

Mémoire présenté le :

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

Par : Biaga Tchouyo Stéphane

Titre Modification de l'ajustement de la volatilité (VA) et impact sur la
Solvabilité

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

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

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

signature

Entreprise :

Nom : MALAKOFF HUMANIS

Signature :

Directeur de mémoire en entreprise :

Nom : PIERRE CART

Signature : 

Invité :

Nom :

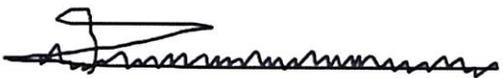
Signature :

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

Signature du responsable entreprise



Signature du candidat



Mémoire d'Actuaire :
Modification de l'ajustement de la volatilité
et impact sur la solvabilité

Apprenti : Stéphane Biaga Tchouyo
Maitre d'apprentissage : Pierre Cart
Tuteur académique : Pierre Ribereau

21 Mars 2022

Résumé

L'EIOPA fournit mensuellement la courbe des taux sans risque aux assureurs dans le cadre de Solvabilité 2. Cette courbe des taux est utilisée pour actualiser les flux de trésorerie futurs des engagements des assureurs pour le calcul du Best Estimate. A cette courbe des taux est ajouté l'ajustement de la volatilité (VA). Le VA a pour but de compenser la baisse de la valeur des obligations détenues par les assureurs causée par une exagération des spreads des obligations sur le marché. Le VA est calculé mensuellement en même temps que la courbe des taux sans risque par l'EIOPA. L'EIOPA calcul le VA en utilisant un portefeuille de référence au niveau Européen. Ce portefeuille est constitué à partir des différents reporting des assureurs au niveau Européen. Dans le cadre de la revue de Solvabilité 2, l'EIOPA a identifié 2 lacunes techniques et 7 lacunes de conception au VA actuel. Face à ces lacunes, l'EIOPA a proposé 8 options d'amélioration de la conception du VA. Chacune de ces options permet de répondre au plus à 2 lacunes. L'EIOPA a donc proposé deux approches de calcul du VA qui combinent les différentes options. La première approche dépend du portefeuille de référence et du portefeuille de chaque assureur. Alors que la deuxième approche est spécifique au portefeuille de chaque assureur. L'objet de ce mémoire est de calculer le VA spécifique à deux entités et de mesurer son impact sur la Solvabilité de ces entités. Ce VA prend en compte le poids des investissements de ces entités; l'adéquation entre l'actif et le passif et enfin l'illiquidité du passif de ces deux entités. Les calculs ont été effectués au 31/12/2020. Nous avons utilisé deux approches pour mesurer l'illiquidité des engagements des entités. Pour une entité nous obtenons deux VA inférieurs au VA de l'EIOPA au 31/12/2020 qui était de 7 bps. Pour la deuxième entité nous avons obtenu un VA sensiblement égal au VA de l'EIOPA suivant la première approche utilisée pour mesurer l'illiquidité du passif et un VA supérieur au VA de l'EIOPA suivant la deuxième approche. Pour la première entité, le VA spécifique au portefeuille, étant inférieur au VA de l'EIOPA entraîne une baisse des fonds propres et du ratio de solvabilité par rapport au VA de l'EIOPA. Pour la deuxième entité, vu qu'on a un VA supérieur au VA de l'EIOPA, ce VA entraîne une hausse des fonds propres et du ratio de solvabilité..

Abstract

The EIOPA provides insurers with the risk-free yield curve monthly as part of Solvency 2. This yield curve is used to discount the future cash flows of insurers's liabilities for the calculation of the Best Estimate. To this yield curve is added the volatility adjustment (VA). The purpose of the VA is to compensate the decrease in value of the bonds held by the insurers and caused by an exaggeration of the bond spreads on the market. The VA is calculated monthly along with the risk-free yield curve by the EIOPA. The EIOPA calculates the VA using a reference portfolio at European level. This portfolio is constituted from the various insurers's reports at European level. In the context of the Solvency 2 review, the EIOPA has identified 2 technical and 7 design gaps in the current VA. In response to these deficiencies, the EIOPA has proposed 8 options for improving the design of the VA. Each of these options addresses at most 2 deficiencies. The EIOPA has therefore proposed two approaches to calculating the VA that combine the different options. The first approach depends on the reference portfolio and the portfolio of each insurer. While the second approach is specific to each insurer's portfolio. The purpose of this paper is to calculate the VA specific to two entities and to measure its impact on the Solvency of these entities. This VA considers the weight of the investments of each entity ; the adequacy between the assets and the liabilities and finally the illiquidity of the liabilities of these two entities. The calculations were performed as of 12/31/2020. We used two approaches to measure the illiquidity of the entities³⁹ ; liabilities. For one entity we obtain two VAs lower than the EIOPA VA at 12/31/2020 which was 7 bps. For the second entity we obtained a VA approximately equal to the EIOPA VA following the first approach used to measure the illiquidity of the liabilities and a VA higher than the EIOPA VA following the second approach. For the first entity, the portfolio-specific VA, being lower than the EIOPA VA, leads to a decrease in equity and solvency ratio compared to the EIOPA VA. For the second entity, since the VA is higher than the EIOPA VA, this VA leads to an increase in equity and solvency ratio.

Remerciements

Je tiens à remercier mon maître en entreprise Pierre Cart, pour son soutien et son aide précieuse tout au long de mon alternance et pour ses précieux conseils pour la réalisation de ce mémoire.

Je remercie également le manager Papa Maguette Guèye pour ses conseils et orientations. Je profite de l'occasion pour remercier également mes professeurs de l'ISFA Pierre Ribereau et Frédéric Planchet pour leurs conseils. Enfin, je remercie l'équipe MDS de Malakoff Humanis de m'avoir accueilli.

Table des matières

1	La courbe des taux sans risque	7
1.1	Contexte	7
1.2	Construction de la courbe des taux sans risque	8
1.2.1	Les taux swap	8
1.2.2	Interpolation et extrapolation de la courbe des taux sans risque	8
1.2.3	Description de la méthode de Smith-Wilson	9
2	L'ajustement de la volatilité actuel	11
2.1	Les objectifs de l'ajustement de la volatilité	11
2.2	Calcul de l'ajustement de la volatilité actuel	12
2.2.1	Le VA dans une devise	12
2.2.2	Le VA spécifique au pays	14
2.2.3	Formule de le VA actuel	14
2.2.4	L'ajustement de la volatilité au 31/12/2020	14
2.3	Condition d'utilisation de l'ajustement de la volatilité	16
2.4	Comparaison d'un bilan comptable avec et sans VA	16
2.4.1	Calcul des éléments du bilan	16
2.5	Les manquements du VA actuel	18
2.5.1	Les lacunes techniques du VA actuel	18
2.5.2	Mauvaise compensation de l'exagération du spread	20
2.5.3	Non prise en compte de l'illiquidité du passif	21
2.5.4	L'effet de falaise	22
2.5.5	Mauvaise estimation de la correction du risque RC	22
2.5.6	Effet du VA presque toujours positif	22
2.5.7	Hypothèses d'application du VA pas claires	23
2.5.8	Le taux sans risque avec le VA n'est pas Market Consistent	23
3	Les options d'amélioration de l'Ajustement de la Volatilité	24
3.1	Option 1 : VA Spécifique à l'entreprise	24
3.1.1	La correction du risque	25
3.1.2	Formule de la VA option 1	25
3.2	Option 2 : l'approche par «middle bucket»	27
3.3	Option 3 : Approche axée sur les actifs	27
3.4	Option 4 : Ajustement comptable des actifs à revenus fixes et la non-concordance des durations actifs-passifs	28
3.5	Option 5 : Ajustement prenant en compte l'illiquidité du passif	31
3.5.1	Approche A : Part des engagements spécifiques à l'entreprise sur la base des flux stressés	31
3.5.2	Approche B : Répartition des passifs selon des critères spécifiques	33
3.6	Option 6 : Calcul de la correction du risque	34
3.7	Option 7 : Modification du déclenchement de la VA pays	35
3.8	Option 8 distinction du VA permanente et du VA crise	35
3.9	Combinaisons des options de calcul	36
3.9.1	Approche 1 : combinaison des approches 4, 5, 6 et 8	37
3.9.2	Approche 2 : Combinaison des options 1, 4 et 5	38

4	Application	40
4.1	Présentation des portefeuilles d'actifs	40
4.2	Valorisation d'actif	44
4.3	Valorisation du passif	48
4.3.1	Le Best estimate	48
4.3.2	La composition des portefeuilles de passif	50
4.3.3	Calcul de l'illiquidité du passif	51
4.4	Synthèse	56
5	Impacts sur la Solvabilité	59
5.1	Solvabilité 1 vers Solvabilité 2	59
5.2	Solvabilité 2	59
5.2.1	Pilier I	60
5.2.2	Pilier II	63
5.2.3	Pilier III	63
5.3	Calcul du SCR en formule Standard	64
5.3.1	Module de risque de marché	65
5.3.2	Le risque de défaut	68
5.3.3	Module de risques souscription vie	69
5.3.4	Module de risque souscription non-vie	70
5.3.5	Module de risques souscription santé	71
5.4	Risque opérationnel	72
5.5	Résultat	72
6	Bibliographie	79

Introduction

Dans le cadre de leurs activités, les compagnies d'assurance sont amenées à calculer les provisions techniques. Pour ce faire un calcul du Best Estimate du passif est réalisé. Le Best Estimate est la somme actualisée des flux de trésorerie. L'actualisation des flux est faite avec la courbe des taux sans risque. A cette courbe de taux est parfois ajouté une prime d'illiquidité nommée l'ajustement de la volatilité (VA). Cet VA est publié chaque mois en même temps que la courbe des taux sans risque par l'EIOPA (European Insurance and Occupational Pensions Authority). L'EIOPA utilise un portefeuille de référence au niveau européen pour faire le calcul du VA. Dans le cadre de la revue de Solvabilité 2, l'EIOPA a relevé quelques manquements au calcul actuel du VA. Parmi ces manquements il y a le fait que cet ajustement de la volatilité est uniforme à toutes les compagnies d'assurance indépendamment de leurs portefeuilles d'actif et passif. Face à ces manquements l'EIOPA a donc proposé 8 options de calcul de l'ajustement de la volatilité permettant de répondre aux manquements du VA actuel. De ces options d'amélioration, deux approches de calcul du VA combinant ces options ressortent.

L'objet de ce mémoire est donc d'évaluer l'ajustement de la volatilité qui sera propre à deux entités du groupe Malakoff Humanis suivant ces deux approches et d'évaluer leurs impacts sur la solvabilité. Nous commencerons par une présentation de la courbe des taux sans risque, ensuite nous présenterons l'ajustement de la volatilité, son calcul actuel et ses manquements. Nous présenterons ensuite les différentes options de calcul proposé par EIOPA. Ensuite nous l'appliquerons sur deux portefeuilles et enfin nous évalueront son impact sur la Solvabilité après avoir présenté Solvabilité 2.

1 La courbe des taux sans risque

La courbe des taux sans risque est un élément incontournable de solvabilité 2 . Il permet d'évaluer des provisions techniques des assureurs et a alors un impact sur leurs niveaux de solvabilité. L'objet de cette première partie est de présenter cette courbe de taux, les éléments qui permettent de la construire et quelques méthodes utilisées pour la construire en ayant un focus sur la méthode de Smith-Wilson.

1.1 Contexte

Le taux sans risque dans une devise et pour une période particulière est le taux d'intérêt constaté sur le marché des emprunts de l'état de pays considérés solvables et organisations intergouvernementales pour la même devise et la même période. La courbe des taux sans risque est utilisée par les assureurs dans l'actualisation des flux futurs pour l'évaluation des provisions techniques (Best Estimate) dans le cadre du pilier 1 de Solvabilité 2. La formule suivante permet d'illustrer cette évaluation

$$BEL = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{CF_i^{assur}}{(1 + r_i)^i}$$

- BEL est le Best Estimate
- CF_i^{assur} les flux de trésorerie
- r_i le taux sans risque annuel

La courbe des taux est également utilisée par les assureurs pour calculer la valeur de leurs actifs (VIF). La formule suivante permet d'illustrer cette évaluation

$$VIF = \sum_i \frac{Resultat_i}{(1 + r_i)^i}$$

- $Resultat_i^{act}$: est le résultat l'année i
- r_i : le taux sans risque annuel

Elle permet également aux investisseurs de prévoir le taux d'intérêt pour l'achat et la vente des actifs dans un cadre risque neutre.

Sur le graphique suivant est représenté cette courbe de taux sans risque pour la devise euro évalué au 31/12/2020 :

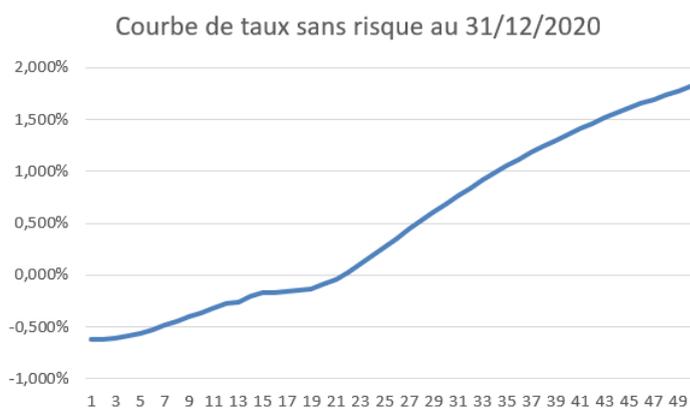


FIGURE 1 – la courbe de taux sans risque

Depuis la crise de 2008, les taux d'intérêt sont très bas voire même négatifs, ce graphique permet d'illustrer cela. En plus la courbe est croissante, cela est dû au fait que dans un environnement économique stable, la courbe croît avec la maturité des titres : plus la maturité s'éloigne, plus les taux d'intérêt augmentent.

1.2 Construction de la courbe des taux sans risque

1.2.1 Les taux swap

Rappel

- Un marché est **liquide** lorsque les achats et ventes peuvent se faire rapidement
- Un marché est **profond** lorsqu'il y a de possibilité d'effectuer un grand nombre de transaction sans qu'il n'y ait d'impact sur le prix du marché. Ainsi, les prix d'un marché profond sont stables.
- Un marché est **transparent** lorsque l'accès aux produits et aux informations concernant les dernières transactions est public

Les taux swap sont définis comme la jambe fixe qu'il faut payer (ou que l'on reçoit) annuellement ou semi-annuellement, contre le paiement d'un taux très court, variable (Euribor par exemple) sur une certaine durée. Les taux swap correspondent donc à l'anticipation des évolutions du marché des taux courts. La réglementation Solvabilité 2 précise que lorsque le marché des taux swaps est suffisamment liquide, profond et transparent (DLT), les taux swap doivent servir de base à la courbe des taux sans risque. Les taux swap sont considérés par EIOPA comme la meilleure estimation du taux sans risque Euro. En revanche les prix observés comportent systématiquement un risque de crédit. En effet, les taux swaps EURIBOR utilisés sont toujours supérieurs aux taux interbancaires « Overnight » (EONIA) correspondants. Il est donc nécessaire de leur appliquer le CRA (Credit Risk Adjustment) défini comme suit :

$$CRA = \min \left(35bps; \max \left(10bps; 50\% \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (EUR3M_i - EONIA3M_i)}{n} \right) \right)$$

où

- EUR3M est le taux Euribor 3 mois,
- EONIA3M est le taux 3 mois de l'indice EONIA,
- La moyenne est faite sur 1 an

1.2.2 Interpolation et extrapolation de la courbe des taux sans risque

Les taux swaps sont liquides jusqu'au dernier point de liquidité, nommé LLP (last liquid Point). Le LLP est fixé à 20 ans en zone euro. Avant le LLP il peut avoir des maturités manquantes, ces maturités sont alors interpolées. Au-delà du LLP les taux swaps ne sont plus liquides par contre les assureurs ont des engagements supérieurs au LLP, il est donc nécessaire d'extrapoler la courbe des taux. C'est ainsi que la courbe de taux est extrapolé au-delà du LLP jusqu'au point de convergence, ce qui permet d'obtenir les taux à long terme.

Ce point de convergence est à 60 ans pour l'euro. La courbe converge vers l'Ultimate Forward Rate (UFR), qui correspond à la somme du taux d'intérêt attendu et du taux d'inflation attendu.

- Le taux d'intérêt réel attendu est la même pour toutes les monnaies, il est calculé comme la moyenne des taux réels observé depuis 1961.
- Le taux d'inflation attendu dépend de la monnaie et se base sur le taux cible de la banque centrale

1.2.3 Description de la méthode de Smith-Wilson

Il existe plusieurs méthodes d'interpolation et d'extrapolation de la courbe des taux sans risque. La méthode Smith-Wilson est celle utilisée par l'EIOPA pour interpoler et extrapoler la courbe de taux sans risque. La fonction de Wilson $W(u, v)$ est définie comme :

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

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

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

Où α et ω sont respectivement la vitesse de convergence de taux swap vers l'UFR et ω le taux ultime en notation exponentielle $\omega = \ln(1 + UFR)$.

Quelques notations utiles

- La matrice $C = c_{i,j}$ de taille (m,n) qui représente n vecteurs d'instruments financier de taille m
- \mathbf{u} le vecteur de taille m, représente les dates de maturité
- \mathbf{P} le vecteur de taille m, représente les prix des instruments financiers
- $d = e^{-\omega u}$ un vecteur auxiliaire
- d_{Δ} la matrice diagonale construite à partir de d, d'ou $W = d_{\Delta} H d_{\Delta}$
- $\mathbf{Q} = d_{\Delta} C$ matrice utilisée pour simplifier les notations
- $\mathbf{q} = \mathbf{Q}'\mathbf{1} = \mathbf{C}'\mathbf{d}$ avec $\mathbf{1}$ le vecteur unitaire 1

La méthode de Smith-Wilson est utilisée pour l'interpolation, par la calibration des prix observés et le calcul d'un vecteur d'interpolation noté \mathbf{b} :

$$\mathbf{b} = (d_{\Delta} H d_{\Delta})^{-1} (\mathbf{p} - \mathbf{q})$$

Pour l'extrapolation par le calcul des prix à toutes les maturités. La formule d'extrapolation est :

$$\begin{aligned} p(v) &= e^{-\omega.v} + W(v, \mathbf{u}) \mathbf{C} \mathbf{b} \\ &= e^{-\omega.v} + e^{-\omega.v} H(v, u) d_{\Delta} C \mathbf{b} \\ &= e^{-\omega.v} (1 + H(v, u) Q \mathbf{b}) \end{aligned}$$

En posant $\tilde{\mathbf{b}} = \mathbf{Q}\mathbf{b}$, on a donc :

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

Le vecteur $\mathbf{Q}\mathbf{b}$ est fourni par l'EIOPA avec la courbe de taux sans risque.

Avantages et inconvénients de la méthode

Les avantages de la méthode sont :

- De fournir une courbe passant par l'intégralité des points renseignés en entrée ;
- D'être très mécanique et de pas faire intervenir de jugement d'expert ;
- De Permettre d'avoir un ajustement exact des données de marché sur la période liquide ;
- De posséder une formule fermée et facilement implémentable (en particulier sur Excel) ;
- La transparence et la reproductibilité de la méthode.

Les inconvénients sont :

- Le paramètre α , contrôlant la vitesse de convergence n'est pas fixée dans le modèle ;
- Les prix projetés ne correspondent pas à des prix utilisables par les assureurs : il n'est pas possible de couvrir les engagements qui ont une maturité éloignée avec les obligations correspondant aux prix projetés du fait que ces obligations soient inexistantes ou en nombre insuffisantes ;
- Il y a une absence de contrainte agissant sur la décroissance de la fonction de prix.
- La fonction de prix des zéro-coupons peut prendre des valeurs négatives

D'autres méthodes permettent également d'interpoler et d'extrapoler la courbe de taux. Parmi ces méthodes il y a la méthode de Bootstrapping et la méthode de Nelson Siegel. Dans le cadre de ce mémoire, nous avons retenu la méthode de Smith Wilson pour projeter la courbe de taux avec VA au-delà de 20 ans.

2 L'ajustement de la volatilité actuel

La première partie avait pour but de présenter la courbe de taux sans risque. Cette partie vise à présenter dans un premier temps les objectifs de l'ajustement de la volatilité, de montrer la méthodologie de calcul utilisé par EIOPA pour le calcul du VA actuel, puis de présenter l'analyse effectuée par EIOPA qui fait ressortir 7 lacunes à l'application du VA actuel

2.1 Les objectifs de l'ajustement de la volatilité

Le VA est défini comme une prime d'illiquidité qui est ajouté à la courbe de taux sans risque et qui permet de diminuer la valeur économique des engagements de l'assureur afin de limiter l'impact de la volatilité des taux d'intérêts sur les fonds propres. il a trois principaux objectifs que sont :

1. Prévenir les comportements dits « procycliques » qui correspondent à des comportements qui accélèrent les tendances économiques.
2. Limiter l'impact de spread excessif des obligations sur les fonds propres.
3. Reconnaître les caractéristiques des passifs en terme d'illiquidité, ce qui permettra de mieux évaluer les provisions techniques.

Les compagnies d'assurance ont des engagements à court terme et à long terme. Pour couvrir les engagements à long terme les assureurs utilisent généralement les obligations à revenu fixe. Ces obligations sont valorisées par leurs valeurs de marché. Cependant il arrive que le marché ne soit pas liquide. Cette situation entraîne une augmentation des taux donc une diminution des prix des actifs. La diminution des prix des obligations entraîne une diminution de la valeur de marché des obligations. La baisse de la valeur de marché contraint les assureurs à vendre en même temps les actifs pour respecter l'exigence en fonds propres. Il s'agit d'un comportement procycliques puisque ces comportements accélèrent la tendance économique. Le VA a donc pour objectif de prévenir ce comportement. Il est ajouté à la courbe de taux sans risque et permet de diminuer les provisions techniques et donc d'atténuer la volatilité des fonds propres.

En plus la valeur de marché des obligations dépend des spreads. Un écartement excessif de spread entraîne une baisse de la valeur de marché des actifs. Comme énoncé au paragraphe précédent, une baisse de la valeur de marché a pour conséquence la baisse des fonds propres car le niveau des provisions techniques reste identique. Le VA peut donc être considéré comme une prime ajoutée à la courbe des taux sans risque qui va permettre de compenser un écart excessif du spread en diminuant les provisions techniques.

La valorisation du passif des assureurs est effectuée avec la courbe de taux sans risque. Comme développé à la première partie, la courbe de taux est construite à partir de taux swap qui sont liquides tandis que les engagements des assureurs peuvent être illiquides. Pour cette raison une prime d'illiquidité est ajoutée à la courbe de taux sans risque pour évaluer les provisions techniques. Ainsi le VA peut aussi être considéré comme cette prime d'illiquidité.

2.2 Calcul de l'ajustement de la volatilité actuel

Le VA est calculé et fourni mensuellement par l'EIOPA en même temps que la courbe des taux sans risque. Il est calculé pour chaque monnaie et pour chaque pays car deux pays utilisant la même monnaie peuvent avoir des VA différents.

Le VA est calculé à partir d'un portefeuille de référence. Le portefeuille de référence correspond aux actifs dans lesquels les organismes d'assurance et de réassurance ont investi pour couvrir leur Best Estimate et ils sont communiqués à l'EIOPA via les reporting réglementaires. Ces actifs de couverture sont généralement des obligations à revenu fixe et ils représentent en général 60 % des investissements des assureurs (Banque de France). Le VA est défini par Omnibus II, comme la somme de :

- Un VA commun à toute la zone de la devise
- Un VA spécifique au pays VA_{pays}

2.2.1 Le VA dans une devise

Le VA spécifique à toute la zone d'une devise se calcul comme :

$$V_{Devise} = 65 \% S_{Devise}^{RC}$$

Où S_{Devise}^{RC} est le spread corrigé du risque de crédit dans la devise. Il est calculé comme :

$$S_{Devise}^{RC} = S_{Devise} - RC_{Devise}$$

Où

- S_{Devise} est le spread moyen observé dans la zone de la devise
- RC_{Devise} est la moyenne de la correction du risque observée dans la zone de la devise

Le spread moyen observé

Le spread moyen observé est l'écart entre le taux de rendement du portefeuille de référence et le taux sans risque. Il est calculé comme :

$$S_{Devise} = W_{Gov,Devise} * \max(S_{Gov,Devise}, 0) + W_{Corp,Devise} * \max(S_{Corp,Devise}, 0)$$

Où

- $W_{Gov,Devise}$ la proportion d'obligations souveraines présente dans le portefeuille d'actifs de référence.
- $W_{Corp,Devise}$ la proportion d'obligations d'entreprise présente dans le portefeuille d'actifs de référence.
- $S_{Gov,Devise}$ le spread moyen des obligations souveraines à revenu fixe
- $S_{Corp,Devise}$ le spread moyen des obligations d'entreprise

La correction du risque

La correction du risque est l'écart qui est attribué à une évaluation réaliste des pertes attendues du risque de crédit inattendu ou de tout autre risque affectant les actifs du portefeuille de référence. Il est égal au spread fondamental (FS).

Le spread fondamental est le risque de crédit du portefeuille de référence. Son calcul

fait intervenir la probabilité de défaut (PD) des actifs, la perte attendue résultant de la dégradation des actifs (CoD) et du spread moyen à long terme (LTAS). La PD, CoD et la LTAS dépendent de la durée, du type, de l'origine et de la qualité des obligations. Elles sont fournies par l'EIOPA (les tables sont présentées en annexe)

La correction du risque est donc calculée comme suite :

- $RC = FS = 30 \% LTAS$ Pour les obligations souveraines issues de l'Union Européenne
- $RC = FS = 35 \% LTAS$ Pour les obligations souveraines issues des autres gouvernements
- $RC = FS = \max(PD + CoD ; 35 \% LTAS)$ pour les obligations d'entreprise

La moyenne de la correction du risque se calcul donc comme :

$$RC_{Devise} = W_{gov} * \max(RC_{gov,Devise}; 0) + W_{corp} * \max(RC_{corp,Devise}; 0)$$

Calcul ($S_{gov,Devise}, S_{corp,Devise}, RC_{gov,Devise}, RC_{corp,Devise}$)

La détermination du spread moyen et de la correction du risque moyen du portefeuille de référence nécessitent de calculer ($S_{gov,Devise}, S_{corp,Devise}, RC_{gov,Devise}, RC_{corp,Devise}$). La détermination de ces valeurs se font en utilisant le taux de rendement interne nommé intenal Rate of Return (IRR).

