ISFA GRANDE ÉCOLE D'ACTUARIAT ET DE GESTION DES RISQUES
INSTITUT DE SCIENCE FINANCIÈRE ET D'ASSURANCES

pwc

Mémoire présenté devant l'Institut de Science Financière et d'Assurances
pour l'obtention du diplôme du Master Actuariat
et l'admission à l'Institut des Actuaires
le 17 Septembre 2019

Par : Virgile SALMON
Titre : Méthodes de détermination du taux d'actualisation dans le cadre de la norme IFRS 17

Confidentialité : ☒ Non ☐ Oui (Durée : ☐ 1 an ☐ 2 ans)

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

Membre présent du jury de l'Institut des Actuaires :

Entreprise :
Nom : PriceWaterhouseCoopers
Signature :

Directeur de Mémoire en entreprise :
Nom : M. Emmanuel Dubreuil
Signature :

Membre présent du Jury du Master Actuariat de l'I.S.F.A. :

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

Secrétariat :

Signature du responsable entreprise

Bibliothèque :

Signature du candidat

Résumé

L'IASB (International Accounting Standard Board) a publié en Mai 2017 une norme spécifique aux contrats d'assurance : IFRS 17. Cette norme qui entrera en application au 1er Janvier 2022, vient remplacer la précédente norme IFRS 4 et entraine un bouleversement dans le secteur de l'assurance. En effet, la valorisation des contrats d'assurance doit être évaluée en valeur économique et prendre en compte toute la durée de l'engagement. L'élément majeur permettant de refléter la valeur économique à travers le temps est le taux d'actualisation.
Les principes énoncés par la norme concernant le taux d'actualisation sont développés dans le chapitre 36 et requiert que le taux soit cohérent avec les observations des marchés financiers, et doit prendre en compte la valeur temps de l'argent de la monnaie concernée et de prendre en compte les caractéristiques de liquidité des engagements. Ces principes sont complétés par les annexes B80 et B81 qui décrivent les principes d'application des méthodes *Bottom - Up* et *Top - Down*.
Dans ce mémoire, nous avons étudié différentes méthodes de détermination de la courbes de taux d'actualisation en vérifiant l'applicabilité au vue de la norme IFRS 17. Pour la méthode *Bottom - Up*, nous avons trouvé deux sources d'informations pour la détermination de la courbe de taux sans risques, le marché des *swaps* de taux et les obligations notées AAA. Concernant la prime de liquidité, nous avons étudié deux méthodes qui déterminent cette prime à partir du *spread* observé sur un portefeuille d'obligations et deux méthodes qui déterminent la prime de liquidité à partir de l'imprédictibilité des flux financiers. Pour la méthode *Top-Down*, nous avons déterminé une courbe d'actualisation à partir d'un portefeuille arbitraire d'actifs et avons étudié l'applicabilité de l'utilisation de portefeuille de réplications.
Nous avons réalisé une étude de sensibilité des différentes courbes d'actualisation sur le bilan d'ouverture d'une compagnie d'assurance vie ayant un portefeuille d'épargne Euro, en considérant l'impact de la courbe d'actualisation sur le calcul du *Best Estimate of Liabilities*. Nous avons découvert que le BEL et la CSM sont très sensibles aux variations de la courbe d'actualisation et dans l'environnement de taux bas actuel, les contrats d'épargne peuvent être considérés comme étant onéreux, au sens de la norme IFRS 17, pour une variation quelques points de base.

Mots-clés : *IFRS 17*, *Taux d'actualisation*, *Bottom-up*, *Top-down*, *Prime de Liquidité*, *Valorisation économique*, *Epargne Euro*.

Résumé

The International Accounting Standard Board (IASB) published in May 2017 a standard specific to insurance contracts : IFRS 17. This standard, which will come into force on January 1, 2022, will replace the previous IFRS 4 standard and brings an important disruption for the insurance industry. The standard imposes to stakeholders to valuate their liabilities based on market consistency and take into account the entire duration of the liabilities. A key element for the economical valuation of liabilites is the discount rate applied to the fulfillment cash flows.
The principles concerning the discount rate are developed in Chapter 36 and requires that the rate must be consistent with financial market observations, and take into account the time value of the money and the liquidity characteristics of the liabilities. These principles are complemented by Annexes B80 and B81 which describe the principles of the Bottom - Up and Top - Down approaches.
In this thesis, we studied different methods for determining the discount rate curve by verifing the conformity of IFRS 17 standards. Concerning the Bottom - Up approach, we found two sources of information for the determination of the risk-free interest rate curve, which are the swap rate market and AAA rated bonds. Regarding the liquidity premium, we studied two methods that determine this premium from the spread observed on a bond portfolio and two methods that determine the liquidity premium from the unpredictability of financial cash flows. Concerning the Top-Down approach, we determined a discount curve from an arbitrary portfolio of assets and studied the possible ways to use a replicating portfolio.
We conducted a sensitivity study for the different discount rate curves on the opening balance sheet of a life insurance company with a Euro savings portfolio, and considered the impact of the discount rate curve on the calculation of the Best Estimate of Liabilities. We have discovered that the BEL and the CSM are very sensitive to changes in the discount rate curve and in the current low interests rates environment, savings contracts can be considered as onerous, in accordance with IFRS 17, for a few basic points.

Keywords : *IFRS 17* ; *Discount Rate*, *Bottom-Up*, *Top-Down*, *Liquidity Premium*, *Economic valuation*, *Euro Savings Contracts*.

Note de Synthèse

La norme IFRS 17, dont les principes de la norme ont été divulgués au mois de mai 2017, est censée entrer en application le 1er Janvier 2022. Cette norme cible les contrats d'assurance et est structurée de manière à uniformiser la comptabilisation des produits d'assurance. En particulier, la reconnaissance et la valorisation des contrats tiennent compte de la durée de l'engagement, ce qui dans le cas des produits d'assurance vie nécessite des projections à long terme.

Un élément crucial dans la valorisation des engagements d'une compagnie d'assurance vie est la détermination de la courbe d'actualisation a appliquer pour le portefeuille. Les principes de la norme sont présentés dans le chapitre 36 et la méthode de détermination de la courbe d'actualisation doit comprendre les éléments suivants :

— la courbe d'actualisation doit refléter la valeur temps de l'argent, les caractéristiques des flux de trésorerie et les caractéristiques de liquidité des contrats d'assurance ;

— cadrer avec les prix de marché courants observables d'instruments financiers qui ont des caractéristiques communes avec les contrats d'assurance du point de vue, par exemple, de l'échéancier, de la monnaie ou de la liquidité ;

— exclure l'effet de facteur qui influent sur les prix de marché observable des instruments financiers mais pas sur les flux de trésorerie lié aux contrats d'assurance.

Nous comprenons que la méthode de détermination de la courbe d'actualisation doit être *market consistent* tout en s'adaptant le plus possible avec les éléments caractéristiques des engagements de la compagnie d'assurance. Dans les annexes B80 et B81-82 de la norme, IASB propose deux approches pour la détermination de la courbe d'actualisation, les approches *Bottom-Up* et *Top-Down*. Dans le cadre de ce mémoire, nous avons étudié et mis en pratique les deux approches, néanmoins nos travaux se sont principalement concentrés sur la méthode *Bottom-Up*.

L'annexe B80 de la norme mentionne que la courbe d'actualisation peut être construite avec comme base une courbe de taux sans risques à laquelle on ajoute une prime de liquidité reflétant les caractéristiques de liquidité des flux financiers liés aux contrats d'assurance. Nous allons détailler les méthodes de détermination de ces deux éléments.

Courbe de taux sans risques

La courbe de taux sans risques est un concept utilisé dans le secteur financier et représente la valeur temps de l'argent et est utilisée pour la valorisation de produits financier via l'hypothèse d'absence d'opportunité d'arbitrage. Le taux sans risques est le rendement attendu d'un produit

financier valorisé dans un univers risque neutre. Deux approches sont reconnues comme permettant d'extraire un taux sans risques du marché financier :

— la source d'information est le marché inter bancaire des swap de taux d'intérêts. Dans le cas de la zone Euro, le marché des swaps vs Euribor 3M sert de référence car il dispose des propriétés de liquidité, transparence et profondeur nécessaire à la fiabilité des données extraites. Toutefois depuis l'annonce de la FCA de juillet 2017, les indicateurs Libor et Euribor sont voués à disparaître d'ici fin 2021 et des indicateurs alternatifs sont en cours de conception.

— le marché obligataire permet d'obtenir une courbe de rendement d'obligations ayant un risque de défaut très faible, voire négligeable. Le marché obligataire étant variable et disposant de beaucoup de données, une sélection des obligations doit être réalisée au préalable.

Prime de liquidité

Le terme prime de liquidité est utilisé principalement dans la valorisation des actifs financiers et a trouvé une application dans la valorisation des engagements d'assurance suite crise de liquidité liée à la crise financière de 2008. En effet, suivant les principes de valorisation market consistent des bilans, l'augmentation de la prime de liquidité a entraîné une asymétrie entre les actifs subissant une correction à la baisse et les passifs dont l'évolution resta stable.

L'application de la prime de liquidité pour les passifs d'assurances a été développée par l'EIOPA, qui organisa en 2010 un groupe de travail sur le sujet. Dans le cadre de ce mémoire, nous avons étudié quatre méthodes pour extraire la prime de liquidité :

— **Méthode EIOPA :** Dans cette méthode nous reproduisons la méthode utilisée par l'EIOPA pour le calcul du *Volatility Adjustment* dans le cadre de la norme Solvabilité II. Cette méthode a l'avantage d'être documentée et les données ainsi que les outils pour l'application de cette méthode sont mis à disposition par l'EIOPA.

— **Méthode AAA :** Cette méthode vise à extraire la prime de liquidité observée via un portefeuille obligataire noté AAA. Nous utilisons une fonction développée par Bloomberg pour scinder le portefeuille en obligations liquide et moins liquide, la différence de rendement entre les deux groupes permet d'obtenir la prime de liquidité.

— **Méthode Prédictibilité :** L'objectif de cette méthode est d'être le plus proche de la définition de la prime de liquidité telle que définie par le groupe de travail de l'EIOPA, i.e. la prime de liquidité correspond aux coûts occasionnés par la venté forcée d'actifs pour répondre à l'occurrence d'un sinistre.

— **Méthode Put :** Les paragraphes 193-194 des *Basis for conclusions* présentent la prime de liquidité comme le coût associé à l'option de vente d'un instrument financier non-échangeable. Nous utilisons la théorie des options pour valoriser la prime de liquidité comme le droit de vente d'un actif adossé aux engagements.

Les méthodes EIOPA et AAA se sont avérées relativement similaires dans les sources de données utilisée ainsi que l'application de la méthode de détermination de la prime de liquidité. En revanche la méthode EIOPA aboutie sur un taux unique de prime de liquidité, alors que la méthode AAA renvoie une courbe de liquidité.

La méthode Prédictibilité est très complexe à mettre en oeuvre, en effet cette méthode requiert des données interne d'une très grande granularité afin de quantifier l'imprédicitibilité des

flux financiers. Dans l'approche étudiée, l'entité devrait disposer d'un moteur ALM d'une grande précision.

La méthode Put laisse un important espace de théorisation du concept de vente forcée et de valorisation des options de ventes sur instruments financiers ayant des flux financiers fixés. Néanmoins, la principale contrainte rencontrée lors de nos travaux est le manque de données ayant les caractéristiques requises.

Interpolation et Extrapolation

De manière a pouvoir obtenir une courbe d'actualisation peu importe l'abondance des données, il est important de développer une technique d'interpolation et d'extrapolation robuste. Notre choix s'est porté sur la méthode Smith-Wilson qui à l'avantage de conserver les données initiale. De plus, la méthode Smith-Wilson admet un taux asymptotique et ainsi les taux à long terme sont peu affectés par la valeur des observations.

La méthode Smith-Wilson nécessite néanmoins des données et hypothèses supplémentaires concernant la convergence asymptotique, en particulier sur le taux forward ultime et la vitesse de convergence. Sur ce dernier point, nous nous sommes alignés sur la méthodologie et les résultats obtenus par l'EIOPA.

Méthode Top-Down

Le principe énoncé par la norme concernant la méthode Top-Down se base sur le troisième aliéna du paragraphe 36, qui requiert d'exclure l'ensemble des facteurs ayant une influence sur les rendements observés des instruments financiers et n'étant pas lié aux caractéristiques de flux financiers des contrats d'assurance. Le paragraphe B85 de la norme précise qu'il n'y a pas de restriction sur le portefeuille de référence à utiliser.

Les deux types de portefeuilles de référence étudiés sont les suivants :

— **Portefeuille d'actifs de référence :** Dans le cas des portefeuille d'épargne retraite, il est possible de cantonner un portefeuille d'actifs considéré comme étant adossé aux engagements de la compagnie d'assurance. Ainsi, il est possible d'extraire la courbe de rendement du portefeuille de référence et via des sources de données financière type Bloomberg, d'extraire les éléments présents dans la valorisation des instruments financiers non caractéristiques des contrats d'assurance, principalement les risques de marché, comme risque de défaut.

— **Portefeuille répliquant :** Le concept du portefeuille de réplication est d'établir des produits financiers dont les flux et/ou la valorisation est identique aux engagements de l'assuré. Le portefeuille de réplication doit aussi refléter la sensibilité et le comportement des assurés face à des évolutions de paramètres financiers ou non financiers, typiquement hausse ou baisse des taux directeurs.

Des approches présentées ci-dessus, nous avons seulement mis en pratique la méthode avec le portefeuille de référence, car la conception et l'implémentation d'un portefeuille répliquant est une tâche fastidieuse. Nous avons choisi un portefeuille arbitraire d'obligations européennes et avons

extrait le risque de marché via l'*Asset Swap Spread* calculé pour chaque obligation par le terminal Bloomberg. La courbe d'actualisation obtenue via avec le portefeuille de référence est très proche de la courbe de taux sans risque.

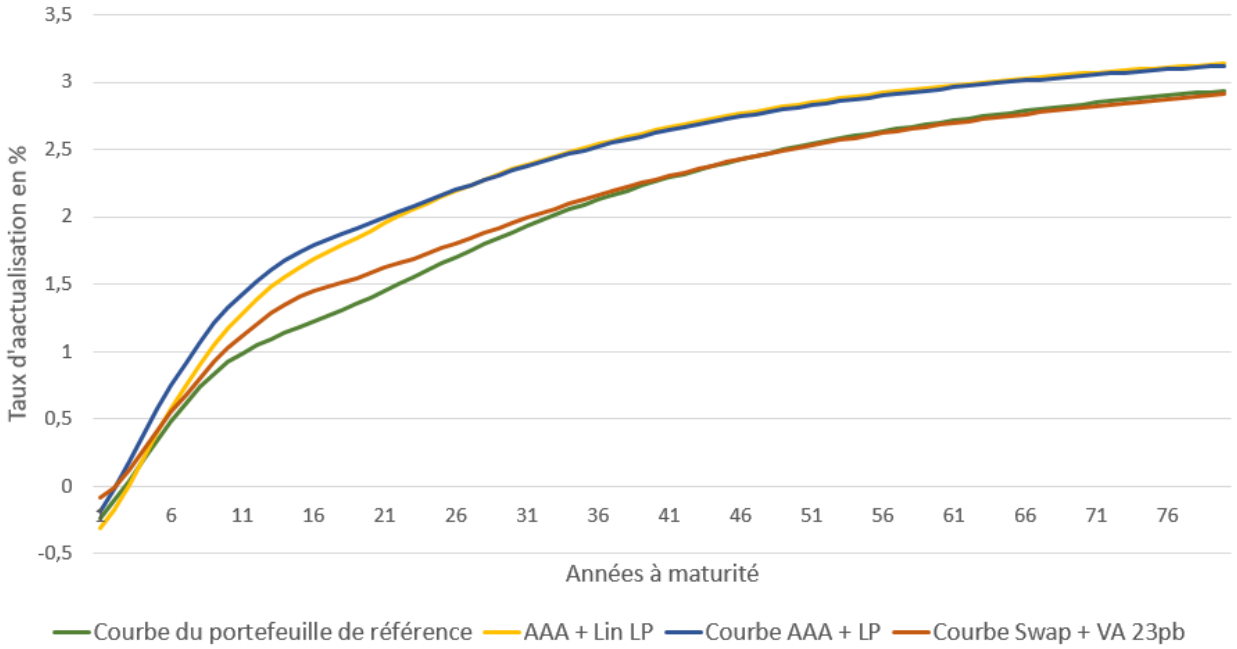


FIGURE 1 – Représentations des 3 courbes Bottom-Up et de la courbe Top-Down utilisées pour l'étude de sensibilité.

Analyse de sensibilité

La courbe d'actualisation appliquée est un élément crucial pour la valorisation des engagements d'une compagnie d'assurance et en fonction de la méthode et des hypothèses choisies, nous observons que la courbe d'actualisation peut grandement différer. C'est dans l'optique de rendre compte de cette sensibilité que nous avons réalisé un bilan d'ouverture d'une compagnie d'assurance vie en ne faisant varier que la courbe d'actualisation.

Pour cela, nous nous sommes appuyés sur des outils développés en interne par le département Actuariat et Analyse Quantitative de PwC pour réaliser une simulation proche d'une situation réelle. A l'aide d'un moteur ALM répliquant un portefeuille d'épargne et d'un GSE, nous avons pu projeter les flux futurs attendu du portefeuille, et les valoriser en fonction de la courbe d'actualisation choisie. En second lieu, un troisième outil permet d'utiliser les projections réalisées pour les présenter sous les nouvelles contraintes de la norme IFRS 17.

Nous avons réalisé l'analyse sur des bilans simplifiés prenant en compte seulement l'adossement des actifs aux provisions mathématiques. Nous avons constaté que le montant de la CSM, montant alloué aux revenus de la compagnie d'assurance, est très sensible aux variations de la courbe d'actualisation. En particulier, pour les courbes proches de la courbe des taux sans risques, la valeur des engagements dépasse la valeur de la compagnie et ainsi les contrats deviennent onéreux.

Conclusions

La norme IFRS 17 énonce des principes relativement larges concernant les méthodes applicables dans le cadre de la détermination de la courbe d'actualisation, mais les données et les méthodes disponibles restreignent fortement les méthodes applicables. Il est possible d'approfondir la théorie concernant la valorisation des droits de vente d'obligations, de définir un inventaire d'instruments financiers pour l'établissement de portefeuille de réplication et d'incorporer des mesures d'imprédictibilité dans la conception de moteur ALM. Néanmoins, au vue du fait que la norme requiert d'établir une courbe d'actualisation par cohorte et par ligne d'activité, il est recommandé de choisir une méthode facilement applicable comme la méthode EIOPA ou AAA.

Synthesis note

The principles of the IFRS 17 standard were disclosed in May 2017 and are expected to come into force on January 1, 2022. This standard concerns insurance contracts and is structured to standardize revenue recognition for insurance products. In particular, the recognition and valuation of contracts take into account the duration of the liability, which in the case of life insurance products requires long-term projections.

A crucial element in valuing the liability of a life insurance company is the determination of the discount rate curve to apply to the fulfillment cash flow linked to the contract. The principles of the standard are presented in Chapter 36 and the method of determining the discount rate curve must include the following elements :

— the discount rate curve should reflect the time value of money, the characteristics of cash flows and the liquidity characteristics of insurance contracts ;

— fit with observable current market prices for financial instruments that share similar features with insurance contracts in terms of, for example, timing, currency or liquidity ;

— exclude the effect of factors that affect observable market prices of financial instruments but not cash flows from insurance contracts.

We understand that the method of determining the discount curve needs to be market consistent while adapting as much as possible with the characteristic elements of the insurance liabilities. In Annexes B80 and B81-82 of the Standard, IASB proposes two approaches for the determination of the discount rate curve, the Bottom-Up and Top-Down approaches. In this thesis, we studied and put into practice both approaches, but our work was mainly focused on the Bottom-Up method.

Annex B80 of the standard mentions that the discount curve can be constructed based on a risk-free interest rate curve, to which is added a liquidity premium reflecting the liquidity characteristics of the financial cash flows related to the insurance contracts. We will detail the methods of determining these two elements.

Risk free rate curve

The risk-free rate curve is a concept used in the financial sector that is supposed to represent the time value of money and is used in the valuation of financial products via the no-arbitrage theories. The risk-free rate is the expected return of a financial product valued in a risk-neutral universe. Two approaches are recognized as extracting a risk free rate from the financial market :

— the source of information is the interbank market for interest rate swaps. In the case of the Euro zone, the swap vs Euribor 3M is used as a reference because it has the properties of

liquidity, transparency and depth necessary for the reliability of the data. However, since the announcement of July 2017 from the FCA, the Libor and Euribor indicators are set to disappear by the end of 2021 and alternative indicators are still being designed.

— the bond market makes it possible to obtain a bond yield curve with a very low or negligible risk of default. As the bond market is variable and has a lot of data, a selection of the bonds must be made in advance.

Liquidity premium

The term liquidity premium is used mainly in the valuation of financial assets and has found applications in the valuation of insurance liabilities following the liquidity crisis linked to the 2008 financial crisis. Indeed, by following market consistent valuation principles of balance sheets, the increase in the liquidity premium resulted in an asymmetry between the assets, which suffered a devaluation and the liabilities which the value remained stable.

The application of the liquidity premium for insurance liabilities was developed by EIOPA, which in 2010 organized a task force on the subject. In this thesis, we studied four methods to determine the liquidity premium :

— **EIOPA Method :** In this method we reproduce the method used by EIOPA for the calculation of the Volatility Adjustment in the context of the Solvency II standard. This method has the advantage of being documented and the data and tools for the application of this method are made available by EIOPA.

— **AAA Method :** This method aims to extract the liquidity premium observed via a bond portfolio rated AAA. We use a function developed by Bloomberg to split the portfolio into liquid and less liquid bonds, the difference in yield between the two groups provides the liquidity premium.

— **Predictibility Method :** The objective of this method comply the most to the definition of the liquidity premium as defined by the EIOPA's task force, i.e. the liquidity premium corresponds to the costs incurred by the forced sales of assets to respond to the occurrence of a claim.

— **Put Method :** Paragraphs 193-194 of the Basis for Conclusions present the liquidity premium as the cost associated with the put option of a non-tradable financial instrument. We use option theory to value the liquidity premium as embedded put option from an asset backed to the liabilities.

The EIOPA and AAA methods proved to be relatively similar in the data sources used as well as the application of the method of determining the liquidity premium. On the other hand, the EIOPA method derives a single rate for liquidity premium, while the AAA method returns a liquidity curve.

The Predictability method is very complex to implement, indeed this method requires internal data on a very granular level in order to quantify the unpredictability of the fulfillment cash flows. In the approach studied, the entity should have a high precision ALM software.

The Put method leaves an important ground for theorizing the concept of forced selling and valuation of embedded options in fixed income financial instruments. Nevertheless, the main constraint encountered during our work was the lack of data with the required characteristics.

Interpolation and Extrapolation

In order to be able to obtain a discount curve regardless of the abundance of data, it is important to develop a robust interpolation and extrapolation technique. Our choice went on the Smith-Wilson method which has the advantage of preserving the initial data. In addition, the Smith-Wilson method admits an ultimate forward rate and thus long terms rates are fearly affected by the value of the observations.

The Smith-Wilson method nevertheless requires additional data and hypotheses concerning asymptotic convergence, in particular on the ultimate forward rate and the speed of convergence. On this last point, we aligned ourselves with the methodology and the results obtained by EIOPA.

Top-Down Approach

The principle set out for the Top-Down approach is based on the third paragraph of paragraph 36, which requires the entity to exclude all factors that affect the observed returns of financial instruments and are not related to financial cash flows of insurance contracts. Paragraph B85 of the standard specifies that there is no restriction on the reference portfolio to be used.

The two types of reference portfolios studied are :

— **Reference portfolio :** In the case of retirement savings portfolios, it is possible to scope a portfolio of assets considered to back the entity's liabilities. Thus, it is possible to extract the yield curve of the reference portfolio and via Bloomberg financial data sources, to extract the elements present in the valuation of financial instruments and that are not caracteristic of the insurance contracts, mainly the risks of market, as a risk of default.

— **Replicating portfolio :** The concept of the replication portfolio is to establish financial products whose cash flows and / or valuation are identical to the liabilities of the insured. The replication portfolio must also reflect the sensitivity and behavior of policyholders faced with changes in financial or non-financial parameters, typically rising or falling interest rates.

From the approaches presented hereabove, we have only applied the method with the reference portfolio because designing and implementing a replicating portfolio was a tedious task. We chose an arbitrary portfolio of European bonds and extracted the market risk via the Asset Swap Spread calculated for each bond by the Bloomberg terminal. The discount rate curve obtained via the reference portfolio is very close to the risk-free interest rate curve.

