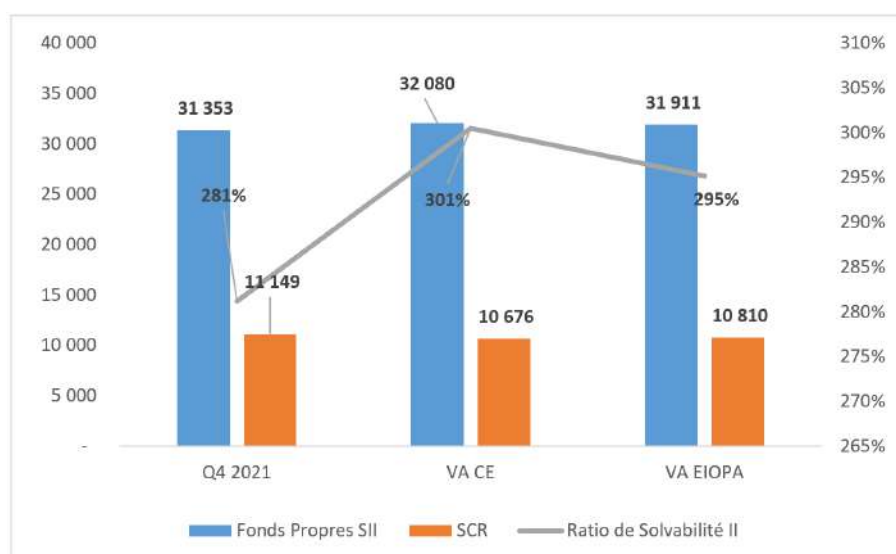


FIGURE 6.28 – Impacts de la révision de l'ajustement pour volatilité

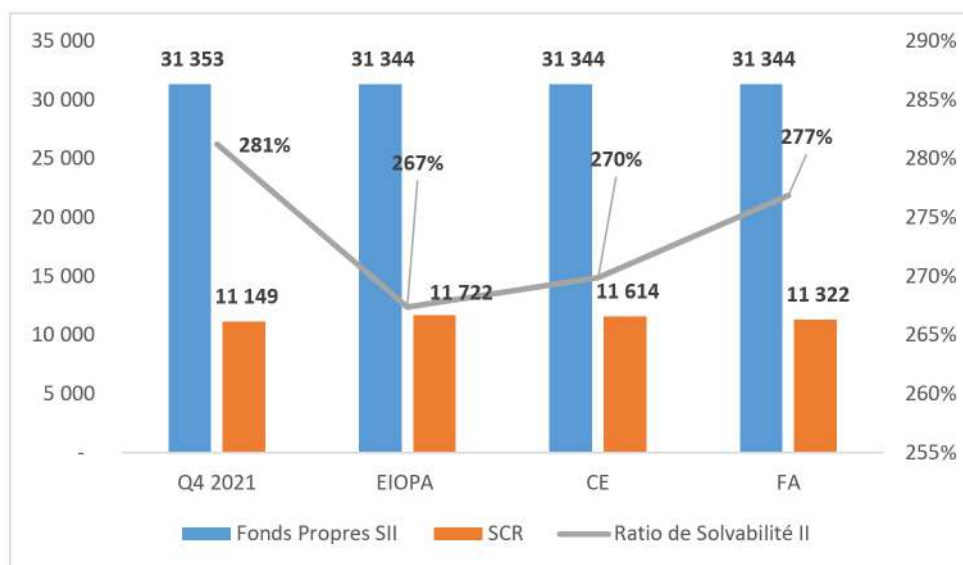


FIGURE 6.29 – Impacts de la révision du choc de taux avec mesures transitoires

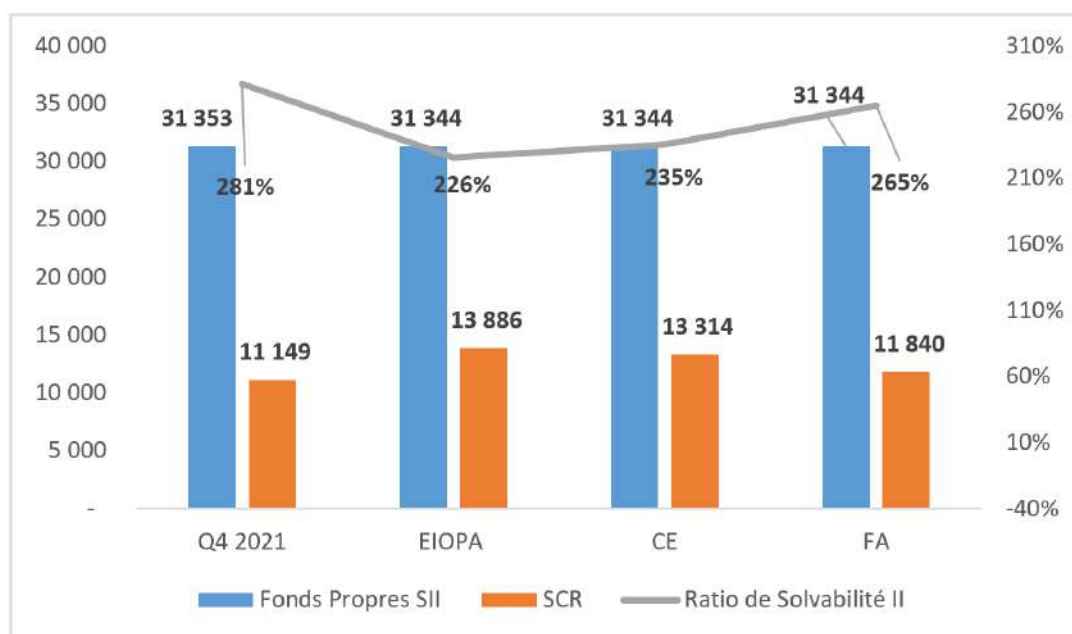


FIGURE 6.30 – Impacts de la révision du choc de taux sans mesures transitoires