Le IRR est le taux qui rend la valeur actuelle nette de tous les flux financiers égale à zéro en tenant compte du nombre de jours entre deux flux financiers. Il y'a le taux de rendement interne sans correction (IRR_1), le taux sans risque de base (IRR_2) et le taux de rendement interne avec correction pour risque (IRR_3). IRR_i est solution de l'équation :

$$1 - \sum_{j=1}^n PV_j(IRR_i) = 0$$

Où

$$PV_j = (\text{flux unique projet})_i * (1 + IRR_i)^{\text{duration moyenne pondre}}$$

n est le nombre de pays émetteurs des obligations (pour les obligations d'état) ou le nombre de groupe pour les obligations d'entreprises.

Finalement le spread moyen d'obligations souveraines se calcul comme :

$$S_{gov,Devise} = \max(0; IRR_1 - IRR_2)$$

Et la correction du risque moyen d'obligations souveraines se calcul comme :

$$RC_{gov,Devise} = \max(0, IRR_1 - IRR_3)$$

Le spread moyen d'obligations d'entreprises $S_{corp,Devise}$ et la correction du risque moyen d'obligations d'entreprises $RC_{corp,Devise}$ se calculent de la même manière.

les données d'entrées utilisées pour les calculs sont :

- Les taux spots : sont accessibles sur le site internet de la Banque Centrale Européenne (ECB)

- Les rendements du marché ainsi que les durations pour les obligations d’entreprises, classifiés par base des ratings d’agence de notation de crédit : sont des bases Markit et sont accessibles uniquement avec une licence.
- Les courbes de rendement des obligations d’état : Sont accessibles librement

2.2.2 Le VA spécifique au pays

Tous les pays utilisant une même monnaie n’ont pas les mêmes réalités économiques, c’est la raison pour laquelle il arrive que deux pays de la même devise n’aient pas le même VA. Lorsque le spread national est très grand, le VA pays est ajouté. Cet ajustement se déclenche dès que le spread corrigé du risque de crédit national dépasse 85 bps. Il doit permettre de corriger les effets des chocs exceptionnels sur les marchés nationaux.

Le VA spécifique au pays se calcul comme suit :

$$VA_{pays} = 65\% \max(S_{Devise}^{RC} - 2 * S_{Pays}^{RC}, 0)$$

2.2.3 Formule de le VA actuel

Finalemnt l’ajustement de la volatilité est obtenu à l’aide de la formule ci-dessous :

$$VA = 65\% * (S_{Devise}^{RC} + \max(S_{Devise}^{RC} - 2 * S_{Pays}^{RC}, 0))$$

2.2.4 L’ajustement de la volatilité au 31/12/2020

Sur le graphique ci-dessous est représenté la courbe de taux sans risque avec et sans VA au 31/12/2020. Entre ces deux graphiques, il y a un écart de 7 bps pour les 20 premières années. Cet écart correspond au VA évalué au 31/12/2020. Une fois le VA évalué, il est ajouté à la courbe de taux sans risque jusqu’au LLP. Ensuite la courbe de taux est extrapolée au-delà du LLP (20 ans). Ce qui permet d’avoir la courbe de taux sans risque avec VA au-delà de 20 ans.

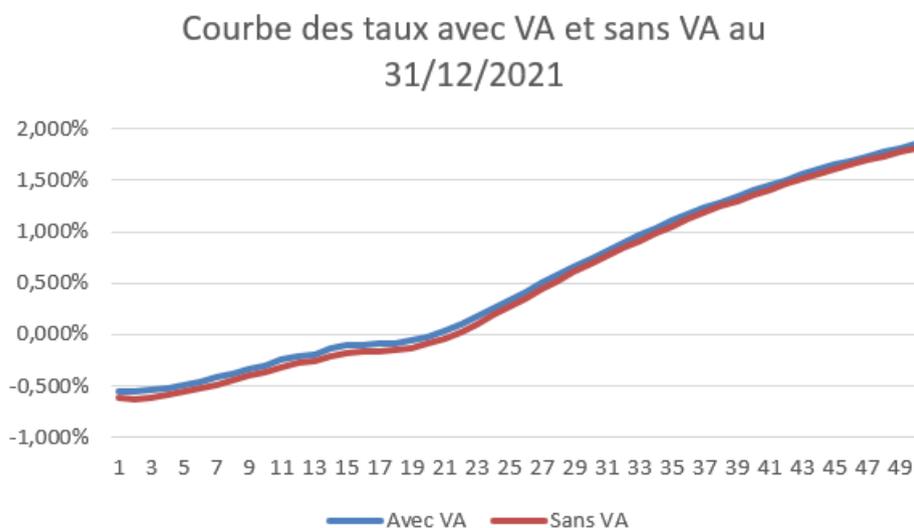


FIGURE 2 – La courbe de taux sans VA et avec VA au 31/12/2020 pour une maturité de 49 ans

Le graphique ci-dessous représente l'ajustement de la volatilité, cela permet d'illustrer l'écart entre les deux courbes précédentes.

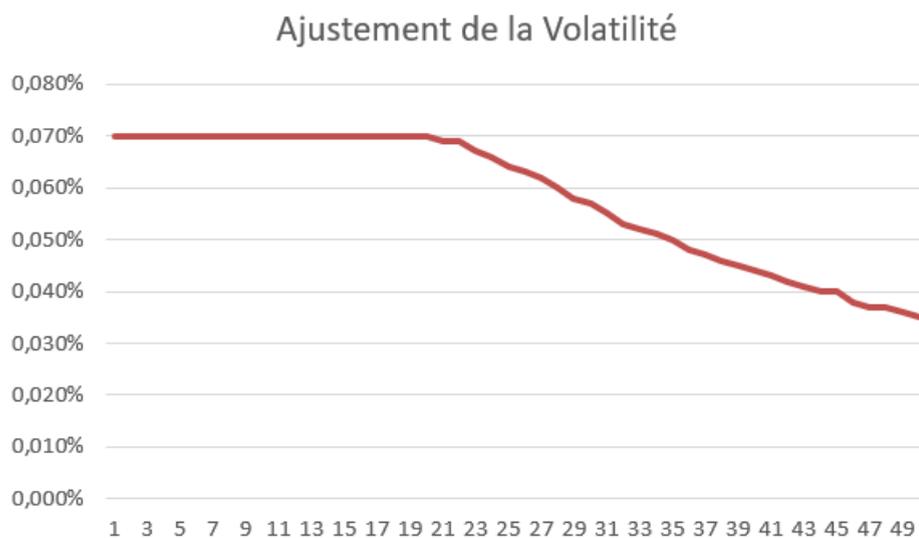


FIGURE 3 – Le VA au 31/12/2020

2.3 Condition d'utilisation de l'ajustement de la volatilité

Les conditions d'application de l'ajustement de la volatilité sont définies aux articles R.354-2, R.354-2-1, R.354-3-2 et R.355-7 du code des assurances.

Les organismes qui utilisent le VA le mentionne dans leur rapport sur la solvabilité et la situation financière de l'entreprise. Ils sont soumis aux obligations suivantes :

- Mise en place d'un plan de liquidité qui comporte une prévision des flux de trésorerie entrant et sortant au regard des actifs et passifs faisant l'objet de la correction pour volatilité ;
- Évaluer régulièrement les éléments suivants :
 1. La sensibilité des provisions techniques et les fonds propres éligibles aux hypothèses sous-tendant le calcul de l'ajustement de la volatilité
 2. La conséquence potentielle d'une vente forcée d'actifs sur les fonds propres éligibles ;
 3. La conséquence d'une réduction de la correction pour volatilité à zéro
- Si le fait de ne pas utiliser le VA entraîne l'insolvabilité de l'organisme (ratio de solvabilité inférieur à 1) ; L'organisme soumet des solutions qu'il envisage pour restaurer le niveau de fonds propres éligibles ou de diminuer le profil de risque
- Les critères d'application de la VA sont pris en compte dans la politique de gestion de risque ;
- L'organisme vérifie s'il a toujours un capital exigé avec et sans le VA dans le cadre de l'évaluation de l'ORSA.

2.4 Comparaison d'un bilan comptable avec et sans VA

Cette partie vise à mettre en lumière l'impact du VA dans un bilan comptable. Pour faciliter la compréhension, un exemple simple a été pris.

Supposons un contrat d'épargne en Euro avec les caractéristiques suivantes :

- Prime unique 100 000 €
- Maturité dans 30 ans
- Taux de rendement 0,5 %
- Frais de gestion 5 %

Pour couvrir le contrat, l'assureur décide d'investir les 100 000 € dans un zéro coupon de maturité 30 ans avec un rendement de 0.7 %. La participation aux bénéfices n'est pas prise en compte dans cet exemple. Deux scénarios sont pris en compte :

- Scénario de base
- Scénario de crise. Dans ce scénario la valeur de marché du zéro coupon baisse de 11 %

2.4.1 Calcul des éléments du bilan

Les frais de gestions étant de 5 %, la réserve de l'assureur directement après le paiement de la prime unique, s'élève à 95000 €

$100\,000 \cdot (1 - 5\%) = 95\,000 \text{ €}$

Après 30 ans l'assuré aura droit à un montant de 110 333 €

$95\,000 \cdot (1 + 0,5\%)^{30} = 110\,333 \text{ €}$

Partant du 31/12/2020, le taux sans VA dans 30 ans est 0,69 % et avec VA à 0,74 %.

La provision technique avec le taux sans VA est donc :

$$PT = \frac{110333}{(1 + 0,69)^{30}} = 89837.74$$

En appliquant le même calcul, les provisions techniques en prenant le taux avec VA est de 88 360,69 €, soit une baisse de provision technique de 1,68 %.

L'Actif net (NAV) est la différence entre la valeur de marché et la valeur économique des passifs. Il est souvent considéré comme valeur économique des fonds propres.

En scénario de base, la NAV est $100\,000 - 89\,834 = 10\,126$.

Le tableau suivant montre le bilan de l'entreprise pour les différents scénarios.

Bilan		Sans VA	Avec VA
BASE	RFR	0,69%	0,74%
	ACTIF	100 000,00	100 000,00
	PASSIF	89 873,74	88 360,69
	NAV	10126	11639
Situation de crise	RFR	0,69%	0,74%
	ACTIF	89 000,00	89 000,00
	PASSIF	89 873,74	88 360,69
	NAV	-874	639

TABLE 1 – Les bilans avec VA et sans VA en scénario de base et en scénario de crise

En scénario de base, le VA permet d'avoir une augmentation de la NAV de 15 % en baissant les provisions techniques de 1,68 %. Cependant en scénario de crise, la baisse de la valeur de marché de 11 % entraîne une crise financière de la compagnie d'assurance lorsque le VA n'est pas utilisé dans l'évaluation des provisions techniques. Lorsqu'elle est utilisée, la situation de la compagnie revient à la normal (NAV > 0). Cet exemple illustre donc le rôle du VA qui est de compenser la baisse de la valeur de valeur de marché.

La figure suivante est la représentation graphique de la table au dessus. Elle permet de visualiser les différences au niveau du bilan lorsque le VA est utilisé ou pas.

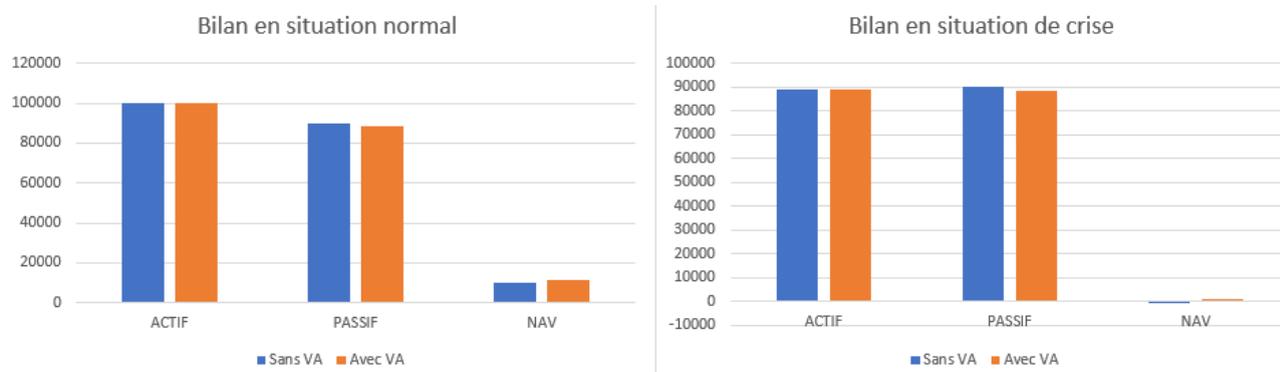


FIGURE 4 – Bilans avec VA et sans VA en scénario de base et en scénario de crise

Dans le bilan comptable, le VA a un impact principalement sur les provisions techniques (*Best estimate*). Les autres éléments du bilan qui dépendent des provisions techniques seront ainsi impactés.

2.5 Les manquements du VA actuel

A la Suite d'une analyse approfondit, l'EIOPA a identifié deux lacunes techniques à l'actuel VA. Ces lacunes portent sur la formation du portefeuille de référence et sur les spreads qui sont à tout moment considérés positifs.

A ces deux lacunes techniques s'ajoutent 7 manquements de conception du VA actuel. Ces manquements sont résumés dans le tableau ci-dessous :

1	Mauvaise compensation du spread excessif
2	Non prise en compte de l'illiquidité du passif
3	L'effet de falaise
4	Mauvaise estimation de la correction du risque RC
5	Effet du VA presque toujours positif
6	Hypothèse de l'application du VA pas clair
7	Le taux sans risque avec VA n'est pas Market Consistent

TABLE 2 – Les manquements du VA actuel

2.5.1 Les lacunes techniques du VA actuel

Approche du Gel-VM

La première lacune technique exposée par l'EIOPA est le regroupement de l'information concernant les spreads et les rendements. Chaque groupe est agrégé dans le but d'obtenir les spreads et rendements moyens pour l'ensemble du portefeuille de référence des obligations d'états et des obligations de sociétés. Pour chaque groupe, le portefeuille est modélisé comme un ensemble d'obligations zéro-coupon. En ayant le Cash Flow final noté CF et la durée de l'obligation noté Du . La valeur de marché d'une obligation zéro-Coupon peut être traduit mathématiquement par :

$$VM = \frac{CF}{(1+r)^{Du}}$$

d'où le Cash flow s'exprime comme :

$$CF = VM * (1+r)^{Du}$$

où

- VM la valeur de marché
- r est le taux de marché

Pour chaque groupe i du portefeuille d'obligation, l'EIOPA sélectionne les informations concernant la valeur de marché VM_i , le taux d'intérêt moyen r_i et la durée moyenne Du_i . Le taux d'intérêt agrégé r au niveau du portefeuille de référence est solution de l'équation :

$$\sum_i \frac{CF_i}{(1+r)^{Du_i}} = \sum_i \frac{CF_i}{(1+r_i)^{Du_i}} = \sum_i VM_i$$

En choisissant les valeurs de marchés comme poids relatifs, tel que $\sum_i VM_i = 1$, l'équation se simplifie comme :

$$\sum_i \frac{CF_i}{(1+r)^{Du_i}} = 1$$

Comme les informations concernant la durée et les pondérations de la valeur de marché sont mises à jour annuellement. Alors que le VA est calculé mensuellement. Il est donc nécessaire de geler les hypothèses sur deux des trois éléments suivants afin de modéliser le portefeuille de référence :

- La duration Du_i
- Les poids de la valeur de marché VM_i
- Les cash flows CF_i de l'ensemble i

Présentement EIOPA utilise une approche qui fixe les poids de la valeur de marché ainsi que les durations. Cette méthode est nommé Gel-VM. Cette méthode suppose que les poids relatifs des valeurs de marché sont constants dans le temps, simultanément qu'elle suppose que les flux de trésorerie dans les différents ensembles varient avec les taux d'intérêt. l'équation suivante illustre cela.

$$CF_i(t) = VM_i(t_0) * (1 + r_i(t))^{Du_i(t_0)}$$

Où

- $CF_i(t)$ est le Cash flows du groupe d'obligation i à un instant t
- $VM_i(t_0)$ est le poids de la valeur de marché du groupe d'obligation i à l'instant t_0 (instant de mise à jour du portefeuille), $t_0 \leq t$.
- $r_i(t)$ est le taux d'intérêt du groupe d'obligation i à un instant t
- $Du_i(t_0)$ est la duration du groupe d'obligation i à la date t_0

Dans la réalité, toute chose égale par ailleurs, la variation du taux impact la valeur de marché. Alors que les cash flows restent constant. Spécifiquement, lorsque que les taux $r_i(t)$ du groupe d'obligation i montent, on s'attend à une baisse de la valeur de marché $VM_i(t)$ du groupe d'obligation i et non a ce qu'elle reste constante. On peut donc conclure que l'approche Gel-VM surestime le poids de la valeur de marché des obligations lorsque le taux d'intérêt est élevé.

L'alternative est Donc l'approche Gel-CF.

L'approche Gel-CF

Sous cette approche c'est plutôt les cash flows CF_i et les durations Du_i par groupe d'obligation i qui sont gelés. Donc les cash flows et les durations, après être mis à

jour reste constant pour l'année. La valeur de marché du groupe i à un temps t s'exprime alors comme :

$$VM_i(t) = CF_i(t_0) \cdot (1 + r_i(t))^{-Du_i(t_0)}$$

Sous cette approche, le taux agrégé $r(t)$ est solution de l'équation :

$$\sum_i \frac{CF_i(t_0)}{(1 + r(t))^{Du_i(t_0)}} = \sum_i VM_i(t)$$

équivalent à :

$$\sum_i W_i(t) \cdot \left(\frac{1 + r(t)}{1 + r_i(t)} \right)^{-Du_i(t_0)} = 1$$

Où le poids $W_i(t)$ est défini comme :

$$W_i(t) = \frac{VM_i(t)}{\sum_j VM_j(t)}$$

Avec l'approche Gel-CF, le poids $W_i(t)$ n'est pas constant, mais varie avec le niveau du taux d'intérêt $r_i(t)$. Cette approche relate les attentes du marché. Elle permet d'éviter d'éventuels surestimations du taux d'intérêt dans des groupes avec de petit poids. En plus le taux d'intérêt agrégé, qui est calculé avec l'approche Gel-VM est moins robuste que celle calculé avec l'approche Gel-CF.

Au final la meilleure approche est le Gel-CF. Par contre il n'y a pas de grosse différence entre ces deux approches quand le taux d'intérêt de varie pas extrêmement. C'est uniquement en cas de variation extrême du taux que l'approche Gel-VM est moins robust et entraine éventuellement des surestimations.

Spread toujours positif

Comme développer à la page 12, la formule du spread du portefeuille de référence dans une devise est :

$$S_{Devise} = W_{Gov,Devise} * \max(S_{Gov,Devise}; 0) + W_{Corp,Devise} * \max(S_{Corp,Devise}, 0)$$

Donc, le spread moyen des obligations d'état et des sociétés est toujours positif. Ce n'est pas justifié économiquement. En effet il peut arriver que le taux sans risque soit supérieur au rendement de l'obligation et donc qu'il y a une allocation donc le spread est négatif. Cette situation est plus observée pour les obligations d'état.

2.5.2 Mauvaise compensation de l'exagération du spread

Le premier manquement du VA actuel est que son effet peut surcompenser ou sous-compenser l'impact d'un spread excessif sur la valeur de marché. Comme développé à la parie 2.1, le VA joue un rôle de compensateur à l'augmentation du spread de marché. Sachant que l'augmentation du spread de marché entraîne une diminution de la valeur de marché des obligations des assureurs et donc une diminution des fonds propres et ainsi une baisse du ratio de solvabilité. Plus le spread de marché

augmente, plus le VA augmente pour compenser cette baisse de la valeur de marché en diminuant les provisions techniques.

Cependant le VA actuel peut surcompenser ou sous-compenser l'impact d'un excédent de spread dans la mesure où le VA actuel est calculé sous la base des obligations du portefeuille de référence. La proportion d'obligation à revenu fixe du portefeuille de référence n'est pas la même que celle de l'assureur qui utilise le VA. Sachant que l'assureur utilise les obligations à revenu fixe pour couvrir son passif. Une plus grande quantité d'obligation à revenu fixe dans le portefeuille de référence entraîne une surcompensation du VA.

En plus cette surcompensation ou sous-compensation de l'effet du VA peut être causé par l'écart entre le risque des obligations du portefeuille de référence et le portefeuille de l'assureur. En effet la qualité des obligations intervient dans l'évaluation du VA au travers la correction du risque (RC). Si la qualité des obligations du portefeuille de référence est inférieure à celle du portefeuille d'actif de l'assureur qui utilise le VA alors le VA actuel surcompense la baisse de la valeur de marché du portefeuille d'actif de l'assureur.

2.5.3 Non prise en compte de l'illiquidité du passif

Le deuxième manquement est un obstacle aux objectifs 2 et 3 du VA du fait que le VA actuel ne prend pas en compte l'illiquidité des caractéristiques du passif.

En effet le VA actuel est appliqué par les entreprises d'assurance indépendamment des caractéristiques de leurs engagements. Il ne tient donc pas compte des caractéristiques d'illiquidité des engagements. Un engagement de l'assureur est illiquide lorsque les flux de trésorerie associés sont stables et prévisibles dans le temps. Lorsque les engagements sont illiquides, ils peuvent être évalués en les répliquant avec des actifs illiquides qui peuvent donner un rendement illiquide supplémentaire. Autrement dit les entreprises peuvent être en mesure de réaliser un rendement supplémentaire d'assurance stables leur permettant d'investir avec un risque limité de vente forcée. Dans une telle situation, ce rendement supplémentaire est reflété dans l'application du VA. Cependant les entreprises bénéficient également de l'application d'un VA lorsque les flux de trésorerie de l'assurance sont à peine illiquides, c'est-à-dire relativement imprévisibles. Dans un tel cas, les engagements ne peuvent pas être répliqués avec les actifs illiquides qui pourraient rapporter une prime d'illiquidité supplémentaire en d'autres termes, l'entreprise peut être exposée à une vente forcée et ne pas être en mesure de gagner cette prime d'illiquidité supplémentaire.

Le fait que le VA actuel ne se calcule pas en prenant en compte les caractéristiques d'illiquidité des passifs et actifs de l'entreprise est une lacune qui empêche de remplir l'objectif du VA qui est de reconnaître les caractéristiques d'illiquidité des passifs dans l'évaluation des provisions techniques.

En plus, cette déficience nuit à la réalisation de l'objectif visé par le VA, qui est d'atténuer l'impact des exagérations des spreads obligataires sur les fonds propres. En effet selon la conception actuelle du VA, l'atténuation de l'exagération des spreads sont indépendants de la capacité des engagements de l'assureur à supporter les exagérations à court terme des spreads obligataires ou non. Si une entreprise court le risque d'être obligée de vendre, elle ne peut pas supporter les exagérations des spreads et peut en fait subir des pertes de marché dues à ces exagérations.

2.5.4 L'effet de falaise

Le troisième manquement est un obstacle aux objectifs 1 et 2 du VA du fait de la volatilité des fonds propres engendrée par le VA pays lorsque le spread pays oscille autour du seuil de déclenchement.

En effet le VA actuel a une composante VA pays qui dépend du marché obligataire du pays ou l'organisme d'assurance exerce. Cet VA pays est activé lorsque le spread corrigé du risque de crédit du pays dépasse 85 bps. Une période où le spread corrigé du risque de crédit d'un pays tourne autour du seuil d'activation (85 bps) va faire aussi alterner (activation, non activation) le VA pays et donc le VA, causant ainsi un "un effet de falaise" pour le VA. Lorsque le spread corrigé du risque de crédit d'un pays augmente, la valeur des obligations des entreprises de ce pays diminue. Cependant le spread corrigé du risque de crédit atteint le seuil d'activation, il y a une augmentation du VA par le VA pays donc une diminution de la valeur du passif. Ce qui permet d'augmenter les fonds propres de l'assureur du pays en question. Donc une oscillation du spread d'un pays autour du seuil d'activation entraîne une volatilité des fonds propres et ainsi une incertitude du niveau de solvabilité des entreprises exerçant dans le pays.

2.5.5 Mauvaise estimation de la correction du risque RC

Le quatrième manquement est la minimisation de la correction du risque RC entraînant ainsi un mauvais ajustement du VA.

La correction du risque vise à corriger les pertes prévues liées à la qualité de crédit des actifs et le coût de la dégradation de la qualité de crédit. Avec la méthode actuelle elle est estimée à 30 % LTAS pour les obligations d'état de l'union européenne, 35 % LTAS pour les obligations d'état en dehors de l'union Européen et comme $\max(PD + CoD, 35\% LTAS)$ pour les obligations d'entreprise. Par contre l'article 77d) de la directive de Solvabilité 2 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 aux pertes inattendues. Donc le VA peut être mal ajusté en raison des pertes imprévues. Par exemple en période de crise, le nombre de pertes inattendues (défaillance de l'émetteur) augmente proportionnellement au spread. Ainsi la part du risque de crédit dans le spread augmentera et la méthode actuelle ne capturera pas ces effets.

2.5.6 Effet du VA presque toujours positif

Le cinquième manquement est un obstacle au premier objectif du VA du fait que le VA est presque toujours positif.