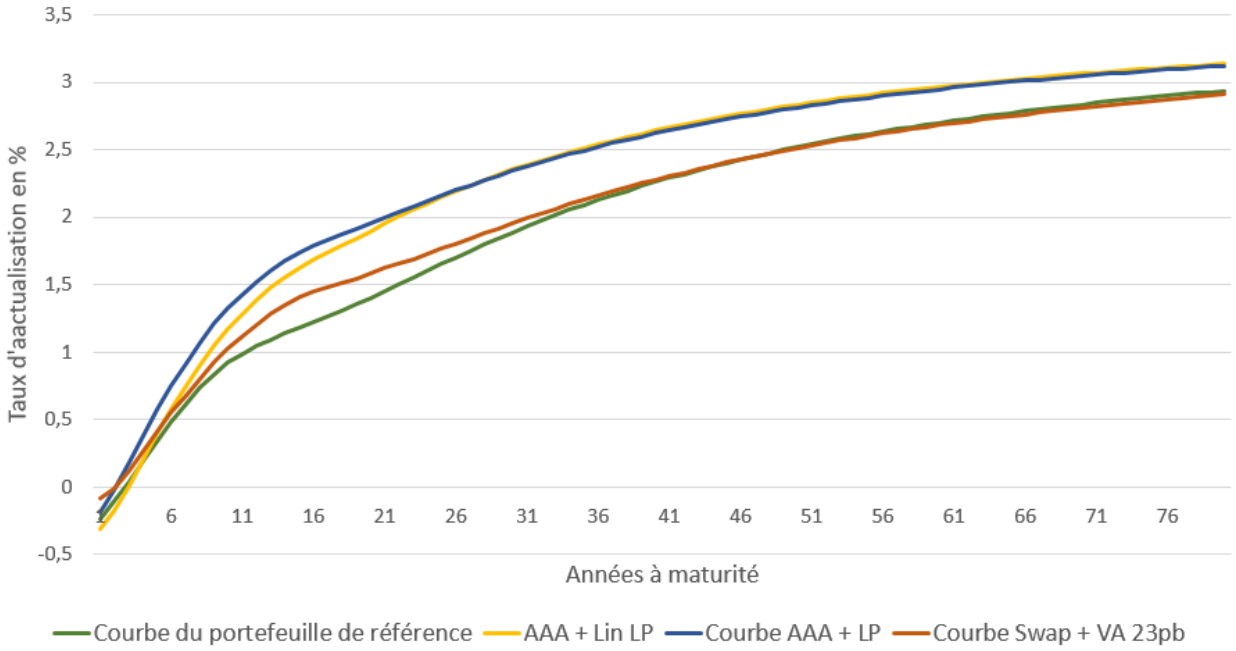


FIGURE 2 – Graphic représentation of Discount Yield curve obtained by 3 Bottom-up approach and a Top-Down approach.

Sensibility Analysis

The applied discount rate curve is a crucial element in valuing the insurance company liabilities and depending on the method and assumptions chosen, we observe that the discount curve can differ greatly. To reflect this sensitivity, we used different discount rate curves to mesure the impact on an opening balance sheet of a life insurance company.

For this, we relied on tools developed internally by the Actuarial Department and Quantitative Analysis of PwC to perform a simulation close to a real situation. Using an ALM software replicating a savings portfolio and a ESG, we were able to project the expected future cash flows of the portfolio, and value them according to the chosen discount rate curve. Secondly, a third tool makes it possible to use the projections made to present them under the new constraints of IFRS 17.

We performed the analysis on simplified balance sheets taking into account only the backing of the assets to the mathematical reserves. We found that the amount of CSM, the amount allocated to the insurance company's revenues, is very sensitive to changes in the discount curve. In particular, for discount rate curves close to the risk-free curve, the value of the liabilities exceeds the value of the assets and thus the contracts become onerous.

Conclusions

IFRS 17 sets out relatively broad principles regarding the methods to be used in the determination of the discount rate curve, but the available data and methods strongly restrict the applicable methods. It is possible to deepen the theory concerning the valuation of embedded bond sales, to define an inventory of financial instruments for the establishment of replication portfolio and to incorporate measures of unpredictability in ALM software design. Nevertheless, regarding the fact that the standard requires a cohort and line of business implementation level discount rate curve, it is recommended that an easily applicable method such as EIOPA or AAA should be chosen.

Remerciements

Je tiens à remercier Didier Riche et Quang Dien Quong pour leurs disponibilité, l'intérêt porté au sujet de mon mémoire et leurs conseils avisés tout au long de l'élaboration de ce mémoire. Les connaissances du secteur de l'assurance et de la norme IFRS 17 de Didier m'ont permis de cibler les éléments clés de la problématique et l'expertise de la finance quantitative de Quang Dien m'a aidé pour extraire des informations pertinentes à partir des données financières.

Je remercie Aurélien Couloumy pour sa disponibilité et sa revue critique des résultats présentés lors de nos entretiens réguliers.

Je remercie aussi les deux équipes RVMS de PwC, les Quants et les Actuaires pour leur bonne humeur et pour leurs conseils tout au cours de la rédaction de ce mémoire. En particulier, Emmanuel Dubreuil pour m'avoir donné l'opportunité de réaliser ce mémoire dans les meilleures conditions. Emmanuel Perrin pour notre coopération sur l'interprétation des textes de la norme et Anas Stitou pour son développement de l'outil IFRS 17.

Je remercie aussi ma famille et mes proches pour leur soutient au cours de tout mon parcours académique, une pensée spéciale à mes grands pères, et à ma petite famille Violaine et Eléanore, mes sources éternelles de joie.

Table des matières

Note de Synthèse **3**

Synthesis note **9**

Remerciements **15**

Table des matières **17**

Introduction **21**

1 Implémentation de la norme IFRS 17 **23**

1.1 Présentation 23

1.1.1 Origine et Objectifs 23

1.1.2 IASB et Convergence des pratiques 24

1.1.3 Méthodes de mesures 25

1.1.4 Reconnaissance des contrats 25

1.1.5 Considérations des contrats épargne Euro 26

1.2 Composition du bilan 28

1.2.1 Flux de trésorerie et frontières du contrat 28

1.2.2 Taux d'actualisation 29

1.2.3 Ajustement pour risque 31

1.2.4 Marge sur Services Contractuels . . . 32
1.3 Comparaisons entre IFRS 17 et Solvabilité II . . . 34
1.3.1 Différences significatives . . . 34
1.3.2 Différences modérées . . . 34
1.4 Communication financière . . . 35

2 Courbes des taux **37**

2.1 Valeur temps de l'argent et observations . . . 37
2.1.1 Observations du marché . . . 39
2.1.2 Limite des observations . . . 39
2.2 Retraitement du taux spot . . . 40
2.2.1 Composantes du taux spot . . . 40
2.2.2 *Credit Risk Adjustement* . . . 41
2.3 Détermination de l'UFR . . . 42
2.4 Méthodes d'interpolations et d'extrapolations . . . 44
2.4.1 *Curve fitting* . . . 44
2.4.2 Smith Wilson . . . 45

3 Methode *Bottom - Up* **47**

3.1 Présentation et concept . . . 47
3.1.1 Prime de liquidité : Banques vs Assurances . . . 47
3.2 Prime de liquidité via la *Volatility Adjustment* . . . 48
3.2.1 Caractéristiques du portefeuille de référence . . . 49
3.2.2 Calcul du *spread* de liquidité . . . 50
3.2.3 Conversion du *spread* en caractéristique de liquidité . . . 52

3.2.4 Mise en pratique de la méthode . . . 56
3.3 Détermination de la liquidité via les obligations . . . 58
3.3.1 Analyse pratique . . . 58
3.3.2 Taux de comparaison . . . 60
3.3.3 Présentation des résultats . . . 60
3.3.4 Incorporation des résultats . . . 63
3.3.5 Mise en pratique de la méthode . . . 64
3.4 Imprédictibilité . . . 68
3.4.1 Présentation et logique . . . 68
3.4.2 Algorithme . . . 69
3.4.3 Indicateur . . . 70
3.4.4 Simulation . . . 72
3.4.5 Mise en pratique de la méthode . . . 72
3.5 Détermination de la prime de liquidité via une option . . . 75
3.5.1 Présentation de la méthode Ghaidarov . . . 75
3.5.2 Développement dans la norme . . . 75
3.5.3 Détermination de la valeur du put . . . 77
3.5.4 Détermination de la prime de liquidité . . . 79
3.5.5 Mise en pratique de la méthode . . . 82

4 Methode *Top - Down* 85

4.1 Présentation et concept . . . 85
4.2 Notions de portefeuille répliquant . . . 86
4.3 Utilisation de portefeuille de référence . . . 88
4.3.1 Actifs financiers d'une compagnie d'assurance . . . 88

4.3.2 Application sur un portefeuille 89

5 Applications et étude de sensibilité **95**

5.1 Cadre de l'application 95

5.1.1 Générateur de Scénarios Economique 95

5.1.2 Moteur ALM 97

5.1.3 Calcul du BEL 99

5.1.4 Présentation des résultats 102

5.2 Analyse de sensibilité 102

5.2.1 Différence entre les courbes 102

5.2.2 Sensibilité de la prime de liquidité 104

5.3 Comparaison pratique des méthodes 106

Conclusion **109**

Bibliographie **110**

A Études de sensibilités **116**

B Extraction Bloomberg **121**

C Méthode Smith Wilson **123**

Introduction

La norme comptable IFRS 17 entrera en vigueur le 1er Janvier 2022, après avoir été différé d'une année (IASB (2018)) et remplace la norme IFRS 4. Cette norme concerne les contrats d'assurance et le but est de pouvoir uniformiser la comptabilité au sein du secteur assurantiel. Cette norme révolutionne les pratiques notamment sur l'évolution des passifs et des résultats. Un impact majeur de la nouvelle norme est de considérer le profit d'un contrat sur toute la durée de couverture.

En effet, le système actuel de comptabilisation reflète mal les spécificités de l'assurance comme le principe de production inversée. On observe une forte entrée de fonds à l'encaissement des primes, et la gestion des sinistres et prestations se fait par année et sont déduites du résultat technique. Pour les cas de sinistres à développement de longue durée, typiquement les assurances responsabilités civiles, le résultat de la compagnie peut être affecté par un sinistre dont la prime a été payée de nombreuses années auparavant. La norme IFRS 17 vient pallier ce problème en créant un cadre de comptabilité spécifique à l'assurance.

Comme dans le cadre de la norme Solvabilité II, entrée en vigueur le 1er Janvier 2016, l'évaluation des engagements de la compagnie se fait via le Best Estimate of Liabilities (BEL). Ce principe consiste à évaluer les engagements de l'assureur, en projetant les flux futurs probables actualisés de manière à refléter la valeur économique de ses engagements. Le taux d'actualisation permet de refléter la valeur des engagements aux cours du temps en fonction des caractéristiques de ces derniers, la détermination du taux d'actualisation est l'objet de ce mémoire.

La norme IFRS 17 propose deux options pour le calcul de cette courbe d'actualisation. La première, appelée "Bottom Up" est similaire à celle de Solvabilité II dans le sens où on considère un taux sans risque, qui représente la valeur temps de l'argent, auquel on ajoute une prime de liquidité qui correspond aux caractéristiques de liquidité des engagements.

La seconde méthode, appelée "Top Down" consiste a considérer le taux de rendement historique du portefeuille de contrats, et/ou de considérer un portefeuille d'actifs financiers ayant des caractéristiques similaires au portefeuille de contrat, et d'y soustraire l'ensemble des éléments pris en compte dans la valorisation du portefeuille de référence mais ne correspondant pas à des caractéristiques des engagements.

Afin de mesurer l'impact des différentes méthodes et hypothèses, nous réaliserons l'application sur un portefeuille de contrats épargne euro. Dans ce cas, nous verrons que la méthode de mesure comptable adaptée est la méthode " Variable Fee Approch". Nous réaliserons une étude de sensibilité à partir des différentes courbes obtenues lors de l'application des sections prédédente, et une analyse ciblée sur la prime de liquidité.

Chapitre 1

Implémentation de la norme IFRS 17

1.1 Présentation

1.1.1 Origine et Objectifs

L'ISAB, International Accounting Standard Board a commencé à développer une norme visant les contrats d'assurance depuis les années 90, sans pour autant aboutir a une norme lors de la transition aux normes comptables IFRS en 2005. La norme a été implémentée en deux étapes, la première IFRS 4 se basant sur des principes comptables locaux et la seconde phase, nommée IFRS 17 dont les textes régissant la norme ont été publiés en mai 2017.

La norme comptable universelle réponds à plusieurs besoins. Les standards de comptabilité varient entre les différents pays ce qui multiplie les besoins en experts comptables et empêche une comparabilité entre les différentes zones géographiques. Au sein d'une même zone géographique, les compagnies comme les assurances vie, non-vie et réassurances n'ont pas la même visions quant à leurs engagement, ce qui impacte les moyens de comparaison entre elles.

Concernant le cadre réglementaire européen, le règlement européen n°1606/2002, entré en vigueur le 1er janvier 2005, les sociétés ayant des titres négociables sur les marchés financiers d'un état membre de l'union européenne, dont les sociétés faisant appel public à l'épargne incluant les titres de créances négociables sur les marchés réglementés, sont obligés de publier leurs comptes consolidés selon les normes IFRS. Ainsi l'ensemble des acteurs majeurs de l'industrie assurantiel de l'union européenne entrent dans ce cadre.

En dehors du cadre d'uniformisation du processus comptable, la norme IFRS 17 vise à imposer une nouvelle vision sur la valorisation des passifs d'une compagnie d'assurance. Dans l'ensemble les principes comptables locaux conduisent à une valorisation aux "coût amorti" alors que IFRS 17 tend à considérer une valorisation d'un point de vue économique.

La norme impose aux compagnies d'assurance de classer l'ensemble de leurs engagements d'assurance par groupe de contrats partageant les mêmes caractéristiques puis de scinder ces groupes de contrats en fonction de leurs rentabilité attendues. Le second est de comptabiliser une

marge pour services contractuels (Contractual Service Margin) représentant les revenus attendus sur toute la durée de couverture du contrat. Ce montant correspond au profit attendu de ces contrats et doit être ajusté en fonction de la sinistralité observée au cours de la durée de vie du contrat.

1.1.2 IASB et Convergence des pratiques

L'implémentation de la norme IFRS 17 est considérée comme étant disruptive pour le secteur de l'assurance tant elle remet l'ensemble du processus de comptabilisation et de suivi des contrats en cours et nouveaux (Winter (2017)). L'IASB a comme objectif d'uniformiser des principes comptables qui refléterons de manière la plus juste, les activités des compagnies d'importance dans tous les secteurs. Les normes développées sont présentes dans l'ensemble des industries, notamment dans la finance, avec IFRS 9 qui régit la comptabilisation des instruments financiers.

La norme IFRS 9 est entrée en application pour les acteurs du marché le 1 Janvier 2018, cette norme impacte principalement le secteur bancaire et les gestionnaires de fonds. Néanmoins, les compagnies d'assurances gèrent des portefeuilles obligataires et des instruments financiers conséquents et sont impactés par la norme IFRS 9. Afin de limiter les années de transitions, les compagnies d'assurance ont le droit de faire concorder l'application des deux normes au 1 janvier 2022. (Partners (2018))

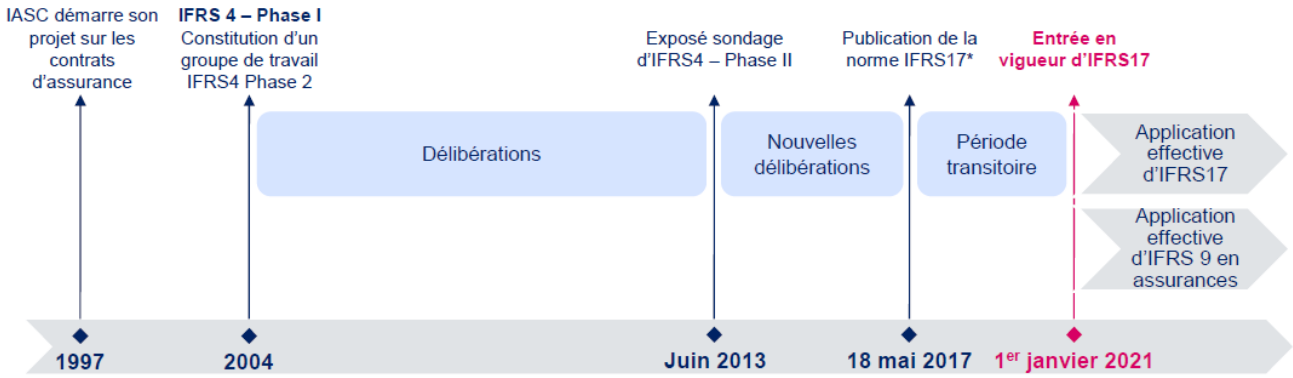


FIGURE 1.1 – Représentation du calendrier lié à l'implémentation de la norme IFRS 17

On observe sur la Figure 1.1 que le temps de délibération a été particulièrement long et est expliqué par le fait que l'ambition affiché de la norme est particulièrement élevé. L'établissement de la norme a entraîné un grand nombre de discussions entre l'IASB et les acteurs du marché dont les principaux représentants du coté européen sont :

— **EFRAG (European Financial Reporting Advisory Group) :** est un organisme privé crée par les acteurs européens comprenant des professions comptables, les utilisateurs et les normalisateurs nationaux. Ce groupe a pour mission de conseiller la commission européenne sur l'interprétation et l'adoption des normes IFRS. En effet, la norme devra être approuvée par la commission d'ici 2020.

— **ARC (Accounting Regulatory Commitee) :** est un comité institué par la commission européenne, composé de représentants des Etats membres, chargé de la réglementation lié aux normes IFRS.

— **TRG (Transition Resource Group) :** est un groupe servant à relayer les difficultés rencontrés par les acteurs du marché concernant l'implémentation de la norme.

Le sujet du taux d'actualisation n'a pas été considéré comme étant un sujet majeur durant les premières phases d'établissement et de réflexion de la norme IFRS 17, ainsi peu de documentation a été produite par les comités en charge de l'encadrement de la norme. Les principaux documents de l'IASB couvrant le sujet sont :

— Draft reseach paper, IASB, Janvier 2016

— Determining discount rates using a top-down approach, TRG IFRS 17, Septembre 2018

— Discount rates, risk adjustment and OCI options, IASB Meeting, Décembre 2018

1.1.3 Méthodes de mesures

Bien que l'objectif de la norme vise à uniformiser les principes comptables des compagnies d'assurances, un nombre important de points permettent aux entités de refléter ces caractéristiques propres. En premier lieu, la partie *measurement* qui représente la vision de la gestion de l'entité et dispose des choix suivants :

— **General Model ou Building Block Approach :** la méthode représente le fondamental de la norme dans le sens où les contrats sont regroupé par paquets basés sur des critères de similarité des risques couverts, la période d'émission des contrats et la rentabilité attendue. De manière simplifiée, l'ensemble des passifs d'une compagnie d'assurance sont composés de 3 blocs : BEL, RA, CSM dont les termes sont développés dans les sections suivantes.

— **Variable Fee Approach :** cette méthode est appropriée aux contrats d'assurance à participation directe et les contrats d'épargne euro sont éligibles a ce modèle de comptabilisation. Le point "variable" des charges (fees) est représenté par le fait que l'assureur peut ajuster les charges appliquées à la gestion des contrats au cours de la durée de l'engagement.

— **Premium Allocation Approach :** méthode applicable pour les portefeuilles dont les engagements sont de courte durée. Le principe est similaire à l'application de la provision pour primes non acquises. On peut raisonnablement considérer que cette méthode pourra s'appliquer aux compagnies d'assurance non vie, dont la majorité des contrats sont de durée d'une année. Néanmoins, la comptabilisation avec la méthode PPA s'arrête au moment de la couverture du risque en question, ainsi l'ensemble des flux futurs attendus des sinistres en cours doivent être comptabilisés avec la méthode BBA.

1.1.4 Reconnaissance des contrats

En premier lieu, l'entité doit reconnaître les contrats et les agréger en fonction de leurs caractéristiques en considérant les risques sous-jacents et/ou la méthode de gestion. La norme emploie

le terme de *portefeuille de contrats d'assurance* car il se peut que les contrats appartiennent à la même ligne de produits mais ont des risques différents, ce qui obligerait l'entité à les séparer. Cette agrégation est déterminante pour l'ensemble du processus d'application de la norme (Identification, Mesure, Présentation et Information).

La norme impose un échelon supplémentaire d'agrégation qui distingue le niveau de rentabilité attendu du portefeuille en question. En effet, l'entité doit décomposer les portefeuilles déterminés précédemment entre l'une de ces trois catégories :

— **Onéreux :** L'entité s'attend à ce que ces contrats constituent une perte financière.
— **Rentables, sans risque significatif de devenir onéreux :** Ces contrats constituent la part majoritaire des contrats détenus par l'entité.
— **Rentables, avec un risque significatif de devenir onéreux :** Ces contrats constituent les contrats qui ne figurent pas dans les deux premières catégories.

Le caractère *risque significatif de devenir onéreux* doit être évalué via la probabilité de changement des hypothèses de profitabilité des contrats en se basant sur un reporting interne. Il est a savoir que le niveau d'agrégation des portefeuilles doit se baser de telle manière à ce qu'il y ait une homogénéité de la population du portefeuille.

Concernant la date de comptabilisation des contrats, la norme impose de considérer la première des dates suivantes :

— La date de début de la période de couverture du contrat ;
— La date à laquelle la première prime doit être réglée par l'assuré, ou date de la réception de la première prime s'il n'y a pas de date fixée ;
— Pour les contrats onéreux, la date à laquelle l'entité estime que le contrat devient déficitaire.

Dans le cadre des modèles de mesures comme PAA ou BBA, le taux d'actualisation est déterminé à la reconnaissance des contrats et est bloqué pour toute la durée de vie des contrats. Il est précisé dans l'annexe B73 de la norme qu'il est possible d'appliquer un taux d'actualisation moyen pondéré pour l'intervalle au cours duquel les contrats ont été émis, mais que cet intervalle ne peux excéder une année.

De manière à simplifier les calculs, des intervenants du marché ont demandé s'il était possible d'utiliser un taux unique au lieu d'utiliser une courbe. La réponse développé dans le TRG de décembre 2018 est qu'en principe rien n'est empêché dans la norme, néanmoins le taux d'actualisation doit être en accord avec les éléments observés sur le marché. L'entité doit prouver qu'il n'y a pas de différence matérielles entre les deux applications.

1.1.5 Considérations des contrats épargne Euro

Définition et reconnaissance

Les contrats d'épargne français tombe dans la notion décrite par la norme comme étant des contrats participatifs directs. Le concept est de juger le niveau d'interaction entre les assurés et les

actifs adossés aux contrats de ces mêmes assurés et que nous résumons dans la liste suivante :

- **Contrats non participatif :** Les contrats dont les flux ne varient pas avec les éléments sous-jacents, par exemple les contrats IARD, responsabilité civile, assurance emprunteur.
  La méthode comptable a appliquer est le modèle général, sauf pour les cas remplissant les critères de la méthode PPA, par exemple les assurances automobiles ou multi-risques habitation.
- **Contrats participatif indirect :** Les contrats dont les flux varient avec les éléments sous-jacents mais non éligibles à la VFA. En particulier la méthode VFA n'est pas admise pour les acceptations et cessions en réassurance, y compris lorsque les contrats sous-jacents sont participatifs directs.
- **Contrats participatifs directs :** Les contrats pour lesquels les conditions suivantes sont respectées IASB (2017) :
  — (a) L'assuré participe à un pool d'actif spécifié.
  — (b) L'assureur s'attend à verser une part significative des rendements aux assurés
  — (c) Une part significative des prestations devrait varier avec la valeur des actifs.

En se basant sur ces critères, la norme contraint les compagnies disposant de contrats ayant les caractéristiques de contrats à participation directe de les comptabiliser avec le modèle VFA. Nous remarquons que dans ce cas, la norme impose une méthode de mesure contrairement au cas du modèle PPA qui est toujours optionnel, même si les contrats remplissent les critères d'éligibilité.

Mesure et particularité

Le critère (a) définissant les contrats participatifs directs peut, en fonction des juridictions, ne pas être clairement identifiable. Pour être concis, le critère (a) n'est pas respecté si les actifs sous-jacents peuvent être changés rétrospectivement ou bien si les actifs sous-jacents ne sont pas identifiables. Le paragraphe 2 de la norme impose à la compagnie de prendre en compte l'ensemble des aspects émanant des lois et des réglementations opérant dans la juridiction, et dans le cas contraire, faire preuve de suffisamment de jugement pour déterminer si les critères sont respectés.

Afin d'avoir une vue sur l'application de la méthode VFA, les contrats suivants sont supposés être éligible à la méthode :

— Les contrats en Unité de Compte, les rentes variables sur le marché américain et des contrats liés à des indices d'actifs.
— Les contrats avec participation aux bénéfices européens, comme les contrats Epargne Euros.