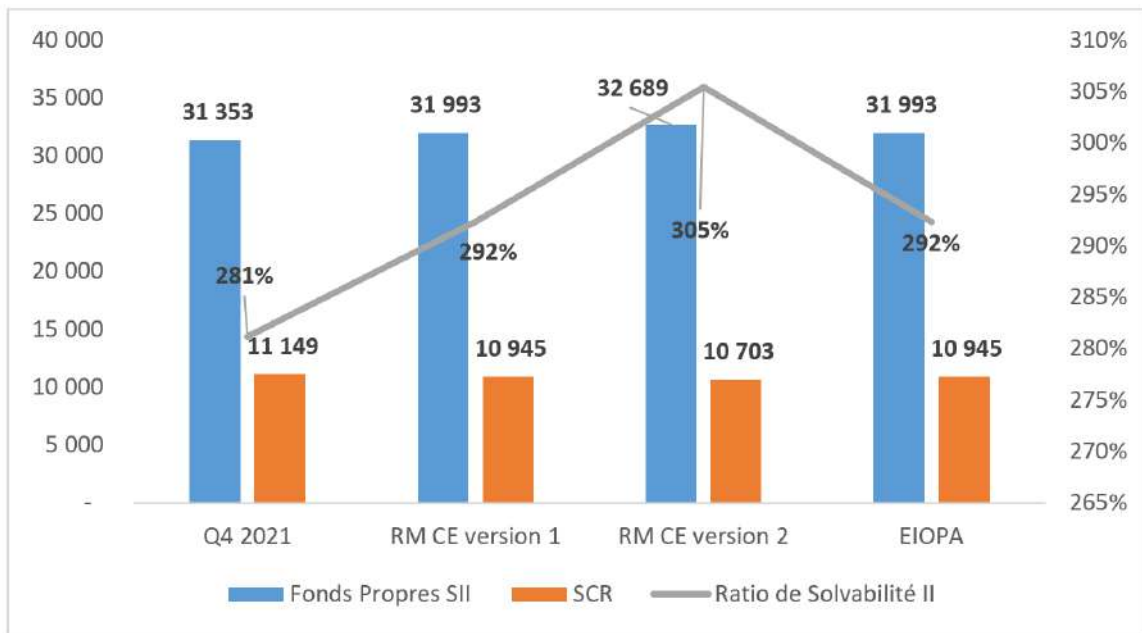


FIGURE 6.31 – Impacts des différentes propositions de révision de la marge de risque

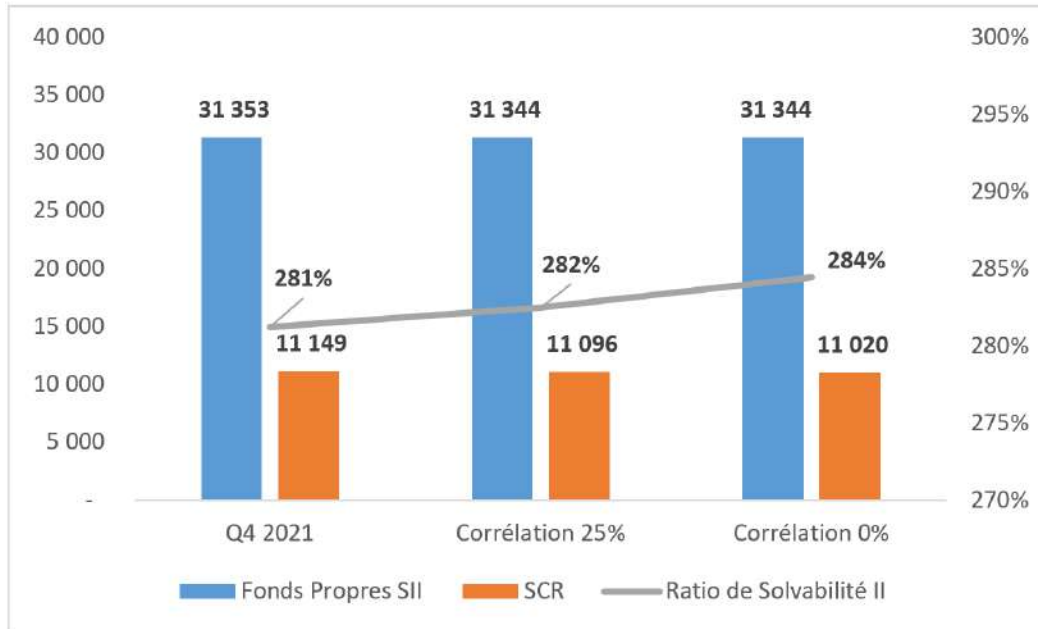


FIGURE 6.32 – Impacts de la révision du coefficient de corrélation entre les risques de spreads et baisse de taux