Un comportement dit procyclique en ce qui concerne les spreads peut se produire dans deux types de situation :

- Dans un scénario où les spreads augmentent de manière soudaine et significative, il y a une baisse des fonds propres et donc du ratio de solvabilité, et donc les assureurs pourront décider de vendre les obligations. La vente d'obligations pourrait en fonction de la taille et du nombre d'assureurs concernés amplifier l'augmentation initiale des spreads, entraînant ainsi une procyclicité.

- Dans le scénario où les spreads sont faibles et comprimés, les assureurs chercheront à augmenter le rendement de leurs investissements et donc augmenteront leurs expositions aux obligations risquées. Ce qui entraînerait une procyclicité et les exposerait d'avantage au risque d'une réévaluation des primes de risque : ils deviendront alors plus vulnérables aux augmentations des spreads.

Dans le premier cas le VA a été conçue pour aider à atténuer l'impact de la volatilité des spreads et contribue donc à prévenir un comportement procyclique.

Dans le second cas, le VA reste presque toujours un ajustement positif, qui incite les assureurs à retarder le remplacement de leurs actifs risqués par des actifs de meilleure qualité de crédit, amplifiant ainsi les conséquences de compression des spreads. Dans ce cas, un VA négatif contribuerait à prévenir un comportement procyclique : elle découragerait une accumulation insoutenable d'expositions et augmenterait la résilience des assureurs face à une augmentation ultérieure des spreads.

2.5.7 Hypothèses d'application du VA pas claires

Le sixième manquement n'est pas directement lié aux objectifs du VA actuel. Elle repose sur la non-clarté des hypothèses sous-jacente du VA.

En effet il existe différentes façons d'interpréter la motivation du VA actuel. Le VA peut être considéré comme une compensation pour excédent des spreads obligataires. On peut aussi considérer qu'il représente une prime d'illiquidité supplémentaire sur les actifs qui reproduisent les engagements ; ou en d'autres termes, comme une prime supplémentaire que les assureurs agissant comme des investisseurs à long terme sont en mesure de gagner.

Ce qui fait que les hypothèses sous-jacentes ne sont pas parfaitement claires à l'heure actuelle. Cela a des implications négatives sur l'efficacité du pilier 2 de Solvabilité 2, où une analyse de sensibilité sur les hypothèses sous-jacentes au VA est requise dans la gestion des risques et où un supplément de capital peut être appliqué si les hypothèses sous-jacentes ne sont pas respectées. Cela nuit à une supervision efficace et cohérente de l'application du VA.

2.5.8 Le taux sans risque avec le VA n'est pas Market Consistent

Le septième manquement aussi n'est pas directement lié aux objectifs du VA actuel. Elle repose sur la non market-consistent de la courbe de taux sans risque avec le VA.

Selon l'article 76 de la directive Solvabilité 2, l'évaluation des provisions techniques doit être market consistent. L'évaluation des provisions techniques vise à refléter une valeur de marché des engagements d'assurance. Vu que les engagements d'assurance ne sont généralement pas négociés sur les marchés financiers pour avoir un prix observable, un modèle est nécessaire pour évaluer les provisions techniques. L'actualisation des engagements d'assurance à l'aide d'une courbe sans risque est basée sur l'hypothèse que les engagements d'assurance peuvent être répliqués par des actifs sans risques présentant des caractéristiques similaires. L'idée est que si la valeur d'un passif d'assurance diffère d'un instrument financier, ou d'une combinaison ou d'une stratégie dynamique de celui-ci, avec les caractéristiques de flux de trésorerie et de risque égales, il existe une opportunité d'arbitrage. L'évaluation du passif est donc indépendante des hypothèses de rendement des actifs répliqués et sans risque.

En particulier lorsqu'un ajustement basé sur les rendements des actifs spécifiques à l'entreprise est inclus, implique donc un écart par rapport à l'évaluation market consistant des provisions de l'assurance.

Enfin, en appliquant le VA sur la courbe des taux sans risques, on se retrouve dans une situation où deux courbes de taux sans risques sont utilisées sous Solvabilité 2 pour chaque devise. Une avec VA et une sans VA. Ces deux courbes sont déduites en utilisant les mêmes données de marché et les entreprises éligibles peuvent utiliser l'une ou l'autre pour calculer leurs provisions techniques. Il n'y a donc pas de valeur de transfert unique pour les entreprises ayant des engagements similaires. Ceci est en contradiction avec le principe de market consistent, puisque l'hypothèse de cohérence ne prévoit qu'une seule valeur pour un instrument financier donné, sinon l'arbitrage est possible.

3 Les options d'amélioration de l'Ajustement de la Volatilité

Face aux 7 manquements du VA actuel, l'EIOPA a proposé 8 options permettant de répondre aux lacunes du VA actuel. Chaque option répond et permet d'atténuer au plus 2 manquements du VA actuel. De ces 8 options, 2 approches combinant certaines de ces options permettront de calculer le VA. Cette partie présentera donc les 8 options de calcul ainsi que les 2 approches développés par l'EIOPA pour le nouveau calcul du VA.

3.1 Option 1 : VA Spécifique à l'entreprise

Dans cette option le VA est basé sur les actifs spécifiques à l'entreprise et non sur le portefeuille de référence européen tel que pratiqué présentement pour le calcul du VA actuel. Pour cette option l'EIOPA fournit de manière centralisée un ensemble de spreads corrigés du risque basés sur les indices du marché et différenciant le type d'actif, les qualités de crédit, les durations et les devises qui doivent être utilisés pour le calcul du VA. Le VA est alors déduit de ces spreads corrigés du risque, pondérés par les actifs effectivement retenus par l'entreprise.

Ce VA permet de régler la surcompensation et la sous-compensation du VA actuel (manquement 1). En effet il est calculé sur la base du portefeuille d'obligation spécifique à l'assureur. Comme les assureurs utilisent les obligations pour couvrir le passif, ce VA permettra de mieux compenser une baisse de la valeur de marché due à une augmentation du spread.

En plus ce VA rendra obsolète le VA pays. En effet ce VA spécifique à l'entreprise prend déjà en compte toute crise potentielle dans le pays de l'entreprise et qui se traduit par un spread plus élevé des actifs. Ainsi cette option règle aussi le manquement 3 du VA actuel vu qu'il n'y a plus de VA pays et donc plus d'effet de falaise causé par celle-ci.

Le principal manquement de cette option est que les assureurs pourraient être incités à investir dans les actifs plus risqués qui ont un plus grand spread et donc un plus grand VA. L'augmentation du VA entraîne une diminution des provisions techniques et donc une augmentation des fonds propres et alors une augmentation du ratio de solvabilité. Pour pallier à ce désavantage des mesures suivantes seront mis

en place :

- Limiter le spread généré par les actifs à celui d'obligations ayant la notation BBB
- Mettre en place une correction pour risque de crédit qui augmente avec la qualité de crédit. En plus d'atténuer l'incitation dans les actifs risqués. Cette nouvelle correction est aussi justifiée par le fait que le risque de crédit pour les obligations de qualité inférieure est plus élevé.
- Justifier l'évolution de l'allocation des actifs et de la qualité de crédit du portefeuille dans l'ORSA en plus d'analyser des sensibilités.
- Faire un reporting dans le SFCR de l'allocation d'actifs courante par émetteur, par secteur et maturité. Le SFCR devra également être complété de justifications des changements d'actifs

3.1.1 La correction du risque

Le spread corrigé du risque S est égal au spread du crédit moins la correction du risque RC . L'EIOPA fixe la correction de risque en fonction de la qualité de l'obligation et de l'origine (obligation d'entreprise ou obligation Souveraine). Fixer une correction des risque RC plus élevée pour les qualités de crédit inférieur fait que les mauvaises incitations à investir dans les qualités inférieur peuvent être réduite . Pour cette option, l'EIOPA suggère d'utiliser la correction de risque suivante pour un échelons qualité de crédit de 0 à 3 (CQS)

CQS	RC %
0	30 %
1	40 %
2	50 %
3	60 %

TABLE 3 – Pourcentage du spread par qualité du risque de crédit

Pour toutes les obligations issues des Etats de l'Union Européenne, la correction du risque est fixée à 30 % du spread. Pour les obligations d'entreprise de qualité de crédit supérieur à 3, la correction du risque est de 60 % du spread.

3.1.2 Formule de la VA option 1

Le VA spécifique à une entreprise i selon cette approche pour des engagement dans une devise c est :

$$VA_{i,c}^{Option1} = GAR \cdot RC_{-}S_{i,c} \cdot \min\left(\frac{MV_{i,c}^{FI}}{BEL_{i,c}}; 1\right)$$

Où

- GAR est le taux d'application général, présentement à 65%
- $RC_{-}S_{i,c}$ est le spread corrigé du risque spécifique à l'entreprise pour une devise c

- $MV_{i,c}^{FI}$ est la valeur de marché pour les investissements à revenu fixe de l'entreprise i dans une devise c
- $BEL_{i,c}$ est le *Best Estimate* du passif dans une devise c de l'entreprise i . Il est évalué avec la courbe des taux sans risque.

Le spread corrigé spécifique à l'entreprise $RC_{-}S_{i,c}$ est calculé comme :

$$RC_{-}S_{i,c} = \sum_{d,g} W_{d,g,i,c} \cdot RC_{-}S_{d,g,c}^{gov} + \sum_{d,r,f} W_{d,r,f,i,c} \cdot RC_{-}S_{d,r,f,c}^{corp}$$

Où

- $W_{d,g,i,c}$ sont les poids des investissements d'une entreprise i en obligations gouvernementales issues du pays g dans un panier de durée d dans une devise c
- $W_{d,r,f,i,c}$ sont les poids d'investissement d'une entreprise i en obligation d'entreprise avec une qualité de crédit échelonnée à r dans un panier de durée d dans une devise c , où f désigne si l'entreprise émettrice est une entreprise financière ou non financière.
- $RC_{-}S_{d,g,c}$ est le spread corrigé du risque sur l'obligation gouvernementale d'un pays g d'un panier de durée d dans une devise c
- $RC_{-}S_{d,r,f,c}$ est le spread corrigé du risque sur les obligations d'entreprise avec une qualité de crédit échelonnée à r et un panier de durée d dans une devise c , où f est soit financière soit non financière

Le spread corrigé du risque sur les obligations gouvernementales et d'entreprise sont calculés comme :

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

et

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

- $RC\%_{gov}$ est la correction du risque des obligations gouvernementales, par rapport au spread des obligations.
- $RC\%_{corp,r}$ est la correction du risque pour les obligations d'entreprise avec une qualité de crédit échelonnée à r .
- $S_{d,r,f,c}$ est le spread des obligations gouvernementales issues d'un pays g avec un panier de durée d dans une devise c
- $S_{d,r,g,c}$ est le spread des obligations d'entreprise avec une qualité de crédit échelonnée à r et dans un panier de durée d dans une devise c , où f est soit financière ou soit non financière.

Le terme $\min\left(\frac{MV_{i,c}^{FI}}{BEL_{i,c}}, 1\right)$ est introduit pour faire face à la situation où une entreprise investirait les petits montants dans les obligations faiblement notées avec un grand rendement puis applique cette VA élevée à un grand nombre de passifs dans cette devise.

3.2 Option 2 : l'approche par «middle bucket»

Définition : Ajustement égalisateur MA

L'ajustement égalisateur est également un ajustement de la courbe de taux sans risque, il a été conçu pour atténuer une volatilité artificielle des fonds propres dans le cas d'un portefeuille de passif entièrement apparié et totalement illiquide. Seulement 15 % d'assureur européens l'utilise. La méthode de calcul ne sera pas développée dans ce mémoire.

Cette option propose de diviser le portefeuille de passif en trois catégories et d'appliquer un ajustement différent pour chaque catégorie :

- La catégorie MA pour laquelle le VA est calculé selon la méthode du MA
- La catégorie intermédiaire pour laquelle le VA est spécifique à l'entreprise mais soumise à des critères d'application strict afin de garantir que l'entreprise puisse obtenir un taux d'actualisation ajusté plus grande que le taux d'intérêt de base sans risque pour la tranche intermédiaire.
- Le dernier groupe pour laquelle le VA est le même que celle utilisée actuellement

Si cette option permet d'atténuer les impacts de la surcompensation et la sous-compensation (manquement 1), de résoudre le problème de "l'effet de falaise" causé par la VA pays (manquement 3) et d'assurer que l'assureur peut réellement obtenir le surplus de rendement, il n'en demeure pas moins qu'elle reste complexe à mettre en place. De ce fait elle ne sera pas prise en compte dans l'évaluation du VA.

3.3 Option 3 : Approche axée sur les actifs

Cette option cible l'application du VA. Au lieu d'appliquer le VA sur la courbe de taux sans risque, cette option ajuste directement la valeur des fonds propres. C'est donc une alternative à l'utilisation du VA. En effet cette option ne propose pas une méthode pour calculer le VA et ne vise pas à ajuster la courbe des taux sans risque. Cependant elle conserve le même esprit du VA donc la correction de la volatilité des fonds propres due à la valeur de marché des obligations. L'idée est d'ajuster les fonds propres OF_0 des entreprises en corrigeant les provisions techniques de l'effet d'exagération des spreads d'obligation d'une autre façon. Pour accomplir cela il est suggéré de corriger la valeur de marché des actifs utilisés dans le calcul des provisions techniques au lieu de la courbe des taux sans risques.

La correction de la valeur de marché est une étape intermédiaire pour calculer l'ajustement des provisions techniques, et indirectement l'ajustement des fonds propres.

Quelques notations utiles :

- $MV_0(\text{spread})$ la valeur de marché à l'instant initial
- OF_0 les fonds propres à l'instant initial
- $TP_0 = f(RFR, MV_0)$ les provisions techniques à l'instant initial
- MV_1 la valeur de marché après correction pour exagération du spread
- OF_1 les fonds propres après correction
- $TP_1 = f(RFR, MV_1)$ les provisions techniques après correction
- TIM taux d'imposition moyen

l'ajustement des fonds propres devrait être :

$$\begin{aligned} \text{Ajustement}_{\text{fonds_propres}} &= \Delta OF = OF1 - OF0 \\ &= (MV_0 - MV_1 + TP_1 - TP_0) * (1 - TIM) \end{aligned}$$

Au bilan, l'ajustement des fonds propres devra se faire par la soustraction de l'ajustement des provisions techniques.

D'où

$$\text{Ajustement}_{\text{fondspres}} = \text{Ajustement}_{TP} * (1 - TIM)$$

La première étape est de calculer la correction de la valeur des actifs, pour cela il y a deux possibilités :

- Utiliser l'étape de la risque neutralisation pour modifier la valeur de marché des actifs
- Utiliser un proxy de la duration pour modifier la valeur de marché

La deuxième étape consiste à calculer la correction des provisions techniques TP_1 , il y a aussi deux façons d'ajuster la valeur des provisions techniques :

- Utiliser la correction de la valeur des actifs décrite à la première étape et refaire le calcul des provisions techniques
- Utiliser un proxy pour calculer l'ajustement des provisions techniques (par exemple supposer que la variation des provisions techniques est proportionnelle au VA)

La combinaison de ces différentes possibilités donne lieu à trois options suivantes

- Option a : Utiliser l'étape de proxy de la duration pour modifier la valeur de marché des actifs puis recalculer les provisions techniques
- Option b : Utiliser l'étape de proxy de la duration pour modifier la valeur de marché des actifs et l'autre proxy pour calculer l'impact sur les provisions techniques
- Option c : Utiliser l'étape de proxy de la duration pour modifier la valeur de marché des actifs et ne pas prendre en compte les impacts sur les provisions techniques

Ces options apportent des contraintes du points de vue opérationnel car elles nécessitent de modifier le modèle d'actif. En plus modifier la valeur de marché dans le calcul du *Best Estimate* entraîne des ventes possibles des actifs.

Au vu de ces inconvénients, l'option n'est pas prise en compte pour le calcul du VA.

3.4 Option 4 : Ajustement comptable des actifs à revenus fixes et la non-concordance des durations actifs-passifs

Cette option permet d'avoir un VA en prenant en compte le montant des actifs à revenu fixe et une adéquation actif/passif spécifique à l'entreprise. Comme énoncé dans le premier manquement de l'application du VA actuel, il y'a une surcompensation ou une sous-compensation du spread avec le VA actuel due au fait que celle ci est identique à toutes les entreprises indépendamment de leur portefeuille d'actif et de passif.

L'idée générale de cette option est d'introduire un ratio $AR_{i,c}$ spécifique à l'entreprise. Ce ratio permettra de résoudre ce problème de surcompensation et de sous-compensation causé par l'inadéquation de la duration et du volume des allocations

entre le portefeuille spécifique à l'entreprise et le portefeuille de référence utilisé dans le calcul du VA actuel. Par contre cette option n'est pas destinée à résoudre les effets de surcompensation et de sous-compensation causé par l'inadéquation entre la qualité de crédit du portefeuille spécifique à l'entreprise et le portefeuille de référence utilisé par EIOPA pour le calcul du VA actuel.

Le VA spécifique à l'entreprise i pour les engagements dans une devise c est :

$$VA_{i,c}^{Option4} = GAR \cdot AR_{i,c}^{Option4} \cdot RC_{S_{i,c}}$$

Où

- GAR est le ratio général, il est actuellement à 65%
- $AR_{i,c}^{Option4}$ est le ratio applicable à l'entreprise i dans une devise c sous l'option 4
- $RC_{S_{i,c}}$ est la moyenne du spread corrigé du risque pour les investissements à revenu fixe du portefeuille de référence ou de portefeuille de l'entreprise i dans une devise c

Calcul du spread corrigé du risque $RC_{S_{i,c}}$

Le calcul du spread corrigé du risque de l'entreprise à revenu fixe peut se calculer de deux façons, soit en utilisant le VA actuel, soit le VA spécifique à l'entreprise sous l'option 1. Dans les deux cas l'option 6 pourra être utilisée pour le calcul de la correction du risque.

Dans le cas où le spread corrigé du risque $RC_{S_{i,c}}$ est calculé en utilisant le VA actuel, les poids et spreads utilisés dans le calcul sont pris du portefeuille de référence dans la devise c et non du portefeuille spécifique à l'entreprise. Donc le spread corrigé du risque $RC_{S_{i,c}}$ se calcule comme :

$$RC_{S_C} = \frac{W_{c,gov} \cdot RC_{S_{c,gov}} + W_{c,corp} \cdot RC_{S_{c,corp}}}{W_{c,gov} + W_{c,corp}}$$

Où

- $W_{c,gov}$ et $W_{c,corp}$ sont les poids des obligations d'état et d'entreprise du portefeuille de référence dans la devise c
- $RC_{S_{c,gov}}$ est la moyenne du spread corrigé du risque pour les obligations d'état du portefeuille de référence dans une devise c
- $RC_{S_{c,corp}}$ est la moyenne du spread corrigé du risque des obligations d'entreprises du portefeuille de référence dans une devise c

le spread corrigé du risque actuel étant :

$$RC_{S_c}^{Actuel} = W_{c,gov} \cdot RC_{S_{c,gov}} + W_{c,corp} \cdot RC_{S_{c,corp}}$$

Le spread corrigé du risque est donc :

$$RC_{S_c} = \frac{RC_{S_c}^{Actuel}}{W_{c,gov} + W_{c,corp}}$$

Remarque : $RC_{S_C}^{Actuel} \leq RC_{S_c}$

Calcul du ratio $AR_{i,c}^{Option4}$

Le ratio sous cette option est :

$$AR_{i,c}^{Option4} = \min \left(\frac{PVBP(MV_{i,c}^{FI})}{PVBP(BEL_{i,c})}; 1 \right)$$

où

- $MV_{i,c}^{FI}$ est la valeur de marché des investissements a revenu fixe de l'entreprise i dans une devise c
- $PVBP(BEL_{i,c})$ est la valeur du prix d'un point de base du *Best Estimate du passif* de l'entreprise i dans une devise c
- $PVBP(MV_{i,c}^{FI})$ est le prix d'un point de base de la valeur de marché des investissements de l'entreprise i dans une devise c

Calcul de la $PVBP(BE_{i,c})$

Le prix d'un point de base du *Best Estimate* est calculé comme une sensibilité de la valeur du VA. Donc le calcul du *Best Estimate* est effectué avec la courbe des taux sans risque sans VA puis recalculer avec une sensibilité $GAR \cdot RC_{S_{i,c}}$. Il faut aussi noter que la participation au bénéfice est prise en compte dans le calcul du *Best Estimate*. Le calcul est effectué dans chaque devise du portefeuille du passif de l'assureur. S'il y a plusieurs devises dans le portefeuille du passif, un calcul de la PVBP est effectué pour chaque devise puis convertir ensuite sommer. La formule de la PVBP est :

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

Où

- RFR_c est la courbe des taux sans risque dans une devise c
- $RFR_c + GAR \cdot RC_{S_{i,c}}$ est la courbe de taux sans risque à laquelle s'ajoute $GAR \cdot RC_{S_{i,c}}$.

Calcul de la $PVBP(MV_{i,c}^{FI})$

Le prix d'un point de base de la valeur de marché des investissements à revenu fixe est calculé comme :

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

L'idée derrière le ratio $\frac{PVBP(MV_{i,c}^{FI})}{PVBP(BEL_{i,c})}$ dans la calibration du VA sous l'option 4 et les combinaisons incluant cette approche est d'obtenir une approximation linéaire, que l'application du VA sur le Best Estimate compense la perte de la valeur de marché des actifs sensibles au spread. Cette perte est causé par une variation du spread de credit qui conduit à la valeur du VA.

le montant $actif(\mathbf{cs})$ est la valeur de l'actif sous le spread du marché \mathbf{cs} et $l'actif(\mathbf{cs}+$

VA) est le montant de la valeur de ces actifs si les spreads devraient augmenter du montant du VA.

Sous l'hypothèse qu'une approximation linéaire devrait être approprié pour l'évaluation de l'actif et le passif. L'impact sur l'actif "*impact_l'actif*" est destiné à capter l'impact de la part du spread associé au VA sur la valeur de marché des actifs.

$$\begin{aligned}
 \text{impact_l'actif} &= \frac{\text{impact_l'actif}(VA \text{ comme choc uniforme de CS})}{\text{impact_passif}(VA)} \cdot \text{impact_passif}(VA) \\
 &= \frac{PVBP^{cs}(\text{actif}) \cdot VA}{PVBP^{VA}(\text{passif}) \cdot VA} \cdot PVBP^{VA}(\text{passif}) \cdot VA \\
 &= PVBP^{VA}(\text{passif}) \cdot \left(\frac{PVBP^{cs}(\text{actif})}{PVBP^{VA}(\text{passif})} \cdot VA \right) \\
 &= \text{impact_passif} \left(\frac{PVBP^{cs}(\text{actif})}{PVBP^{VA}(\text{passif})} \cdot VA \right)
 \end{aligned}$$

Avec cette approche le VA est considéré pour les actifs comme un ajustement uniforme du spread de crédit, lequel reflète en moyenne la portion des spreads observés qui est destinée à être diminué par le VA. Pour le passif, le VA habituelle est calculée sous le niveau CS donné à la date de calcul. Seulement la courbe de taux sans risque RFR est ajustée par le VA.

Remarque

Le code CIC sont les codes qui permettent d'identifier le type d'actif (obligation, action, OPCVM...). Pour cette option, l'EIOPA fixe le code CIC des actifs à revenu fixe qui seront retenu (tableau en annexe).

3.5 Option 5 : Ajustement prenant en compte l'illiquidité du passif

Dans la méthode actuelle, le VA est commun à toutes les compagnies d'assureurs et indépendant des caractéristiques de leurs passifs (manquement 2). Le VA est aussi défini comme une prime d'illiquidité. Elle doit dépendre des caractéristiques d'illiquidité du passif de chaque assureur qui l'utilise. Le but de cette option est donc de calculer un VA qui prendra en compte les caractéristiques d'illiquidité du passif de l'assureur. L'illiquidité du portefeuille du passif de l'assureur est mesuré par un ratio $AR_{i,c}^{Option5}$. L'EIOPA a développé deux approches pour calculer ce ratio.

3.5.1 Approche A : Part des engagements spécifiques à l'entreprise sur la base des flux stressés

Pour cette approche le ratio de la part d'illiquidité propre à l'entreprise est basé sur les flux stressés. L'idée de cette approche est que si les flux de trésorerie de passifs sont assez stables et prévisibles alors ceux-ci peuvent être considérés comme illiquides. Il est alors possible d'investir le même montant de flux de trésorerie dans les actifs illiquides avec les mêmes horizons temporels pour couvrir ces flux de passifs. De ce concept découle que les flux de trésorerie avant et après le stress définissent une part de passif prévisible. Cette approche est aussi bien applicable en vie qu'en non-vie avec des flux stressés différemment. Les scénarios considérés en vie sont la

mortalité, la hausse de rachat et le rachat de mass. Par contre en non vie le scénario rachat de mass, le risque catastrophe et le risque de réserve sont considérés.

Le calcul du ratio dans cette approche nécessite de calculer l'illiquidité du passif. Dans cette optique, le *Best Estimate* est d'abord évalué avec la courbe de taux sans risque comme la somme actualisé des flux de trésorerie projetés à un horizon donné supérieur à 40 ans pour différents scénarios. Pour chaque année est évalué les fonds disponible ($AvailableFund_{i,t}$) avec la formule suivante :

$$AvailableFund_{i,t} = AvailableFund_{i,t-1} \cdot (1 + taux_t) - flux_{i,t}$$

Où

- i est les différents scénarios
- $taux_t$ est le taux sans risque sans VA à une année t

En $t = 0$ les fonds disponibles à l'instant initiale sont égaux au *Best Estimate* et le taux utilisé est le taux sans risque sans VA.