Les contrats suivants ne devrait, à priori, ne pas être éligible à la mesure via le modèle VFA PwC (2017*a*).
— Les contrats d'assurance vie classiques
— Les rentes indexées sur l'inflation
— Les rentes immédiates
— Les assurances vie universelles type américaines

1.2 Composition du bilan

1.2.1 Flux de trésorerie et frontières du contrat

Après avoir défini les différents paquets de contrats d'assurance gérés par la compagnie d'assurance selon la méthode définie précédemment, pour chacun d'entre eux il faut définir les "frontières du contrat". Ce terme permet de définir l'ensemble des éléments qui constituent les flux de trésorerie imputable à ce portefeuille de contrats durant l'ensemble de la période de couverture.

Les principes essentiels sont définis dans le paragraphe 33 cité ci-dessous :

Paragraphe 33 Norme IRFS 17

L'entité doit inclure dans l'évaluation du groupe de contrats d'assurance tous les flux futurs de trésorerie futurs compris dans le périmètre de chacun des contrats du groupe (voir paragraphe 24). En application du paragraphe 24, elle peut procéder à l'estimation des flux de trésorerie d'exécution qui en résultent entre les groupes de contrats. Les estimations de flux de trésorerie futurs doivent :

- (a) intégrer avec objectivité l'ensemble des informations raisonnables et justifiables qu'il est possible d'obtenir sans coût ou effort excessif sur le montant, l'échéancier et l'incertitude des flux de trésorerie futurs, l'entité devant, pour ce faire, estimer l'espérance mathématique de l'éventail complet des résultats possibles ;

- (b) refléter le point de vue de l'entité, pour autant que les estimations des variables de marché pertinentes cadrent avec les prix de marché observables pour ces variables ;

- (c) être à jour - les estimations doivent refléter les conditions existant à la date d'évaluation, notamment les hypothèses à cette date quant à l'avenir ;

- (d) être explicites - l'entité doit établir l'ajustement au titre du risque non financier séparément des autres estimations. L'entité doit aussi estimer les flux de trésorerie séparément de l'ajustement au titre de la valeur temps de l'argent et du risque financier, à moins que la technique d'évaluation la plus appropriée nécessite la combinaison de ces estimations.

L'alinéa (a) présente la notion de "d'estimation de l'espérance mathématique de l'éventail

complet des résultats possibles", ce concept est très similaire a celui de *Best Estimate of Liabilities* (BEL) introduit par la norme Solvabilité II. Pour être en parfaite adéquation, il faut considérer le taux d'actualisation de ces flux de trésorerie futurs probables, point que nous allons aborder dans la section suivante. Nous pouvons néanmoins retranscrire les principes du paragraphe 33 par la formule suivante :

$$\textit{Fullfillment Cash Flow} = \mathbb{E}^{\mathbb{Q}}\Big[\sum_{t=1}^{T} CF(t)|\mathcal{F}_0\Big] \tag{1.1}$$

Avec :

— $CF(t)$: Le flux de trésorerie estimé de l'instant t

— T : Horizon de couverture

Par l'alinéa (b), nous justifions l'application de la probabilité risque neutre car il est mentionné une adéquation de l'estimation des variables avec les prix de marché observable. L'alinéa (c) est traduit via l'espérance conditionnelle $\mathcal{F}_0$ qui correspond à l'ensemble des informations disponible à l'instant 0.

Les contrats épargne à support euro disposent de caractéristiques particulières au vue de la norme IFRS 17, les flux financiers liés aux engagements contractuels varient en fonction d'éléments sous-jacent. Les annexes B75 à B77 définissent que la variabilité des flux de trésorerie est un facteur pertinent peut importe si cette variabilité provient de modalités contractuelles, de pouvoirs discrétionnaire de l'entité, ou bien d'éléments sous jacents.

La notion de variabilité des flux financiers est complexe dans le cas des reversement des participations de bénéfices. En effet, si le taux minimal garantie est bien supérieur au rendements des actifs du portefeuille financier de l'entité, alors le taux reversé sera toujours égal à celui du rendement minimal, et ainsi ne sera pas variable.

C'est pour cette raison que la norme considère qu'il n'est pas nécessaire de faire une séparation entre les deux types flux, en revanche le taux d'actualisation a appliquer doit prendre en compte les incidences de ces garanties.

1.2.2 Taux d'actualisation

Le taux d'actualisation est une composante importante dans le calcul des engagements d'un assureur, d'autant plus si ces engagements sont de longue durée. Ce taux est censé refléter la valeur temps de l'argent, ce qui correspond au principe que la valeur de l'argent d'aujourd'hui est différente de celle de l'argent de demain. Le taux d'actualisation est l'élément central permettant de refléter l'ensemble des caractéristiques économique des flux financiers futurs, c'est ainsi que l'on peut obtenir la juste valeur des engagements de l'entité.

Les principes a appliquer dans le cadre de l'évaluation du taux d'actualisation sont les suivants :

Paragraphe 36 Norme IRFS 17

L'entité doit ajuster les estimations de flux de trésorerie futurs afin de refléter la valeur temps de l'argent et les risques financiers liés à ces flux de trésoreries, dans la mesure où ces risques n'ont pas été pris en compte dans les estimations de flux de trésorerie. Les taux d'actualisation appliqués aux estimations de flux de trésorerie futurs décrites au paragraphe 33 doivent :

— (a) refléter la valeur temps de l'argent, les caractéristiques des flux de trésorerie et les caractéristiques de liquidité des contrats d'assurance ;

— (b) cadrer avec les prix de marché courants observable (s'il en existe) d'instruments financiers dont les flux de trésorerie ont des caractéristiques qui correspondent à celles des contrats d'assurance du point de vue, par exemple, de l'échéancier, de la monnaie ou de la liquidité ;

— (c) exclure l'effet des facteur qui influent sur ces prix de marché observables, mais pas sur les flux de trésorerie futurs des contrats d'assurance.

Nous avons cité ci dessus les principes fondateurs de la norme, nous commenterons plus en détails l'ensemble des aspects pratiques avec en complément les annexes (B72 à B85 de la norme) ainsi que les *Basis for Conclusions*, qui est un guide sur l'application de certains aspects de la norme après concertation avec les principaux acteurs du marché. Néanmoins, nous pouvons d'ores et déjà introduire le taux d'actualisation dans l'équation (1.1) afin d'obtenir une formule déterminant le *Best Estimate of Liabilities (BEL)* :

$$BEL_0 = \mathbb{E}\Big[\sum_{t=1}^{T} \delta(t) CF(t) | \mathcal{F}_0\Big] \tag{1.2}$$

Avec :

— $\delta(t)$: Le taux d'actualisation reflétant la valeur temps de l'argent ainsi que les caractéristiques du passif
— $CF(t)$: Le flux de trésorerie estimé de l'instant t
— T : Horizon de couverture

De plus si les montants sont nominaux alors le taux d'actualisation ne doit pas tenir compte de l'inflation. A contrario, si les montants sont réels alors le taux d'actualisation doit prendre en compte l'inflation.

Le calcul de la valeur économique des flux financiers liés aux engagement d'assurance dépendent fortement du taux d'actualisation car le taux d'actualisation détermine le caractère économique. De plus, dans le cas où les flux financiers des engagements varient en fonction d'éléments sous-jacent, le taux d'actualisation doit refléter l'incertitude quant à l'impact des variation de ces éléments sous-jacents sur les flux financiers d'engagements.

1.2.3 Ajustement pour risque

L'ajustement pour risque représente ce qu'une entité tierce exigerait en compensation de l'incertitude des flux de trésoreries relatifs aux engagements de la compagnie d'assurance. Si les engagements de l'entité comportent des risques à faible fréquence et forte intensité alors l'ajustement pour risque sera plus élevé que dans le cas de risques à forte fréquences et faible intensité. La norme IFRS 17 ne prescrit pas de méthode spécifique pour l'évaluation de ce montant et donne comme indication les éléments suivants :

Paragraphe 37 Norme IRFS 17

L'entité doit ajuster les estimations de la valeur actualisée des flux de trésorerie futurs pour refléter l'indemnité qu'elle exige pour la prise en charge de l'incertitude entourant le montant et l'échéancier des flux de trésorerie qui est engendrée par le risque non financier.

Les méthodes couramment appliqués sont :

— **Le coût du capital :** Méthode dans laquelle un taux est appliqué sur l'ensemble des SCR implémenté dans le cadre de Solvabilité II [*]. Cette méthode a été proposée afin de simplifier les calculs de la Risk Margin, élément du Bilan SII qui correspond au Risk Ajustment de IFRS 17.

— **Value at Risk :** Une simulation du montant exposé via le calcul de la fonction de distribution des pertes probables de portefeuille. Avec l'ensemble des informations disponibles sur les flux futurs attendus et les hypothèses adéquates, la mesure du risque à appliquer est la suivante : $VaR_\alpha = inf(x \ tel \ que \ P(Pertes > \ x) < \alpha)$. La nuance dans ce calcul est que la fonction des pertes se base sur l'entièreté de la durée d'engagement de l'assurance, contrairement au SCR de Solvabilité qui considère seulement la perte probable à horizon 1 an.

— **Conditionnal Tail Expectation :** Correspond à l'espérance des pertes lorsque le seuil de la VaR définie précédemment a été dépassé. Le concept est similaire à celui de la Value at Risk, à la nuance près est qu'il y a un calcul d'espérance. Définie aussi comme Tail Value at Risk, elle est définie par la formule suivante $TVaR_\alpha = \mathbb{E}[Pertes|Pertes > VaR_\alpha]$.

∗. Le SCR définit dans le cadre de Solvabilité II comprend une partie dite « Intervalle de confiance » dans le sens où ce montant correspond à la formule suivante $VaR_{99,5\%} = inf(x \ tel \ que \ P(Pertes > \ x) < 99,5\%)$

Il est mentionné que dans le cas où l'entité n'utilise pas une des méthodes standards, une documentation doit être fournie. Nous constatons que pour le calcul de l'ajustement pour risques, l'entité doit approfondir sa connaissance et les hypothèses sous-jacentes à la projection aux flux futurs attendus afin de refléter au mieux le comportement extrême de ces engagements. On voit qu'avec des mesures du risque comme les VaR et TVaR, il y a une grande sensibilité des sinistres de type "queue épaisse".

1.2.4 Marge sur Services Contractuels

La marge pour services contractuel correspond à ce que l'entité attend comme résultats financiers à partir des contrats commercialisés. On peux comprendre que ce point du bilan est un élément sensible dans le sens où c'est à partir de ce montant que les gestionnaires vont alimenter le compte de résultat de l'année.

Paragraphe 38 Norme IRFS 17

La marge sur services contractuels est un composant de l'actif ou du passif afférent au groupe de contrats d'assurance qui représente le profit non acquis que l'entité comptabilisera à mesure qu'elle fournira les services. L'entité doit évaluer la marge sur services contractuels au moment de la comptabilisation initiale du groupe de contrats d'assurance à un moment qui, à moins que le paragraphe 47 (sur les contrats déficitaires) ne s'applique, fait qu'aucun produit ou charge ne découle :

— (a) de la comptabilisation initiale d'un montant pour les flux de trésorerie d'exécution, évalués selon les paragraphes 32 à 37 ;

— (b) de la décomptabilisation, à cette date de comptabilisation initiale, de tout actif ou passif comptabilisé au titre des flux de trésorerie liés aux frais d'acquisition par application du paragraphe 27 ;

— (c) des flux de trésorerie issus des contrats compris dans le groupe à cette date.

La CSM est un montant comptabilisé durant toute la durée de vie du contrat sous-jacent et dont les moments clés sont détaillés ci-dessous :

Reconnaissance Initiale

La norme IFRS 17 oblige les compagnies a ne pas reconnaître de profits lors de la reconnaissance d'un groupe de contrats. Ainsi le montant de la CSM est déterminé par l'équation suivante :

$$CSM = max(0, -(BEL + Risk\ Adjustment)) \tag{1.3}$$

La norme indique que la CSM ne peux pas être négative, ainsi les pertes estimées par la reconnaissance de contrats onéreux doivent être reconnues directement dans le compte de résultats. Nous observons que la CSM dépend du montant du BEL qui dépend lui même du taux d'actualisation appliqué au groupe de contrats. Le taux d'actualisation peut être un facteur déterminant pour la classification de la rentabilité des groupes de contrats.

Évaluation ultérieure

Étant donné que cet élément est présent durant toute la vie des contrats d'assurance sous-jacents, nous avons la CSM qui est réévaluée, à chaque date de clôture en considérant les éléments suivants :

- (a) Les nouveaux contrats ajoutés à la cohorte sous-jacente
- (b) Les changements relatif aux flux de trésorerie liés aux contrats
- (c) Les variation des hypothèses liées à la monnaie
- Modèle Général : Les intérêts cumulés sur la CSM durant la période
- Modèle VFA : La part de l'assureur sur la variation de la valeur des actifs sous-jacents

Nous remarquons que le point (b) inclut la variation de la valeur actualisée des flux futurs et ainsi peut être impacté par la variation de la courbe d'actualisation utilisée pour les passifs.

La CSM est impactée par le taux d'actualisation car ce dernier est pris en compte dans la détermination de l'intérêt à capitaliser sur la CSM au cours de chaque exercice, dans le cadre des contrats sans participation directe. La variation de la courbe d'actualisation entre chaque exercice est pris en compte pour les contrats à participation direct et ainsi l'impact de cette variation affecte la CSM.

Unité de couverture

Afin de pouvoir être constant dans la répartition des bénéfices, il faut au préalable avoir défini les unités de couverture pour les contrats concernés. Les unités de couverture ou *coverage unit* dans le texte original, représentent une part de la CSM consacrée par contrats pour l'ensemble du portefeuille et la part libérée lors de chaque clôture des comptes dépendra des unités de compte et le nombre d'années de couverture du contrat.

La définition et l'application du terme unité de couverture est laissée vague dans la norme car cet élément prend en compte la notion de couverture et ainsi oblige l'assureur à considérer la période de couverture comme un tout, et pas seulement lors de l'occurrence d'un sinistre.

1.3 Comparaisons entre IFRS 17 et Solvabilité II

A partir du premier janvier 2022, pour les compagnies d'assurance domiciliées dans un Etat membre de l'union européenne, deux normes seront en vigueur, IFRS 17 et Solvabilité II. Nous réalisons un rapprochement avec la norme SII car elle nous sert de norme repère de par son ampleur et son objectif de représenter une vision économiques de l'activité de la compagnie d'assurance. Néanmoins la vision diffère sur le fait que Solvabilité II est une norme affichant un caractère prudentiel.

1.3.1 Différences significatives

— **Reconnaissance du profit :** Nous avons vu que la CSM élimine le profit du jour 1 afin de le répartir sur l'ensemble de la durée de couverture, alors que dans le cadre de Solvabilité II les profits sont comptabilisés immédiatement. Cette différence est due aux philosophies différentes dans le sens où Solvabilité II perçoit les primes comme pouvant servir immédiatement à régler des prestations au cours de l'année.

— **Contrats de réassurance :** Les contrats de réassurance sont considérés à part lors de la présentation des résultats pour la norme IFRS 17, alors que bilan Solvabilité II est net de réassurance PwC (2017*b*) . En particulier, dans la norme SII a un impact sur la frontière des contrats et ainsi sur les flux financiers lié aux contrats réassurés.

1.3.2 Différences modérées

— **Définition et portée :** Le périmètre d'application de la norme IFRS 17 s'étend au-delà des frontières de la zone Euro. De plus, certains contrats, définit comme des contrats d'investissement non participatif seront régis par la norme IFRS 17, lors qu'ils n'étaient pas considérés comme étant des contrats d'assurance auparavant.

— **Granularité :** La norme Solvabilité II prescrit la manière de regrouper les différents contrats par *Line of Business (LoS)* alors que IFRS 17 permet de rentrer dans plus de détails avec la notion de cohorte, de portefeuille et de profitabilité.

— **Taux d'actualisation :** La courbe d'actualisation est prescrite par l'EIOPA et est déterminée via un *benchmark* de l'ensemble des acteurs dans la zone Euro, alors que IFRS 17 permet à chaque entité de définir et de calculer sa propre courbe des taux.

— **Marge pour risque :** Comme constaté précédemment, dans le cadre de la norme IFRS 17, la méthode d'évaluation se base sur des principes dont l'interprétation est laissée à l'entité

alors que pour Solvabilité II la méthode du "Coût du capital" est imposée avec un taux de 6%.

1.4 Communication financière

Les paragraphes 93 à 132 de la norme évoquent l'ensemble des principes de leur communication financière. Une part conséquente de l'information concerne les états financiers avec comme précision les méthodologies appliquées et les jugements portés dans l'application d'IFRS 17.

Un point supplémentaire vient s'ajouter à la présentation des montants comptabilisés, c'est l'évaluation des risques par nature et ampleur des contrats entrant dans le champ d'application de la norme. Les principaux risques cités sont les suivants :

— **Risques de tout type - Concentration de risques :** L'entité doit détailler comment elle détermine ces concentrations et quelle sont les caractéristiques à communes (par exemple, le type d'évènements assuré, le secteur d'activité, la zone géographique ou la monnaie).

— **Risque d'assurance et risque de marché - Analyse de sensibilité :** Cette analyse doit porter sur l'exposition aux risques sur le résultat net et les capitaux propres. Un premier point est l'impact de la réassurance et le second sur chaque type de risque de marché sur les contrats d'assurance. La méthode et les hypothèses doivent être présentés, ainsi que les éventuels changements par rapport à la période précédente.

— **Risque d'assurance - Matérialisation des sinistres :** L'entité doit fournir des informations sur les sinistres réels comparativement aux estimations antérieures de leur montant non actualisé. Ce sont les sinistres qui ne sont pas encore clôturés et dont le montant de la prestation ne sont pas encore définis.

— **Risque de crédit - Autres informations :** L'entité doit présenter les deux éléments suivants :

  — le montant qui représente le mieux l'exposition maximale au risque de crédit, de manière séparée pour les contrats d'assurance émis et les traités de réassurance détenus.
  — des informations sur la qualité du crédit de réassurance détenu qui sont à l'actif.

— **Risque de liquidité :** L'entité doit fournir une description de la façon dont elle gère le risque de liquidité, ainsi qu'une analyse des échéances des groupes de contrats d'assurance et de réassurance détenus qui sont aux passifs, de manière concise pour les cinq prochaines années et de manières globales pour les cinq suivantes. Les échéances peuvent être les flux nets contractuels restants non actualisés, ou bien les flux estimés de la valeur actualisée des flux de trésorerie futurs. A cela s'ajoutent les paiements à vue, en expliquant leur relation avec la valeur comptable des groupes de contrats auxquels ils se rapportent.

Les paragraphes 117 et 120 contraignent la compagnie d'assurance à divulguer :

— les méthodes utilisées pour la mesure des contrats d'assurance et les processus visant à estimer les entrées de ces méthodes, y compris les approches utilisées pour estimer la courbe d'actualisation.

— tout changements dans les méthodes et les processus pour estimer les entrées dans les modèles servant à estimer les contrats d'assurance, la raison des changements, et le type de contrats affectes.

— la courbe des taux ou série de courbe de taux utilisée pour actualiser les flux financiers qui ne varient pas en fonction d'éléments sous-jacents.

Les *Basis for Conclusions* BC198 mentionnent que l'entité doit divulguer la courbe d'actualisation dans la note venant en annexe des états financiers. Ce point est rappelé dans la réponse du *Board* de décembre 2018, dans laquelle le *Board* précise que l'entité doit mettre en avant les hypothèses et choix réalisés au cours de la détermination de la courbe de liquidité, et doit servir de base pouvant expliquer les différences éventuelles avec d'autres compagnies d'assurance. L'IASB précise que les compagnies doivent répondre aux mêmes conditions de mesure. IFRS 17 apporte de la comparabilité mais pas de l'uniformité.

Chapitre 2

Courbes des taux

Dans cette partie, nous allons développer les différentes problématiques liées à la détermination d'une courbe de taux d'actualisation. En premier lieu, nous allons déterminer les différentes sources d'informations pour dériver la courbe de manière à être cohérent avec les observations du marché et en second lieu, les méthodes et hypothèses utilisées pour prolonger la courbe au delà des points d'observations.

Ainsi nous pouvons distinguer trois parties dans une courbe des taux :

— **Partie observable :** cette partie est déterminée à partir des observations réalisées sur le marché et dont les points manquants sont interpolés à partir d'observations.

— **Convergence vers un taux d'équilibre long terme :** cette partie comprend les valeurs de la période de transition entre la dernière valeur observée et le taux d'intérêt à long terme.

— **Taux d'intérêt ultime :** cette partie de la courbe permet d'obtenir un taux d'actualisation pour les engagements de longue durée et aussi d'avoir un point de repère macro-économique sur la valeur d'équilibre des taux d'intérêts.

2.1 Valeur temps de l'argent et observations

Cette notion provient de la théorie de l'absence d'opportunité d'arbitrage, concept dans lequel une somme d'argent peut être placée à un taux sans risques qui rapporterait un gain sûr à l'avenir, par opposition au rendement lié à une stratégie risquée. Le concept observable le plus proche de la notion de la valeur temps de l'argent est le rendement d'un actif financier ayant une probabilité d'occurrence certaine. C'est en effet l'hypothèse établie concernant les flux financiers lié aux engagements d'assurance, c'est pourquoi afin de refléter la juste valeur économique de ces engagements, ces derniers doivent être actualisés à un taux sans risques.

Sur le marché financier, deux types de produits financiers peuvent être considérés comme ayant des propriétés proches du taux sans risque, le rendement d'obligations souveraines ou le montant des taux des contrats type *swap*.

La courbe des taux d'obligations souveraine

Le terme "sans risques" peut être appréhendé dans le sens où l'on va identifier des entités ayant le moins de risque de défaut. Dans ce cas, on peut se retourner vers les obligations émises par des états ou des gouvernements. Néanmoins il est arrivé que par le passé certains états aient fait défaut comme l'Argentine, l'Ukraine ou l'Indonésie, ou que certains pays soient confrontés à des crises de la dette, période durant laquelle les taux augmentent fortement en raison de l'appréhension du marché obligataire par rapport à l'augmentation du risque de défaut. Ainsi il est préférable de considérer des obligations d'états en bonne santé financière comme Allemagne, l'Australie et le Canada.

Dans le cas de la zone euro, l'augmentation des taux d'un pays entraîne une baisse des taux d'un pays considéré comme étant plus fiable, c'est le cas observé lors de la crise de la dette de 2012, crise durant laquelle le taux des obligations allemande a baissé par rapport aux autres obligations de la zone euro. Ce phénomène est lié au fait que si la demande de l'obligation augmente, son prix augmente et ainsi son rendement diminue. ECB (2012)

La courbe des taux swap

Cette courbe de référence est construite à partir des opérations d'échange de taux via des contrats futurs entre les différents acteurs d'un marché. En particulier, nous allons considérer la courbe des taux swap vs Euribor 3M, considérée comme étant l'un des marché les plus liquide et regroupant l'ensemble des investisseurs institutionnels. Glover (2018) De par son volume d'échange important et le fait que les acteurs du marché sont informés, on considère que cet indicateur est au plus proche de la notion de valeur temps de l'argent.

Toutefois, le 27 juillet 2017, le FCA (*Financial Conduct Authority* publie une lettre dans laquelle il est annoncé la disparition programmée de l'indicateur LIBOR et par association l'EURIBOR à l'horizon fin 2021. Bailey (2017) Il est a savoir qu'approximativement 370 trillions de dollars de contrats sont indexés sur des indicateurs comme le LIBOR, à eux seuls les contrats EURIBOR représentent 150 trillions de dollars. Glover (2018)

Les raisons avancées par l'agence est que d'une part les montants à partir desquels est calculé l'EURIBOR sont de moins en moins significatifs de par le faible nombre de transactions observées sur le marché, ainsi les valeurs observées deviennent de moins en moins représentatives de la situation du marché. De plus, le LIBOR a souffert d'un scandale lié à la manipulation du taux par des acteurs majeurs du marché.

La lettre de la FCA se veut rassurante dans le sens où elle ne veux pas créer d'interruption ou d'annulation des produits financiers indexés sur le LIBOR et propose aux acteurs du marché de définir un indicateur alternatif le plus rapidement possible. Les monnaies comme le dollars américain, la livre sterling, le franc suisse et le yen ont déjà entamés les travaux pour le remplacement de leurs indicateur respectif et la banque européenne à réalisé sa première consultation en novembre 2017.

Au moment de la rédaction de ce mémoire, il est trop tôt pour déterminer la fiabilité du

remplaçant de l'EURIBOR pour obtenir des informations sur la valeur temps de l'argent. La date de disparition de l'EURIBOR coïncide avec la date de mise en place de la norme IFRS 17, ainsi le choix de la source d'information est importante.

2.1.1 Observations du marché

Transformation des valeurs observées

Pour chacune des deux sources d'informations, nous devons transformer les montants observés afin d'obtenir une courbe des taux adaptée à l'actualisation de flux financiers. Une courbe d'actualisation est construite à partir de taux Zéro Coupons ou plus couramment utilisé taux *spot*. Le nom provient des obligation Zéro Coupon, qui ont comme caractéristique de n'avoir d'un seul flux financier à la date de maturité, et représente le rendement annuel correspondant à ce flux.