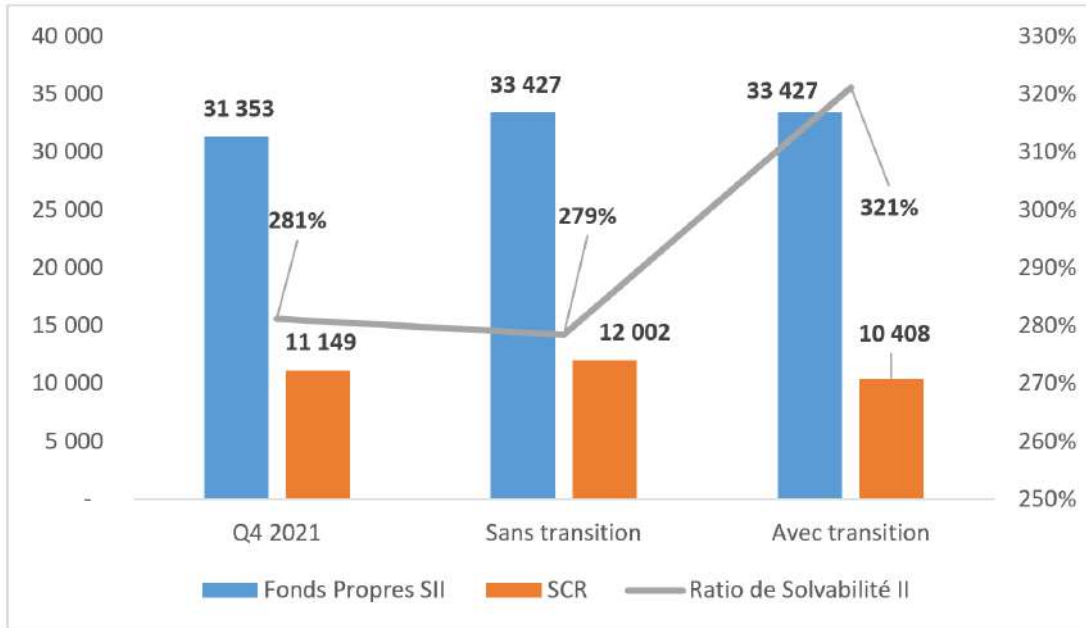


FIGURE 6.33 – Impacts de la révision au 31/12/2021

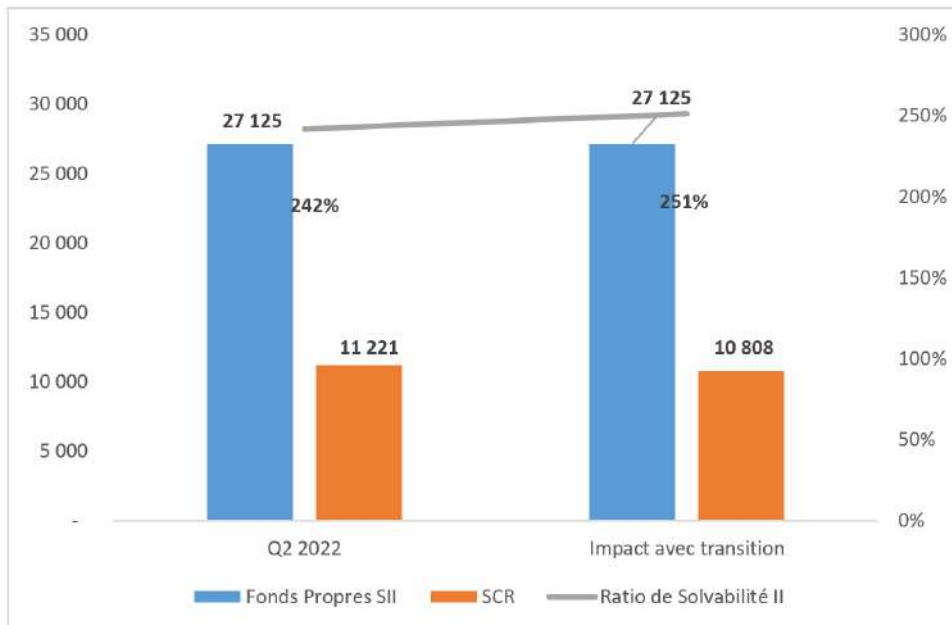


FIGURE 6.34 – Impacts de la révision au 30/06/2022



## Annexes C :

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

FIGURE 6.35 – Coefficients de choc dans la nouvelle méthodologie