Pour ces flux de fonds disponibles au fil du temps, la valeur minimal *MinAvailable* retenue pour chaque année de projection sur les différents scénarios est déterminé par :

$$MinAvailable_{t>0} = \min_i \{ AvailableFund_{i,t-1} * (1 + taux_t) \}$$

L'illiquidité à un instant t est définie comme :

$$Illiquidite_t = MinAvailable_t - MinAvailable_{t+1} / (1 + taux_t)$$

L'illiquidité du portefeuille du passif est définie comme :

$$Illiquidite = \sum_t \frac{Illiquidite_t}{(1 + r)^t}$$

Dans cette approche, le VA spécifique à l'illiquidité du passif de l'entreprise devient :

$$VA_{i,c}^{Option5} = GAR \cdot AR_{i,c}^{Option5} \cdot RC_{-}S_{i,c}$$

le ratio $AR_{i,c}^{Option5}$ pour cet approche est :

$$AR_{i,c}^{Option5} = \min \left(\frac{PVBP^{CF}(ILL_{i,c})}{PVBP^{CF}(BEL_{i,c})}; 1 \right)$$

où :

- $PVBP^{CF}(BEL_{i,c})$ est la valeur du prix d'un point de base du *Best Estimate* des flux de l'entreprise i dans une devise c
- $PVBP^{CF}(ILL_{i,c})$ est le prix d'un point de base de l'illiquidité du passif de l'entreprise i dans une devise c

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

Le prix d'un point de base est calculé comme :

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

où

- RFR est le taux sans risque
- $BEL_{i,c}^{CF,RFR}$ est le *Best Estimate*, calculé en actualisant les flux sous le taux sans risque et le taux sans risque augmenté de 1 bps. Il y a pas de réévaluation des flux lors du calcul du Best Estimate avec le taux sans risque augmenté de 1 bp.

Calcul de PVBP($ILL_{i,c}$)

Le prix d'un point de base de l'illiquidité du passif de l'entreprise i dans une devise c est calculé comme la différence entre la valeur de l'illiquidité les flux avant et après une augmentation de 1 bp sur la courbe des taux sans risque. D'où :

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

Calcul du spread corrigé du risque de crédit $RC_{S_{i,c}}$

Le spread corrigé du risque $RC_{S_{i,c}}$ des investissements à revenu fixe de l'entreprise i peut être calculé en utilisant le VA actuel comme dans l'option 4 ou en utilisant le VA spécifique à l'entreprise sous l'option 1

3.5.2 Approulé B : Répartition des passifs selon des critères spécifiques

L'idée de cette approche est de classer les passifs par catégories d'illiquidité : très forte illiquidité, illiquidité intermédiaire et faible illiquidité.

Catégorie I : Forte illiquidité

Les engagements des assureurs qui sont classés en catégorie I sont les engagements qui sont très illiquides. Les critères pour être classé dans cette catégorie sont :

- Pas d'option de rachat et de suppression de contrat. Dans le cas ou y a une option de rachat ou de suppression de contrat, l'exercice de celui-ci ne peut pas entraîner une perte des fonds propres pour l'assureur.
- Faible impact du risque de mortalité sur le *Best Estimate* (moins de 5%)

Comme exemple de contrat rentant dans cette catégorie : rente en phase de paiement, assurance d'invalidité...

Catégorie II : illiquidité intermédiaire

Les engagements de l'assureur classés en catégorie II sont les engagements qui ont un niveau d'illiquidité intermédiaire et les critères pour être classé dans cette catégorie sont :

- Moins de risque de mortalité et de risque de catastrophe naturelle
- Risque de rachat limité notamment avec les mesures dissuasives de rachat .
Comme exemple il y a les pensions subventionnées par l'Etat.

Catégorie III : faible illiquidité

les contrats classés en catégorie III sont les contrats à faible illiquidité. Ici cela représente les contrats qui ne tombent pas dans la catégorie I et II.

Calcul du ratio 5

Le ratio 5 sous cette approche est donc définie comme :

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

où

- BE_I , BE_{II} et BE_{III} sont les *Best Estimate* des catégories I, II et III
- Les ratios $AR_{5,I}$ (100 %), $AR_{5,II}$ (75 %) et $AR_{5,III}$ (60 %) sont des facteurs constants associés aux catégories I, II et III.

3.6 Option 6 : Calcul de la correction du risque

Cette option vise à changer la méthodologie de calcul de la correction du risque. Actuellement, l'article 51 du règlement délégué recommande de calculer la correction du risque de la même manière que le spread fondamental. Elle est calculée en fonction de la probabilité de défaut PD, de la perte attendu résultante de la dégradation des actifs (COD) et de la moyenne du spread à long terme (LTAS) (page 12). Par contre cette option propose un calcul de la correction du risque basé simplement sur le spread.

Calcul de la correction du risque

Sous cette option, la correction du risque est calculée comme :

$$RC = \max(RC\% \cdot S_c; 0)$$

Où $RC\%$ est un pourcentage fixe et S_c est le spread basé sur le portefeuille représentatif ou le portefeuille d'une entreprise.

Une distinction est effectuée entre les obligations d'Etat de l'Union Européenne et les obligations d'entreprise dans le calcul de la correction du risque.

Pour les obligations d'état de l'union Européen la correction du risque est calculée comme :

$$RC_{gov} = \max(RC_{gov}\% \cdot S_{c,gov}; 0)$$

Où $RC_{gov}\%$ est fixé à 30% et $S_{c,gov}$ est le spread d'obligations d'Etat de l'union Européenne.

La correction du risque des obligations hors Unions Européenne et d'entreprise se calcul de la même manière

$$RC_{corp} = \max(RC_{corp}\% \cdot S_c; 0)$$

En ce qui concerne $RC_{corp}\%$ plusieurs études académiques ont été effectuées pour déterminer une valeur. Au final ce facteur sera fixé à 50 %.

La VA spécifique à l'entreprise i sous cette option est :

$$VA_{i,c}^{Option6} = GAR \cdot RC_{i,c}^{Option6}$$

où

- GAR est le ratio généralement appliqué, présentement à 65%
- $RC_{i,c}^{Option6}$ est la moyenne du spread corrigé du risque pour les investissements à revenu fixe dans un portefeuille de référence ou un portefeuille spécifique à l'entreprise

3.7 Option 7 : Modification du déclenchement de la VA pays

Cette option vient atténuer l'effet de falaise associé au déclenchement au VA pays. Le principe de déclenchement du VA pays reste valide sauf que la condition de déclenchement et la formule du VA pays changent.

Le VA pays était déclenché lorsque le spread corrigé du risque pays dépassait 100 bps avant 2020 ensuite 85 bps depuis 2020. La formule du VA pays est :

$$VA_{pays,c} = 65\% (\max(RC_S_{Actuel,c} - 2 * RC_S_{pays,c}, 0))$$

Sous cette option la formule du VA pays est :

$$VA_{pays,c} = GAR . w_{pays,c} . \max(RC_S_c - R . RC_S_{pays,c}; 0)$$

Où

$w_{pays,c}$ est une correction du spread corrigé du risque applicable dans un pays pour une devise c. Cela dépend du niveau absolu du spread corrigé du pays RC_S_{PAYs} . Il est conçu pour assurer progressivement et régulièrement la composante nationale. Ce qui permet d'atténuer l'effet de falaise.

Il est calculé comme :

$$w = \begin{cases} 0 & \text{si } RC_S_{pays} \leq RC_S_{pays}^L \\ \frac{RC_S_{pays} - RC_S_{pays}^L}{RC_S_{pays}^H - RC_S_{pays}^L} & \text{si } RC_S_{pays}^L < RC_S_{pays} \leq RC_S_{pays}^H \\ 1 & \text{si } RC_S_{pays} > RC_S_{pays}^H \end{cases}$$

Où $RC_S_{pays}^L$ et $RC_S_{pays}^H$ ont été calibré sur la base des données historiques et sont respectivement égales à 60 bps et 90 bps.

R est un seuil relatif et est calibré de manière à garantir que les crises nationales spécifiques sont correctement reconnues. Il a été calibré sur la base des données historiques à 1,3.

3.8 Option 8 distinction du VA permanente et du VA crise

Sous cette option le VA est divisé en deux parties, un VA permanent et une VA macroéconomique. Le VA_{pays} actuel est donc remplacé par le VA macroéconomique. Ces deux VA ont des objectifs précis :

- Le VA permanent reflète l'illiquidité du portefeuille et son implication dans les décisions d'investissement
- Le VA macroéconomique existe seulement durant les crises qui affectent la valeur des obligations, donc quand les spreads sont grands. Le VA macroéconomique diminue les effets temporaires de l'exagération des spreads des obligations, et contribue à éviter la procyclicité des investissements des entreprises.

Il existe deux approches pour calculer le VA macroéconomique :

Methode 1 : Calcul basé sur le spread corrigé du risque

Le VA macroéconomique est déclenché quand le niveau actuel du spread obligataire dans le marché national dépasse la moyenne d'un certain montant.

Le VA macroéconomique pour cette approche se calcul comme :

$$VA_{i,c}^{macro} = GAR . AR_{i,c}^{macro} . \max(RC_S_{JUR_i} - RC_S_{JUR_i}^n - corridor; 0)$$

où

- $AR_{i,c}^{macro}$ est un ratio applicable à l'entreprise i dans une devise c
- $RC_{S_{JUR_i}}$ est le spread corrigé du risque de crédit pour le pays donc dépend l'entreprise i
- $RC_{S_{JUR_i}^n}$ est la moyenne du spread corrigé du risque de crédit sur n mois pour le pays donc dépend l'entreprise i
- *corridor* est le seuil d'activation de la VA macroéconomique.

Le ratio macroéconomique $AR_{i,c}^{macro}$ est calculer comme :

$$AR_c^{macro} = 1 - factor_{IL} - \frac{RC_{S_{JUR}}}{S_{JUR}}$$

Où

- $factor_{IL}$ est la part du spread qui peut être allouée aux investissements pour les engagements illiquides
- S_{JUR} est le spread du pays dont dépend l'entreprise

Méthode 2 : Calcul basé sur l'entièreté du spread

Sous cette approche le VA macro-économique est calculé en fonction du spread pays en entier et non le spread corrigé du risque de crédit d'où la formule :

$$VA_{i,c}^{macro} = GAR \cdot AR_{i,c}^{macro} \cdot \max(S_{JUR_i} - S_{JUR_i}^n - corridor; 0)$$

Où

- $AR_{i,c}^{macro}$ le ratio applicable à l'entreprise i dans une devise c
- S_{JUR_i} est le spread pour le pays dont dépend l'entreprise i
- $S_{JUR_i}^n$ est le spread moyen sur n mois pour le pays dont dépend l'entreprise i

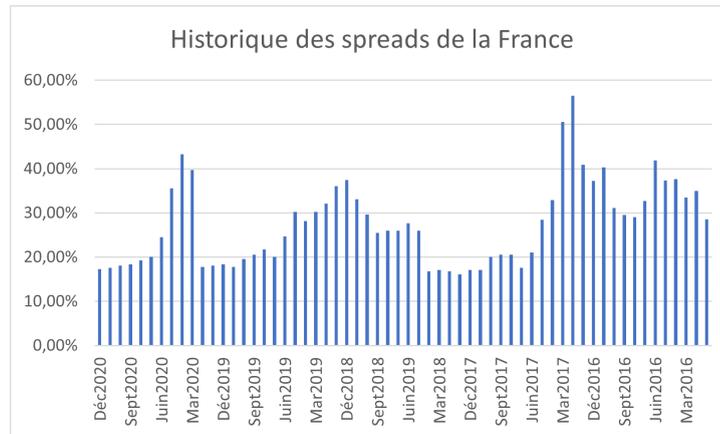


FIGURE 5 – Historique des spreads mensuel de la France

3.9 Combinaisons des options de calcul

Les différentes options développées dans la partie précédente répondent généralement à une déficience spécifique du calcul du VA actuel. Des combinaisons sont donc nécessaires pour mieux répondre aux manquements actuels du VA. Ainsi deux approches permettent de calculer le VA en combinant les options.

3.9.1 Approche 1 : combinaison des approches 4, 5, 6 et 8

Sous cette approche le VA est composé de deux composantes :

- Le VA permanent qui reflète la nature illiquide à long terme des flux de l'assureur et son implication sur les décisions d'investissement de l'entreprise et donc rassemble les options 4, 5 et 6
- Le VA macro qui devrait exister quand les spreads de marché sont grands, en particulier durant une crise financière qui affecte le marché des obligations. Il est calculé comme pour l'option 8

Calcul

Sous l'approche 1, le VA spécifique à l'entreprise i sous une devise c est calculé comme :

$$VA_{i,c}^{Approche1} = \begin{cases} \max(VA_{i,c}^{perm}; VA_{i,c}^{macro}) & \text{si } VA_{i,c}^{macro} \text{ est active} \\ VA_{i,c}^{perm} & \text{sinon} \end{cases}$$

Où $VA_{i,c}^{perm}$ et $VA_{i,c}^{macro}$ sont respectivement le VA permanent et macroéconomique. Le VA permanente se calcul comme :

$$VA_{i,c}^{perm} = GAR \cdot AR_{i,c}^{Approche1} \cdot RC_S_c$$

Où

- $AR_{i,c}^{Approche1}$ est le ratio applicable pour le VA permanent de l'entreprise i pour le passif sous une devise c .
- RC_S_c est la moyenne du spread corrigé du risque pour les investissements à revenu fixe, calculée sur la base du portefeuille de référence pour les investissements à revenu fixe dans une devise c

Le ratio $AR_{i,c}^{Approche1}$ est calculé comme :

$$AR_{i,c}^{Approche1} = \min(AR_{i,c}^{Option4}; AR_{i,c}^{Option5})$$

où

- $AR_{i,c}^{Option4}$ est le ratio applicable à l'entreprise i dans une devise c sous l'option 4
- $AR_{i,c}^{Option5}$ est le ratio applicable à l'entreprise i dans une devise c sous l'option 5

La moyenne du spread corrigé du risque est calculée comme :

$$RC_S_c = \frac{W_{c,gov} \cdot RC_S_{c,gov} + W_{c,corp} \cdot RC_S_{c,corp}}{W_{c,gov} + W_{c,corp}}$$

- $W_{c,gov}$ et $W_{c,corp}$ sont les poids des obligations d'Etat et d'entreprises dans le portefeuille de référence sous la devise c
- $RC_S_{c,gov}$ et $RC_S_{c,corp}$ sont les spreads corrigés du risque de crédit dans le portefeuille de référence sous la devise c . Les corrections du risque sont calculées comme sous l'option 6 c'est à dire 30 % du spread pour les obligations issues des gouvernements et 50 % du spread des obligations d'entreprise

Le VA macro-économique est la même que celle utilisée pour l'option 8 selon la deuxième méthode c'est à dire :

$$VA_{i,c}^{macro} = GAR \cdot AR_{i,c}^{macro} \cdot \max(S_{JUR_i} - S_{JUR_i}^n - corridor; 0)$$

Remarque

Cette approche n'est pas basée uniquement sur le portefeuille de l'assureur. Elle dépend des éléments extérieurs à l'entreprise à travers l'intervention du VA macro-économique et du spread corrigé du risque de crédit qui dépendent du marché national et du portefeuille de référence.

3.9.2 Approche 2 : Combinaison des options 1, 4 et 5

L'approche 2 combine les options 1, 4 et 5. Sous cette approche le VA dépend uniquement du portefeuille de l'entreprise, de ces allocations d'actifs à revenu fixe, des engagements illiquide du portefeuille de l'assureur. Cette combinaison permet d'atténuer l'impact d'une exagération du spread des obligations, de prendre en compte l'illiquidité du portefeuille de passif de l'assureur. Sous cette approche un VA macro-économique n'est pas nécessaire vu que le VA dépend déjà des investissements de l'entreprise. Donc en temps de crise, la valeur de marché des obligations de l'entreprise sera directement impactée.

Calcul

Sous cette approche le VA se calcule comme :

$$VA_{i,c}^{Approche2} = GAR \cdot AR_{i,c}^{Approche2} \cdot RC_S_{i,c}$$

Où

- $AR_{i,c}^{Approche2}$ est le ratio d'application à l'entreprise i dans une devise c sous l'approche 2
- $RC_S_{i,c}$ est le spread corrigé du risque, spécifique à l'entreprise i (celui de l'option 1)

Le ratio d'application sous l'approche 2 se calcule comme :

$$AR_{i,c}^{Approche2} = \min(AR_{i,c}^{Option4}; AR_{i,c}^{Option5})$$

Où

- $AR_{i,c}^{Option4}$ est le ratio d'application à l'entreprise i dans une devise c sous l'option 4
- $AR_{i,c}^{Option5}$ est le ratio d'application à l'entreprise i dans une devise c sous l'option 5

Synthèse

Dans cette première partie, nous nous sommes intéressés à la modification du calcul du VA. Nous avons présenté les 7 manquements du VA actuel et les 8 options d'amélioration. Finalement deux approches combinant ces options d'amélioration permettront de calculer le VA.

L'approche 1 n'est pas totalement spécifique à l'entreprise. En effet cette approche fait intervenir l'option 8 et donc un VA macroéconomique. Ce VA macroéconomique dépend de l'activité économique du pays ou exerce l'entité qui utilise le VA. En plus le spread corrigé du risque de crédit RC_S dans cette approche est celui du portefeuille de référence. En revanche cette approche prend en compte les caractéristique d'illiquidité du portefeuille.

L'approche 2 compte à elle est strictement spécifique à l'entreprise. En effet le VA est calculé en fonction du portefeuille d'actif et passif de la compagnie d'assurance. Nous pensons que l'approche 2 est a privilégié vu qu'elle est basé uniquement sur le portefeuille de l'organisme. Elle permettra donc une meilleure stabilisation des fonds propres dans le temps.

4 Application

Après avoir présenté la nouvelle approche du calcul du VA. Nous allons l'appliquer sur deux portefeuilles. Nous présenterons donc les portefeuilles, et le calcul du VA selon l'approche 2 en utilisant les deux approches permettant de mesurer l'illiquidité des engagements.

4.1 Présentation des portefeuilles d'actifs

Nous avons appliqué le nouveau calcul du VA sur deux portefeuilles donc la composition d'actif est la suivante :

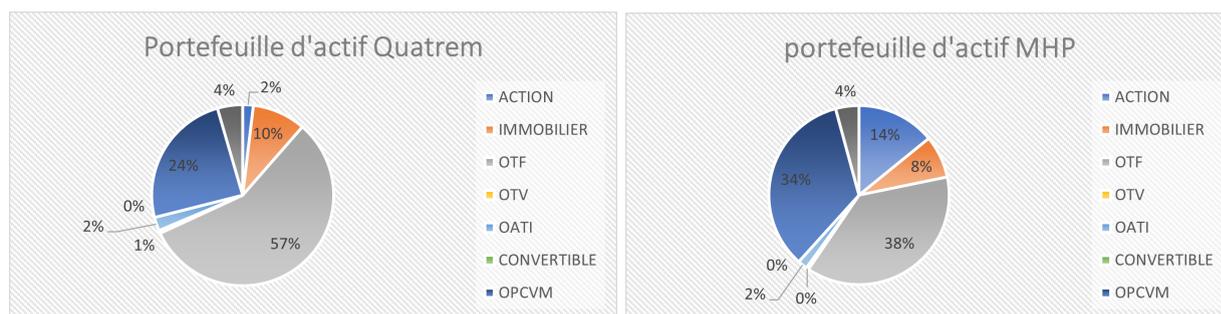


FIGURE 6 – Composition des portefeuilles d'actifs

Les deux portefeuilles ont majoritairement les obligations à taux fixe comme allocation d'actif. Ceci est dû au fait que les assureurs utilisent majoritairement les obligations à taux fixe pour couvrir leurs engagements de passifs.

Ci-dessous nous avons la répartition d'obligation des deux

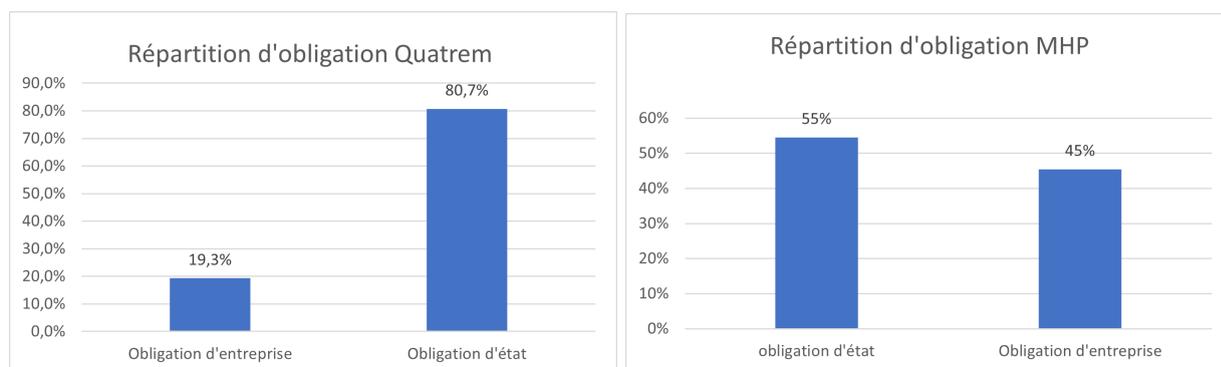


FIGURE 7 – Composition d'obligation

Quatrem investit majoritairement sur les obligations d'état par contre MHP, bien qu'en investissant plus sur les obligations d'état, a un investissement conséquent sur les obligations d'entreprises.

Maintenant voyons la répartition d'obligation en terme de notation.

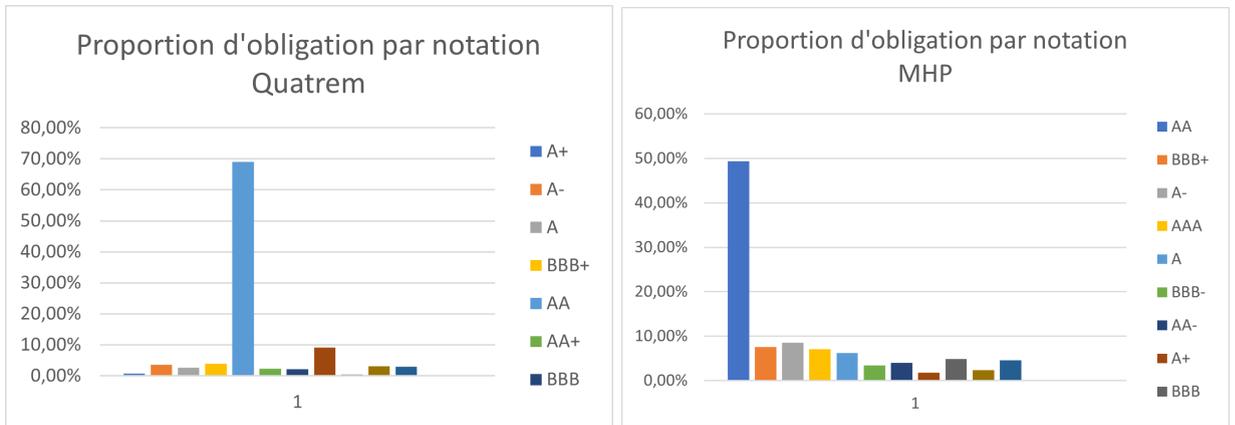


FIGURE 8 – Composition d'obligation par notation

Le graph ci-dessous permet de voir la répartition des obligations par notation au 31/12/2020. Pour les deux portefeuilles, les actifs sont relativement bien notés.

Pour Calculer le VA suivant l'option 1 nous avons regroupé les obligations par panier de durée. Les graphiques ci-dessous illustrent les groupes d'obligations.

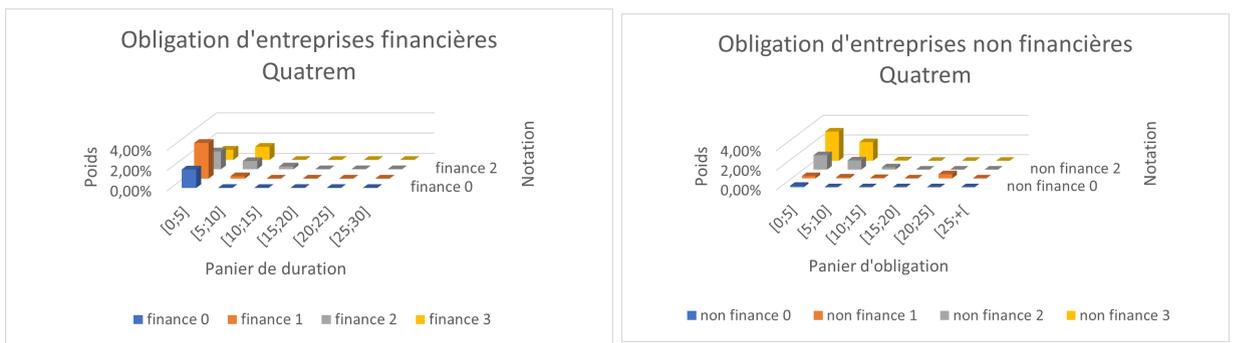


FIGURE 9 – Groupe d'obligation financière et non financière Quatrem

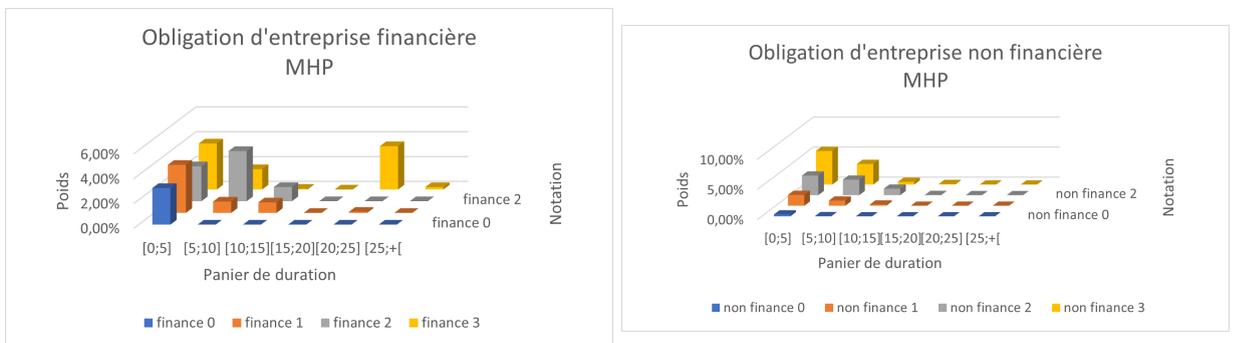


FIGURE 10 – Groupe d'obligation financière et non financière MHP

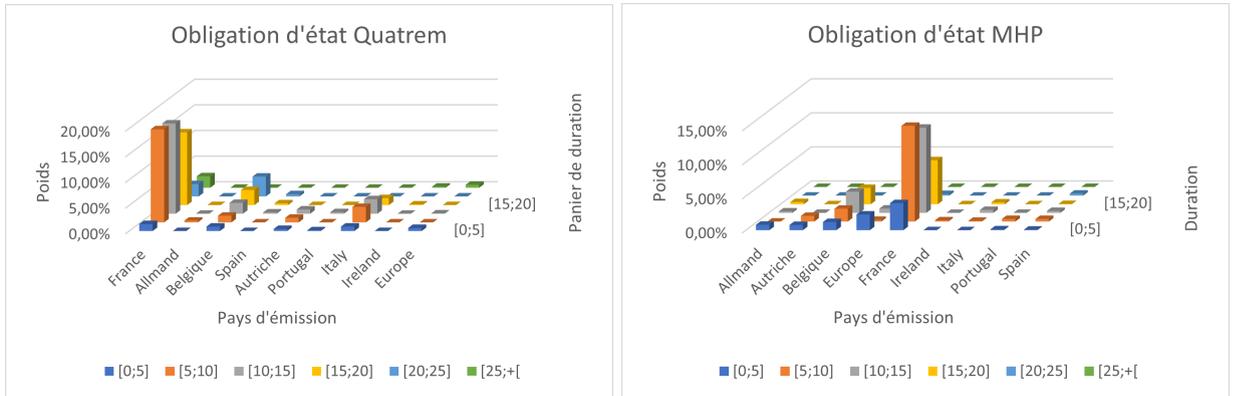


FIGURE 11 – Groupe d’obligation d’état

Les obligations émises par les entreprises financières des deux portefeuilles ont majoritairement une durée dans un intervalle de [0,5]. Pour les obligations d’état, une grande partie est issue du gouvernement français, ensuite la Belgique.