Les obligations zéro-coupons ne sont pas majoritaires sur le marché obligataire et nous devons transformer l'information disponibles concernant les différents produits financiers du marché afin d'obtenir une courbe des taux Zero Coupon. La méthode dite du *bootstrapping* détermine de manière itérative le taux de rendement d'une obligation zéro coupon dont la valeur est égale à la valeur actualisée des flux financiers lié au produit financier.

Cette méthode est nécessaire pour les deux types d'observations car dans le cas des taux *swaps* nous utilisons un produit financier qui dispose de plusieurs flux financiers par an, et le rendement des obligations est déterminé par le prix d'achat et le taux de coupons qui est soit annuel soit semestriel.

2.1.2 Limite des observations

Les marchés financiers disposent de nombreux produits financiers ayant des caractéristiques très diverses. Ainsi il se peut que nous observions des obligations dites perpétuelles i.e. qui n'ont pas de date de maturité, ou alors des contrats *swap* d'une durée de 50 ans. Or ces produits sont souvent minoritaire et ne peuvent être considérés pris en compte dans l'établissement d'une courbe des taux sans risques. Ainsi nous devons définir des critères permettant d'établir une limite d'horizon des observations.

Nous nous appuyons sur les résultats de l'EIOPA et IAIS (International Association of Insurance Supervisors) pour définir les éléments de fiabilité des observations financières. Un critère avancé par l'EIOPA pour le choix de la courbe des taux swap pour la représentation du taux sans risque est le critère *Deep, Liquid and Transparent (DLT)*. Ces trois points permettent de vérifier d'une part qu'aucun acteur du marché peut influencer les valeurs observés, que les valeurs observées représentent le plus justement les conditions du marché et qu'il n'y a pas de manipulations possibles.

Les critères liées à la profondeur et à la liquidité du marché sont déterminés par des indicateurs observables sur les marchés. Ces indicateurs peuvent être :

— **Montant d'échanges journalier moyen sur une année :** ce critère fixe une borne inférieur du montant moyen échangé sur le marché sous-jacent. Cet indicateur permet de vérifier la profondeur du marché, car au vu des montants des engagements actualisés, nous devons nous assurer que le marché considéré est représentatif de par son volume d'échange. Le montant mentionné par l'IAIS pour la zone Euro est de 50 millions d'euros.

— **Nombre d'échanges journalier moyen sur une année :** ce critère permet de déterminer un seuil pour le niveau de liquidité du marché. En effet, si un marché est très peu actif , alors les données disponibles sont peu représentatives car l'équilibre de marché émanant des lois de l'offre et de la demande est instable. De plus, les montants observés seraient particulièrement sensibles de la date d'observation, car la présence ou non d'échanges influeraient fortement sur les taux du marché.

— **L'écart *Bid-Ask* :** cet élément représente la différence entre la valeur de l'offre et de la demande sur le marché. En effet, plus l'écart est faible, plus il y consensus sur le marché concernant la valeur du produit financier, et plus la valeur observée est fiable.

— **La volatilité :** ce terme utilisé dans la finance correspond à la variance en mathématique et correspond à l'écart des observations par rapport à leur moyenne. Cet indicateur représente l'intensité de la variation de l'élément sous-jacent et plus la volatilité est petite, plus l'indice est stable et fiable.

Ces critères entrent en considération pour établir le niveau de fiabilité des observations du marché, et ainsi la dernière valeur en terme de maturité répondant aux critères fixés est ainsi le dernier point d'observation fiable, aussi appelé *Last Liquid Point* (LLP). Nous nous appuyons sur les conclusions de l'EIOPA et l'IAIS qui déterminent le LLP comme étant 20 ans pour le cas du marché *swap* Euro.

2.2 Retraitement du taux spot

2.2.1 Composantes du taux spot

Le taux *spot* déterminé précédemment contient différents éléments et ainsi ne peux pas être considéré directement comme étant sans risques. En analyse financière, un indicateur porteur de nombreuses informations est le *spread*. Ce terme est défini par l'écart de taux de rendement d'un produit financier et le taux sans risque de même maturité. Dans la littérature, il est considéré que le *spread* est composé des éléments suivants :

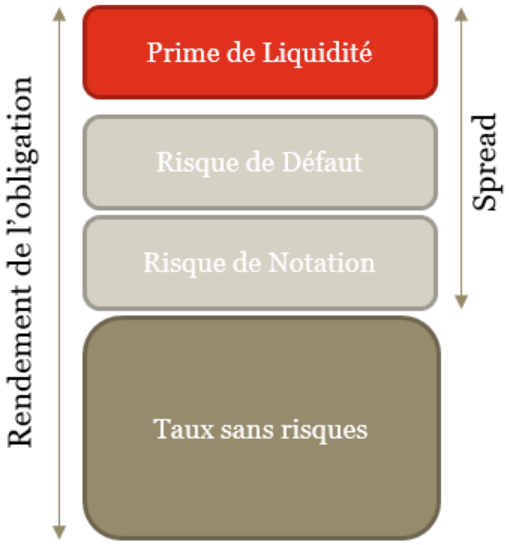


FIGURE 2.1 – Éléments constituant le *spread* compris dans le rendement d'une obligation

Le taux de rendement considéré est le taux de rendement conventionnel et dépend directement de la valeur instantanée de l'obligation sur le marché, ainsi les éléments définis sont des concepts théoriques et peuvent être difficilement discernables à partir des informations disponibles sur le marché. Le *spread* est composé des éléments suivants :

— **Prime de défaut :** Cet élément comprend le risque de base d'une obligation, qui est le prix associé au risque de défaut de l'entité émettrice de l'obligation. Il est calculé à priori en se basant sur les caractéristiques de l'entité émettrice et celle de l'obligation, en effet, plus la date de maturité de l'obligation est éloignée, plus le risque est élevé.
— **Prime de notation :** Cet élément est moins discernable car il représente la baisse du prix engendré par la baisse de notation de l'entité émettrice ou de l'obligation, sans qu'il y ait forcément de défaut.
— **Prime de liquidité :** Ce montant correspond à la prime de risque lié au fait de ne pas pouvoir vendre son actif dans un délai court, et qui entraînerait la vente à un prix inférieur au prix souhaité. Cette prime prend en compte l'ensemble des "frottements" impactant le prix de vente de l'obligation, par exemple les taxes, frais de gestions.

2.2.2 *Credit Risk Adjustement*

Concernant le taux observé sur le marché des *swap*, malgré le fait que le taux présenté soit obtenu sur un marché constitué majoritairement de grandes banques, il subsiste un risque de crédit. En effet, de par la structure du contrat Swap vs Euribor 3M, il y a un risque de défaut de la compagnie émettrice du swap pour les trois mois séparant l'observation de l'Euribor et le payement. C'est pour cette raison que l'EIOPA opère un *credit adjustment*. Le principe de cet ajustement est défini dans l'article 45 des *Delegated Acts* de la norme Solvabilité II, et est repris et détaillé dans le "Technical

documentation of the methodology to derive EIOPA's risk-free interest rate term structures". Dans le cas de la courbe de taux swap Euribor 3M, nous appliquons la méthode suivante :

- Déterminer la différence entre le taux flottant du swap Euribor 3M et le taux EIONA sur une année.
- Prendre 50% de la moyenne de la différence observée comme Ajustement de Crédit
- Le taux obtenu doit être compris entre $[10 \text{ bps}, 35 \text{ bps}]$
- Appliquer le taux obtenu sur la courbe de taux swap de référence en effectuant une translation parallèle vers le bas.

Le taux EIONA est un indicateur établi par la BCE qui détermine le taux de rendement moyen du jour au lendemain des principales banques de la zone euro. Cette indicateur contient le taux de défaut le plus faible, c'est pourquoi il est utilisé comme ajustement du risque de crédit sur les 3 mois d'exposition du swap Euribor 3M.

2.3 Détermination de l'UFR

La détermination du taux forward ultime est un point sensible car cela implique des projection à très long terme et des hypothèses très fortes. D'après les *technical specification* de la norme Solvabilité II, le taux forward sur le long terme est constitué de deux indicateurs :

— **Le taux d'inflation long terme :** Cet élément peut être déterminé en suivant les indications des banques centrales. Dans le cas de la zone Euro, la BCE admet comme objectif principal de maintenir le taux d'inflation à 2%, ainsi c'est un taux de référence utilisé. Dans le cas du Dollar US, la Banque Fédérale ne quantifie pas ces objectifs en terme de contrôle de la monnaie, toutefois il est admis que 2% d'inflation garantie la stabilité monétaire, ainsi nous pouvons prendre ce montant comme indicateur. Il est indiqué que pour les monnaies comme le Franc Suisse ou le Yen japonais, le taux d'inflation est historiquement plus bas que celui de l'euro ou du dollar US, ainsi il est fixé à 1%.

— **Le taux d'intérêt réel :** Comme l'inflation, cet indicateur ne s'observe qu'a posteriori et ainsi rend sa projection très compliquée. La méthode sélectionnée par l'EIOPA pose deux hypothèses fortes. La première est que le taux d'intérêt réel est le même pour tous les pays de référence (pays développés), et que le taux d'intérêt réel dans 100 ans est égal à la moyenne des taux d'intérêt réel observé de ces 50 dernières années.

Au cours de l'année 2017, l'EIOPA publie une note détaillant la correction du montant de l'UFR. En effet, la valeur à appliquer était de 4,2% et est dorénavant de 3,65%. La raison a cette réévaluation à la baisse est le fait que les taux d'intérêts réels des pays composant le panier ont été particulièrement faibles ces dernières années. EIOPA (2018)

Re-performance du calcul de l'UFR

Dans l'optique d'avoir une méthodologie indépendante de celle de l'EIOPA, nous avons voulu recréer l'UFR avec les informations à disposition. Nous gardons les mêmes hypothèses que l'EIOPA

sur la constitution du l'UFR, c'est à dire que l'UFR est composé de la somme du taux d'inflation long terme et du taux d'intérêt réel.

Les conclusions concernant le taux d'inflation long terme sont similaire à celle de l'EIOPA, à savoir pour la zone Euro, le taux d'inflation long terme est celui visé par la BCE, i.e. 2%.

Nous avons ciblé deux organismes pouvant fournir les données macro-économiques nécessaires, la Banque Mondiale et l'OCDE. Une série de données est mise à disposition par la Banque Mondiale permet d'avoir le taux d'intérêt réel des pays développés. Or cette série de données s'arrête en 2004 pour la plupart des pays membres de la zone Euro. Ainsi nous avons voulu compléter les données manquantes avec des données provenant de l'OCDE. Les seules données disponibles sont celles des taux d'intérêts nominaux courts terme et les taux d'inflations observés. Pour obtenir le taux d'intérêt réel, nous avons fait la différence entre les deux montants. Les résultats sont présentés ci-dessous :

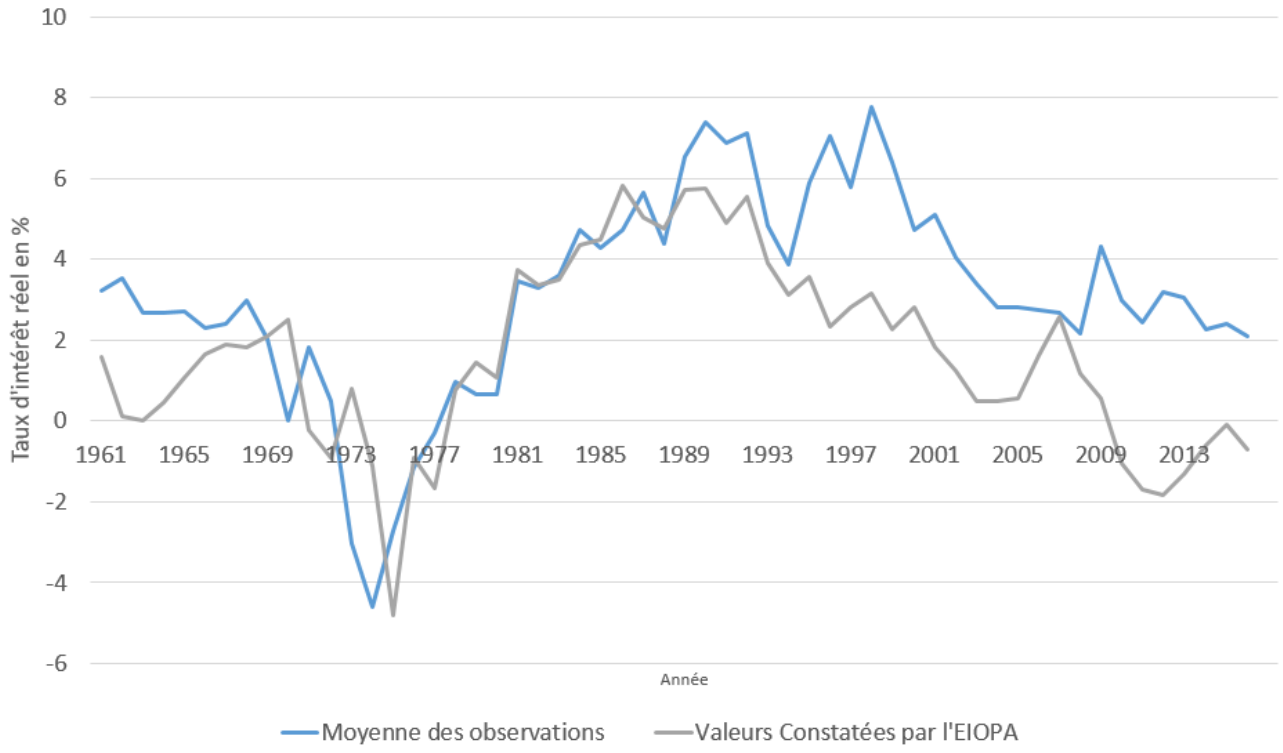


FIGURE 2.2 – Représentation des deux courbes des taux d'intérêt réels obtenues

Nous remarquons que sur la période 1975 à 1990, les deux courbes sont pratiquement similaires. En revanche, à partir de 1995, la courbe obtenue est systématiquement supérieure à celle de l'EIOPA. C'est pour cette raison que nous obtenons une différence entre la moyenne de l'EIOPA : 1,63% arrondi à 1,65% et 3,11% avec nos observations. Nous obtiendrions un UFR de l'ordre de 5% ce qui peut être considéré comme étant trop élevé, ainsi par principe de précaution, nous allons conserver le taux de 3,65% retenu par l'EIOPA.

2.4 Méthodes d'interpolations et d'extrapolations

A partir des points observés, nous allons étudier les différentes méthodes à disposition pour établir une courbe continue permettant à la fois d'obtenir des valeurs entre les points d'observations et de prolonger la courbe au delà des dernières observations.

2.4.1 *Curve fitting*

Cette classe de méthode est à considérer dans le cas où nous disposons d'un ensemble de points et nous allons appliquer des méthodes d'adéquation des données (*Fitting* en anglais). Nous considérons une courbe avec une certaine allure, et nous adaptons les paramètres de cette courbe de manière à ce qu'elle représente au mieux les caractéristiques du nuage de point.

La méthode utilisée est la méthode des moindres carrés qui s'écrit sous la forme suivante :

Soit $F(x, \theta)$ une fonction paramétrique choisie pour représenter la tendance d'une série f de points observés. Nous estimons la valeur des paramètres $\widetilde{\theta}$ en résolvant le système suivant :

$$\widetilde{\theta} = \arg\min_{\theta}(\sum_{i}(F(x_i, \theta) - f(x_i))^2$$

Le principe de la méthode est de déterminer les paramètres θ tel que les valeurs de $F(x_i, \theta)$ soient les plus proches de $f(x_i)$.

Les différentes courbes F à notre disposition sont les suivantes :

- **Polynomiales :** la fonction de référence est de la forme : $F(x, \alpha) = \alpha_0 + \alpha_1 * x + \alpha_2 * x^2 + ...$
- **Log-Linéaire :** La fonction de référence est de la forme : $F(x, m, b) = m \log(x) + b$
- **Log-Log :** la famille de fonction est de la forme : $\log(F(x, m, b)) = \log(m) + b * \log(x)$
- **Nelson-Siegel et Nelson-Siegel-Svensson :** La formule générale pour la famille de fonction est de la forme suivante :

  $$F(x, \tau_1, \tau_2, \beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3) = \beta_0 + \beta_1\left(\frac{1 - e^{-\frac{x}{\tau_1}}}{x/\tau_1}\right) + \beta_2\left(\frac{1 - e^{-\frac{x}{\tau_1}}}{T/\tau_1} - e^{-\frac{x}{\tau_1}}\right) + \beta_3\left(\frac{1 - e^{-\frac{x}{\tau_2}}}{T/\tau_2} - e^{-\frac{x}{\tau_2}}\right)$$

  . Les fonctions de classe Nelson - Siegel représentent une sous famille avec $\beta_3 = 0$

Avec la méthode du moindres carrés, nous pouvons déterminer la courbe ayant le moins d'écart entre le nuage de points et la courbe de référence, mais il se peut que la courbe la plus adéquate ne soit pas celle pour lequel l'écart est minimal. En effet, il se peut qu'il y ait peu de points pour les longues maturités, ainsi ils ne seront que très peu pris en compte pour l'optimisation de la valeur des paramètres. Ainsi, un critère de jugement peux être pris en compte pour la sélection la courbe idéale.

L'extrapolation devient très sensible dans le cas où il y a peu d'observations pour des durées de maturités longues. Nous devons garder en tête que la proportion des obligations ayant une maturité de 20 ou 30 ans est très faible, et que les engagements des assureurs vie vont jusqu'à 60 ans, ainsi nous devront extrapoler la courbe sur 30 ou 40 ans. C'est pour cette raison que cette méthode n'est pas privilégiée pour la détermination de la courbe des taux.

2.4.2 Smith Wilson

La méthode Smith-Wilson est une méthode d'interpolation et d'extrapolation qui détermine une courbe de taux *spot* à partir d'une matrice de flux financiers et d'un taux forward ultime. Cette méthode dispose de propriétés intéressantes comme le fait que les valeurs de taux d'entrée restent inchangées dans la courbe de sortie. Cette méthode requiert les paramètres suivants :

— **Dernier point d'entrée :** cet élément correspond au *Last Liquid Point* établi ci-dessus et représente la dernière maturité des observations.

— **Taux forward Ultime :** ce taux correspond au taux ultime vers lequel la série converge.

— **Coefficient de convergence :** cet élément structure la convergence entre le dernier point d'observation et le taux ultime.

Le paramètre de convergence que nous allons utiliser au cours des prochaines projections est le même que celui pris par la méthode de l'EIOPA. Cela nous permet d'avoir un point identique avec la méthode de l'EIOPA et ainsi nous pouvons observer les variations sur d'autres paramètres. Une decription de la méthode Smith-Wilson est détaillée en annexe.

Nous avons appliqué la démarche mentionnée dans cette partie pour déterminer notre courbe des taux sans risques à partir d'observations extraites du terminal Bloomberg. Nous avons procédé à une correction de 10 points de bases pour la correction du risque de crédit et avons extrapolé avec la méthode Smith Wilson en utilisant un taux forward ultime de 3,65%.

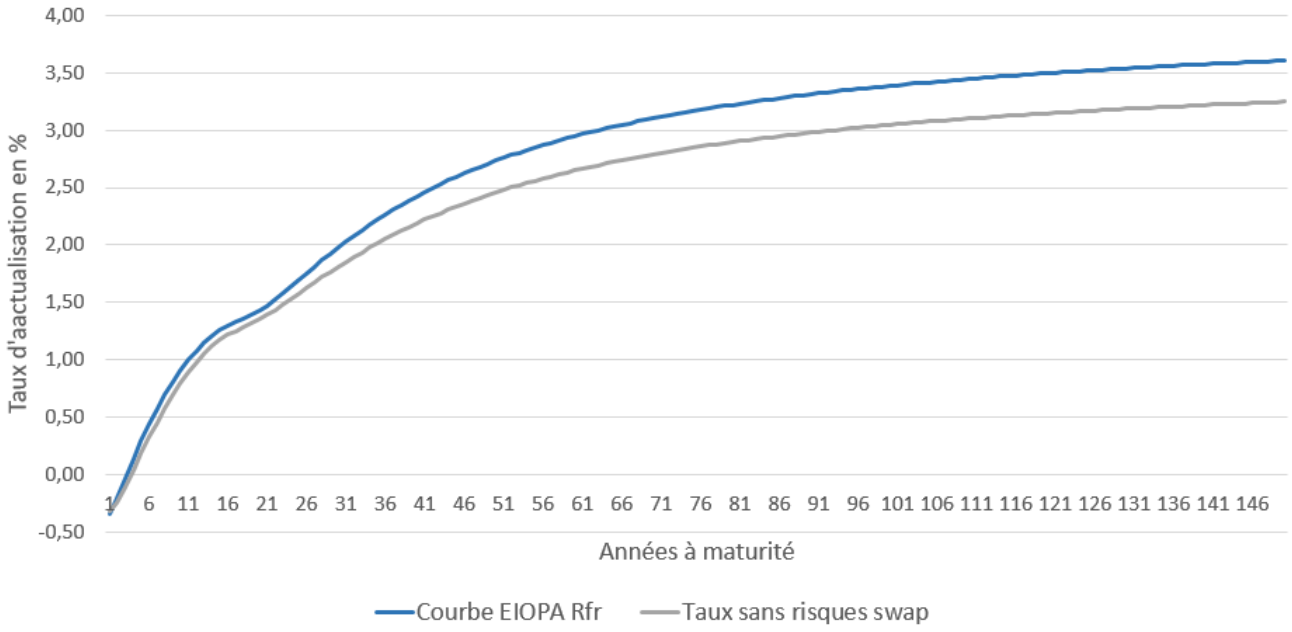


FIGURE 2.3 – Représentation des courbes de taux sans risques utilisée sous Solvabilité II et celle reproduite

Nous observons que la courbe de taux obtenue en reproduisant la méthode de l'EIOPA est légèrement plus basse que celle provenant de la base de donnée mise à disposition par l'EIOPA. Les résultats concerant l'ajustement pour le risque de crédit sont identiques, une correction de 10 points de base, nous déduisons que la différence provient de la source de données de la valeur des taux swap Euribor 3M.

De plus, nous observons un accroissement des écarts à partir de l'année 20, cela est dû au fait que les deux courbes d'actualisations sont extrapolées avec un UFR différent. En effet, suite à la modification de l'UFR de 4,2% à 3,65% en 2017, l'EIOPA décroit l'UFR de 15 points de base par an. EIOPA (2018) Ainsi la valeur de l'UFR de la courbe EIOPA au 31/09/18 est de 4,05%.

Étant donné que la courbe obtenue par nos soins est plus basse que celle de l'EIOPA, i.e. la courbe obtenue est plus prudente, nous l'utiliserons comme base pour la courbe de taux sans risques des méthodes appelant le marché de la monnaie.

Chapitre 3

Methode *Bottom - Up*

3.1 Présentation et concept

La méthode "Bottom - Up" est l'une des deux méthodes de détermination de la courbe d'actualisation proposée par la norme IFRS 17. La méthode "Bottom - Up" est traduite par "méthode ascendante" et expose le fait que le socle de la courbe est constituée d'une courbe de taux sans risque "universelle" sur laquelle on ajoute une prime de liquidité qui représente les caractéristiques du passif de l'entité. Dans le chapitre précédent, nous avons vu différentes méthodes de détermination de la courbe de taux sans risques ainsi dans ce chapitre, nous allons détailler différentes méthodes qui permettent d'obtenir la prime de liquidité.

3.1.1 Prime de liquidité : Banques vs Assurances

De nos recherches, la définition la plus répandue dans la littérature de la prime de liquidité est la vision du secteur de la gestion d'actifs qui correspond à l'augmentation du prix lorsqu'un actif est vendu dans un marché peu liquide. La prime de liquidité est alors définie par l'écart de rendement entre le prix de vente et la valeur actualisée des flux financiers futurs. La définition du coté passif est plus complexe à définir, car les engagements d'un assureur ne sont pas échangeables sur un marché financiers, ainsi il n'est pas possible de pouvoir observer de manière fiable, la différence entre la juste valeur des passifs et leur prix de vente.

En effet, la prime de liquidité peut se justifier en utilisant un raisonnement par l'absurde dans lequel on suppose que les flux financiers liés aux engagements d'assurance sont totalement prédicables, dans ce cas, l'actualisation au taux sans risques est justifiée. On comprend que sous cette hypothèse, on omet une caractéristique fondamentale des engagements d'assurance, qui est l'imprédicitbilité de l'occurrence du sinistre. C'est ainsi que nous pouvons justifier l'ajustement de la courbe des taux sans risques et ainsi l'ajout d'une prime de liquidité.