Nous nous intéressons maintenant à la répartition du spread moyen par pays pour les obligations d’état et par notation pour les obligations d’entreprises. Les graphiques suivants montrent cette répartition.

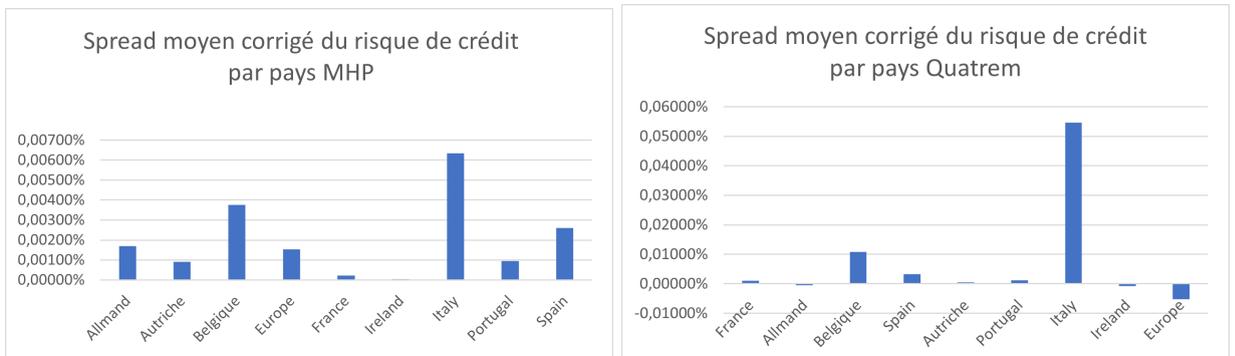


FIGURE 12 – Répartition du spread moyen par pays

Pour les deux portefeuilles, les obligations d’état émises par l’Italy et la Belgique sont les plus risqués.

Ci-dessous est représenté le spread moyen par notation. On remarque que pour les deux portefeuilles, les groupes d’obligations mal notées ont un plus grand spread. En revanche le groupe obligation d’entreprise "finance 1" issues des entreprises financières pour le portefeuille de MHP à un plus grand spread moyen corrigé du risque de crédit que le groupe "finance 2".

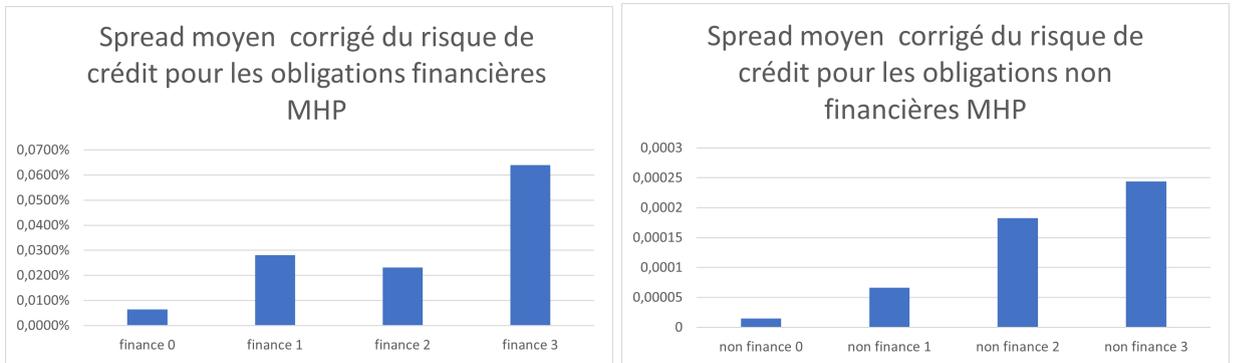


FIGURE 13 – Répartition du spread moyen par notation MHP

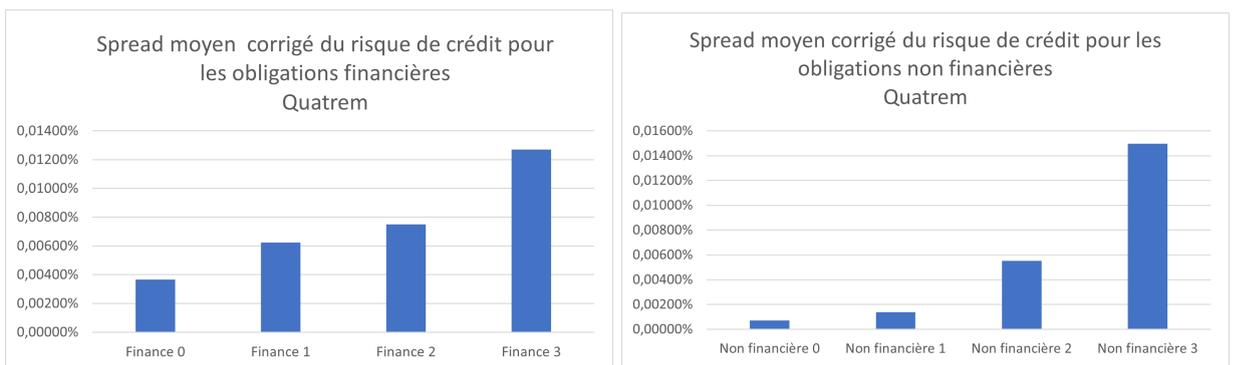


FIGURE 14 – Répartition du spread moyen par notation Quatrem

Quatrem		MHP	
RC_S_d'état	0,065%	RC_S_d'état	0,018%
RC_S_Financière	0,030%	RC_S_Financière	0,122%
RC_S_non-financière	0,023%	RC_S_non-financière	0,051%

TABLE 4 – Spread corrigé du risque de crédit

Selon option 1 la correction du risque du portefeuille de Quatrem est de 12 bps et celui de MHP est de 19 bps.

4.2 Valorisation d'actif

Un assureur après avoir encaissé les cotisations des assurés, investit sur plusieurs actifs. Ces actifs leurs permettent non seulement de couvrir leurs engagements de passif, mais aussi de se faire du bénéfice. Ces bénéfices seront en partie redistribués aux assurés. C'est la participation au bénéfice. Dans la partie précédente, nous avons présenté la composition d'actif de nos deux portefeuilles. Dans cette partie nous nous intéressons aux actifs à revenu fixe notamment les obligations.

La valeur de marché d'une obligation est calculée en actualisant les flux futurs au taux sans risque, et sans prendre en compte le risque de défaut. Elle est différente de la valeur de marché observée. En général, les obligations génèrent deux types de flux : coupon et valeur de remboursement (nominal). La formule suivante permet d'évaluer une obligation :

$$VM_{calculé} = \sum_{i=1}^T \frac{C_i}{(1+r_i)^i} + \frac{N}{((1+r_T)^T)}$$

Où

- T est la maturité de l'obligation
- r_i est le taux sans risque
- C_i est le coupon
- N le nominal

Le spread

Le spread ou encore marge pour risque, est la prime de risque sur le taux d'actualisation sans risque qui permet d'obtenir la valeur de marché :

$$VM = \sum_{i=1}^T \frac{Flux_i}{(1+r_i+spread)^i}$$

On peut également le voir comme la différence entre le taux de rendement de l'obligation et le taux sans risque.

Il permet de mesurer deux éléments :

- Le risque de défaut de l'émetteur, c'est à dire que l'émetteur se retrouve dans l'incapacité de payer le coupon ou le nominal
- Le risque d'illiquidité de l'obligation ; c'est à dire l'impossibilité du détenteur de vendre l'obligation sur les marchés

Univers de valorisation

Les actifs sont valorisés dans un univers risque-neutre. Un univers risque-neutre est un univers sans opportunité d'arbitrage dans lequel tous les agents économiques sont neutres face au risque. C'est à dire qu'ils n'exigent pas de compensation pour le risque pris. Dans un univers risque neutre, la rentabilité espérée est donc le taux sans risque. Pour que les actifs soient dans un univers risque neutre, deux traitements existent : la risque-neutralisation ou la projection des spreads et des défauts.

La risque neutralisation consiste à modifier le remboursement et/ou des coupons de telle manière à obtenir

$$VM = \sum_{i=1}^T \alpha * \frac{flux_i}{(1 + r_i)^i}$$

Où

- α est coefficient de risque neutralisation ou encore le coefficient d'ajustement des flux.
- $flux_i$ est coupon et/ou le nominal

Cela revient à considérer le spread nul.

Il y'a aussi la risque neutralisation par taux de spread

$$VM = \sum_{i=1}^T \frac{Flux}{(1 + r_i + spread)^i}$$

Si on convient de projeter spreads et défauts, de manière cohérente et on obtient la formule suivante :

$$VM = \sum_{i=1}^T \frac{flux_i * (1 - def_i)}{(1 + r_i + spread)^i}$$

Où

- def_i est la probabilité de défaut
- $flux_i$ est coupon et/ou le nominal

Dans cette modélisation le défaut est modélisé de façon prospective

Détermination du coefficient α

Le coefficient de risque neutralisation α se calcule à partir de la valeur de marche théorique (actualisation des flux futurs à partir de la courbe de taux sans risque) et de la valeur de marché observée. Son expression est :

$$\alpha = \frac{VM_{Observe}}{VM_{Thorique}}$$

Exemple illustratif

On considère une obligation de maturité 10 ans qui verse un coupon annuel de 5€, rembourse 100€ à échéance et la valeur de marché est de 150€. La valeur de marché théorique est :

$$VM_{thorique} = \sum_{i=1}^{10} \frac{5}{(1+r_i)^i} + \frac{100}{(1+r_{10})^{10}} = 155$$

D'où le coefficient d'ajustement est :

$$\alpha = \frac{150}{155} = 0.97$$

La valeur de marché après risque neutralisation est :

$$VM_{RN} = \sum_{i=1}^{10} \frac{4.85}{(1+r_i)^i} + \frac{145.5}{(1+r_{10})^{10}} = 155.35$$

La détermination du coefficient de risque neutralisation nécessite donc de repricer l'obligation à la date de calcul. Généralement les calculs sont effectués entre deux maturités. Nous avons pour cela choisi une interpolation linéaire entre :

- r_{inf} le taux de la maturité précédente
- r_{sup} Le taux de la maturité suivante

Le taux interpolé se calcul donc de la façon suivante :

$$r_i = r_{inf} * \frac{(365.25 - t)}{365.25} + r_{sup} * \frac{t}{365.25}$$

Avec t la période en jour entre le début d'année et la date de calcul.

Valeur de marché avec une sensibilité de taux

Le calcul du VA suivant l'option 4 nécessite de faire une sensibilité sur la valeur de marché. Nous avons développé un outil sur Excel-VBA pour calculer la valeur de marché avec une sensibilité sur le taux. Elle se calcul comme :

$$VM(tx) = \alpha * \sum_{i=1}^T \frac{Flux_i}{(1+tax_i)^i}$$

Où

- tax_i est le taux choqué
- α est le coefficient de risque neutralisation
- $Flux_i$ est le coupon et/ou le nominal

Le taux choqué se calcul à partir de la courbe de taux sans risque sans VA à laquelle on ajoute un choc $65\% * RC_S$ jusqu'au LLP (20 ans). Ensuite une extrapolation est faite avec la méthode Smith Wilson pour avoir le taux au delà du LLP. Pour ce mémoire nous avons calculé les chocs avec le portefeuille d'actif des deux entités. Pour le calcul des corrections du risque RC, nous avons utilisé l'approche développée dans l'option 6.

Choc taux Quatrem	0.031%
Choc de taux MHP	0.051%

TABLE 5 – Choc de taux

Taux sensi option 4

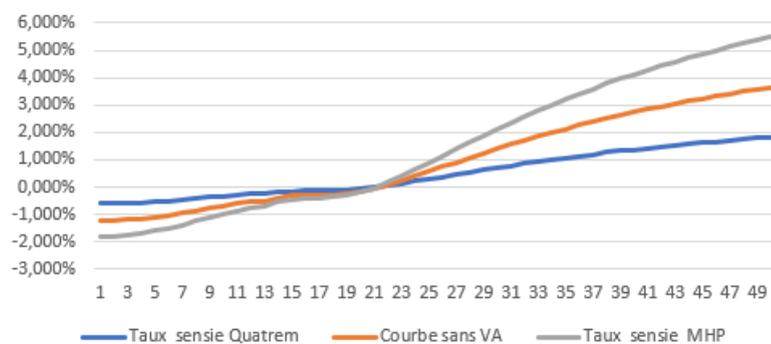


FIGURE 15 – Courbes des taux option 4

	VM	VM_choqué	Ecart
Quatrem	5 282 971 854,96	5 228 882 402,19	1,02%
MHP	5 833 403 274,19	5 799 008 763,50	0,59%

TABLE 6 – Sensibilité de la valeur de marché des obligations

4.3 Valorisation du passif

4.3.1 Le Best estimate

Le Best Estimate désigne la valorisation économique des engagements de l'assureur envers l'assuré. Ces engagements prennent en compte l'évaluation des options et garanties proposées par l'assureur dans ses contrats : rémunération minimale de l'épargne, rachat, arbitrages...).

Il se calcul comme somme actualisée des flux de trésoreries :

$$BEL = \sum_{i=1}^N \frac{flux_i}{(1+r_i)^i}$$

où

$$flux_i = prestation_i + frais_i + commission_i - cotisation_i$$

Le calcul de Best Estimate nécessite donc de projeter les flux de trésorerie futur. Le taux d'actualisation est la courbe de taux sans risque avec et sans VA fournie mensuellement par L'EIOPA.

Le Best Estimate pour les contrats en vie diffèrent du Best Estimate des contrats en Non-Vie. La différence au niveau de la participation au bénéfice et de l'option de rachat de contrat des contrats en vie. Donc le Best Estimate pour les contrats en vie s'exprime comme :

$$BEL = BEG + FDB$$

- BEG (Best Estimate Garanti) qui correspond aux flux issus des projections au TMG
- FDB (Future Discretiary Benefits) correspond à la participation au bénéfice futur.

Alors le Best estimate pour les contrats en vie s'exprime comme :

$$BEL = E\left(\sum_{i=1}^{\infty} \frac{PM_{i-1} * Tx_{rachat} * (1 + TMG + (90\% * R_i - TMG)_+)}{(1+r_i)^i}\right)$$

Où

- PM_{i-1} est la provision mathématique l'année précédente
- Tx_{rachat} est le taux de rachat
- R_i est le rendement des actifs
- 90% est la part minimum de distribution du bénéfice des assureurs vie aux assurés

En developpant l'expression précédente on aboutie à :

$$BEL = BEL_{det} + E\left(\sum_{i=1}^{\infty} \frac{PM_{i-1} * Tx_{rachat} * 90\% * (R_i - \frac{TMG}{90\%})_+}{(1+r_i)^i}\right)$$

La FDB s'exprime donc comme :

$$FDB = E\left(\sum_{i=1}^{\infty} \frac{PM_{i-1} * Tx_{rachat} * 90\% * (R_i - \frac{TMG}{90\%})_+}{(1 + r_i)^i}\right)$$

Pour calculer le Best Estimate en vie il faut donc estimer les rendements futurs de l'assureur, prendre en compte le rachat et la mortalité. Il y a donc une interaction entre le passif et l'actif. Généralement les assureurs utilisent la méthode de Monté Carlo pour évaluer le Best Estimate.

$$BE(t) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \sum_{u>t} \frac{Flux_{u,n}}{(1 + r_u)^u}$$

Où :

- N est le nombre de simulation
- $Flux_{u,n}$ les flux simulés

Les facteurs de calcul du Best Estimate

Pour évaluer le Best Estimate, les assureurs évaluent la progression de leurs engagements. La progression de leurs engagements dépend aussi de la progression des actifs vu l'interaction entre le passif et l'actif. C'est pour cette raison que les modèles ont été mis en place. Dans le cadre de nos travaux nous avons travaillé avec Prophet et Addatis Modelling. Ce sont ces logiciels qui nous ont permis de projeter les flux du passif. Les différents facteurs intervenant dans les modèles sont :

- Les générateurs des scénarios économiques (GSE)
 - Le taux d'intérêt
 - Le taux d'inflation
 - Le rendement des actions
 - Le rendement de l'immobilier
 - Le spread de crédit

- Les prestations
 - L'option de rachat
 - La garantie décès
 - L'option d'arbitrage
 - L'option de transfert
 - L'arrivée à maturité

- Les frais
 - Les frais de gestions
 - Les chargements impôts

- Les lois assurancielles et les règles comptables
- La politique de gestion de l'assureur
 - Le portefeuille d'actif à l'instant initiale
 - La politique d'investissement
 - La politique de distribution des bénéfices
 - La politique de lissage des fonds par divers provisions

4.3.2 La composition des portefeuilles de passif

Les produits de nos deux portefeuilles sont : Epargne, Retraite, la santé et la prévoyance.

Le tableau ci-dessous résume les produits en prévoyance santé.

Périmètre	Segment	Classification Solvabilité 2
Prévoyance	Rente Education	Vie (sans PB)
	Rente Conjoint	Vie (sans PB)
	Décès	Vie (sans PB)
	Maintien des garanties décès	Vie (sans PB)
	Invalidité	Santé Similaire à la Vie (SLT)
	Invalidité en attente	Santé Similaire à la Non Vie (NSLT)
	Décès Accidentel	Santé Similaire à la Non Vie (NSLT)
	Incapacité	Santé Similaire à la Non Vie (NSLT)
Santé	Santé	Santé Similaire à la Non Vie (NSLT)
Dépendance	Dépendance	Santé Similaire à la Vie (SLT)

TABLE 7 – Les produits en prévoyance/santé

Option/garanties	Description
Garanties	Revalorisation des rentes (RC, RE, AT)
Garanties	Intérêts techniques des rentes en cas de décès (RC et RE)
Garanties	Participation aux bénéfices (contrats avec PE)
Options	Rachat

TABLE 8 – Option/Garantie en prévoyance

Les options et garanties des produits en épargne retraites sont résumés dans le tableau suivant.

Option/garanties	Description
Garanties	Taux minimums garantis bruts de chargements sur encours
	Taux techniques en phase de constitution
	Taux techniques en phase de restitution
	Garantie de table de mortalité
	Clauses de participation aux bénéfices contractuelle
Options	Réversion
	Choix de sortie en rente ou en capital
	Transfert

TABLE 9 – Option/Garantie des produits en Epargne/Retraite

4.3.3 Calcul de l'illiquidité du passif

Approche par scénario

Comme évoqué dans l'option 5, il y'a deux approches pour évaluer l'illiquidité des engagements de l'assureur envers les assurés. Les deux approches mesurent l'illiquidité en évaluant l'impact du rachat et la mortalité sur le portefeuille. Cette approche mesure l'illiquidité par les flux de passif aux scénarios : Central, hausse rachat, rachat de mass et hausse de la mortalité. Les niveaux de stress sont les mêmes que celles appliqués dans Solvabilité 2. Les flux de passif en Epargne retraite ont été projetés par l'outil Prophet. Ils sont projetés de façon stochastique et à un horizon de 50 ans. Les Flux de Prévoyance Santé sont projetés à l'aide du logiciel Addactis Modeling. Elles sont réalisées en fonctions des garanties soit au global à l'aide de cadence d'écoulement , soit en tête par tête. Les passifs sont projetés jusqu'à écoulement du portefeuille.

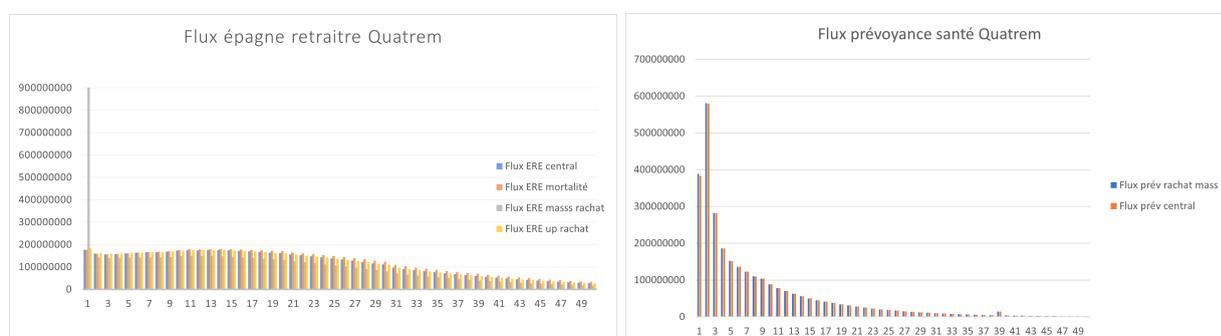


FIGURE 16 – Flux de passif Epargne Retraite et Prévoyance Santé Quatrem

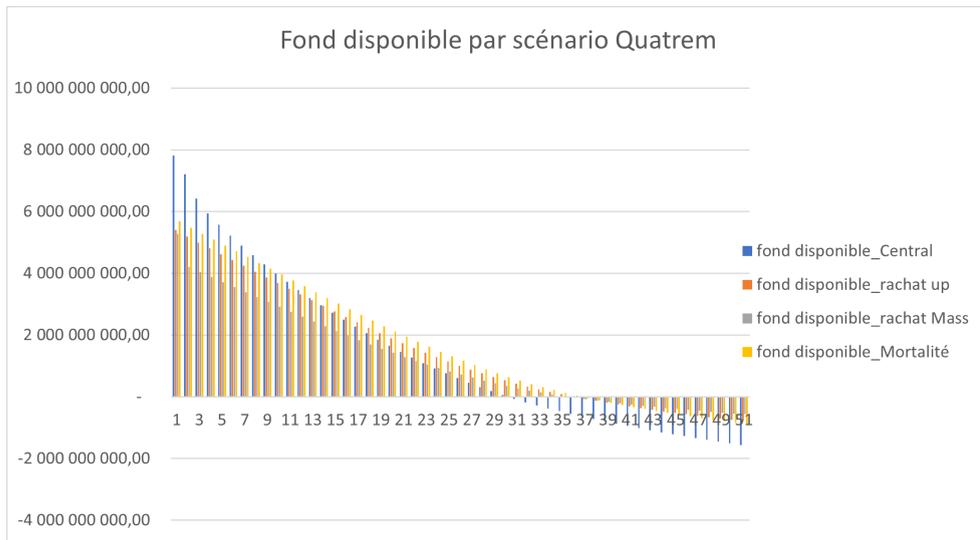


FIGURE 17 – Fond disponible par scénario pour Quatrem

Les flux d'illiquidité de passif sont représentés sur la figure ci-dessous.

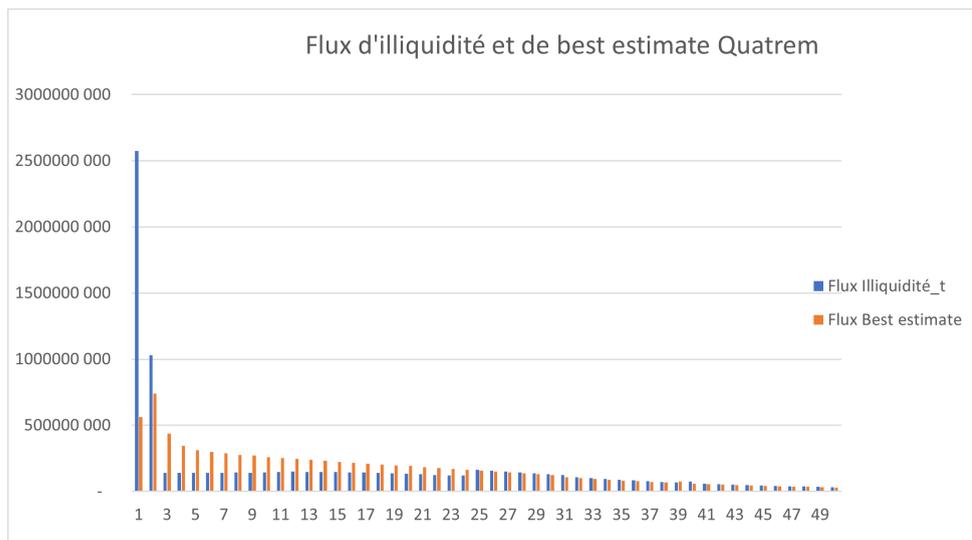


FIGURE 18 – Flux d'illiquidité et de Best estimate Quatrem

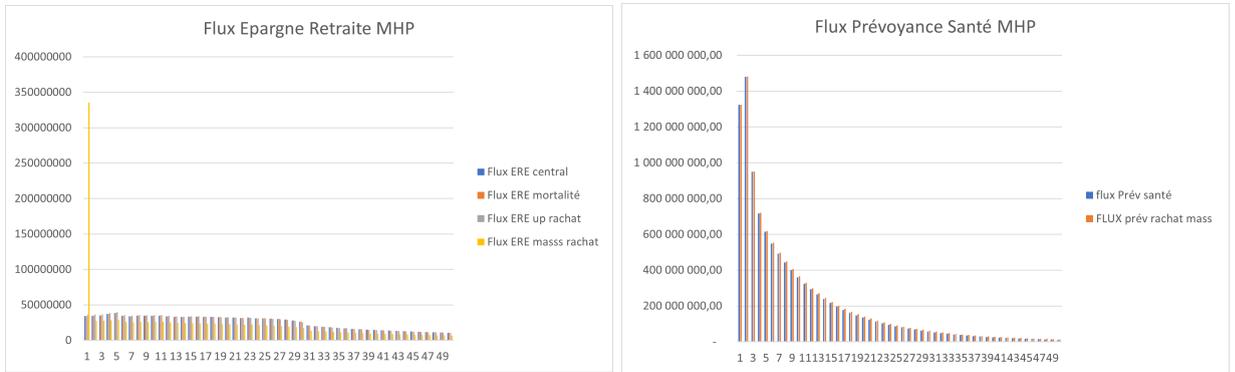


FIGURE 19 – Flux de passif Epargne Retraite et Prévoyance Santé MHP

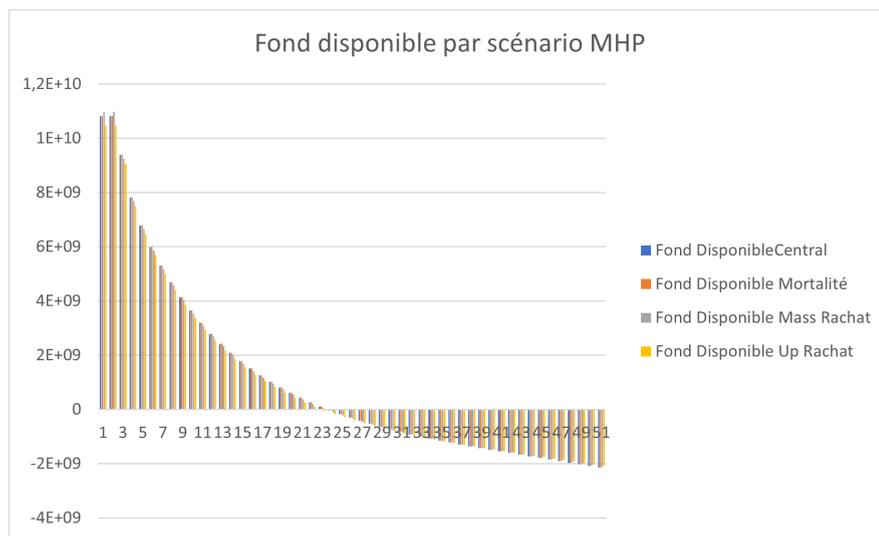


FIGURE 20 – Fond disponible par scénario pour MHP

Les flux d'illiquidité de passif sont représentés sur la figure ci-dessous.

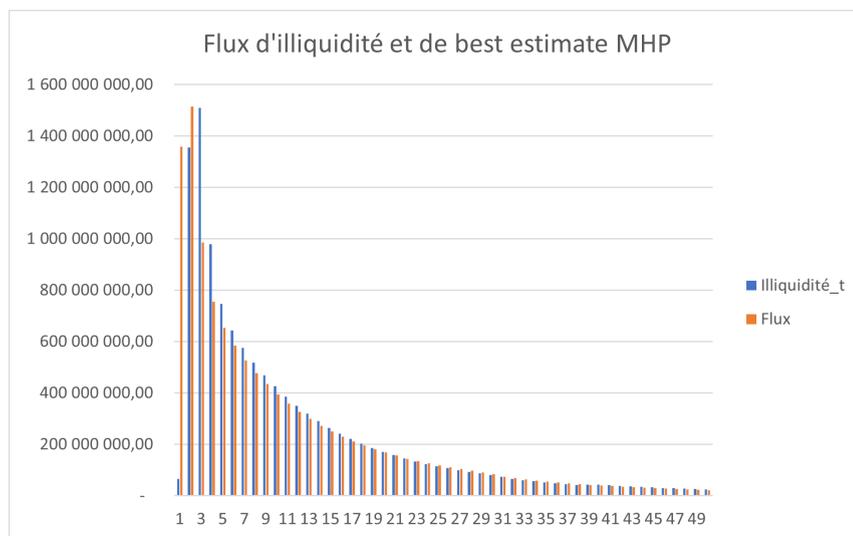


FIGURE 21 – Flux d'illiquidité et de Best estimate MHP

Pour évaluer l'illiquidité selon cette approche, EIOPA recommande d'évaluer l'impact sur l'illiquidité et le Best Estimate d'un choc de 1 bp sur la courbe des taux d'intérêts sans risque et sans VA.

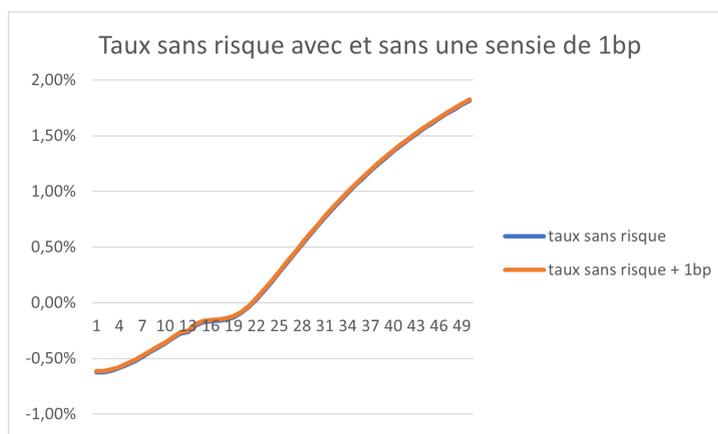


FIGURE 22 – Taux avec et sans un choc de 1 bp

	Quatrem		
	Taux sans risque	Taux sans risque + 1bp	Ecart
Illiquidité	8 149 096 844	8 143 152 814	5 944 030
Best estimate	7 816 741 423	7 805 048 645	11 692 778

TABLE 10 – Best estimate et illiquidité du passif Quatrem

	MHP		
	Taux sans risque	Taux sans risque + 1bp	Ecart
Illiquidité	11 428 416 101	11 421 729 640	6 686 460
Best estimate	10 814 116 156	10 802 121 602	11 994 554

TABLE 11 – Best estimate et illiquidité du passif MHP

Le calcul du Best estimate et de l'illiquidité du passif, avant et après le choc de taux ont été calculé avec les mêmes flux d'illiquidité et de Best estimate.

	Quatrem	MHP
AR_5	51%	56%

TABLE 12 – Ratio d'illiquidité des passifs

Selon l'approche par scénario le portefeuille du passif de MHP est plus illiquide que celle de Quatrem.

Approche par caractéristique du passif

Comme évoqué dans l'option 5, cette approche mesure l'illiquidité du passif en faisant un regroupement par niveau de sensibilité à la hausse de rachat et mortalité.

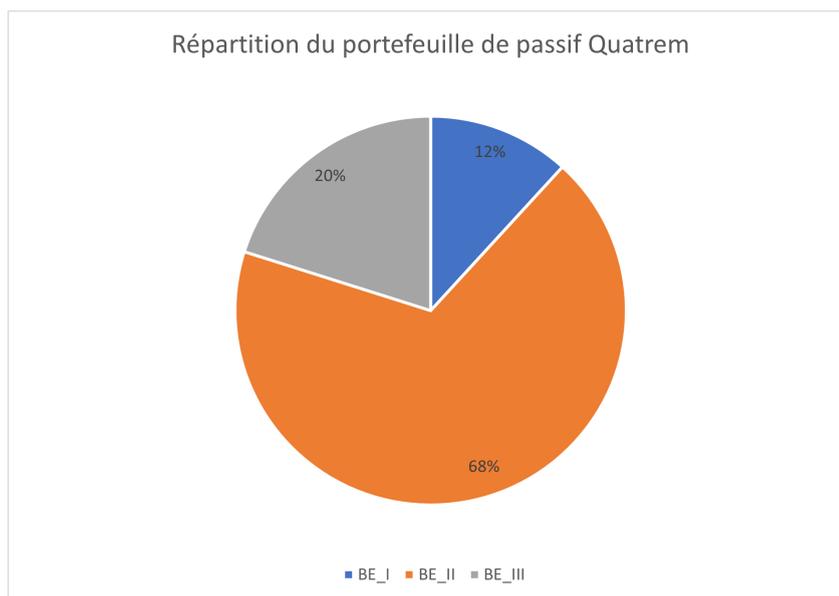


FIGURE 23 – répartition du portefeuille passif Quatrem

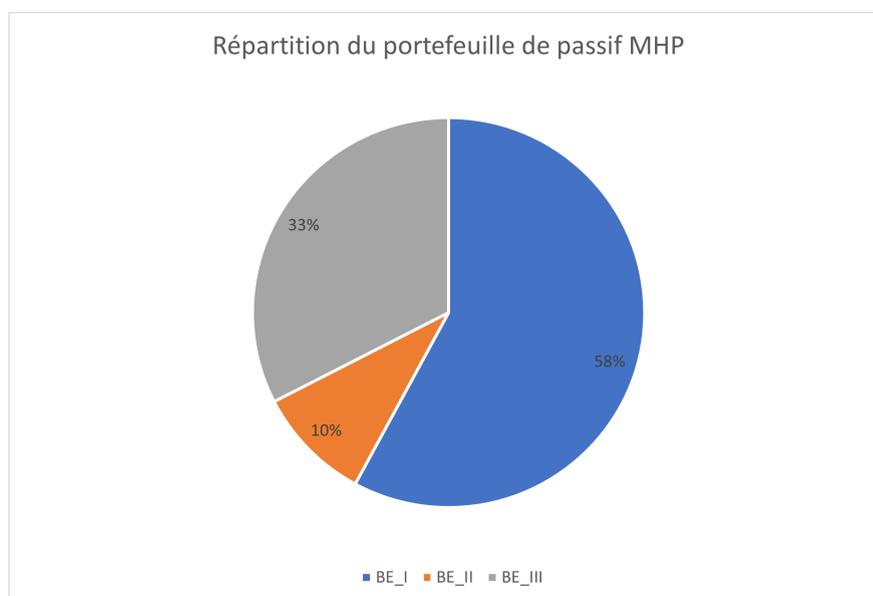


FIGURE 24 – répartition du portefeuille passif MHP

Selon cette approche, le portefeuille MHP est majoritairement composé des engagements moins impactés par le rachat et la mortalité. Alors que les engagements de Quatrem sont majoritairement dans la 2^{ième} catégorie.

	Quatrem	MHP
AR_5	74,9%	84,6%

TABLE 13 – Ratio d’illiquidité approche 2

Le niveau d’illiquidité est largement différent suivant la méthode utilisée. Nous calculerons donc la VA avec ces deux approches.

4.4 Synthèse

Au vu de la différence entre l’illiquidité des engagements suivants les deux approches développées, nous avons considéré deux VA suivant l’approche 2 (approche combinant les options). Nous n’avons pas calculé la VA suivant l’approche 1 vu que nous ne possédons pas de licence pour récupérer les données financières nécessaire pour calculer le spread moyen corrigé du risque de crédit. Les calculs ont été effectués au 31/12/2020.

	QUATREM	MHP
RC_S	0,12%	0,19%
AR4	63,95%	63,95%
AR5	51%	56%
AG	65%	65%
VA51	0,039%	0,069%

TABLE 14 – VA avec l’illiquidité suivant l’approche 1

	QUATREM	MHP
RC_S	0,12%	0,19%
AR4	63,95%	63,95%
AR5	74,93%	84,59%
AG	65%	65%
VA52	0,05%	0,08%

TABLE 15 – VA avec l’illiquidité suivant l’approche 2

Le VA de MHP suivant la première approche de l’illiquidité est sensiblement égale au VA de EIOPA au 31/12/2020. En revanche le VA suivant la deuxième approche de l’illiquidité est supérieure au VA de EIOPA au 31/12/2020. Pour Quatrem le VA spécifique au portefeuille est inférieur au VA de l’EIOPA quelque soit l’approche utilisée pour l’illiquidité.

Quatrem

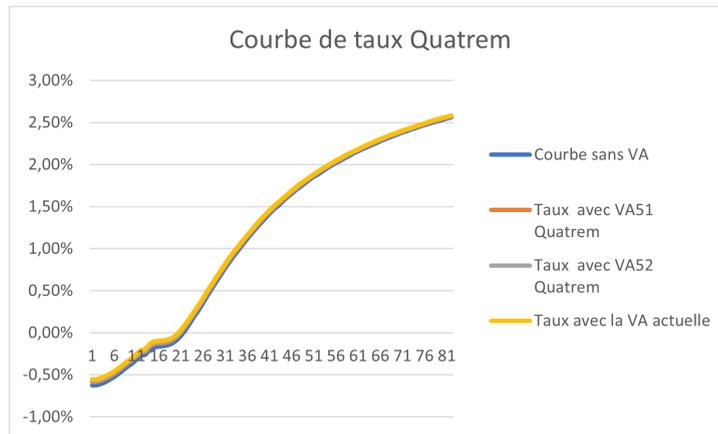


FIGURE 25 – Courbes de taux Quatrem

Pour projeter le VA, nous avons utilisé la méthode de Smith-Wilson. Ci-dessous le prix-zéro coupon



FIGURE 26 – Prix zéro-coupon (Quatrem)

alpha_optimisé_VA51	0,13468
alpha_optimisé_VA52	0,13636

TABLE 16 – Alpha optimisé

MHP

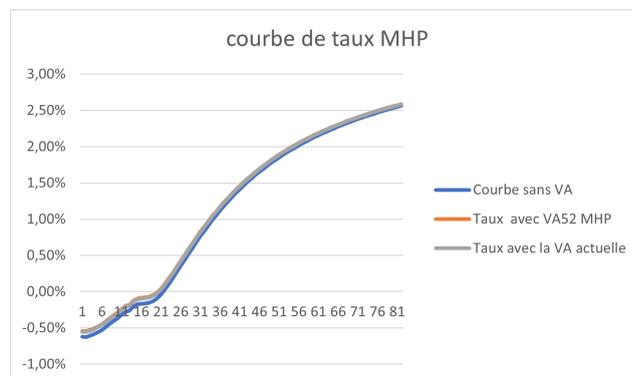


FIGURE 27 – courbe de taux MHP



FIGURE 28 – Prix zéro coupon MHP

La valeur optimale d'alpha est de 0,136187.

5 Impacts sur la Solvabilité

Dans la partie précédente nous avons calculé le VA spécifique à deux entreprises. Le but de cette partie est de montrer son impact sur la solvabilité de ces entreprises. Dans un premier temps nous allons présenter le principe général de solvabilité 1 et 2. Ensuite nous montrerons les impacts du changement du VA sur le niveau de Solvabilité de ces deux entreprises.

5.1 Solvabilité 1 vers Solvabilité 2

L'activité des assurances est différente de celle des entreprises classiques. Cette différence est au niveau du cycle de production qui est inversé chez les assureurs. C'est dans cette optique que des normes comptables spécifiques aux assureurs ont été mises en place. La norme solvabilité 1 s'inscrit dans ce registre. Elle avait pour but de s'assurer que les sociétés d'assurance aient la capacité de rembourser à tout moment leurs engagements. La norme imposait donc aux sociétés d'assurance de respecter certains critères afin de s'assurer de leur bonne santé économique. Ces critères sont :

- Avoir des actifs en quantité suffisante et de qualité
- Avoir des provisions techniques suffisantes afin de rembourser leurs dettes
- Avoir un montant de fonds propres minimum, nommé marge de solvabilité, dans le but de subvenir aux événements imprévus

Cette norme a été remise en question du fait de certains manquements :

- Les actifs sont comptabilisés en valeur comptable et donc ne représentent pas leur valeur réelle sur le marché.
- La marge de solvabilité exigée est proportionnelle aux engagements de l'assureur. Elle ne prend pas en compte les interactions entre le passif et l'actif.
- L'exigence de marge sous Solvabilité 1 ne prend pas en compte le risque de marché.

Dans ce contexte que Solvabilité 2 est rentrée en vigueur en janvier 2016. Elle est une norme homogène au sein des pays membres de l'union Européen. Cette norme prend en compte les risques auxquels sont soumis les sociétés d'assurance et permet de rassurer les assurés sur la solvabilité des sociétés d'assurances qui les assurent.

5.2 Solvabilité 2

La norme Solvabilité 2 se décompose en trois piliers :

- **Pilier I** porte sur les exigences quantitatives
- **Pilier II** porte sur les exigences qualitatives et aussi quantitatives
- **Pilier III** porte sur les exigences d'information auprès du public et de l'autorité de contrôle **ACPR** pour la France

5.2.1 Pilier I

Le pilier I regroupe l'ensemble des exigences prudentielles et financières. Les actifs sont valorisés en valeur de marché et le passif est composé des fonds propres et des provisions techniques.

Les provisions techniques

Les provisions techniques sous Solvabilité 2 sont mesurées de manière prudente et en cohérence avec le marché. Elle représente la valeur des engagements d'une compagnie d'assurance. Elles sont composées du **Best Estimate** et de la **la marge pour risque**.

- Le Best Estimate a déjà été définie dans la partie 4.3
- La marge pour risque est la provision technique supplémentaire au Best Estimate. C'est la provision pour les risques non répliquables, non financières. Il est calculé comme :

$$\text{Marge pour risque} = CoC * \sum_{t \geq 0} \frac{SCR_t}{(1 + r_{t+1})^{t+1}}$$

où

- CoC est le taux de coût d'immobilisation du capital. Il est généralement à 6%
- r_t est le taux sans risque sans VA
- scr_t est le Solvency Capital Requirement à l'année de projection t. Nous reviendrons plus en détails dans la suite.

Au vu de la complexité opérationnel qu'il y'a pour projeter le SCR, les compagnies d'assurances calculent la marge pour risque en utilisant parfois des proxies. Par exemple :

$$\text{Marge pour risque} = CoC * SCR * Duration$$

Les fonds propres

Les fonds propres désignent le capital qu'une compagnie d'assurance possède et qui lui permet de faire face aux différents risques. Ils sont classés en trois tiers (tiers 1, 2 et 3), aussi appelés niveaux. Ils sont également découpés en 2 classes : les fonds propres de base et ceux auxiliaires.

- Les fonds propres de niveau 1 doivent couvrir 50% du SCR. Ils sont entièrement constitués de fonds propres de base à savoir : Capital social, Fonds d'établissement, primes d'émission, réserve de réconciliation, dette subordonnée
- Les fonds propres de niveau 2 sont inférieurs à la moitié du SCR. ils sont composés des fonds propres de base (dette subordonnée et capital appelé) et les fonds propres auxiliaires (capital souscrit non appelé, lettres de crédit et rappels de cotisation)

- Les fonds propres de niveau 3 sont inférieurs à 15% du SCR. Ils sont aussi composés des fonds propres de base et de fonds propres auxiliaires.

	Éléments FP éligibles classés en couverture du SCR	Éléments FP éligibles classés en couverture du MCR
Tier 1	Au moins 50 % FP	Au moins 80 % FP
Tier 2	Entre 50% et 15% FP	Au plus 20% FP
Tier 3	Au plus 15 % FP	Non éligible

TABLE 17 – Constitution des fonds propres réglementaires

Bilan économique

Le graphique ci-dessous résume le bilan.

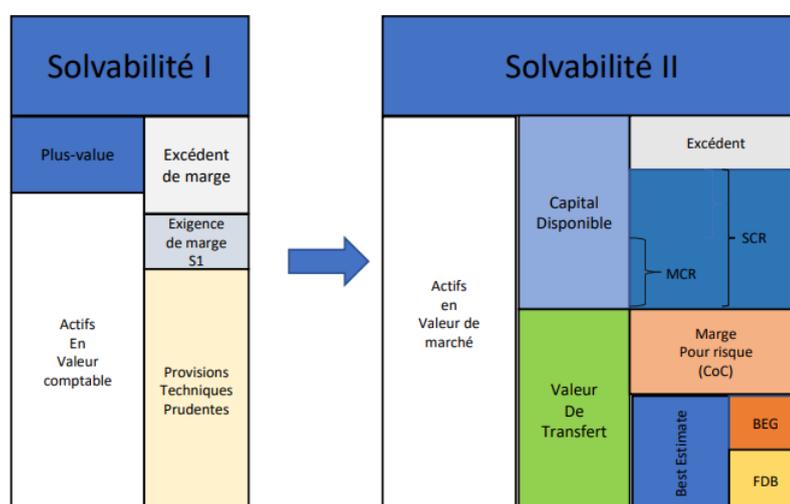


FIGURE 29 – Bilans sous Solvabilité 1 et Solvabilité 2

Exigences en capital économique

Sous Solvabilité II, il existe principalement deux exigences réglementaires de capital : le capital de solvabilité requis (SCR) et le minimum de capital requis (MCR).

Le SCR est le montant de capital réglementaire nécessaire pour limiter à 0,5% la probabilité de ruine à horizon 1 an. Cela revient à limiter la ruine tous

les 200 ans au plus. Une compagnie d'assurance est en ruine économique lorsque les actifs deviennent inférieurs aux passifs. Ou encore lorsque l'actif net (NAV) est négatif. Le SCR peut être vue comme solution de l'équation suivante :

$$P(NAV_1 < 0 / NAV_0 = x) = 0,5\%$$

D'où le SCR calcul comme :

$$SCR = NAV_0 - q_{0,5\%}(NAV_1 * D_1)$$

- $q_{0,5\%}$ est le quantile d'ordre 0,5%
- D_1 est le déflateur à $t = 1$ vu en $t = 0$

Deux situations se présentent :

- Le quantile est positif : l'assureur a assez de fonds à l'instant initial pour se couvrir.
- Le quantile est négatif : l'assureur n'a pas de fonds propres suffisant à l'instant initial pour se couvrir. Elle doit allouer du capital supplémentaire dans le but d'être solvable

Une cartographie des risques a été effectuée par l'EIOPA. Cette cartographie a permis d'identifier les risques auxquels sont soumis les compagnies d'assurance et qui peuvent leur faire perdre en fonds propres. Ces risques sont classés par module, chaque module de risque contient des sous-modules. La pieuvre S2 ci-dessous illustre cela.

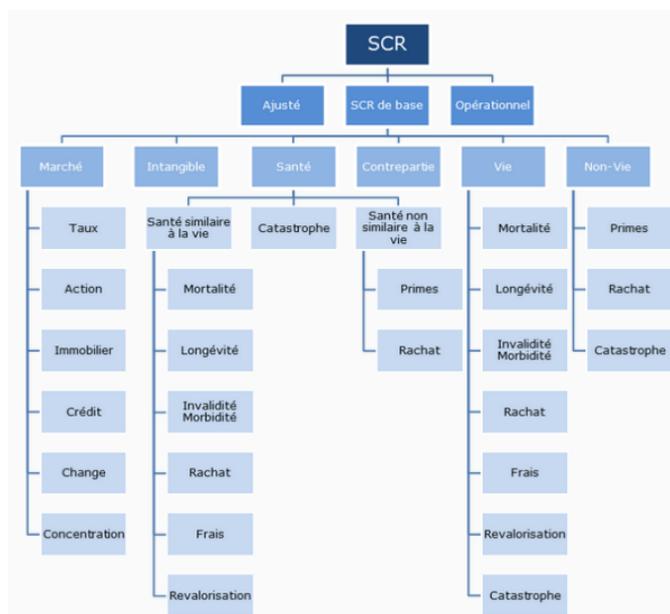


FIGURE 30 – Pieuvre Solvabilité 2

Le SCR peut être calculé par formule standard ou par modèle interne. En formule standard l'assureur calcul son SCR en suivant la méthodologie décrite dans le règlement délégué, nous y reviendrons. Cependant en modèle interne l'assureur calibre

lui-même ces risques. Cette méthode est utilisée lorsque la compagnie d'assurance veut calibrer elle-même ces risques.

L'élément qui permet de juger du bon niveau du SCR est **le ratio de solvabilité**. **Le ratio de solvabilité** se calcule de la manière suivante :

$$Ratio = \frac{FP}{SCR}$$

Où

— FP est le niveau de fonds propres

Une compagnie d'assurance est solvable si son ratio de Solvabilité est supérieur à 1. En effet un ratio supérieur à 1 signifie que le niveau de fond propre couvre le besoin en capital à l'horizon 1 an. Cependant un ratio de Solvabilité inférieur à 1 signifie que la compagnie d'assurance n'est pas solvable, son niveau de fond propre ne couvre pas le besoin en capital. Dans ce genre de situation, la compagnie d'assurance doit mettre en place des stratégies pour être solvable.