C'est le concept qui est pris en compte lors de l'étude mené par l'EIOPA nommée "Task Force : Report on the Liquidity Premium" EIOPA (2010*b*) dont le but est d'encadrer et définir le concept d'illiquidité des passifs d'assurance pour l'établissement de la norme Solvabilité II. En effet, au

début du rapport la *Task Force* statue que la prime de liqudité se justifie par l'imprédictibité des flux financiers liés aux engagements d'assurance et ainsi entraîne un coût supplémentaire dans le cas où il y a une vente forcée d'actif pour répondre aux sinistres.

Bien que les compagnies d'assurances disposent de suffisamment de fonds pour faire face à ces imprévisibilités, l'IASB de par les exigences de la norme IFRS 17 considère que ce facteur est non négligeable et doit être pris en compte dans la valorisation économique des engagements d'assurance. Certains académiques et l'association des actuaires suisses considèrent que l'ajout d'une prime de liquidité dans la valorisation *market consistent* n'a pas lieu d'être et est inconsistante. Keller (2010) Wüthrich (2011)

La majorité des méthodologies visant à déterminer la prime de liquidité utilisent les actifs adossés aux passifs comme *proxy*, cela s'explique pour deux raisons fondamentales. La première est que le lien actif-passif en assurance est très fort, en particulier pour les compagnies ayant des engagements sur du long terme. La seconde raison est une question pratique car la quantification de l'imprédictibilité est très complexe, ainsi il est plus aisé de réaliser les observation à partir de produits financiers.

Les méthodes en question utilisent un coefficient d'illiquidité des passifs afin de lier les éléments quantitatifs observés via des produits financiers et la valorisation d'engagements d'assurances.

3.2 Prime de liquidité via la *Volatility Adjustment*

Nous nous inspirons de la méthode dont l'EIOPA fait usage pour déterminer la courbe des taux d'actualisation à appliquer dans le cadre de la norme Solvabilité II. Cette courbe de référence est la base servant à actualiser les flux futurs des assureurs lors de l'établissement de leurs comptes Solvabilité II. La démarche que nous allons reproduire pour la construction de notre courbe d'actualisation est la suivante : en premier lieu, nous nous basons sur la courbe de taux sans risques déterminée à partir des taux swaps Euribor 3M, puis ajoutons un ajustement, inspiré de la *Voltility Adjustment* en opérant des modifications qui permettront de refléter les caractéristiques de liquidité des engagements.

La logique sous-jacente à l'instauration de la VA est que l'ensemble des acteurs de l'industrie assurantielle ont des portefeuilles obligataires dont la grande majorité des obligations seront détenues jusqu'à maturité. Un principe fondamental de la norme Solvabilité II et de la norme IFRS 17 est que les actifs doivent être valorisés à leur valeur de marché. Dans le cas où le marché obligataire subit de forte perturbations, dans le sens où il y a une augmentation de la perception des risques par les différents acteurs du marché, la valeur des obligations peut chuter.

Dans ce cas, lors de l'établissement des comptes annuels, l'actif des compagnies est atteint sans qu'il y ait une répercussion symétrique du coté des passifs. De plus, les assurances ont établis leurs portefeuilles obligataire de manière à répondre aux flux attendus, ainsi on dit que les actifs sont "adossés" aux passifs. Pour répondre à cette asymétrie, l'EIOPA permet une augmentation du taux d'actualisation des passifs et ainsi diminuer le montant du Best Estimate of Liabilities afin d'équilibrer le bilan.

3.2.1 Caractéristiques du portefeuille de référence

Nous avons les définitions suivantes provenant de l'EIOPA pour clarifier sur quelles bases sont composées les portefeuilles :

— **Portefeuille représentatif de la monnaie :** Ce portefeuille est représentatif des actifs libellés dans la monnaie en question et qui servent aux compagnies d'assurance et de réassurance pour couvrir leurs engagements libellés dans cette même monnaie.

— **Portefeuille représentatif du pays :** Ce portefeuille représente les actifs dans lesquels sont investis les engagements des assureurs et réassureurs pour couvrir leurs engagements dans le pays en question et libellés dans la monnaie nationale.

Remarque : La composition des portefeuilles est basée sur une étude réalisée par L'EIOPA sur l'ensemble des acteurs du marché de l'assurance et ainsi agrège l'information au niveau européen. Or dans le cadre de la norme IFRS 17, il faut que la courbe des taux soit représentative des caractéristiques de l'entité. Ainsi il est préférable de constituer les portefeuilles directement à partir des actifs adossés aux passifs de la compagnie. Dans l'analyse portée dans le document "Volatility Adjustment Under the Loop", il est constaté qu'il peut y avoir une forte différence de composition. Deloitte (2018)

Dans le cadre de l'estimation de la prime de liquidité, nous ne considérons que le *Volatility Adjustment* lié à la monnaie. La principale raison est que la monnaie est une caractéristique indispensable a prendre en compte dans les caractéristiques des engagements. En second lieu, la VA liée au pays est une spécificité visant a compenser les périodes de troubles financier que peuvent subir certains pays et ainsi ne rentrent pas dans l'optique d'une méthode universelle, correspondant à la méthode *bottom-up*.

Composition du portefeuille

De manière à pouvoir reproduire la méthodologie de l'EIOPA, une entité doit cartographier son portefeuille de référence de manière similaire à l'EIOPA. En premier lieu, il faut répartir les obligations entre obligations gouvernementales et obligations dite *corporate* i.e. provenant de compagnies privées. Pour les obligations gouvernementales, il faut répartir à nouveau les montant à travers les différents gouvernement émetteurs. Les obligations *corporates* sont réparties en fonction de leur secteurs d'activité, et sont scindés en secteur financiers ou non financiers. Les obligations *corporates* ont un troisième niveau dans lequelle elles sont réparties par notation selon Standard & Poor's, les notes vont de 0 à 6 correspondant aux notes AAA, AA, A, BBB, BB, B, CCC et en dessous. A partir de cette décomposition, l'ensemble des éléments nécessaires pour l'application de la méthodologie sont fournis par l'EIOPA.

Afin d'éviter les redondances nous présentons seulement la démarche pour obtenir la partie liée aux obligations gouvernementales du *Volatility Adjustment* car les démarches à suivre pour la partie *corporate* est très similaire. Pour les prochaines étapes, nous allons établir un formalisme mathématique. Nous devons déterminer les poids que représentent les portefeuilles d'obligations

provenant de chaque pays i.e :

$$\sum_i \omega_i = 1 \text{ avec } i \in \{\text{Ensemble des pays représentés dans le portefeuille}\} \tag{3.1}$$

L'entité doit déterminer la duration moyenne des différentes sections du portefeuille. Nous associons alors D_i $\forall i$ qui est la duration associée moyenne du portefeuille d'obligation provenant du pays i.

3.2.2 Calcul du *spread* de liquidité

Correction du risque de crédit

L'EIOPA prend en considération un paramètre qui permet de refléter le *spread* correspondant à la valorisation de la probabilité de défaut des gouvernements. Ce terme est appelé le *Long Term Average Spread* (LTAS) qui est calculé à partir des informations recueillies des 30 dernières années, entre le taux sans risque et le taux de l'obligation gouvernementale pour des maturités équivalentes. Ainsi l'EIOPA considère que c'est un indicateur de la probabilité de défaut liée aux obligations d'Etat.

Concernant les obligations des compagnies privées, l'EIOPA ajoute des indicateurs supplémentaires, qui sont :

- **Probability of Default (PD) :** Correspond à une valeur estimée de la probabilité de défaut de la compagnie émettrice.
- **Cost of Downgrade (CoD) :** Correspond au spread lié à la perte dans le cas où il y aurait une baisse de la note de la compagnie.

Ces deux éléments sont récupérés par l'EIOPA d'étude réalisées par les cabinets de notation, dans le cas actuel le cabinet est Standard & Poor's. Les éléments ci-dessus représentent pratiquement l'intégralité du risque de marché.

L'EIOPA applique les formules suivantes pour déterminer le rendement lié au risque de marché :

- **Pour les obligations souveraines :**

$$RiskCorr_{Gov} = max(30\%\ LTAS_{Gov}, 0)$$

- **Pour les obligations corporates :**

$$RiskCorr_{Corp} = max(35\%\ LTAS_{Corp}, CoD + PD)$$

Les coefficients 30% et 35% sont des montant déterminés par l'EIOPA et peuvent être remis en question.

Taux de rentabilité interne

Dans l'optique d'obtenir un taux unique, la méthodologie de l'EIOPA calcul le taux de rentabilité interne (*Internal Effective Rate*, IER) des différents éléments considérés jusqu'à présent. Les

taux pris en compte proviennent de portefeuille ayant des durations différentes, ainsi la méthode permet d'uniformiser le taux pour déterminer le rendement interne à un an.

Définition : Taux de rendement interne

Nous définissons le taux de rendement interne IER (Internal Effective Rate) de manière à égaler les flux futurs actualisés avec l'investissement initial. Ainsi le TRI est le taux qui permet l'équation suivante :

$$0 = I - \sum_{p=1}^{p=N} \frac{FluxFuturs_p}{(1+TRI)^p}$$

Avec :

— I : L'investissement initial
— N : la durée de l'échéancier
— Flux Futurs_p : Les montants attendus à la date p
— TRI : le taux de rentabilité interne

La méthodologie de l'EIOPA détermine le taux de rendement interne tel que l'ensemble du portefeuille est équivalent à une obligation Zéro-Coupon. Ainsi le TRI est le taux tel que la valeur actualisée du portefeuille, vaut 1.

La première étape consiste à transformer les trois éléments précédents (taux de marché, taux sans risque, taux corrigé) par sa valeur actualisée pondérée dans le portefeuille.

$$PrixZCB_i = \omega_i(1+Taux(D_i))^{D_i} \ \forall i \in \{Ensemble\ des\ pays\ dans\ le\ portefeuille\} \tag{3.2}$$

La seconde permet de déterminer le taux de rendement interne de tout le portefeuille et ainsi permet d'avoir un taux uniforme et représentatif des caractéristiques du portefeuille.

$$IER_{RiskfreeRate} = \arg\min_r (\sum_i \frac{PrixZCB_i}{(1+r)_i^D} - 1)^2 \tag{3.3}$$

On obtient alors les trois indicateurs suivants :

- $IER_{RiskfreeRate}$
- $IER_{MarketYield}$
- $IER_{RiskCorrectedMarketYield}$

Calcul de *spread*

Pour chacun des portefeuilles répliquant et les classes d'actifs, nous avons les indicateurs suffisants pour déterminer les *spreads* suivants :

— **Spread avant Correction du Risque :** Cet élément est le spread du portefeuille comprenant l'ensemble des risques de liquidité et de marché. Il est obtenu avec la formule ci-dessous :

$$Spread_{AvantCorrection} = max(IER_{MarketYield} - IER_{RiskfreeRate}, 0)$$

— **Spread Corrigé :** Cet élément est le spread du portefeuille duquel on a soustrait la partie liée au risque de crédit. Le spread est déterminé via la formule suivante :

$$Spread_{Corrigé} = max(IER_{RiskCorrectedMarketYield} - IER_{RiskfreeRate}, 0)$$

Agrégation

Les étapes précédentes servent a déterminer les *spread* caractéristiques des deux portefeuilles considérés et pour obtenir l'ajustement de la volatilité correspondant. A l'échelle du portefeuille, nous devons agréger les types d'actifs *Corporate* et *Government* de la manière suivante :

$$Spread_{Portefeuille} = \omega_{Gov} Spread_{AvantCorrection_GOV} + \omega_{Corp} Spread_{AvantCorrection_CORP}$$

On détermine de manière similaire la composante corrigée du risque de crédit du portefeuille via la formule suivante :

$$Spread_{Risque\ Corrigé} = \omega_{Gov} Spread_{Corrigé_GOV} + \omega_{Corp} Spread_{Corrigé_CORP}$$

A partir de ces deux indicateurs, nous pouvons déterminer l'ajustement de la volatilité déterminée par la formule suivante :

$$Volatility\ Ajustment = 65\%(Spread_{Portefeuille} - Spread_{Risque\ Corrigé})$$

3.2.3 Conversion du *spread* en caractéristique de liquidité

Dans la formule ci-dessus, nous observons qu'un coefficient de 65% est appliqué au *spread* de liquidité observé sur le portefeuille de référence, ce coefficient permet de lier l'information prélevée des actifs financiers aux engagements de la compagnie d'assurance. La valeur de ce coefficient est déterminée dans la note finale du Quantitative Impact Study 5 EIOPA (2011), dans lequel il est mentionné une méthode d'évaluation du niveau de liquidité des engagements d'assurance par *buckets*. Les principaux *buckets*, avec leur niveau de liquidité sont les suivants :

— **Bucket 50% :** D'après l'étude, ce coefficient a été majoritairement utilisé pour des engagements non-vie, des activités vie sans participation aux bénéfices, la santé et la réassurance.

— **Bucket 75% :** Ce coefficient a été majoritairement utilisé pour des engagements vie avec des participations aux bénéfices, des contrats d'épargne, des contrats UC avec garanties. Néanmoins certains intervenants ont pris ce coefficient pour des engagements non-vie.

— **Bucket 100% :** La majorité des engagements ayant bénéficié de ce coefficient sont des rentes, y compris les rentes provenant d'engagements non-vie. Ce coefficient a été appliqué aussi pour les retraites en *run-off*.

De manière générale, l'EIOPA constate des inconsistances parmi l'ensemble des intervenants de l'étude, c'est pour cette raison que l'EIOPA a choisi le taux de 65% a appliquer sur l'ensemble des engagements d'assurance, peu importe les caractéristiques des engagement et traduit ainsi un taux moyen de l'illiquidité à travers le marché européen.

Un élément a prendre en compte dans l'ajustement du *spread* de liquidité avec l'illiquidité des engagements est la différence entre les durations des actifs et des passifs. Nous pouvons considérer le ratio suivant :

$$Dur\ Ratio_{G/C} = \frac{AvgdurationAssets}{DurationLiabilities}$$

Dans le cadre de la norme IFRS 17, les entités pourront appliquer de cette méthodologie à condition de pouvoir justifier le niveau de liquidité a appliquer aux différents types d'engagements. Nous pouvons raisonnablement penser qu'un coefficient de liquidité peut être attribué à chaque groupement de contrat requis par la norme. Ces regroupement doivent se faire en prenant en compte des contrats d'assurances ayant les mêmes caractéristiques et ainsi partagerons les mêmes caractéristiques de liquidité.

Résultats

Notre réalisation de la méthode de l'EIOPA se base sur le fichier de calcul de présent sur le site de l'EIOPA *. Les paramètres de marché tels que les *Probability of Default* et *Cost of Downgrade* ont été mis à jour au 31 septembre 2018 et les caractéristiques du portefeuille de référence sont présentés ci dessous :

*. https://eiopa.europa.eu/Publications/Standards/VA%20Demo%20Calculation%20Italy%20v1.2.xlsb

Partie Gouvernementale

Pays	AT	BE	FI	FR	DE
Ponderation	7,0%	2,0%	1,0%	30,0%	18,0%
Duration	9,3	10	10,1	9,5	10,4

Pays	IT	NL	PL	IE	ES
Ponderation	14,0%	16,0%	1,0%	1,0%	10,0%
Duration	6,9	11	7,1	7,5	8,9

Partie *Corporate*

Obligations *Corporate* Financières

Notation	0	1	2	3	4	5	6
Pondération	2,0%	7,0%	11,0%	15,0%	1,0%	0,0%	0,0%
Duration	9,8	7,6	6,2	5,4	4,1		

Obligations *Corporate* Non Financières

Notation	0	1	2	3	4	5	6
Pondération	18,0%	12,0%	20,0%	12,0%	1,0%	1,0%	0,0%
Duration	7,3	6,8	5,4	5,3	4,1		

FIGURE 3.1 – Composition du portefeuille de référence pour l'application de la méthode EIOPA

Dans la figure suivante sont présentés les différents indicateurs obtenus en considérant un portefeuille de référence arbitraire.

w_{gov}	**32,8%**
w_{corp}	**40,5%**
$S_{gov}(C)$	**0,00**
$S_{corp}(C)$	**140,75**
$RC_{gov}(C)$	**10,55**
$RC_{corp}(C)$	**43,58**
S_{crncy}	**57,00**
RC_{crncy}	**21,11**
S_RC_{crncy}	**35,90**
Currency VA	**23,33**

Paramètres de pondération des parties du portefeuille représentatif

***Spread* observé** : Correspond à la différence entre le taux observé et le taux sans risques

***Spread* Corrigé:** Correspond à la différence entre le taux observé et le rendement alloué au risque de crédit

$$S_C = w_{corp} * S_{corp} + w_{gov} * S_{gov}$$

$$RC_C = w_{corp} * RC_{corp} + w_{gov} * RC_{gov}$$

$$VA_C = 65\% * (S_C - RC_C)$$

Le coefficient de 65% comprend le ratio **duration passif / duration actif**, et le **taux de liquidité** du portefeuille d'engagements.

Nous obtenons un ajustement pour volatilité de 23 points de bases. Le montant est ajouté aux données obtenues sur la courbe de taux swap corrigée et extrapolé via l'algorithme de Smith-Wilson.

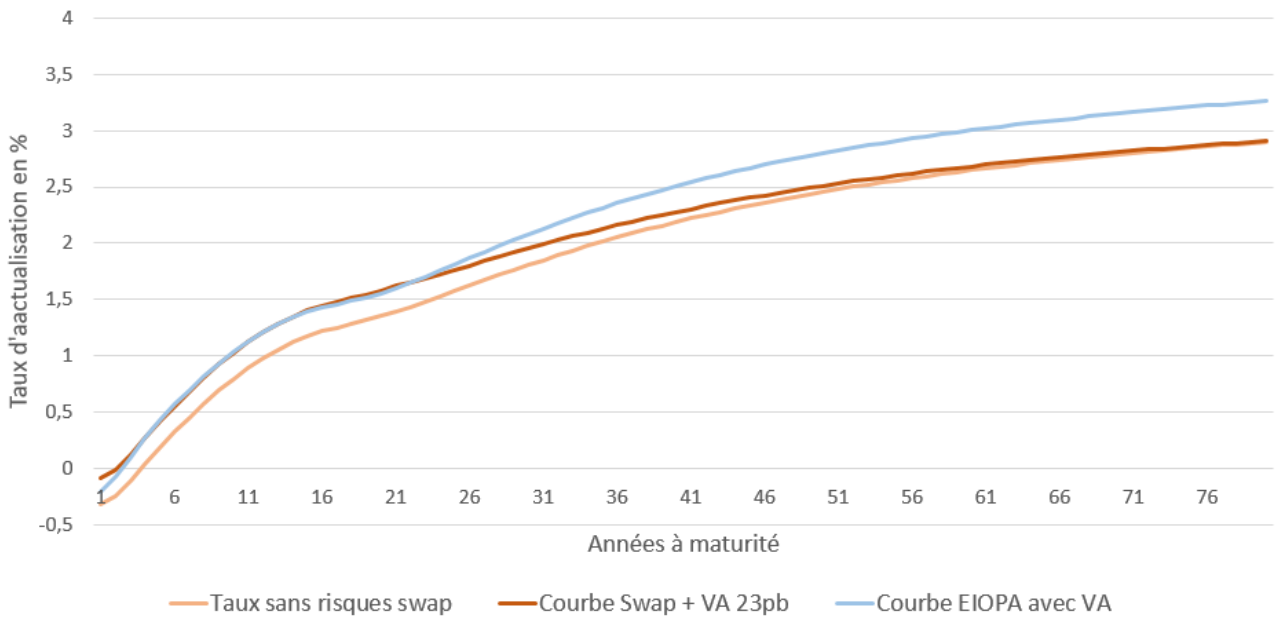


FIGURE 3.2 – Représentation graphique de la courbe d'actualisation obtenue avec la méthode de l'EIOPA

Nous observons que les courbes de taux d'actualisation de l'EIOPA et celle obtenue avec la méthode sont pratiquement identiques sur la partie [1,20], en dehors de l'écart observé en 1. Cet ajustement peux s'expliquer par le fait que la différence entre les deux courbes de taux sans risques se compensent car le *Volatility Adjustment* de la courbe de la méthode est plus élevé. A partir de 20 ans, nous observons l'écart grandissant entre les deux courbes lié au fait que les courbes sont extrapolées avec des UFR différents.

Remarque : Le *Volatility Adjustment* déterminé ci-dessus est bien un *spread* de liquidité compris dans le portefeuille répliquant. En effet, si nous considérons la décomposition suivante :

$$Taux\ des\ obligations = Taux\ sans\ Risques + \ Spread\ de\ l'obligation \tag{3.4}$$

avec comme composantes :

$$Spread\ de\ l'obligation = Spread\ de\ Crédit + \ Spread\ de\ Liquidité \tag{3.5}$$

Alors à partir des définitions précédentes, nous avons :

$$Spread_{Portefeuille} = Taux\ des\ Obligations - Taux\ sans\ Risques \tag{3.6}$$

$$Spread_{Risque_Corrigé} = \ Spread\ de\ Crédit \tag{3.7}$$

Ainsi le *Volatility Adjustment* correspond à :

$$VA = (Spread_{Portefeuille} - Spread_{Risque_Corrigé}) \tag{3.8}$$
$$VA = (Taux\ des\ Obligations - Taux\ sans\ Risques) - \ Spread\ de\ Crédit \tag{3.9}$$
$$VA = (Spread\ de\ l'Obligation - \ Spread\ de\ Crédit) \tag{3.10}$$
$$VA = Spread\ de\ Liquidité \tag{3.11}$$

3.2.4 Mise en pratique de la méthode

Ce que dit la littérature

Nous avons extrait l'ensemble des informations au sujet de la méthode à partir des documents mis à disposition par l'EIOPA, à savoir les *Technical Specifications*, le rapport du CFO Forum lié au *Quantitative Impact Studies* EIOPA (2010*a*) et le document rédigé par Deloitte entrant dans le détail de l'implémentation de la méthode, *Volatility Adjustment under the Loop*.

Adaptabilité à IFRS 17

La méthode proposée correspond à la méthode "Bottom Up" car elle est constituée d'une courbe de taux sans risques sur laquelle on ajoute la *Volatility Adjustment* qui correspond à une prime de liquidité. Un point important à prendre en compte est que la *Volatility Adjustment* est un élément plus proche de l'actif que du passif et ainsi ne reflète pas de manière parfaite les caractéristiques du passif, c'est pourquoi la méthode requiert un ajustement supplémentaire avant de l'appliquer à la courbe d'actualisation.

C'est pour cette raison qu'un coefficient est déterminé de manière à refléter le niveau de liquidité des engagements considérés afin de lier le *spread* du portefeuille considéré à la valorisation économique des engagements.

Informations Requises

Les éléments composant la courbe des taux sans risques peuvent être extrait d'un terminal Bloomberg ou Reuters, mais la courbe est mise à disposition par l'EIOPA. Les éléments composant le risque de marché sont fournis par l'EIOPA, ainsi le minimum à fournir de la part de l'entité sont les informations sur le portefeuille obligataire.

Process & Flow-Chart

Les différentes étapes sont résumées dans la figure ci-dessous :

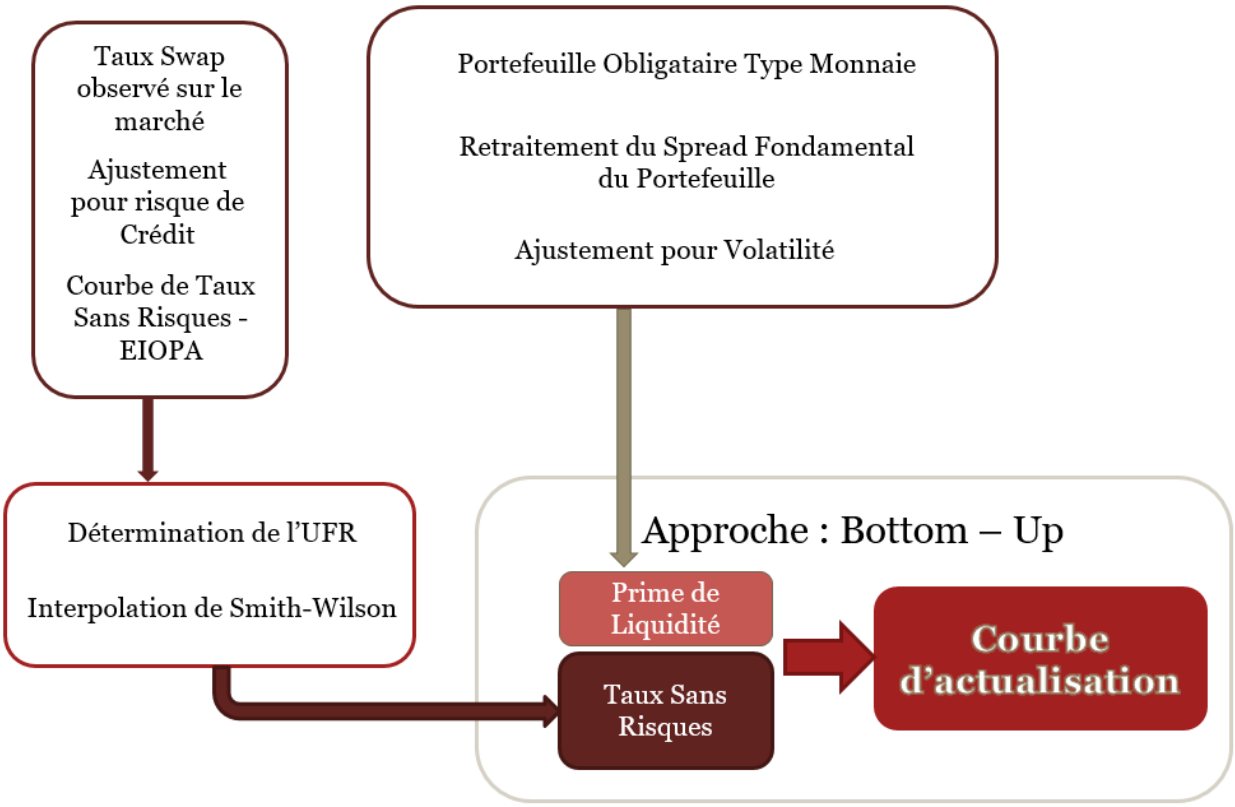


FIGURE 3.3 – Diagramme développant les étapes clés de l'élaboration de la courbe d'actualisation avec la méthode de l'EIOPA modifiée

Limites et critiques

L'avantage majeur de cette méthode est qu'elle provient d'une méthodologie admise et en place, ce qui confère une structure légale. De plus, provenant d'une norme dont l'objectif est la solvabilité des établissements d'assurance, met en avant l'aspect prudentiel du bilan.