Le MCR quant à lui est le niveau de fonds propres minimum en dessous duquel la compagnie pourrait se voir retirer son droit d'exercer son activité. Il est composé d'au moins 80% de fonds propres du tiers 1 et ne doit pas contenir de fonds propres auxiliaires

5.2.2 Pilier II

Nous ne rentrons pas en détails dans la présentation de ce pilier car il ne fait pas partie de l'objet de ce mémoire. En résumé, le pilier II est centré sur le renforcement du contrôle interne, de la gestion des risques au sein de l'entreprise, et de l'auto-évaluation de besoin en capital (ORSA). Il porte également sur le système de gouvernance des risques au sein de la compagnie d'assurance et la notion de fonction clé. Les fonctions clés sont au nombre de 4 : gestion des risques, audit interne, vérification de la conformité et actuarielle.

5.2.3 Pilier III

De même ce pilier ne fait pas partie de l'objet de ce mémoire, donc nous le présentons succinctement. Le pilier III est centré sur les informations que les compagnies d'assurance doivent fournir à l'autorité de contrôle ACPR et au public. Ces informations sont traduites sous forme de rapport narratifs, notamment financiers. La compagnie d'assurance fournit à l'ACPR ces données quantitatives, au format XBRL (eXtensible Business Reporting Language). Elles sont matérialisées par des rapports nommés Quantitative Reporting Templates (QRT).

En plus des données financières, les compagnies d'assurances communiquent sur le côté prudentiel. Donc elles doivent remettre les Regulatory Technical Standard (RTS). Concernant la communication au marché, il y'a le rapport nommé Solvency and Financial Conditions Reports (SFCR).

5.3 Calcul du SCR en formule Standard

Comme évoqué précédemment, les risques auxquels sont soumis les assureurs sont classés par module et chaque module de risque contient des sous modules. Le calcul du SCR en formule standard s'effectue par une approche bottom-up :

- Pour un module de risque donnée, un Calcul de SCR de chaque sous-module de risque est effectué puis une agrégation intra-modulaire pour calculer le SCR du module de risque.

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

Où

- SCR_i est le capital associé au sous-module i
- $\rho_{i,j}$ est la corrélation entre sous-module i et le sous-module j

- Une fois le besoin en capital par module de risque calculé, une agrégation inter-modulaire est effectuée pour calculer le *Basic Solvency Capital Requirement* (BSCR)

$$BSCR = \sqrt{\sum_{(i,j)} \rho_{i,j}^M \cdot SCR_i \cdot SCR_j}$$

Où

- SCR_i est le besoin en capital du module de risque i
- $\rho_{i,j}^M$ est la corrélation entre un module de risque i et un module de risque j

Coéfficients de corrélation	SCR marché	SCR défaut	SCR vie	SCR non-vie	SCR santé
SCR marché	1				
SCR défaut	0,25	1			
SCR vie	0,25	0,25	1		
SCR non-vie	0,25	0,5	0	1	
SCR santé	0,25	0,25	0,25	0	1

TABLE 18 – Matrice de corrélation modulaire

- Le calcul du SCR final prend en compte le risque opérationnel, le risque lié aux immobilisations incorporelles et les ajustements pour participation au bénéfice et impôts différés

$$SCR = BSCR + SCR_{intangibles} + SCR_{operationnel} + Adj$$

5.3.1 Module de risque de marché

Le risque de marché quantifie la perte en fonds propres causé par la variation des prix des instruments financiers que possède la compagnie d'assurance dans son portefeuille. Les risques associés à ce module de risque sont : le risque de taux, action, immobilier, *spread*, concentration et de devise. Le calcul du besoin en capital de ces risques s'effectue par une approche par scénario. Un choc va être effectué sur la valeur de marché et le Best Estimate. Le besoin en capital sera donc la charge nécessaire pour se couvrir de ce risque. Il peut arriver que la compagnie d'assurance possède déjà assez de fonds propres pour se couvrir du risque. Le SCR est obtenu de la façon suivante :

$$SCR_{net} = \max(\Delta NAV; 0) = \max[(VM_{choque} - VM_{initiale}) - (BEL_{choque} - BEL_{initiale}); 0]$$

Et

$$SCR_{brut} = \max(\Delta NAV; 0) = \max[(VM_{choque} - VM_{initiale}) - (BEG_{choque} - BEG_{initiale}); 0]$$

Les différents niveaux de choc sont déterminés par l'EIOPA. Pour ce module de risque il existe deux matrices de corrélation. La matrice de risque retenu dépend du scénario de taux d'intérêt (hausse, baisse) retenu.

Coefficients de corrélation	Taux d'intérêt	Action	Immobilier	Spread	Concentration	Devise
Taux d'intérêt	1					
Action	0,5	1				
Immobilier	0,5	0,75	1			
Spread	0,5	0,75	0,5	1		
Concentration	0	0	0	0	1	
Devise	0,25	0,25	0,25	0,25	0	1

TABLE 19 – Matrice de corrélation risque de marché - baisse de taux

Coefficients de corrélation	Taux d'intérêt	Action	Immobilier	Spread	Concentration	Devise
Taux d'intérêt	1					
Action	0	1				
Immobilier	0	0,75	1			
Spread	0	0,75	0,5	1		
Concentration	0	0	0	0	1	
Devise	0,25	0,25	0,25	0,25	0	1

TABLE 20 – Matrice de corrélation risque de marché - hausse de taux

En cas de hausse de taux l'EIOPA considère qu'il n'y a pas de corrélation entre le taux d'intérêt et les risques action, immobilier, *spread* et concentration. Alors qu'en cas de baisse des taux il y a pas corrélation entre le taux d'intérêt et la concentration.

Risque taux d'intérêts

Le risque de taux est risque engendré par la variation de la courbe de taux. Ce risque prend en compte deux scénarios : hausse et baisse de taux. En effet ces deux scénarios sont susceptibles de faire perdre en fonds propres. En cas de hausse de taux, il y a par exemple baisse de la valeur de marché des obligations. Ce qui entraîne une baisse des fonds propres. En cas de baisse des taux, il y a augmentation du Best estimate, cela entraîne également la baisse des fonds propres. C'est la raison pour laquelle ces deux scénarios sont pris en compte. Le scénario qui sera retenu est le scénario le plus défavorable à l'assureur, c'est-à-dire là où le SCR taux est le plus grand.

Pour le scénario de hausse de taux, le choc appliqué doit être au moins 1%. Concernant le scénario baisse des taux, il n'y a pas choc si le taux est négatif, sinon le choc de baisse réglementaire est appliqué.

Risque action

Le SCR action est le besoin en capital pour la baisse des actions sur le marché. Il y'a principalement deux types d'action :

- Les actions de types 1 : action cotée sur le marché de l'espace Économique Européen (EEE) ou de l'organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE)
- Les actions de types 2 : les actions qui ne sont pas cotés ou les actions de pays émergents.

Le besoin en capital pour le risque action se calcule donc comme :

$$SCR_{action} = \sqrt{SCR_{type1}^2 + 2 * 0.75 * SCR_{type1} * SCR_{type2} + SCR_{type2}^2}$$

Les actions de type 1 sont corrélés à 75% des actions de type 2. Le niveau de choc des types d'actions sont respectivement 39% et 49%. A ces niveaux de choc s'ajoute l'ajustement symétrique (SA).

L'ajustement symétrique est un facteur de correction contra-cyclique évoluant entre -10% et +10%. Il est publié mensuellement par l'EIOPA et se calcul sur la base de la moyenne mobile d'un indice. Sa formule est :

$$SA = 0.5 \left(\frac{CI - AI}{AI} - 8\% \right)$$

Où

- CI est le niveau de l'indice du cours de l'action
- AI est la moyenne pondérée des niveaux quotidiens de l'indice de cours des actions sur 3 ans

Risque immobilier

Le risque immobilier est le risque associé à une baisse de la valeur de marché des biens immobiliers. Le SCR immobilier est le besoin en capital en cas de baisse de 25% de la valeur de marché des biens immobiliers.

Le risque de spread

Le risque de spread est le risque associé à l'augmentation du spread de crédit. Il s'applique aux obligations et prêts, aux positions de titrisation et aux dérivés de crédit. Dans le cas des obligations, le choc appliqué à la valeur de marché de ces dernières est fonction du rating et de la duration.

$$SCR_{spread} = SCR_{obligation} + SCR_{securisation} + SCR_{cd}$$

Où

- $SCR_{obligation}$ est le besoin en capital pour le risque de spread sur les obligations et les prêts
- $SCR_{securisation}$ est le besoin en capital pour le risque de spread pour les positions de titrisations
- SCR_{cd} est le besoin en capital pour le risque de spread sur les dérivés de crédit

Le risque de concentration

Le risque concentration est associé à une accumulation d'expositions à une même contrepartie où à un manque de diversification du portefeuille d'actif. Les actifs considérés pour ce risque sont les actifs pris en compte pour les risques de taux, actions, immobiliers. Les actifs pris en compte dans le module de risque défaut ne sont pas pris en compte pour le risque de concentration. La concentration est calculé par niveau de groupe auquel l'émetteur est rattaché. Le niveau de surestimation à une entité se calcul comme :

$$XS_i = \text{Max}\left(0; \frac{E_i}{Asset_{XL}} - CT_i\right)$$

Où

- CT_i est le seuil de concentration de l'entité i, il est fonction du rating moyen des expositions de l'entité i
- E_i est l'exposition nette au risque de défaut de l'entité i
- $Asset_{XL}$ est la somme de valeur de marché concerné par ce sous module

Le coût individuel de l'exposition à un émetteur est :

$$Con_i = XS_i * g_i$$

Où

- g_i est le facteur pénalisant de la surestimation. Il est aussi fonction des expositions de l'entité i

Le besoin en capital du risque de concentration se calcul donc comme :

$$SCR_{con} = \sqrt{\sum_i con_i^2}$$

Le risque de devise

Le risque de devise est associé à une variation du taux de change par rapport à la devise locale. Le besoin en capital pour le risque devise est le montant nécessaire pour couvrir une baisse ou une hausse du taux d'échange de 25%. Le scénario retenu est celui qui est le plus défavorable à la compagnie d'assurance. Pour chaque devise étrangère, le besoin en capital est calculé. Le besoin en capital global du risque de change est alors la somme des besoins en capital des différentes devises.

5.3.2 Le risque de défaut

Le risque de défaut reflète les pertes possibles que pourrait entraîner le défaut inattendu, ou la détérioration de la qualité de crédit, des contreparties et débiteurs de l'entreprise d'assurance ou de réassurance sur les douze mois à venir. Il y a deux types d'exposition. Les expositions de type 1 et les expositions de type 2.

Les expositions de type 1 sont :

- instruments d'atténuation du risque notamment la réassurance, la titrisation ;
- avoirs bancaires ;
- dépôts auprès des cédantes (nombre de contreparties inférieur à 15) ;
- engagements appelés mais non payés (nombre de contreparties inférieur à 15) ;
- engagement pouvant généré des obligations de paiement en fonction de la qualité de crédit ou de défaut d'une contrepartie.

et les expositions de type 2 correspondent aux :

- montants à recevoir d'intermédiaires ;
- créances sur les preneurs ;
- prêts hypothécaires ;
- dépôts auprès des entreprises cédantes (nombre de contrepartie supérieur à 15) ;
- engagements reçus par une compagnie d'assurance ou de réassurance qui ont été appelés mais non libérés (nombre de contrepartie supérieur à 15).

Le besoin en capital pour le risque de défaut se calcul comme :

$$SCR_{df} = \sqrt{SCR_{def_1}^2 + 2 * 0.75 * SCR_{def_1} * SCR_{def_2} + SCR_{def_2}^2}$$

Où

- SCR_{def_1} et SCR_{def_2} sont le besoin en capital pour les expositions de type 1 et type 2. Ils sont calculés en fonction de la probabilité de défaut et de la perte en cas de défaut. Les expositions sont corrélées à 0.75

5.3.3 Module de risques souscription vie

Ce module de risque est consacré aux risques liés aux engagements d'assurance vie. Ces risques n'étant pas liés aux instruments de marché, le besoin en capital ne fait pas intervenir la valeur de marché des actifs. D'où la formule suivante.

$$SCR = \text{Max}(BE_{Choque} - BE_{Central}; 0)$$

Comme pour le module marché, les différents niveaux de choc sont déterminés par l'EIOPA, nous y reviendrons. La matrice de corrélation des sous risques est la suivante :

Coefficient de corrélation	Mortalité	Longévité	Invalidité	Rachat	Frais	Révisions	Catastrophe
Mortalité	1						
Longévité	-0,25	1					
Invalidité	0,25	0	1				
Rachat	0	0,25	0	1			
Frais	0,25	0,25	0,5	0,5	1		
Révisions	0	0,25	0	0	0,5	1	
Catastrophe	0,25	0	0,25	0,25	0,25	0	1

TABLE 21 – Matrice de corrélation des risques souscriptions vie

Risque de mortalité

Le risque de mortalité est lié à une augmentation soudaine et permanente de la mortalité. Le besoin en capital est le montant nécessaire pour couvrir une augmentation de 15 % de la mortalité

Le risque de Longévité

Le risque de longévité est l'inverse du risque de mortalité. Le besoin en capital est le montant nécessaire pour couvrir une baisse du taux de mortalité de 20 %. Les polices impactées sont celles pour lesquelles une baisse de la mortalité entraîne une hausse des provisions techniques

Risque d'invalidité-morbidité

Ce risque est lié à une hausse et baisse de l'invalidité et la morbidité. Le besoin en capital pour ce risque résulte de trois scénarios :

- Une hausse de 35 % des taux d'invalidité-morbidité utilisés dans le calcul des provisions techniques pour les 12 mois à venir ;
- une hausse de 25 % des taux d'invalidité-morbidité utilisés dans le calcul des provisions techniques pour les mois postérieurs aux 12 mois à venir ;
- une baisse de 35 % des taux de recouvrement pour l'invalidité et la morbidité utilisés dans le calcul des provisions techniques pour les 12 à venir et l'ensemble des années antérieures.

Le besoin en capital retenu est le besoin en capital le plus défavorable parmi ces trois scénarios

Risque de rachat

Le risque de rachat caractérise une hausse ou une baisse de rachat. Le besoin en capital pour ce risque résulte également de trois scénarios.

- Une baisse de 50% des taux de cessation, en se limitant à 100%. Cette augmentation ne s'applique uniquement sur les options pour laquelle cette augmentation entraîne une augmentation du Best Estimate ;
- une baisse de 50 % des taux de cessation. Cette baisse ne doit pas diminuer le Best estimate de plus de 20 % en valeur absolue. Il s'applique uniquement aux options pour lesquelles l'exercice entraînerait une hausse du Best Estimate
- un rachat massif de 40 % ou 70 % des polices d'assurance en fonction de type de contrat

Risque de frais

Ce risque est caractérisé par une augmentation des frais et d'inflation. Le besoin en capital est le montant nécessaire pour couvrir une augmentation de 10 % de frais et 1 % d'inflation.

Risque de révision

Le risque révision est caractérisé par une augmentation du montant des prestations. Le besoin en capital pour le risque est le montant nécessaire pour couvrir une augmentation de 3 %.

Risque catastrophe

Le risque catastrophe est caractérisé par une augmentation soudaine de 0.15 %. Le besoin en capital est donc le montant nécessaire pour couvrir cette augmentation.

5.3.4 Module de risque souscription non-vie

Ce module de risque est lié aux engagements non-vie de la compagnie d'assurance et de réassurance. Le besoin en capital se calcule par une approche scénario comme en vie pour certains sous-modules et par une approche factorielle (formule fermée) pour d'autres sous-risques. Tout comme les autres modules, il y a une corrélation entre les sous-modules. La matrice de corrélation pour le module souscription non-vie est la suivante :

Coefficient de corrélation	Primes et reserve	Rachat	Catastrophe
Primes et reserves	1		
Rachat	0,5	1	
Catastrophe	0,25	0,25	1

TABLE 22 – Matrice de corrélation souscription non-vie

Risque de primes et réserves

- Le risque de primes est caractérisé par une sous-tarification des contrats. Il se traduit par une insuffisance des provisions pour primes constituées pour couvrir les sinistres
- Le risque de réserves se caractérise par le sous-pro visionnement des sinistres. Il se traduit par une insuffisance des provisions pour sinistres constituées.

Le besoin en capital pour le risque de primes et réserve se calcul par une formule fermée. La formule est la suivante :

$$SCR_{primesreserves} = 3 * \sigma_{nl} * V_{nl}$$

Où

- σ_{nl} est l'écart type du risque de primes et réserves.
- V_{nl} est le volume global de primes et réserves de la compagnie d'assurance. Il est obtenu en agrégeant les volumes de primes et les volumes de réserves pour chaque branche d'activité (LoB).

Risque de rachat

Comme en souscription vie, le risque de rachat non-vie est caractérisé par une hausse et baisse de rachat. Les deux scénarios pris en compte sont :

- Cessation de 40% des contrats donc une augmentation entraine une hausse du Best Estimate ;
- Baisse de 40% du nombre des futurs contrats d'assurance ou de réassurance pris en compte dans le calcul des provisions techniques.

5.3.5 Module de risques souscription santé

Le module de risques souscription santé est composé des sous modules suivants : Santé non simlable à la vie (NSLT) ; santé simlable à la vie (SLT) et la catastrophe.

- Le sous module SLT est composé des même sous modules des risques de la souscription vie. Le besoin en capital de ces différents sous modules se calculent donc de la même façon qu'en vie
- Le sous module de risque NSLT est composé du risque primes réserves et rachat. Le besoin en capital de ces deux sous modules de risque se calcul de la même façon qu'en Non Vie
- le risque catastrophe en santé est composé des risques suivant : accident de masse ; concentration d'accidents et le risque pandémie. Le besoin en capital du risque catastrophe en santé se calcul comme suit :

$$SCR_{santeCat} = \sqrt{SCR_{ma}^2 + SCR_{ac}^2 + SCR_p^2}$$

Où

- SCR_{ma} est le besoin en capital du sous module risque d'accident de masse
- SCR_{ac} est le besoin en capital du sous-module risque de concentration d'accidents
- SCR_p est le besoin en capital du sous module risque pandémie

5.4 Risque opérationnel

Le risque opérationnel est le risque provenant de processus internes, du personnel, des systèmes informatiques ou évènement extérieurs.

Le besoin en capital pour se risque se calcul comme suit :

$$SCR_{op} = \min(30 \% * BSCR; op) + 25 \% * Exp_{uc}$$

Où

- $OP = \max(OP_{primes}; OP_{provisions})$
 - OP_{primes} est la charge en capital au titre du risque opérationnel basé sur les primes reçues
 - $OP_{provisions}$ est la charge en capital du risque opérationnel basé sur les provisions techniques
- Exp_{uc} est les frais d'administration liés aux contrats en unités de compte payés au cours des 12 derniers mois

5.5 Résultat

Solvabilité Quatrem

	VA EIOPA	VA51	VA52	Ecart VA EIOPA VS VA51	Ecart VA EIOPA VS VA52
BSCR	1 015 899 810	1 018 191 966	1 017 629 549	2 292 156	1 729 738
SCR Marché	626 347 298	627 273 873	627 178 199	926 575	830 900
SCR Vie	321 477 001	323 262 837	322 706 369	1 785 835	1 229 368
SCR Santé	440 366 687	441 075 231	440 846 557	708 543	479 870
SCR Défaut	44 794 178	44 800 936	44 798 764	6 758	4 586

TABLE 23 – SCR brut par module de risque

	VA EIOPA	VA51	VA52	Ecart VA EIOPA VS VA51	Ecart VA EIOPA VS VA52
BSCR	822 239 316	825 735 076	824 731 531	3 495 760	2 492 214
SCR Marché	370 597 410	373 695 028	372 885 260	3 097 618	2 287 850
SCR Vie	336 077 913	337 366 091	336 965 867	1 288 178	887 954
SCR Santé	429 361 958	429 994 328	429 766 388	632 370	404 430
SCR Défaut	44 794 178	44 800 936	44 798 764	6 758	4 586

TABLE 24 – SCR net par module de risque

Les VAs spécifiques au portefeuille sont plus petit qu'au VA de l'EIOPA. Ils entraînent une augmentation du besoin en capital de tout les modules de risque. Plus le VA est petit, plus le besoin en capital est grand.

	VA EIOPA	VA52	Ecart VA EIOPA VS VA52
SCR Opérationnel	108 211 281	108 211 281	0
Ajustements	- 372 473 128	-374 639 663	- 2 166 534,89
Ajustement_FDB	- 372 473 128	-374 639 663	- 2 166 534,89
Ajustement_ID	0	0	0
FDB	767 311 619	768 370 747	1 059 127

TABLE 25 – SCR opérationnel et ajustement

Le nouveau VA entraîne une augmentation en besoin en capital pour le risque opérationnel. Cependant il baisse la participation au bénéfice et l'ajustement pour participation au bénéfice.

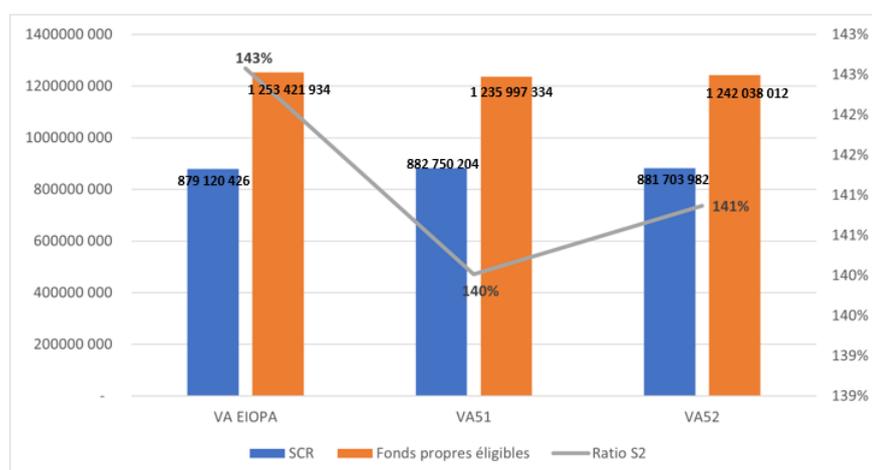


FIGURE 31 – Ratio de solvabilité

Pour ce portefeuille le VA spécifique à l'entreprise fait perdre en fonds propres et en ratio de solvabilité. Si on mesure l'illiquidité selon l'approche 1, on a une perte de 3%, cependant cette perte est moins si on utilise le VA en mesurant l'illiquidité du portefeuille selon l'approche 2. La perte en fond propre est alors de 2%.

Solvabilité MHP

	VA EIOPA	VA52	Ecart VA EIOPA VS VA52
BSCR	2 349 279 716	2 350 841 207	1 561 491
SCR Marché	1 635 217 712	1 637 563 557	2 345 845
SCR Vie	452 526 073	452 159 423	- 366 650
SCR Santé	1 016 719 549	1 016 292 811	- 426 737
SCR Défaut	105 769 213	105 762 464	- 6 749

TABLE 26 – SCR brut par module de risque

	VA EIOPA	VA52	Ecart VA EIOPA VS VA52
BSCR	1 976 806 588	1 976 201 544	- 605 044
SCR Marché	1 442 616 039	1 442 281 497	- 334 542
SCR Vie	186 494 698	186 384 946	- 109 752
SCR Santé	888 435 025	888 039 905	- 395 120
SCR Défaut	105 769 213	105 762 464	- 6 749

TABLE 27 – SCR net par module de risque

Le VA spécifique à ce portefeuille suivant l'approche 1 de l'illiquidité est quasi identique au VA de l'EIOPA. Donc nous n'avons pas évalué la solvabilité avec ce VA. Le VA spécifique suivant l'approche 2 de l'illiquidité est supérieur à celui de l'EIOPA. IL y a donc une diminution du besoin en capital de tous les modules de risque en net et en brut sauf pour le besoin en capital brut du module risque marché.

Sur le tableau suivant nous pouvons observer les mouvements au niveau du risque opérationnel, de la participation au bénéfice et de l'ajustement pour participation au bénéfice.

	VA EIOPA	VA52	Ecart VA EIOPA VS VA52
SCR Opérationnel	108 211 281	108 211 281	0
Ajustements	- 372 473 128	- 374 639 663	- 2 166 535
Ajustement_FDB	- 372 473 128	- 374 639 663	- 2 166 535
Ajustement_ID	0	0	0
FDB	767 311 619	768 370 747	1 059 127

TABLE 28 – SCR opérationnel et ajustements

Pour ce portefeuille, le VA spécifique au portefeuille augmente la participation au bénéfice et l'ajustement pour participation au bénéfice.

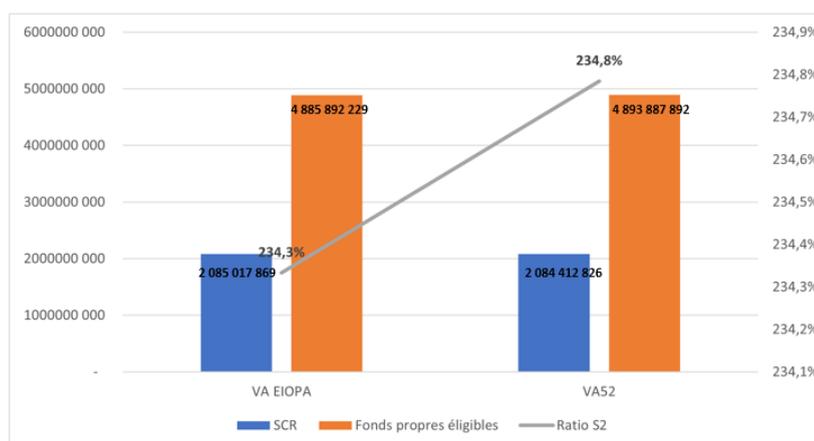


FIGURE 32 – Ratio de solvabilité

Finalement, le VA spécifique au portefeuille baisse le besoin en capital par rapport au VA actuel, il augmente les fonds propres et fait gagner en ratio de Solvabilité de 0.5%.

Conclusion

Dans le cadre de la revue Solvabilité 2, l'EIOPA a apporté des modifications dans la conception de certains paramètres utilisés par les assureurs pour déterminer leurs niveau de Solvabilité. Parmi ces paramètres, il y a l'ajustement de la volatilité. Cet ajustement est actuellement calibré par l'EIOPA sous la base d'un portefeuille d'actif de référence au niveau européen. Il est calculé à partir du spread moyen des obligations d'entreprise et d'état du portefeuille de référence.

L'EIOPA a relevé 2 lacunes techniques et 7 lacunes de conception de ce VA. Face à ces lacunes de conceptions, l'EIOPA a proposé 8 options d'amélioration. Chaque option permettant de répondre au plus à deux lacunes. De ces 8 options deux approches combinant ces options ressortent. La première approche prend en compte le portefeuille de référence à travers le spread corrigé du risque de crédit et le portefeuille spécifique à chaque assureur au travers l'illiquidité du passif; l'adéquation entre l'actif et le passif et enfin la composition du portefeuille d'actif. La deuxième approche quant à elle est spécifique au portefeuille de chaque assureur. Ce mémoire porte sur le calcul de ce VA spécifique au portefeuille et son impact sur la solvabilité.

En premier lieu, nous avons calculé un VA spécifique à 2 portefeuilles. Ce calcul nous a amené à segmenter les obligations selon la duration; l'origine (obligation d'état ou obligation d'entreprise) et la notation. Au niveau de la duration; nous avons choisi de faire une segmentation par panier de 5 comme pour le calcul du SCR spread. Cette première étape nous a permis de calculer le spread corrigé du risque de crédit spécifique à chaque portefeuille. Ensuite nous avons déterminé l'adéquation entre l'actif et le passif du portefeuille de nos deux entités. Nous avons donc calculé une sensibilité du taux puis extrapoler par la technique de Smith Wilson le taux sans risque avec la sensibilité au-delà du LLP. Enfin nous avons calculé l'illiquidité des engagements. Deux approches ont été utilisés pour calculer l'illiquidité des engagements. La première approche se base sur les flux de trésorerie avec les chocs de rachat et de mortalité et la deuxième approche se base sur l'impact du rachat et de la mortalité sur les Best Estimate par LoB. Finalement nous obtenons deux VA pour la première entité, 3,9 bps et 4,9 bps selon la méthode utilisée pour mesurer l'illiquidité du passif. La deuxième entité à un VA de 6,9 bps et 7,9 bps.

Les VA calculés ont été ajoutés à la courbe des taux sans risque jusqu'au LLP. Au-delà du LLP la courbe de taux avec VA a été extrapolée par la méthode de Smith Wilson. Cette nouvelle courbe de taux a été utilisée pour évaluer le niveau de solvabilité des différentes entités. On a obtenu les résultats attendus. Pour Quatrem, les VA spécifiques au portefeuilles 3,9 bps et 4,9 bps étant inférieurs au VA de l'EIOPA au 31/12/2020 fait perdre en fonds propres et en ratio de Solvabilité. Le VA de MHP étant supérieur au VA de l'EIOPA fait gagner en fonds propres et en ratio de solvabilité.

Cette étude nous a permis de calculer des VA spécifiques aux portefeuilles de deux entités d'assurance. On a pu voir que pour certains assureurs le nouveau calcul du VA sera bénéfique car ça leurs permettra de gagner en ratio de Solvabilité alors que pour d'autres ce nouveau calcul entraînera la perte en fonds propres

et en ratio de Solvabilité. Pour approfondir davantage; il serait intéressant de faire un test de surcompensation avec les VA calculés. Ce test consiste à faire un choc de 100 bps sur les spreads des obligations et à calculer le ratio de solvabilité avec et sans le nouveau VA. Si la compagnie d'assurance est davantage solvable dans les conditions de marché stressées que dans des conditions normales alors le VA surcompense l'augmentation des spreads. Pour des raisons opérationnelles nous n'avons pas pu faire ce test. Un autre approfondissement serai de calculer le portefeuille d'allocation optimal d'actif en fonction du VA

Liste des abréviations, des sigles et symboles

VA volatility adjustment

LLP last liquid point

UFR Ultimate Forward Rate

BEL Best estimate

VM Valeur de marché

SCR Solvency Capital Requirement

MCR Minimum Capital Requirement

bps points de base

EIOPA European Insurance and Occupational Pensions Authority

RC Correction du risque

BSCR Basic Solvency Capital Requirement

6 Bibliographie

Références

- [1] EIOPA *Consultation Paper on the Opinion on the 2020 review of Solvency II* 2020
- [2] EIOPA *Technical specification -Updated* 18 Mars 2020
- [3] EIOPA *technical-documentation* 16 Décembre 2020
- [4] Péricle's *Révision S2-La VA disposera-t-elle de plusieurs options de calcul ?*
- [5] Banque de France *Correction pour volatilité*
- [6] Pierre Cart *Mémoire d'actuaire* 2017
- [7] Samy Collier *Cours ALM Master* 2021

Table des figures

1	la courbe de taux sans risque	7
2	La courbe de taux sans VA et avec VA au 31/12/2020 pour une ma- tûrit� de 49 ans	14
3	Le VA au 31/12/2020	15
4	Bilans avec VA et sans VA en scénario de base et en scénario de crise	17
5	Historique des spreads mensuel de la France	36
6	Composition des portefeuilles d'actifs	40
7	Composition d'obligation	40
8	Composition d'obligation par notation	41
9	Groupe d'obligation financière et non financière Quatrem	41
10	Groupe d'obligation financière et non financière MHP	41
11	Groupe d'obligation d'�tat	42
12	Répartition du spread moyen par pays	42
13	Répartition du spread moyen par notation MHP	43
14	Répartition du spread moyen par notation Quatrem	43
15	Courbes des taux option 4	47
16	Flux de passif Epargne Retraite et Prévoyance Santé Quatrem	51
17	Fond disponible par scénario pour Quatrem	52
18	Flux d'illiquidité et de Best estimate Quatrem	52
19	Flux de passif Epargne Retraite et Prévoyance Santé MHP	53
20	Fond disponible par scénario pour MHP	53
21	Flux d'illiquidité et de Best estimate MHP	53
22	Taux avec et sans un choc de 1 bp	54
23	répartition du portefeuille passif Quatrem	55
24	répartition du portefeuille passif MHP	55
25	Courbes de taux Quatrem	57
26	Prix zéro-coupon (Quatrem)	57
27	courbe de taux MHP	57
28	Prix zéro coupon MHP	58
29	Bilans sous Solvabilité 1 et Solvabilité 2	61
30	Pieuvre Solvabilité 2	62
31	Ratio de solvabilité	73
32	Ratio de solvabilité	74

Liste des tableaux

1	Les bilans avec VA et sans VA en scénario de base et en scénario de crise	17
2	Les manquements du VA actuel	18
3	Pourcentage du spread par qualité du risque de crédit	25
4	Spread corrigé du risque de crédit	43
5	Choc de taux	47
6	Sensibilité de la valeur de marché des obligations	47
7	Les produits en prévoyance/santé	50
8	Option/Garantie en prévoyance	50
9	Option/Garantie des produits en Epargne/Retraite	51

10	Best estimate et illiquidité du passif Quatrem	54
11	Best estimate et illiquidité du passif MHP	54
12	Ratio d'illiquidité des passifs	54
13	Ratio d'illiquidité approche 2	56
14	VA avec l'illiquidité suivant l'approche 1	56
15	VA avec l'illiquidité suivant l'approche 2	56
16	Alpha optimisé	57
17	Constitution des fonds propres réglementaires	61
18	Matrice de corrélation modulaire	64
19	Matrice de corrélation risque de marché - baisse de taux	65
20	Matrice de corrélation risque de marché - hausse de taux	65
21	Matrice de corrélation des risques souscriptions vie	69
22	Matrice de corrélation souscription non-vie	70
23	SCR brut par module de risque	72
24	SCR net par module de risque	72
25	SCR opérationnel et ajustement	73
26	SCR brut par module de risque	73
27	SCR net par module de risque	74
28	SCR opérationnel et ajustements	74
29	Equivalence de notation des obligations	82
30	Code CIC option 1	82
31	Code CIC option 4	82
32	Probabilité de défaut	83
33	CoD	84
34	SCR par module de risque Quatrem VA EIOPA vs VA 51	84
35	SCR par module de risque Quatrem VA EIOPA vs VA 52	85
36	SCR par module de risque MHP VA EIOPA vs VA 52	85

Annexe A

iBoxx/S&P rating	CQS
AAA	0
AA	1
A	2
BBB	3
BB	4
B	5
CCC, CC, C,...	6

TABLE 29 – Equivalence de notation des obligations

Catégorie	Type d'obligation	Deux chiffres du code CIC
1-Obligations d'Etat	Obligations du Gouvernement central	11
	Obligations supra-national	12
	Obligation du gornement régional	13
	Obligations du gouvernement municipal	14
	Obligation du trésors	15
	Obligations sécurisées	16
	Banque central	17
	Autre	18
2-Obligation d'entreprise	Obligations d'état	21
	Obligations convertibles	22
	Papiers commerciaux	23
	Instruments du marché monétaire	24
	Obligations hybrides	25
	Obligations sécurisées	26, 27, 28
	Autres	29
8-Hypothèque et prêts	Prêts non collatéralisés	81
	Prêts non collatéralisés effectués avec sécurité	82
	Hypothèque	84
	Autres prêts collatéralisés	85
	Prêts sur police	86
	Autres	89

TABLE 30 – Code CIC option 1

	Codes CIC
Obligations d'Etat	11, 13, 14, 15, 16, 17, 19
Obligattion d'entreprise	12, 13, 14, 21, 22, 23, 24, 25, 26 , 27, 28, 29, 42, 52, 54, 62, 64, 81
	82, 84, 85, 86, 89

TABLE 31 – Code CIC option 4

	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC
EUR	0	1	2	3	4	5	6
1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,00%	15,00%
2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,25%	9,75%	25,25%
3	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,70%	14,09%	32,59%
4	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	1,30%	17,97%	38,07%
5	0,00%	0,00%	0,00%	0,11%	2,01%	21,41%	42,34%
6	0,00%	0,00%	0,01%	0,20%	2,79%	24,45%	45,75%
7	0,00%	0,00%	0,02%	0,32%	3,61%	27,12%	48,56%
8	0,00%	0,00%	0,03%	0,47%	4,46%	29,49%	50,92%
9	0,00%	0,01%	0,05%	0,64%	5,31%	31,58%	52,92%
10	0,00%	0,01%	0,08%	0,85%	6,16%	33,44%	54,65%
11	0,00%	0,02%	0,11%	1,08%	6,99%	35,10%	56,15%
12	0,00%	0,03%	0,16%	1,32%	7,80%	36,59%	57,47%
13	0,01%	0,04%	0,21%	1,59%	8,60%	37,92%	58,63%
14	0,01%	0,06%	0,27%	1,87%	9,36%	39,13%	59,66%
15	0,01%	0,08%	0,34%	2,16%	10,10%	40,22%	60,58%
16	0,02%	0,10%	0,42%	2,47%	10,81%	41,22%	61,40%
17	0,03%	0,14%	0,50%	2,78%	11,50%	42,13%	62,15%
18	0,04%	0,17%	0,60%	3,11%	12,16%	42,96%	62,82%
19	0,05%	0,21%	0,70%	3,43%	12,79%	43,72%	63,43%
20	0,07%	0,26%	0,82%	3,77%	13,40%	44,43%	63,99%
21	0,09%	0,32%	0,94%	4,10%	13,99%	45,08%	64,50%
22	0,11%	0,38%	1,06%	4,44%	14,56%	45,69%	64,97%
23	0,14%	0,45%	1,20%	4,77%	15,10%	46,26%	65,41%
24	0,17%	0,52%	1,34%	5,11%	15,63%	46,79%	65,81%
25	0,20%	0,61%	1,49%	5,45%	16,13%	47,28%	66,18%
26	0,24%	0,69%	1,64%	5,78%	16,62%	47,75%	66,53%
27	0,29%	0,79%	1,80%	6,12%	17,09%	48,19%	66,85%
28	0,34%	0,89%	1,97%	6,45%	17,55%	48,60%	67,16%
29	0,39%	1,00%	2,14%	6,78%	17,99%	48,99%	67,45%
30	0,45%	1,11%	2,31%	7,11%	18,42%	49,37%	67,72%

TABLE 32 – Probabilité de défaut

	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC
EUR	0	1	2	3	4	5	6
1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	0,00%	0,01%	0,02%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%
3	0,00%	0,01%	0,03%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%
4	0,00%	0,02%	0,04%	0,03%	0,00%	0,00%	0,00%
5	0,01%	0,03%	0,06%	0,04%	0,02%	0,00%	0,00%
6	0,01%	0,03%	0,07%	0,05%	0,05%	0,00%	0,00%
7	0,01%	0,04%	0,08%	0,06%	0,08%	0,00%	0,00%
8	0,02%	0,05%	0,10%	0,08%	0,12%	0,00%	0,00%
9	0,02%	0,05%	0,11%	0,09%	0,16%	0,00%	0,00%
10	0,03%	0,06%	0,12%	0,10%	0,20%	0,00%	0,00%
11	0,03%	0,07%	0,13%	0,12%	0,24%	0,00%	0,00%
12	0,04%	0,07%	0,14%	0,13%	0,28%	0,00%	0,00%
13	0,04%	0,08%	0,16%	0,15%	0,32%	0,00%	0,00%
14	0,05%	0,08%	0,17%	0,16%	0,36%	0,01%	0,00%
15	0,05%	0,09%	0,18%	0,18%	0,40%	0,04%	0,00%
16	0,06%	0,09%	0,19%	0,19%	0,44%	0,08%	0,00%
17	0,06%	0,10%	0,20%	0,21%	0,47%	0,11%	0,02%
18	0,07%	0,11%	0,21%	0,22%	0,50%	0,14%	0,04%
19	0,07%	0,11%	0,23%	0,24%	0,54%	0,18%	0,06%
20	0,08%	0,12%	0,24%	0,25%	0,57%	0,20%	0,07%
21	0,08%	0,12%	0,25%	0,27%	0,59%	0,23%	0,09%
22	0,09%	0,13%	0,26%	0,29%	0,62%	0,26%	0,11%
23	0,09%	0,13%	0,27%	0,30%	0,65%	0,29%	0,13%
24	0,09%	0,14%	0,29%	0,32%	0,67%	0,31%	0,14%
25	0,10%	0,15%	0,30%	0,34%	0,69%	0,33%	0,16%
26	0,10%	0,15%	0,31%	0,35%	0,71%	0,35%	0,17%
27	0,11%	0,16%	0,32%	0,37%	0,73%	0,37%	0,18%
28	0,11%	0,16%	0,33%	0,38%	0,75%	0,39%	0,19%
29	0,11%	0,17%	0,35%	0,40%	0,77%	0,41%	0,21%
30	0,12%	0,18%	0,36%	0,41%	0,78%	0,43%	0,22%

TABLE 33 – CoD

Annexe B

		VA EIOPA		VA 51		ECART VA EIOPA vs VA 51			
		BRUT	NET	BRUT	NET	BRUT	BRUT	NET	NET
SCR Marché	SCR Marché	626 347 298	370 597 410	627 273 873	373 695 028	926 575	0%	3 097 618	1%
	SCR Taux	99 174 932	85 995 972	100 560 361	87 333 926	1 385 430	1%	1 337 954	2%
	SCR Action	252 584 049	136 938 264	252 584 049	137 491 719	0	0%	553 455	0%
	SCR Immo	221 686 001	137 967 326	221 686 001	138 845 618	0	0%	878 292	1%
	SCR Devise	31 371 813	17 439 523	31 371 813	17 442 187	0	0%	2 664	0%
	SCR Spread	148 730 006	72 003 700	148 730 006	73 105 480	0	0%	1 101 779	2%
	SCR Concentration	0	0	0	0	0	0%	0	0%
	Diversification	-127 199 503	-79 747 375	-127 658 358	-80 523 901	-458 855	0%	-776 525	1%
SCR Vie	SCR Vie	321 477 001	336 077 913	323 262 837	337 366 091	1 785 835	1%	1 288 178	0%
	SCR Mortalité	55 232 891	40 379 603	55 365 654	40 497 142	132 763	0%	117 539	0%
	SCR Longévité	264 700 479	297 897 419	266 468 765	299 049 747	1 768 286	1%	1 152 328	0%
	SCR Morbidité	83 769 106	67 139 904	84 013 045	67 353 745	243 940	0%	213 841	0%
	SCR Rachat	9 487 307	4 049 424	9 340 307	3 951 991	-147 000	-2%	-97 434	-2%
	SCR Frais	66 699 310	66 004 332	67 011 788	66 319 818	312 478	0%	315 486	0%
	SCR Revision	9 296 494	7 390 001	9 318 186	7 409 459	21 692	0%	19 458	0%
	SCR CAT	26 718 997	2 670 550	26 783 979	2 752 512	64 982	0%	81 963	3%
Diversification	-194 427 583	-149 453 319	-195 038 887	-149 968 322	-611 304	0%	-515 003	0%	
SCR Santé	SCR Santé	440 366 687	429 361 958	441 075 231	429 994 328	708 543	0%	632 370	0%
	SCR Mortalité	0	0	0	0	0	0%	0	0%
	SCR Longévité	9 783 835	7 607 986	9 817 255	7 636 412	33 420	0%	28 426	0%
	SCR Morbidité	0	0	0	0	0	0%	0	0%
	SCR Rachat SLT	2 760 302	1 906 373	2 771 107	1 916 765	10 804	0%	10 391	1%
	SCR Frais	4 529 791	4 246 705	4 538 606	4 255 239	8 815	0%	8 534	0%
	SCR Revision	22 827 450	17 717 332	22 876 073	17 765 140	48 623	0%	47 408	0%
	SCR Primes & Réserves	420 583 495	416 953 639	421 253 789	417 550 031	670 294	0%	596 392	0%
SCR Rachat nSLT	0	0	0	0	0	0%	0	0%	
SCR CAT	14 387 390	0	14 387 390	0	0	0%	0	0%	
Diversification	-34 505 576	-19 070 476	-34 568 989	-19 129 259	-63 413	0%	-58 782	0%	
SCR Défaut	SCR Défaut	44 794 178	44 794 178	44 800 936	44 800 936	6 758	0%	6 758	0%
	Défaut Type 1	20 274 932	20 274 932	20 282 328	20 282 328	7 396	0%	7 396	0%
	Défaut Type 2	27 533 408	27 533 408	27 533 408	27 533 408	0	0%	0	0%
	Diversification	-3 014 162	-3 014 162	-3 014 801	-3 014 801	-639	0%	-639	0%

TABLE 34 – SCR par module de risque Quatrem VA EIOPA vs VA 51

		VA EIOPA		VA 52		ECART VA EIOPA vs VA 52			
		BRUT	NET	BRUT	NET	BRUT	BRUT	NET	NET
SCR Marché	SCR Marché	626 347 298	370 597 410	627 178 199	372 885 260	830 900	0%	2 287 850	1%
	SCR Taux	99 174 932	85 995 972	100 417 425	87 212 091	1 242 493	1%	1 216 120	1%
	SCR Action	252 584 049	136 938 264	252 584 049	137 304 993	0	0%	366 729	0%
	SCR Immo	221 686 001	137 967 326	221 686 001	138 559 295	0	0%	591 969	0%
	SCR Devis	31 371 813	17 439 523	31 371 813	17 438 189	0	0%	-1 334	0%
	SCR Spread	148 730 006	72 003 700	148 730 006	72 724 676	0	0%	720 976	1%
	SCR Concentration	0	0	0	0	0	0%	0	0%
	Diversification	-127 199 503	-79 747 375	-127 611 095	-80 353 985	-411 592	0%	-606 610	1%
SCR Vie	SCR Vie	321 477 001	336 077 913	322 706 369	336 965 867	1 229 368	0%	887 954	0%
	SCR Mortalité	55 232 891	40 379 603	55 322 873	40 459 267	89 982	0%	79 664	0%
	SCR Longévité	264 700 479	297 897 419	265 920 769	298 694 198	1 220 290	0%	796 780	0%
	SCR Morbidité	83 769 106	67 139 904	83 934 816	67 285 130	165 710	0%	145 226	0%
	SCR Rachat	9 487 307	4 049 424	9 384 950	3 980 066	-102 357	-1%	-69 358	-2%
	SCR Frais	66 699 310	66 004 332	66 913 345	66 220 759	214 034	0%	216 427	0%
	SCR Revision	9 296 494	7 390 001	9 311 196	7 403 188	14 702	0%	13 187	0%
	SCR CAT	26 718 997	2 670 550	26 763 010	2 726 078	44 012	0%	55 529	2%
	Diversification	-194 427 583	-149 453 319	-194 844 590	-149 802 820	-417 007	0%	-349 500	0%
SCR Santé	SCR Santé	440 366 687	429 361 958	440 846 557	429 766 388	479 870	0%	404 430	0%
	SCR Mortalité	0	0	0	0	0	0%	0	0%
	SCR Longévité	9 783 835	7 607 986	9 806 420	7 627 128	22 585	0%	19 142	0%
	SCR Morbidité	0	0	0	0	0	0%	0	0%
	SCR Rachat SLT	2 760 302	1 906 373	2 767 591	1 913 330	7 289	0%	6 956	0%
	SCR Frais	4 529 791	4 246 705	4 535 751	4 252 457	5 960	0%	5 752	0%
	SCR Revision	22 827 450	17 717 732	22 860 315	17 749 783	32 865	0%	32 051	0%
	SCR Primes & Réserves	420 583 495	416 953 639	421 037 517	417 333 758	454 022	0%	380 119	0%
	SCR Rachat nSLT	0	0	0	0	0	0%	0	0%
		SCR CAT	14 387 390	0	14 387 390	0	0	0%	0
	Diversification	-34 505 576	-19 070 476	-34 548 428	-19 110 067	-42 852	0%	-39 591	0%
SCR Défaut	SCR Défaut	44 794 178	44 794 178	44 798 764	44 798 764	4 586	0%	4 586	0%
	Défaut Type 1	20 274 932	20 274 932	20 279 951	20 279 951	5 020	0%	5 020	0%
	Défaut Type 2	27 533 408	27 533 408	27 533 408	27 533 408	0	0%	0	0%
		Diversification	-3 014 162	-3 014 162	-3 014 596	-3 014 596	-434	0%	-434

TABLE 35 – SCR par module de risque Quatrem VA EIOPA vs VA 52

		VA EIOPA		VA 52		ECART VA EIOPA Vs VA 52			
		BRUT	NET	BRUT	NET	BRUT	BRUT	NET	NET
SCR Marché	SCR Marché	1 635 217 712	1 442 616 039	1 637 563 557	1 442 281 497	2 345 845	0%	-334 542	0%
	SCR Taux	69 107 779	0	73 153 146	0	4 045 366	0%	0	-100%
	SCR Action	1 033 998 566	950 656 499	1 033 998 566	950 452 226	0	0%	-204 273	0%
	SCR Immo	299 444 243	267 056 807	299 444 243	266 981 546	0	0%	-78 261	0%
	SCR Devis	92 028 052	90 832 634	92 028 052	90 825 281	0	0%	-7 353	0%
	SCR Spread	376 117 142	321 258 068	376 117 142	321 171 887	0	0%	-86 181	0%
	SCR Concentration	0	0	0	0	0	0%	0	0%
	Diversification	-235 478 071	-187 187 969	-237 157 832	-187 149 444	-1 689 821	0%	38 628	0%
SCR Vie	SCR Vie	452 526 073	486 494 698	452 159 423	486 384 946	-366 650	0%	-105 752	0%
	SCR Mortalité	144 539 160	48 318 925	144 441 849	48 360 765	-97 311	0%	41 940	0%
	SCR Longévité	150 025 888	87 909 397	149 809 286	87 852 617	-216 602	0%	-56 780	0%
	SCR Morbidité	205 755 184	102 963 936	205 604 719	102 960 798	-150 465	0%	-3 187	0%
	SCR Rachat	58 171 032	0	58 451 297	0	280 265	0%	0	0%
	SCR Frais	38 288 362	0	38 252 162	0	-36 200	0%	0	0%
	SCR Revision	24 367 660	0	24 352 286	0	-15 374	0%	0	0%
	SCR CAT	203 239 273	85 396 979	202 919 827	85 244 355	-319 447	0%	-152 624	0%
	Diversification	-371 860 486	-138 094 589	-371 672 002	-138 033 590	168 484	0%	61 003	0%
SCR Santé	SCR Santé	1 016 719 549	888 435 025	1 016 292 811	888 039 905	-426 737	0%	-355 126	0%
	SCR Mortalité	0	0	0	0	0	0%	0	0%
	SCR Longévité	44 328 894	19 588 956	44 283 185	19 577 644	-45 709	0%	-11 112	0%
	SCR Morbidité	7 904 146	0	7 892 476	0	-11 670	0%	0	0%
	SCR Rachat SLT	0	0	0	0	0	0%	0	0%
	SCR Frais	22 023 100	7 767 294	22 003 203	7 775 724	-19 897	0%	8 400	0%
	SCR Revision	96 064 675	64 193 318	96 009 771	64 163 406	-54 904	0%	-29 812	0%
	SCR Primes & Réserves	935 805 737	848 022 402	935 430 689	847 642 766	-375 048	0%	-579 638	0%
	SCR Rachat nSLT	0	0	0	0	0	0%	0	0%
		SCR CAT	36 216 327	0	36 216 327	0	0	0%	0
	Diversification	-125 623 331	-51 136 945	-125 542 840	-51 119 636	80 490	0%	17 308	0%
SCR Défaut	SCR Défaut	105 769 213	105 769 213	105 762 464	105 762 464	-6 749	0%	-6 749	0%
	Défaut Type 1	38 832 257	38 832 257	38 824 658	38 824 658	-7 599	0%	-7 599	0%
	Défaut Type 2	73 478 931	73 478 931	73 478 931	73 478 931	0	0%	0	0%
		Diversification	-6 541 974	-6 541 974	-6 541 124	-6 541 124	850	0%	850

TABLE 36 – SCR par module de risque MHP VA EIOPA vs VA 52