Néanmoins, la prime de liquidité ajoutée à la courbe de taux sans risques provient essentiellement des actifs qui sont adossés aux passifs et sont constitué seulement d'obligations et ne reflètent pas la sensibilité aux taux, du point de vue du rachat.

L'ensemble des documents et outils mis à disposition par l'EIOPA simplifie l'application de cette méthode.

3.3 Détermination de la liquidité via les obligations

3.3.1 Analyse pratique

Cette méthode consiste à comparer deux obligations ayant les mêmes caractéristiques, par exemple notation, taux servi, maturité, toute deux négociées sur le même marché et avec la même devise, à la différence que l'une est considérée comme étant liquide, et la seconde moins liquide. Nous aurons alors une observation de la courbe de liquidité, dont la valeur en abscisse est la maturité des obligations observées.

Nous nous basons sur les obligations notées AAA par Standard & Poor's comme base de notre étude, car Standard & Poor's est reconnu comme étant l'une des agences de notation la plus importantes du monde et la note AAA est la plus élevée attribuée par cette agence. Une fonction du terminal Bloomberg, nous permet d'appliquer des critères de sélection sur l'ensemble des produits financiers à taux fixes cotés sur les marchés. Ainsi, nous avons sélectionné les critères suivants :

— **Notation :** Notées AAA par Standard & Poor's

— **Monnaie :** EUR

— **Coupons :** Une fréquence annuelle : Ce critère nous permet d'homogénéiser les obligations, car une obligation à taux de coupon équivalent qui à une fréquence de détachement bi-annuelle, vaudra plus que la même obligation ayant une fréquence annuelle.

— **Pays du risque :** Allemagne, France, Pays-Bas : Ce critère permet de rester dans la zone Euro, dans le sens où certaines obligations sont émises par des entités supranationales (Banque Européenne d'Investissement, Banque Africaine de Développement ...) ou bien ce sont des compagnies étrangères qui émettent en Euro.

LQA : Liquidity Assesment

Afin de déterminer le niveau de liquidité des obligations de notre sélection, nous utiliserons un outil fourni par Bloomberg qui calcule un score de liquidité pour les instruments financiers. LP (2018) La liquidité est assimilée au coût de transaction car on peux considérer que plus une obligation est liquide, moins son coût de transaction est élevé et inversement.

Le calcul du score de liquidité se décompose en 4 étapes :

— **Etape 1 : Surface de Liquidité :** L'ensemble des données sur les coûts de liquidation des instruments financiers sont représentés dans un cube, et le coût dépend de trois paramètres qui sont : le temps de liquidation, le coût et le volume. Afin d'avoir un élément de comparabilité, le temps de liquidation est de un jour.

— **Etape 2 : Construction de la courbe du coût de liquidation :** Cette courbe représente le lien entre le coût de la liquidation et le volume a liquider. Les composants déterminant cette courbe sont estimés et calculés via les informations disponibles sur le marché.

— **Etape 3 : Calcul du score "brut" :** Le score de liquidité est déterminé par l'intégrale de la courbe déterminée à l'étape 2, on obtient alors un coût moyen de transaction.

— **Etape 4 : Obtention du LQA score :** Le score final est déterminé par rapport à un ensemble d'instruments financiers appartenant au même échantillon. Ainsi un score de 90 sur une obligation signifie que le coût de transaction associé à ce titre financier est inférieur à 90% des obligations de l'échantillon duquel elle appartient.

Notre critère pour déterminer le seuil de liquidité contient du jugement et de l'observation, détaillés ci-dessous :

— **Critère d'observation :** Lors du traitement des données fournies par le terminal Bloomberg, nous avons pu constater que pour les obligations répondant aux critères cités ci-dessus, le LQA était élevé. Nous avons établi le seuil de manière a avoir une bipartition équitable et significative. En particulier, il y a un nombre faible d'obligations qui ont un score inférieur à 50, et empiriquement, nous avons observé que le seuil de 90 est convenable au niveau de la répartition.

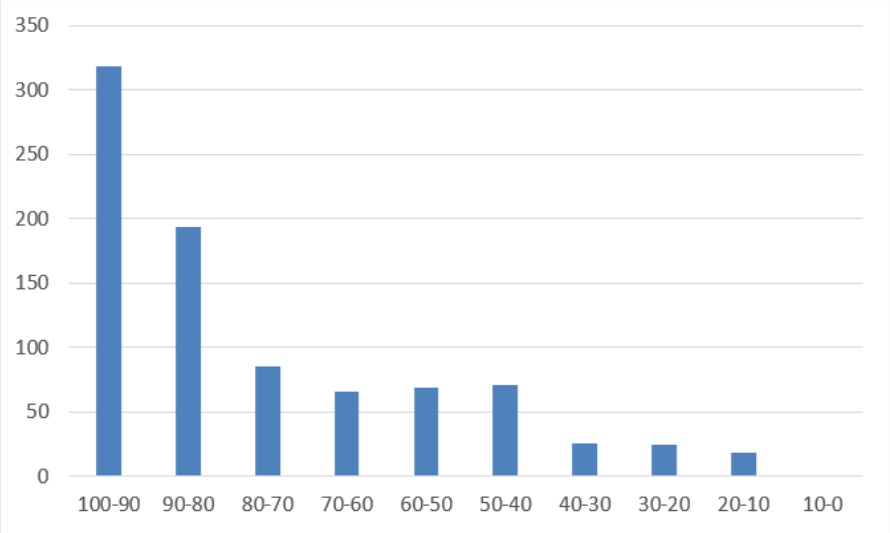


FIGURE 3.4 – Représentation de la distribution des observations en fonction de leurs score de Liquidity Assesment

— **Critère de jugement :** Il n'est pas étonnant de voir que ces obligations très bien notées ont un haut score de liquidité, ainsi il est adapté de prendre un seuil élevé, au lieu, par exemple de prendre le niveau 50 qui aurait correspondu à la médiane. Un second argument en faveur du seuil de liquidité élevé est le fait que pour établir une prime de liquidité par la différence des rendements, il est préférable de considérer des obligations très liquides ce qui implique que la borne minimale du *spread* contient le moins de liquidité possible.

Les critères avancés ci-dessus ont été complétés avec un test de sensibilité sur le niveau du score permettant de scinder l'échantillon en obligations liquides et illiquides. Le test se porte sur la

qualité des résultats de l'extraction de la prime de liquidité en fonction du montant du score. Les résultats sont présenté en annexes.

Nous fixons ainsi le seuil séparant les obligations liquides et non liquides comme étant le niveau 90 du Liquidity Assessment.

3.3.2 Taux de comparaison

Les taux et indirectement les *spreads* dépendent de mesures différentes et plusieurs méthodes sont calculées par le terminal Bloomberg. Les principaux indicateurs sont détaillés ci-dessous :

— **Conventional Yield :** Ce taux est le taux de rendement attendu de l'obligation en partant de la valeur d'achat à la date de valorisation et prenant en compte l'échéancier de l'obligation. L'ensemble de l'information est contenu dans le prix à la date de valorisation, en effet si le risque associé à l'obligation augmente, alors le prix diminue, ce qui entraîne une augmentation du rendement de l'obligation.

— **Zero Volatility (Z - Spread) :** Ce taux est une constante caractéristique de l'obligation au moment de la valorisation. La valeur, en points de bases, représente le taux a ajouter au taux spot sans risque pour obtenir le prix de l'obligation. Nous avons l'équation suivante :

$$P(t_0) = \frac{C_1}{(1 + r_1 + z)^{t_i}} + \frac{C_2}{(1 + r_2 + z)^{t_2}} + ... + \frac{C_n}{(1 + r_n + z)^{t_n}}$$

avec :

- $P(t_0)$ le prix à l'instant 0 de l'obligation
- C_i le détachement du coupon à la date t_i ou le coupon et le principal pour C_n
- r_i le taux spot sans risque à la date t_i
- z le Z-Spread

— **Asset Swap Spread (ASW) :** Ce taux correspond au *spread* implicite du swap de taux adossé à l'échéancier de l'obligation. Le swap de taux adossé est un swap qui échange le taux fixe de l'obligation contre le taux flottant d'un indice repère, typiquement l'EURIBOR ou LIBOR. L'avantage que présente cet indicateur est qu'il est évalué en risque neutre car il établi sur le prix de marché d'un swap sur des échéances futures.

3.3.3 Présentation des résultats

Détermination du taux sans risques

De manière à être constant dans la méthodologie, nous allons considérer un indicateur provenant d'un portefeuille obligataire de la Zone Euro. Le portefeuille choisit est composé d'obligations notées AAA par Standard & Poor's, ayant comme devise l'Euro. Afin de réduire au maximum le risque de contrepartie et obtenir un indicateur au plus proche de la notion de rendement sans risques, nous considérerons un portefeuille d'obligations sécurisés, *covered bonds* en anglais.

Bien que le taux de probabilité de défaut d'obligations notées AAA par les agences de notations, est très faible, il se peut que les agences de notations ne soient pas en état de refléter le niveau réel de la qualité des obligations. Nous pouvons observer via le graphe suivant qu'il y a un écart entre les obligations notées AAA d'établissements financiers et les obligations notées sécurisées AAA.

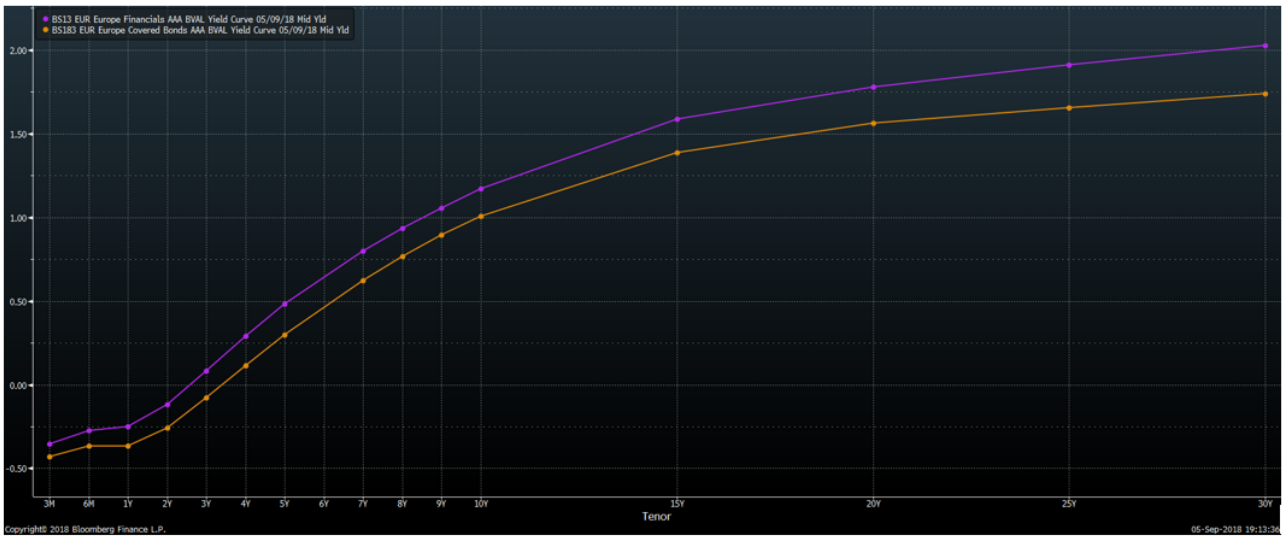


FIGURE 3.5 – Représentation de la courbe de rendement des Obligations Sécurisées Corporate AAA (en orange) et la courbe de rendement du portefeuille d'obligations d'institutions financières notées AAA (en violet)

L'écart est de l'ordre de 10 points de bases sur une année et de 20 points de bases sur 10 ans. C'est pour cette raison que nous ajoutons un dégré de sureté supplémentaire pour la sélection de notre portefeuille servant à l'établissement de la courbe de taux sans risques, en considérant le portefeuille d'obligations sécurisées AAA.

Spread de liquidité

Nous avons déterminé la courbe établissant le socle de notre courbe d'actualisation dans la partie précédente, à présent nous allons extraire les informations nécessaires pour déterminer la prime de liquidité. L'ensemble des obligations sélectionnés d'après les critères établis au point 3.3.1, sont scindés en deux par le score de liquidité, avec les obligations dites liquides (LQA > 90) et les illiquides (LQA < 90).

Nous comparons le rendement des obligations via leur *Asset Swap Spread*, cette différence permet de mettre en évidence la prime de liquidité car nous considérons que dans l'échantillon sélectionné, le taux du risque de marché, pour chaque maturité, est identique entre les obligations, et ainsi en faisant la différence, nous saisissons seulement la prime de liquidité en fonction de la maturité. Le terminal Bloomberg nous permet de présenter la sélection sous forme de nuage de points et ainsi nous obtenons les graphes ci-dessous :

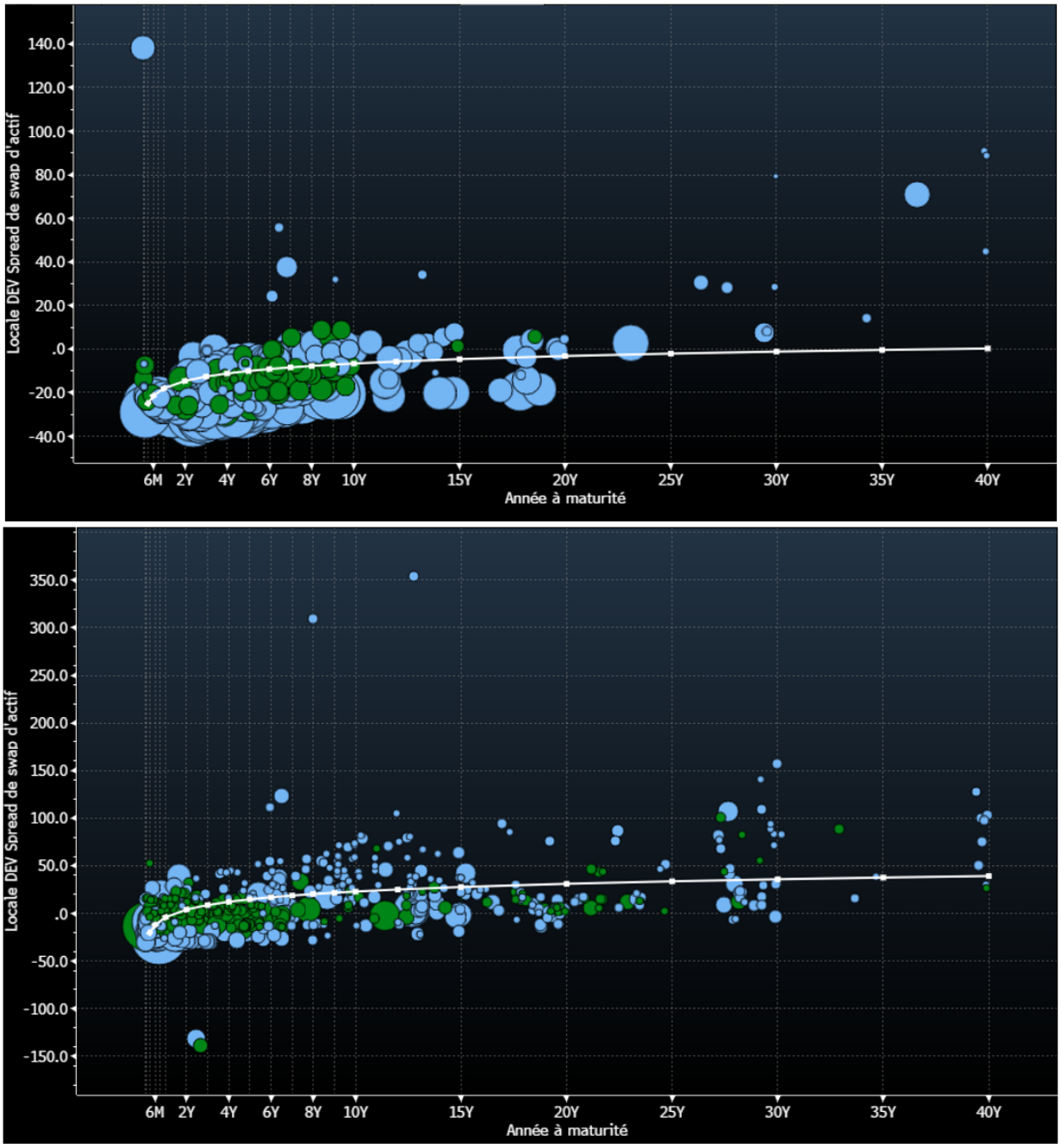


FIGURE 3.6 – Les graphes représentent les obligations de la sélection, Liquide sur la figure du haut et Illiquide en bas, avec en abscisse leur temps avant maturité, en ordonnée leur *Asset Swap Spread* et le diamètre du point correspond au volume d'émission de l'obligation

La courbe représentée en blanc dans les graphes ci-dessus est le résultat de l'interpolation Log-Linéaire fournie par le terminal Bloomberg. Nous avons choisi cette méthode d'interpolation car la courbure des valeurs observées correspondent à l'allure des courbes de classe Log-Linéaire. Nous

avons réalisé une comparaison avec les autres méthodes d'interpolations à disposition (Nelson-Siegel et Nelson Siegel Svensson), les résultats sont présentés en annexes.

A partir des points de l'interpolation, nous déterminons les courbes correspondant à *l'Asset Swap Spread* des obligations liquides et illiquides. Pour obtenir le *spread* de liquidité, nous faisons la différence entre les deux courbes. Le résultat est présenté dans le graphe ci-dessous :

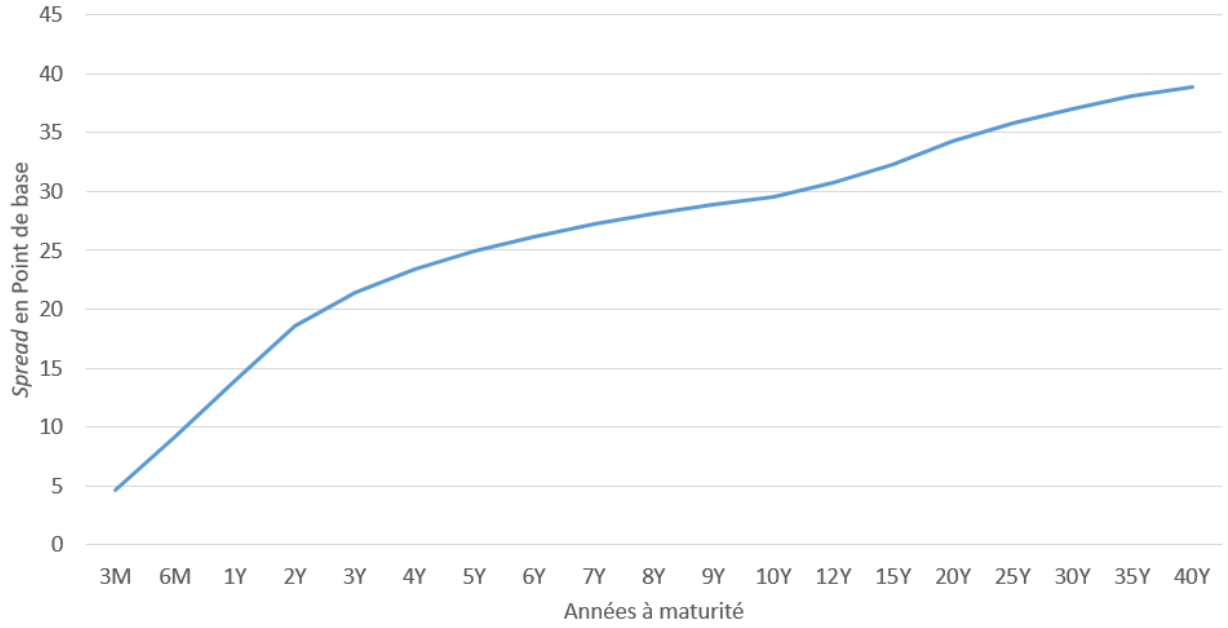


FIGURE 3.7 – Représentation du spread de liquidité, le taux est obtenu en ordonnée en point de base, et en abscisse, les montants correspondent au nombre d'années avant la maturité

La courbe que nous obtenons est en accord avec les attentes sur la prime de liquidité. En effet, nous observons que le montant est faible pour les petites maturités et augmente plus la maturité est éloignée. Ce qui correspond à une combinaison de deux facteurs, le premier est que plus la maturité est grande, plus le niveau d'incertitude est élevé et le second est que plus la maturité est grande, plus il y a d'écart de liquidité entre les obligations liquides et illiquides.

3.3.4 Incorporation des résultats

A partir des données à disposition, nous avons déterminé la courbe de taux sans risques ainsi que la prime de liquidité. Pour obtenir la courbe d'actualisation nous additionnons les deux composantes sur l'ensemble des ténors en communs. Nous représentons ci-dessous la courbe choisie pour représenter le taux sans risque :

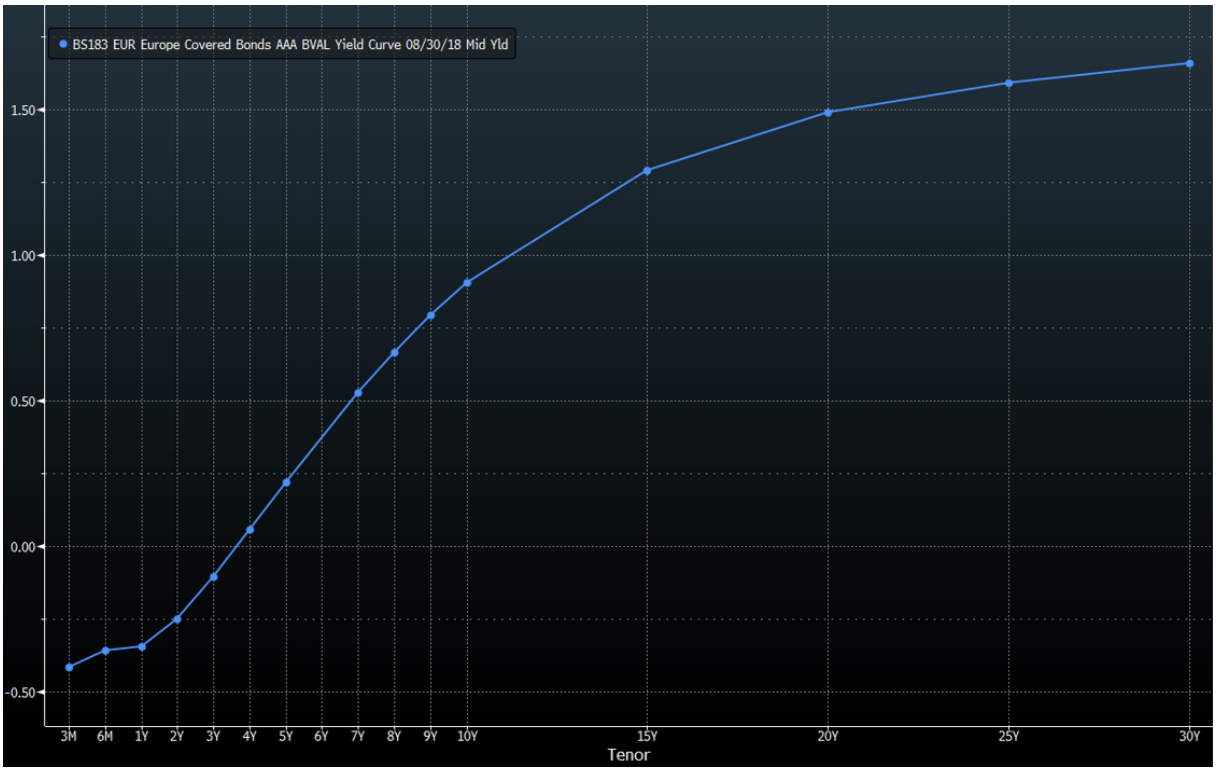


FIGURE 3.8 – Extraction de la courbe de rendement des obligations sécurisées notées AAA. La valeur en ordonnée est le taux d'actualisation en pourcentage et en abscisse est le nombre d'années avant la maturité

A partir de la courbe précédente, nous ajoutons le montant, terme à terme, obtenu pour le spread de liquidité afin d'obtenir la courbe d'actualisation. Nous devons restreindre nos observations afin d'être en cohérence avec le LLP de 20 ans. Pour pouvoir obtenir une courbe d'actualisation permettant de couvrir des engagements de longue durée, nous allons procéder à une extrapolation via la méthode de Smith-Wilson, à la différence que les valeurs d'entrées sont directement les taux spots, contrairement à la méthode utilisée par l'EIOPA qui prend en entrée des taux swap. La différence d'implémentation est détaillée en annexe. Cependant, avant de pouvoir appliquer l'algorithme de Smith-Wilson, nous allons déterminer la méthode pour obtenir *l'Ultimate Forward Rate*.

3.3.5 Mise en pratique de la méthode

En respectant les lignes directrices de la norme IFRS17, nous avons une courbe décrivant la valeur temps de l'argent représentés par les rendements d'obligations sécurisées EUR notées AAA. A cela, nous ajoutons les caractéristiques du passif que nous avons approximées par la différence en terme de rendements entre un obligation liquide et une moins liquide, les bases de cette méthode proviennent d'éléments ayant des profils similaires, conformément au point b) du paragraphe 36 et du paragraphe B81 de la norme IASB (2017).

De manière à obtenir une courbe ayant des échéances suffisamment longues pour pouvoir

actualiser des engagements à long terme, nous procédons à une extrapolation suivant l'algorithme de Smith-Wilson, en prenant comme UFR 3,65% et les mêmes paramètres de convergence.

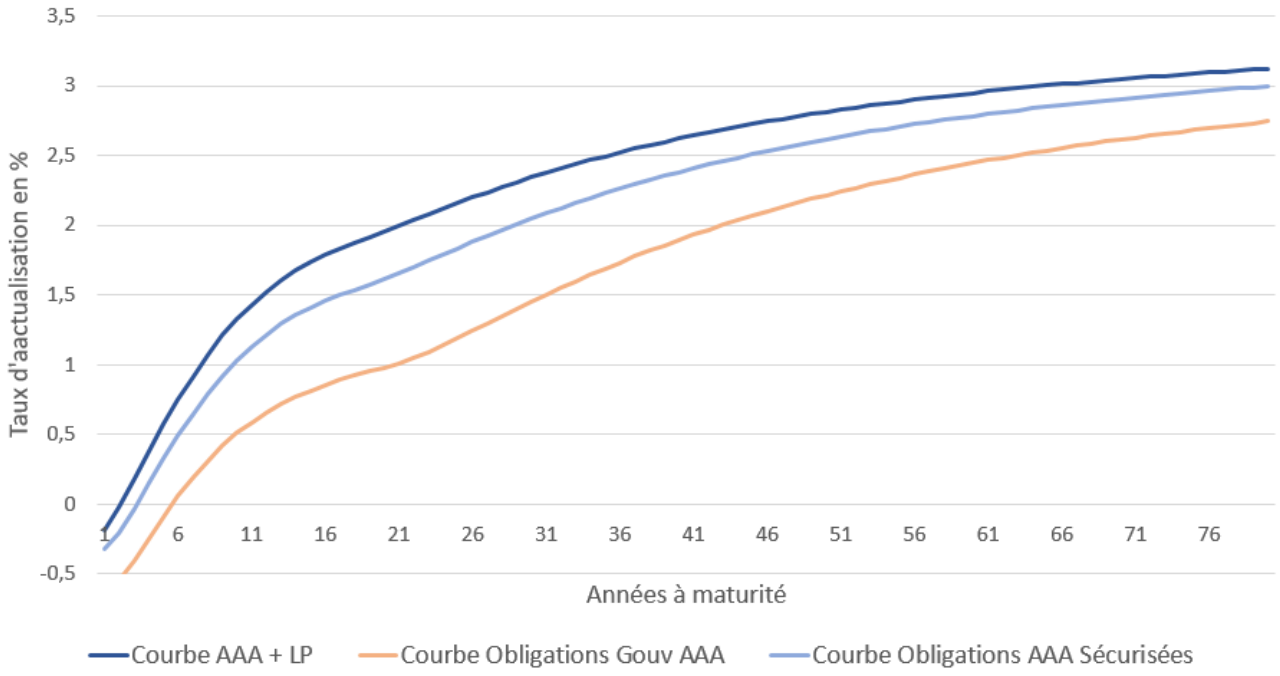


FIGURE 3.9 – Représentation des courbes d'actualisation obtenues avec la méthode des obligations liquides

Nous avons choisi de représenter une courbe de taux sans risques réalisée à partir des taux de rendements d'un portefeuille d'obligations souveraines Euro AAA, à savoir des obligations provenant de Hollande, Allemagne ou bien d'obligations suisses libellés en Euro. Nous remarquons que la courbe obtenue est bien plus basse que celle des obligations sécurisées AAA, cela est dû en partie à une fuite vers la sécurité qui entraîne une baisse du taux de rendement. De plus, ces obligations représentent une petite part des obligations détenues par les compagnies d'assurance. C'est pour ces raisons que cette courbe de taux n'est pas candidate pour représenter la valeur temps de l'argent de notre entité.

Nous observons que l'écart entre la courbe de taux sans risques et la courbe de taux avec la prime de liquidé décroît très faiblement après l'extrapolation.

Ce que dit la littérature

La méthode est la plus consistante avec les publications académiques sur l'extraction de la prime de liquidité, en effet les éléments comprenant le moins de risques de défaut sont les obligations AAA. Le spread de ces obligations est faible et ainsi ne contient pas d'autres composantes que la liquidité et le risque de marché, et ainsi permet une extraction plus fiable de la prime de liquidité.

Adaptabilité à IFRS 17

La méthode proposée correspond à la méthode "Bottom Up" car elle est composée d'une courbe de taux sans risques ayant les caractéristiques requises pour être considérées comme étant valide du point de vue de la norme :

— Liquide et fiable.

— Contenir le moins possible de risque de crédit.

— Avoir des dates de cotations pour un grand nombre de maturité.

Bien qu'il n'y ait pas eu d'étude d'adéquation du *spread* extrait des obligations avec les engagements, nous considérons que la prime de liquidité est égale à ce *spread* de par le choix constant de mesures prudentielles. Néanmoins, de manière équivalente à la méthode l'EIOPA, afin d'appliquer cette prime de liquidité, il faut définir un coefficient liant le *spread* observé sur un portefeuille d'obligations et les caractéristiques de liquidité des engagements de l'assureur.

Informations Requises

L'ensemble des données proviennent de fournisseurs de données de marché comme Bloomberg et Reuters. De plus, pour la détermination de l'UFR, les informations, limités à la méthode de détermination de l'EIOPA, proviennent de sites de références de données macro-économique (Eurostat, Banque mondiale, OCDE)

Process & Flow-Chart

Les différentes étapes sont résumés dans la figure ci-dessous :

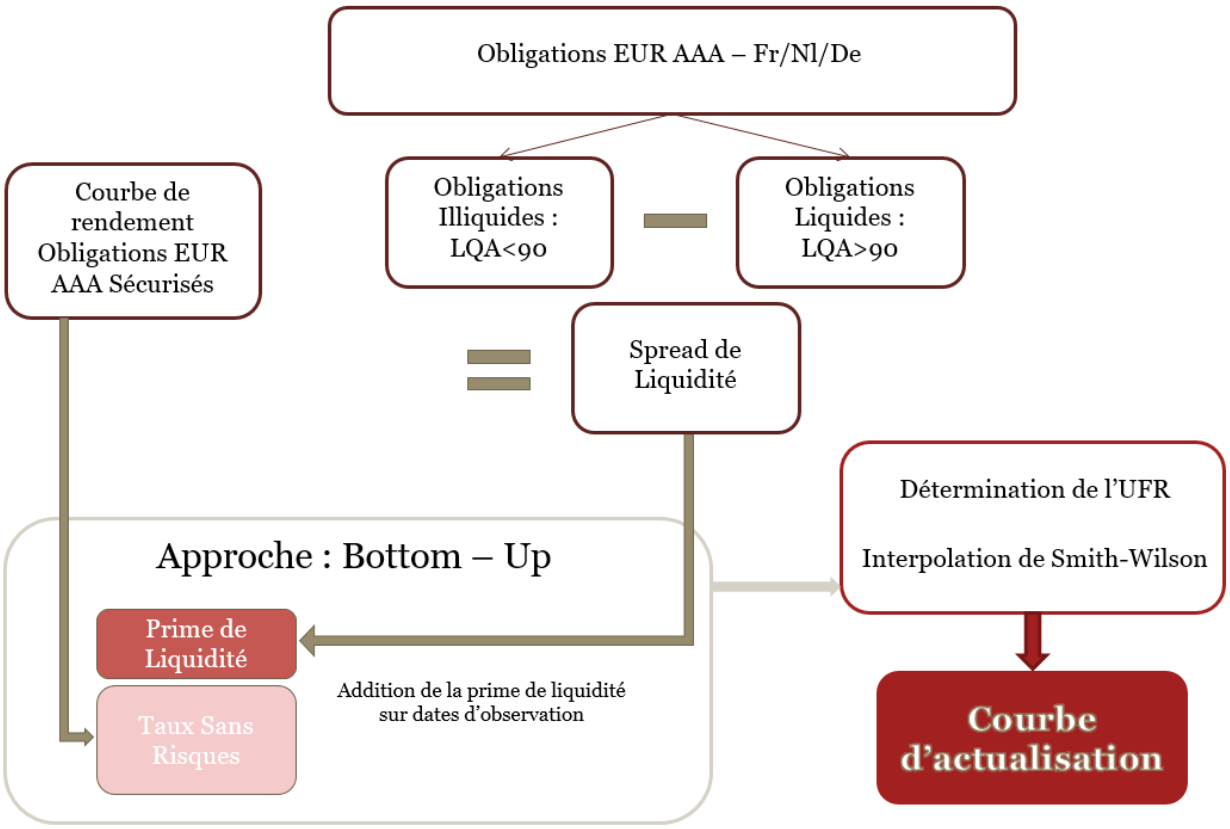


FIGURE 3.10 – Diagramme développant les étapes clés de l'élaboration de la courbe d'actualisation via un portefeuille d'obligation AAA

Limites et critiques

Cette méthode est relativement simple du point de vue de l'application des concepts liés à la construction de la courbe des taux et ainsi oblige certaines hypothèses fortes notamment sur la sélection du portefeuille obligataire, le seuil de séparation entre les obligations liquides et illiquides et le retraitement des données pour le calcul de l'UFR.

3.4 Imprédictibilité

3.4.1 Présentation et logique

La méthode que nous allons développer à présent prend en compte les remarques et les définitions prises par la *Task Force* de l'EIOPA. Le groupe à émis en 2010 le rapport de ce groupe de travail dont l'objectif était de définir la prime de liquidité et dans quelles mesures elle est applicable aux passifs d'assurance.EIOPA (2010*b*)

A la page 5 du chapitre 5, il est dit que la majorité des membres du groupe de travail considèrent que l'illiquidité d'un engagement d'assurance mesure à quel point les flux financiers sont prédicables, en terme de montant et de timing. Un moyen de quantifier l'effet de cet imprédictibilité sur la survenance d'un sinistre provient de l'article Craig (2010), qui propose d'adosser les dates estimées des échéances à une obligations zéro-coupon dont le nominal est égal au montant calculé de la prestation.

De manière a obtenir une vision prospective sur le niveau d'imprédicitibité des flux futurs, nous pouvons nous baser sur le même outil qui établi les échéanciers, le moteur ALM. En effet, un moteur ALM doit répliquer de manière la plus fidèle, les caractéristiques des engagements. Pour des raisons logistiques, nous ne serons pas amener à réaliser une application pour cette méthode. La section suivante présente une démarche pouvant être appliquée avec un moteur ALM adapté.

Différences entre Prime de liquidité et Ajustement pour risque

Au vue de la définition de l'ajustement pour risques, qui requiert de prendre en compte l'incertitude entourant le montant et l'échéancier des flux de trésorerie qui est engendré par le risque non financier, nous pouvons nous demander si la méthode suggérée inclut la prime de liquidité dans l'ajustement pour risque.

En effet, afin de ne pas réaliser une double comptabilisation des risques liés à l'incertitude de l'échéancier, nous devons restreindre le domaine lié à l'incertitude alloué à la prime de liquidité. Nous considérons alors que l'imprédictibité au sein d'une même année comptable entre en compte pour le calcul de la prime de liquidité. En effet si le sinistre attendu survient une année avant ou après l'année de survenance estimée alors cette imprédictibilité est a allouer sur le risque assurantiel.

Dans le cas où le sinistre survient quelques mois avant ou après la date estimée, le sinistre est correctement estimée au vue de la comptabilité, mais engendre des frais correspondant au *forced sale* car l'actif adossé aura du être vendu en avance, ou engagé une perte de profit car le *cash* utilisé pour le règlement n'aura pas été investi.

3.4.2 Algorithme

Établissement des Flux Financiers

Afin de correctement obtenir l'information provenant des caractéristiques de liquidité des engagements de l'assureur, nous devons nous assurer de pouvoir isoler le portefeuille dont on aimerait extraire la prime de liquidité. Construisons en premier lieu l'échéancier correspondant aux flux attendus liés à ce portefeuille de contrats.

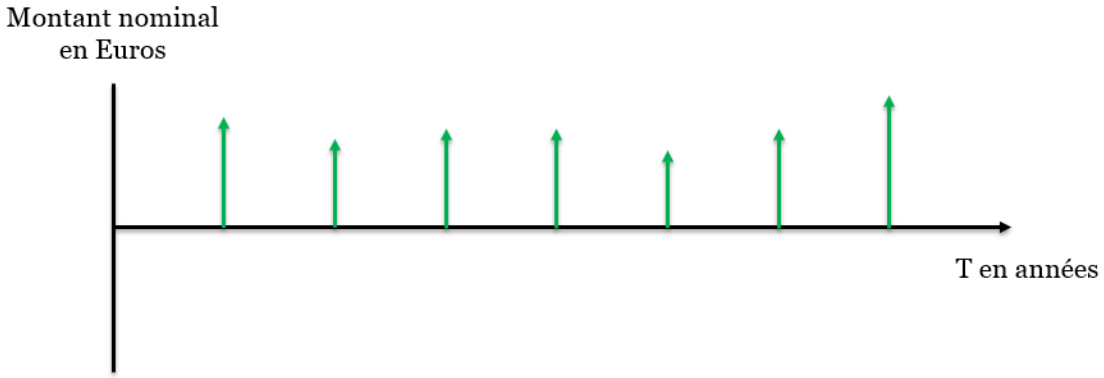


FIGURE 3.11 – Représentation des flux financiers attendu par année durant la durée de couverture du portefeuille

Nous allons utiliser un portefeuille entièrement prédicable pour répliquer les flux financiers. En effet, nous allons considérer un portefeuille d'obligations sans risques, ayant des flux correspondants exactement avec les attentes du coté des engagements. Nous obtenons la représentation suivante :

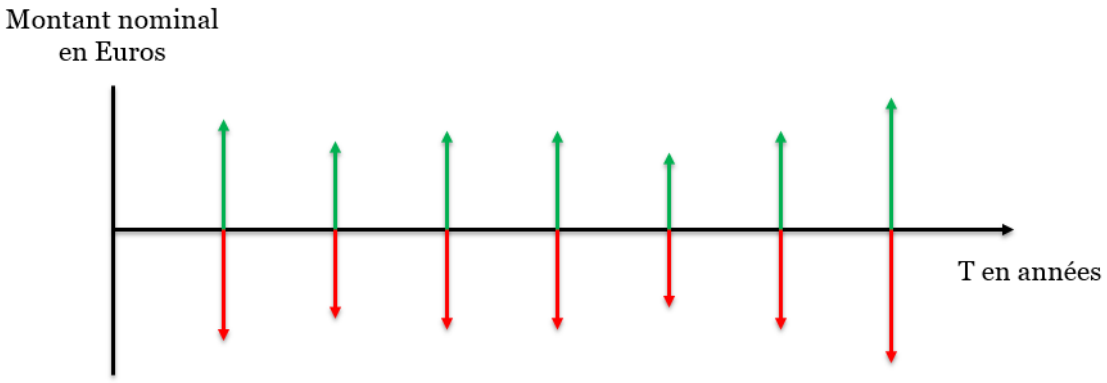


FIGURE 3.12 – Représentation des flux financiers attendu par année durant la durée de couverture du portefeuille en vert, et les flux correspondant au portefeuille d'obligations sans risques en rouge

L'hypothèse de non défaut des obligations sert deux intérêts, le premier est de pouvoir actualiser les deux flux au même taux, et le second permet de pouvoir isoler la caractéristique de liquidité des engagements.

Génération de l'ALM

Face aux prévisions des flux des engagements, nous allons confronter la "réalité" provenant du moteur ALM de l'assureur. Le moteur ALM a comme objectif de reproduire de manière fidèle l'évolution des flux de trésorerie provenant du portefeuille. Conformément à la définition de l'EIOPA, nous allons mettre en évidence le niveau d'imprévisibilité du portefeuille pour en déterminer la prime de liquidité à appliquer.

Nous allons lancer les projections du portefeuille décrit ci-dessus et recueillir à chaque pas de temps la différences des flux entre actif et passif de manière a obtenir les flux nets a chaque pas de temps. Par souci de simplicité, nous allons considérer un pas de temps annuel.

La stratégie a appliquer pour la gestion des flux net est la suivante :

— **Si le Flux net est négatif :** Le montant correspondra à de la vente forcée et devra être déduit du portefeuille initial.

— **Si le Flux net est positif :** Le montant correspondra à du cash qui n'offrira pas d'intérêt et pourra servir pour les éventuels flux futurs négatifs.

De ces résultats, nous avons considérer l'indicateur suivant permettant de mesurer l'imprédictibilité des flux financiers :

— **Ratio instantané :** Nous définissons le ratio comme suit : $\Psi_i = \dfrac{CF_{Réalisés} - CF_{Attendus}}{CF_{Attendus}}$

3.4.3 Indicateur

A partir de l'indicateur précédent, nous allons considérer seulement la partie directement dommageable de l'impact de l'imprédictibilité des flux pour isoler la partie correspondante à la prime de liquidité. Dans le cas où la date du sinistre est après la date de réception du flux financier adossé, nous pouvons considérer qu'il y a une perte liée au non investissement du montant reçu durant l'écart de période. La quantification ce cette perte requiert un niveau de détail supérieur à celui dont nous disposons i.e. le niveau d'incrémentation doit être de l'ordre de la journée ou du mois, or nous utilisons une maille annuelle, ainsi elle ne sera pas considérée dans le cadre de ce mémoire.

Ainsi nous allons considérer l'indicateur suivant : $\Psi_i^+ = max(\Psi; 0)$ qui représente l'imprédicitiblité qui correspond à la libération anticipée des fond, ce qui correspond plus précisément au concept de *forced sales*.

Dans la démonstration suivante nous allons lier l'indicateur avec la prime de liquidité. Nous supposerons que les flux attendus et les flux observés correspondent au flux comprenant une prime de liquidité et sans.

Pour les flux liquides nous avons :

$$P_{Liquide} = \sum_{i=0}^{T} \frac{CF_i}{(1+R_i)^i} \tag{3.12}$$

Avec :

— CF_i le montant nominal des engagement pour la période i

— R_i le taux sans risque à l'instant i

De manière similaire pour les flux comprenant une prime de liquidité, nous avons :

$$P_{Illiquide} = \sum_{i=0}^{T} \frac{CF_i}{(1 + R_i + L_i)^i} \tag{3.13}$$

Afin de pouvoir manipuler les formules, nous allons procéder un développement de Taylor d'ordre 1 pour pouvoir approximer le montant des flux.

Nous allons considérer la fonction suivante, représentant la valeur actualisée d'un flux financier versant 1 à la date i et variant en fonction de la prime de liquidité en i :

$$PZC_{Illiquide}(L_i) = \frac{1}{(1 + R_i + L_i)^i} \tag{3.14}$$

et effectuer un développement d'ordre 1 au voisinage de $L_i = 0$, on obtient :

$$PZC_{Illiquide}(L_i) \approx PZC_{Illiquide}(0) - PZC'_{Illiquide}(0)(L_i - 0) + o(L_i^2)$$

$$PZC_{Illiquide}(L_i) \approx \frac{1}{(1 + R_i)^i} - \frac{iL_i}{(1 + R_i)^{i+1}}$$

$$PZC_{Illiquide}(L_i) \approx \frac{1}{(1 + R_i)^i}\left(1 - i\frac{L_i}{1 + R_i}\right)$$

Nous pouvons alors déterminer une approximation du montant actualisé des flux ayant une prime de liquidité. Nous avons l'approximation suivante :

$$P_{Illiquide} = \sum_{i=0}^{T} \frac{CF_i}{(1 + R_i + L_i)^i} \approx \sum_{i=0}^{T} \frac{CF_i\left(1 - i\frac{L_i}{1 + R_i}\right)}{(1 + R_i)^i} \tag{3.15}$$

En posant $\widetilde{CF_i} = CF_i\left(1 - i\frac{L_i}{1 + R_i}\right)\ \forall i \in 0, ..., T$ nous obtenons $P_{Illiquide} = \sum_{i=0}^{T} \frac{\widetilde{CF_i}}{(1 + R_i)^i}$

Nous avons défini que les montants réalisés sont les montants comprenant une prime de liquidité ainsi $CF_{Réalisési} = \widetilde{CF_i}$

Le ratio d'imprédictibilité peux alors s'exprimer de la façon suivante :

$$\Psi_i^+ = max\left(\frac{\widetilde{CF_i} - CF_{Attendus}}{CF_{Attendus}}; 0\right)$$

$$\Psi_i^+ = max\left(\frac{CF_i - CF_i\left(1 - i\frac{L_i}{1+R_i}\right)}{CF_i}; 0\right) = max\left(\frac{CF_i - i\frac{L_i}{1+R_i}CF_i - CF_i}{CF_i}; 0\right)$$

$$\Psi_i^+ = i\frac{L_i}{1+R_i}$$

De la dernière équation, on obtient :

$$L_i = \Psi_i^+ \frac{1+R_i}{i} \tag{3.16}$$

Nous avons notre approximation de la prime de liquidité pour chaque pas de temps à partir des observations des flux financiers provenant de réalisation et l'estimation à priori.

3.4.4 Simulation

La calibration du moteur ALM à disposition afin de composer le portefeuille obligataire correspondant aux flux sortant estimés aurait été une tâche trop chronophage, c'est pourquoi nous n'avons pas réalisé de simulations. De plus, afin de correctement mesurer l'imprédictibilité du portefeuille, le moteur ALM doit réaliser des simulations à une maille plus fine que l'année, par exemple à une maille mensuelle ou journalière. Cet effort demande une restructuration complète du moteur ALM et augmente considérablement le temps de calcul.

De plus, après entretien avec des membres seniors de l'actuariat au sein de PwC, ce taux d'imprédictibilité a de forte chances d'être constant au cours du temps. Ainsi d'après la formule (3.16), nous obtiendrons une prime de liquidité décroissante avec comme montant initial $L_1 = C(1 + R_1)$. Ce point est consistant avec la perception de l'imprédictibité au cours du temps, en effet, un écart d'échéancier de quelques mois dans un temps lointain est négligeable.

L'information peut aussi provenir de la comptabilité, en effet, s'il est possible de réaliser des provisions actuarielle à une maille mensuelle alors le rapprochement entre les réalisations et la prévision peux être un indicateur pour la prime de liquidité du portefeuille de passifs concernés.

3.4.5 Mise en pratique de la méthode

Ce que dit la littérature

Comme cité précédemment, l'origine de la méthode provient du postulat de la *Task Force* de l'EIOPA sur la prime de liquidité.

Adaptabilité à IFRS 17

Le fonctionnement de la méthode est en accord avec les principes fondamentaux de la norme, en effet, la détermination de la prime de liquidité provient directement des caractéristiques du passif.

Bien que la base de la courbe d'actualisation est déterminée via des informations disponibles sur le marché, cette méthode est la seule à permettre à l'entité de déterminer la prime de liquidité de ces engagement qu'à partir d'informations du coté passif.

Informations Requises

En dehors de la courbe de taux sans risques, qui est disponible à minima sur le site de l'EIOPA, les seules informations sont en interne. Il est à savoir que le générateur de scénario économique nécessite des données de marché pour être calibré, ainsi indirectement, la méthode nécessite des données supplémentaires.

De plus, afin d'obtenir des résultats fiables, il faut une modélisation extrêmement détaillée du moteur ALM. Dans le cas où, le rapprochement avec la comptabilité est utilisée, il faut une information régulière et fiable provenant de la comptabilité et de l'actuariat.

Process & Flow-Chart

Les différentes étapes sont résumées dans la figure ci-dessous :

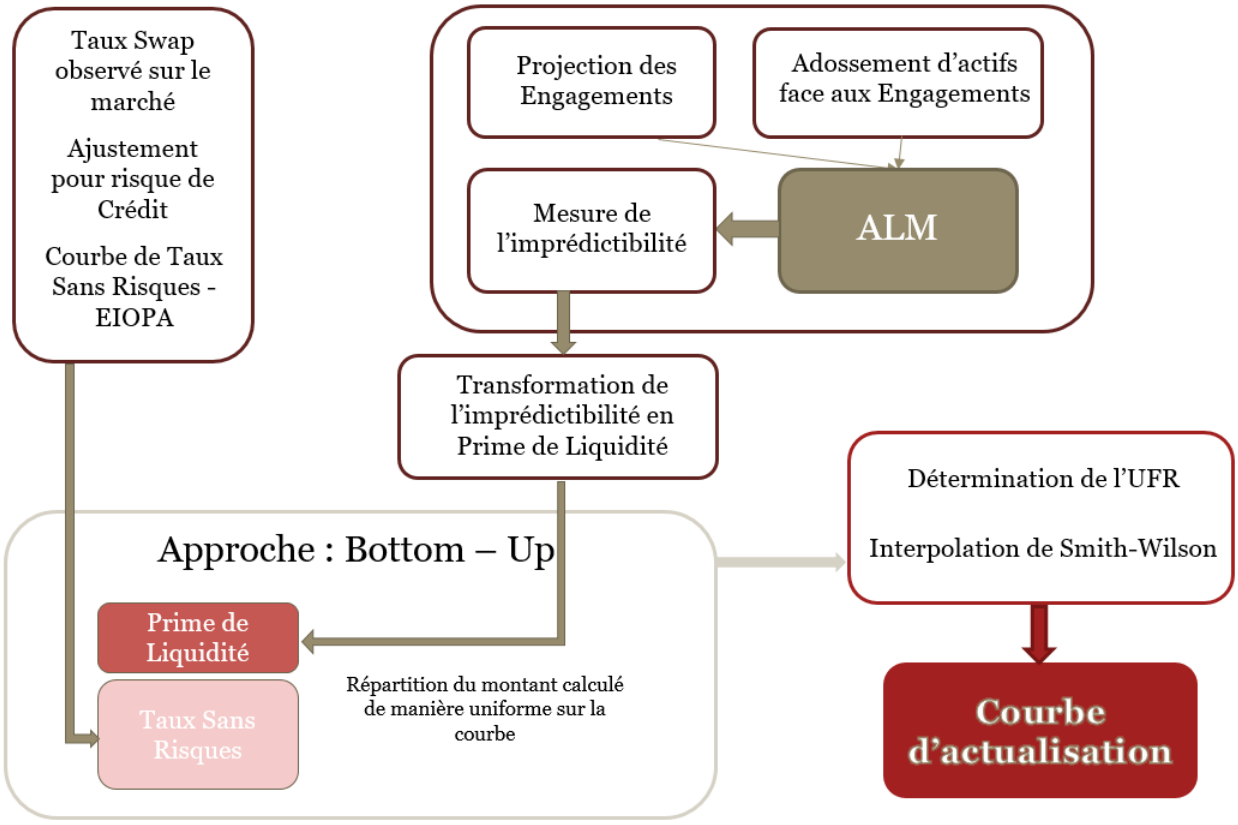


FIGURE 3.13 – Diagramme développant les étapes clés de l'élaboration de la courbe d'actualisation avec l'information comprise dans l'option d'une obligation

Limites et critiques

Cette méthode requiert un moteur ALM adaptable de manière à obtenir exactement les informations requises pour le calcul de la prime de liquidité. Les flux financiers doivent être corroborés de manière concise avec la gestion afin d'obtenir le moins d'erreurs d'observations possibles. De plus, le moteur ALM doit être suffisamment fiable pour refléter correctement les caractéristiques du passif.

3.5 Détermination de la prime de liquidité via une option

3.5.1 Présentation de la méthode Ghaidarov

Le principe de cette méthode est de déterminer le prix d'une option donnant le droit au détenteur de pouvoir céder une obligation et obtenir le montant nominal avant la date de maturité. Dans l'élaboration de cette méthode, nous opposons les concepts de flux financiers liquides et illiquides en prenant une obligation vendue avec l'option de vente et une seconde sans.

Les éléments développés sont inspirés de la théorie des options, théorie permettant de valoriser le prix d'un droit de vente. L'origine de l'idée provient de l'article de Raimbourg Raimbourg (2015) utilisant la théories des *Look-back options* sur des taux d'intérêts développés par Ghaidarov (2014) et Christian Koriol (2002). Nous pourrons alors établir des liens entre le prix de cette option de vente et la prime de liquidité que nous cherchons à quantifier.

Cette méthode à l'avantage d'augmenter le nombre de paramètres dont peux dépendre la prime de liquidité, en reflétant notamment la durée pour laquelle le détenteur peux exercer son droit et les caractéristiques de flux financiers. Les produits financiers que nous considérons sont les obligations avec une option incorporée (*embedded*), les obligations qui nous intéressent sont les obligations *puttable* or elles sont bien moins répendues que les obligations *callable*. Fabozzi (2013)

3.5.2 Développement dans la norme

La décomposition précédente d'un actif liquide est développée dans le document publié par l'IASB intitulé *Basis for Conclusions* dont le but est d'aider les acteurs du marché a mettre en place la norme. Dans ce document, nous assistons aux jugements émis par le Board suite aux remarques d'acteurs du marché. Nous avons en particulier, aux paragraphes §BC193 et §BC194 les commentaires suivants :

Paragraph BC193 from Basis for Conclusions

Discussions of the time value of money often use the notion of risk free rates. Many entities use highly liquid, high-quality bonds as a proxy for risk free rates. However, the holder can often sell such bonds in the market at short notice without incurring significant costs of affecting the market price. This means that the holder of such bonds effectively holds two things :

— (a) a holding in an underlying non-tradable investment, paying a higher return than the observed return on the observed return on the traded bond ; and

— (b) an embedded option to sell the investment to a market participant, for which the holder pays an implicit premium through a reduction in the overall return ;

In contrast, for many insurance contracts, the entity cannot be forced to make payments earlier than the occurence of insured events, or dates specified in the contract.

Paragraph BC194 from Basis for Conclusions

The Board concluded that, in principle, the discount rate for a group of insurance contracts should reflect the liquidity characteristics of the items being measured. Thus, the discount rate should equal the return on the underlying non-tradable investment (see §BC193(a)), because the entity cannot sell or put the contract liability without significant cost. There should be no deduction in the rate for the implicit premium for the embedded put option, because no such put option is present in the liabilty.

Nous remarquons que dans le paragraphe BC194, une obligation liquide est décomposée en une partie illiquide duquel le détenteur ne peux se soustraire, et d'une option qui offre le droit de vendre cette obligation. Ainsi on retrouve les caractéristiques liées aux contrats d'assurance, en effet, l'engagement de l'assureur correspond à l'obligation illiquide car l'assureur ne peux pas s'en défaire avant la maturité.

Le *put* correspond à une option de vente prédéfinie qui permet à son détenteur de céder son actif durant la période de temps définie dans le contrat. Ainsi, l'effet correspond au rachat anticipé d'un bénéficiaire de son contrat d'épargne. L'objectif de cette section est de déterminer le prix de cette option, puis d'en déduire la prime de liquidité sous-jacente.

3.5.3 Détermination de la valeur du put

De la remarque de la section précédente, nous pouvons admettre l'égalité suivante :

$$Prix\ de\ l'obligation\ Illiquide + Prix\ du\ Put = Prix\ de\ l'obligation\ Liquide \tag{3.17}$$

Afin de respecter les contraintes sur la notion de *forced sales*, nous allons supposer que la période maximale pour laquelle le détenteur de l'obligation peut demander le rachat de l'obligation par l'émetteur est de 1 an. En effet, la notion de *forced sales* correspond au besoin de liquidité sur un exercice et ainsi une obligation de vente d'actif à plus d'une année correspondrait à un besoin de liquidité sur l'exercice précédent.

Nous considérons aussi que le prix de l'option est croissant avec l'avancée du temps de déclenchement i.e. plus l'option est déclenchée tôt, plus cette dernière coûte cher. Ainsi afin de maximiser la valeur de l'option nous allons considérer que l'option est déclenchée une année avant la maturité de l'obligation sous-jacente.

Nous pouvons ainsi résumer les flux de trésorerie de la manière suivante :

Flux de trésorerie liée à la partie Illiquide

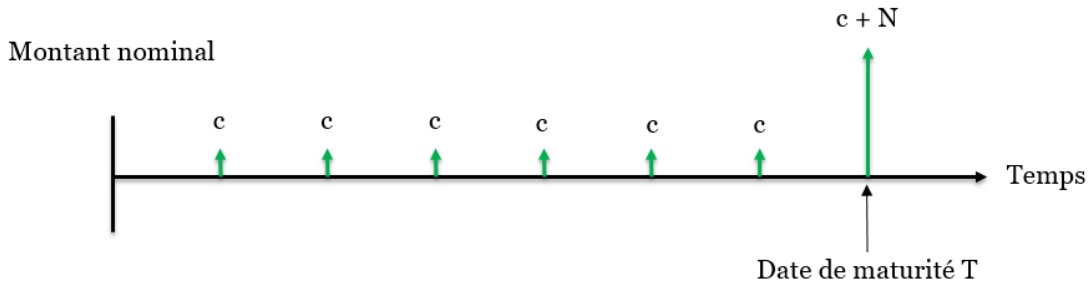


FIGURE 3.14 – Représentation des flux financiers attendus par année au cours de la durée de vie de l'obligation

Le coté illiquide de l'obligation est synonyme dans ce contexte d'être contraint au versement à la date de maturité prédéfinie. En effet, le détenteur de l'obligation ne peux pas se défaire de l'obligation et les flux financiers sous-jacents sont immuables. C'est pour cette raison que nous allons considérer qu'il y a une prime d'illiquidité associée à la valorisation de l'obligation.

Flux de trésorerie liée à la partie Liquide

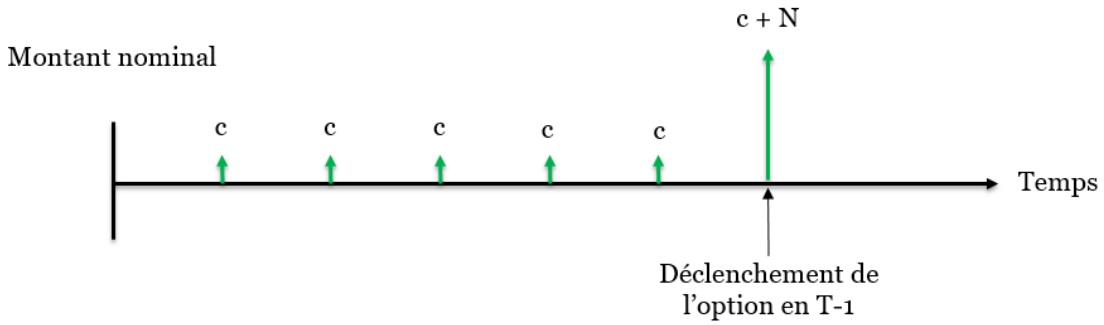


FIGURE 3.15 – Représentation des Flux Financiers attendu par année au cours de la durée de vie de l'obligation avec le déclenchement de l'obligation une année avant la date de maturité

L'aspect liquide de cet échéancier est représenté par le fait que le détenteur peux récupérer le nominal de l'obligation sans coûts supplémentaire, une année avant la date de maturité. C'est pourquoi nous ne considérons pas de prime de liquidité dans l'actualisation des flux.

Nous considérons que la valeur des instruments financiers est égale à la somme des flux de trésorerie actualisés. De l'équation (2.17), nous obtenons la formule suivante :

$$\underbrace{\sum_{i=1}^{T} \frac{CF_i}{(1+R_i+l_i)^i}}_{\text{Partie Illiquide}} + Prix\ du\ Put\ = \underbrace{\sum_{i=1}^{T} \frac{CF_i}{(1+R_i)^i}}_{\text{Partie Liquide}} \tag{3.18}$$

Afin de pouvoir extraire la composante de liquidité du prix de l'obligation, nous allons procéder à un développement de Taylor d'ordre 1 déterminé dans l'équation (3.14), et en isolant le prix de l'option, nous obtenons l'équation suivante :

$$Prix\ du\ Put\ = \underbrace{\sum_{i=1}^{T} \frac{CF_i}{(1+R_i)^i}}_{\text{Partie Liquide}} - \underbrace{\left[\sum_{i=1}^{T} \frac{CF_i}{(1+R_i)^i} - \sum_{i=1}^{T} \frac{i\ CF_i\ L_i}{(1+R_i)^i}\right]}_{\text{Partie Illiquide}} \tag{3.19}$$

Nous pouvons résumer les flux de trésorerie de chacune des parties de la manière suivante :

$$\underbrace{CF_i = \begin{cases} c & \text{si } i \in \{1,...,T-2\} \\ c+N & \text{si } i = T-1 \end{cases}}_{\text{Partie Liquide}} \quad \underbrace{CF_i = \begin{cases} c & \text{si } i \in \{1,...,T-1\} \\ c+N & \text{si } i = T \end{cases}}_{\text{Partie Illiquide}} \tag{3.20}$$

Nous obtenons alors :

$$Prix\ du\ Put = \sum_{i=1}^{T-2} \frac{c}{(1+R_i)^i} + \frac{c+N}{(1+R_{T-1})^{T-1}} - \sum_{i=1}^{T-1} \frac{c}{(1+R_i)^i} - \frac{c+N}{(1+R_T)^T} + \sum_{i=1}^{T-1} \frac{i\ c\ L_i}{(1+R_i)^{i+1}} + \frac{T(c+N)L_T}{(1+R_T)^T} \tag{3.21}$$

Finalement, nous obtenons :

$$Prix\ du\ Put - \frac{N}{(1+R_{T-1})^{T-1}} + \frac{c+N}{(1+R_T)^T} = \sum_{i=1}^{T-1} \frac{i\ c\ L_i}{(1+R_i)^{i+1}} + \frac{T(c+N)L_T}{(1+R_T)^T} \tag{3.22}$$

3.5.4 Détermination de la prime de liquidité

Nous avons déterminé l'expression de la valeur du put en respectant les caractéristiques des obligations adossés aux passifs, nous allons à présent étudier de quelles manière nous pouvons répartir la valeur de l'option sur l'ensemble de la durée des engagements, et ainsi obtenir une courbe d'actualisation.

Nous basons nos résultats sur une observation faite sur le marché dont les données proviennent du terminal Bloomberg. Nous avons considéré deux obligations émises par l'état de la Rhénanie du Nord-Westphalie dont les obligations sont notés Aa1 par Moody's (deuxième meilleure note) et AA- par Standard & Poor's. Afin de pouvoir mettre en pratique les méthodes développées précédemment, nous avons cherché des obligations avec pratiquement les mêmes caractéristiques.

Néanmoins les deux observations que nous avons parvenu à extraire, ne sont pas égales sur l'ensemble des caractéristiques, ainsi nous avons opéré à des approximations dans le modèle. Nous n'avons pas pu trouver sur le marché, deux obligations *puttable* et *non-puttable* ayant moins d'écart, émises par une entité ayant un rating supérieur ou égal.

En annexe, nous présentons un impression écran du terminal Bloomberg l'ensemble des obligations émises par la société ÖBB Infrastrukur AG, qui est une filiale de la compagnie de gestion des réseaux ferrés autrichiens. Nous observons que obligations ayant une courte maturité n'ont pas d'options alors que celles de longue maturité disposent d'une possibilité de *put*, il n'y a ainsi pas de fenêtre de maturité disposant à la fois d'obligations *puttable* et *non puttable*.

Les caractéristiques sont les suivantes :

Obligation Puttable	**Obligation non Puttable**
- Date de maturité : 22/07/2041	- Date de maturité : 21/03/2042
- Années avant maturité : 22,81 ans	- Années avant maturité : 23,47 ans
- Coupon (%) : 3,35	- Coupon (%) : 3
- Nominal (€) : 100	- Nominal (€) : 100
- Prix : 135,602	- Prix : 129,102

Par soucis de simplicité, pour le modèle suivant nous avons considéré une maturité T de 23 ans, un taux de coupon c de 3%, et nous obtenons le $Prix\ du\ Put = 5,512€$. Afin de pouvoir simplifier les calculs, nous avons sélectionné différentes hypothèses pour obtenir la prime de liquidité et nous discuterons des résultats obtenu avec les données disponibles.

Prime de liquidité constante

Nous supposons que $L_i = L$

A partir de l'équation (3.22) nous obtenons :

$$L = \frac{Prix\ du\ Put - \dfrac{N}{(1+R_{T-1})^{T-1}} + \dfrac{c+N}{(1+R_T)^T}}{\sum_{i=1}^{T-1} \dfrac{i\ c}{(1+R_i)^{i+1}} + \dfrac{T(c+N)}{(1+R_T)^T}} \tag{3.23}$$

Avec cette hypothèse et les données disponibles, nous obtenons une prime de liquidité constante égale à $L = 16,92Bps$.

Prime de liquidité linéaire

Nous supposons que $L_i = li\frac{1}{T}$

A partir de l'équation (3.22) nous obtenons :

$$l = \frac{Prix\ du\ Put - \dfrac{N}{(1+R_{T-1})^{T-1}} + \dfrac{c+N}{(1+R_T)^T}}{\sum_{i=1}^{T-1} \dfrac{i^2\ c}{T(1+R_i)^{i+1}} + \dfrac{T(c+N)}{(1+R_T)^T}} \tag{3.24}$$

Avec cette hypothèse et les données disponibles, nous obtenons comme coefficient pour la prime de liquidité $l = 28,27Bps$.

Prime de liquidité proportionnelle

Nous supposons que $L_i = \alpha\frac{(1+R_i)}{i}$

A partir de l'équation (3.22) nous obtenons :

$$\alpha = \frac{Prix\ du\ Put - \dfrac{N}{(1+R_{T-1})^{T-1}} + \dfrac{c+N}{(1+R_T)^T}}{\sum_{i=1}^{T-1} \dfrac{c}{T(1+R_i)^{i+1}} + \dfrac{c+N}{(1+R_T)^T}} \tag{3.25}$$

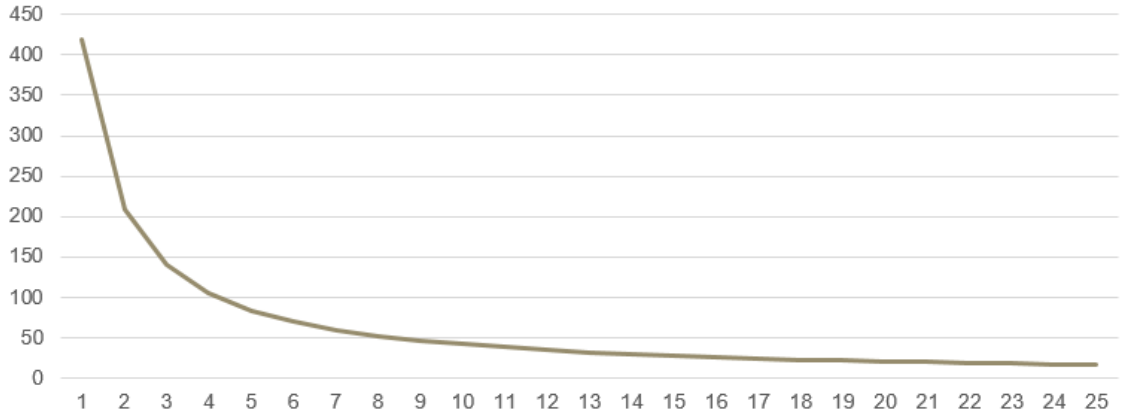


FIGURE 3.16 – Représentation de la prime de liquidité obtenue. Les montants en ordonnées sont en points de base et en abscisses l'année.

Nous observons que les taux obtenus en début de période sont trop élevés par rapport à ce à quoi on peut s'attendre. En effet, nous observons le même phénomène que pour la méthode utilisant l'imprédictibilité i.e. le terme en $\frac{1}{i}$ de l'approximation de la prime de liquidité est trop faible en début de période pour obtenir des résultats cohérents.

Détermination des courbes d'actualisation

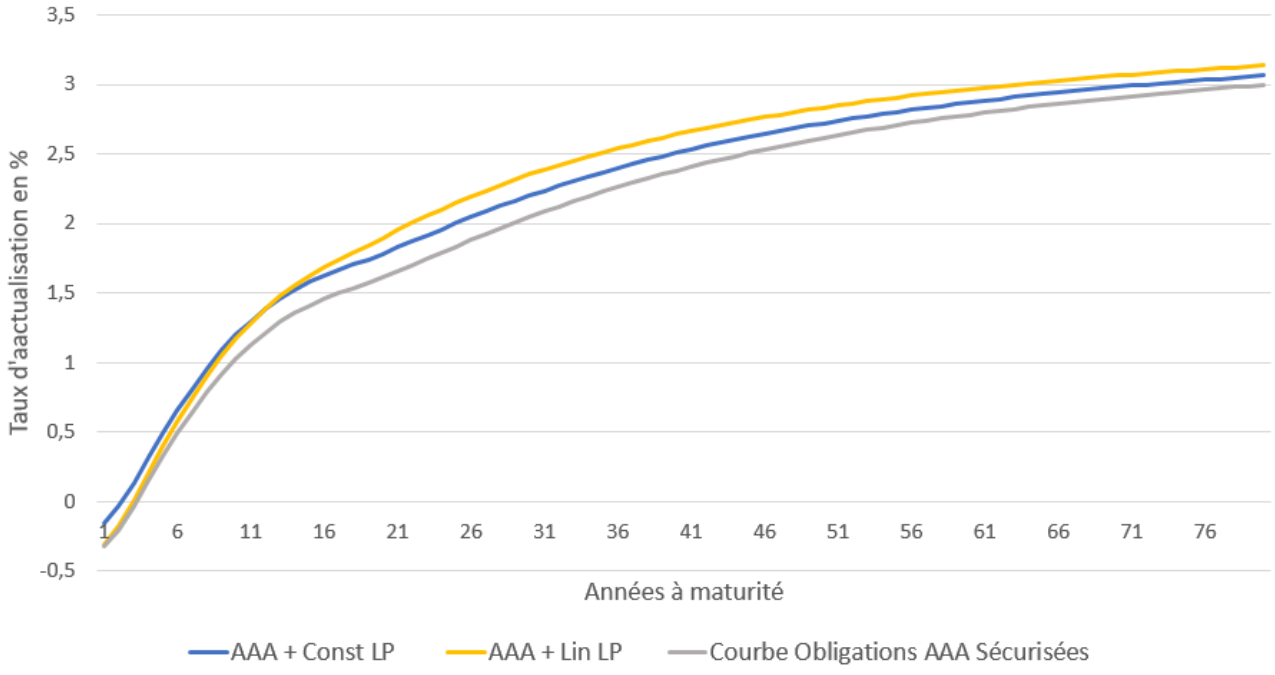


FIGURE 3.17 – Représentation des courbes de taux d'actualisation obtenu avec la méthode avec les options intégrées.

La courbe de taux sans risques utilisée comme base est la courbe des taux de rendement des obligations sécurisées AAA, ce choix a été pris de manière a rester cohérent avec le fait que l'information utilisée provient du marché obligataire.

Nous observons que la courbe d'actualisation linéaire est plus basse sur la période [1,11], puis dépasse la courbe d'actualisation avec la prime de liquidité constante. L'écart entre les deux courbes est ensuite conservé sur l'ensemble de la période d'extrapolation.

3.5.5 Mise en pratique de la méthode

Adaptabilité à IFRS 17

Cette méthode correspond à une approche type "Bottom Up" et établi un lien entre les informations fournies sur le marché obligataire et une caractéristique des contrats d'assurance qui justifient l'insertion d'une prime de liquidité. De plus, la méthode d'extraction de l'information est décrite dans le paragraphe BC193 et BC194 du *Basis for Conclusion*.

Informations Requises

La courbe des taux sans risques provient manière de équivalente entre un fournisseur de données financières ou de l'EIOPA. L'obtention d'informations de marché sur des obligations ayant une options de type *put* est plus difficile, mais est fourni par le terminal Bloomberg.

Process & Flow-Chart

Les différentes étapes sont résumés dans la figure ci-dessous :

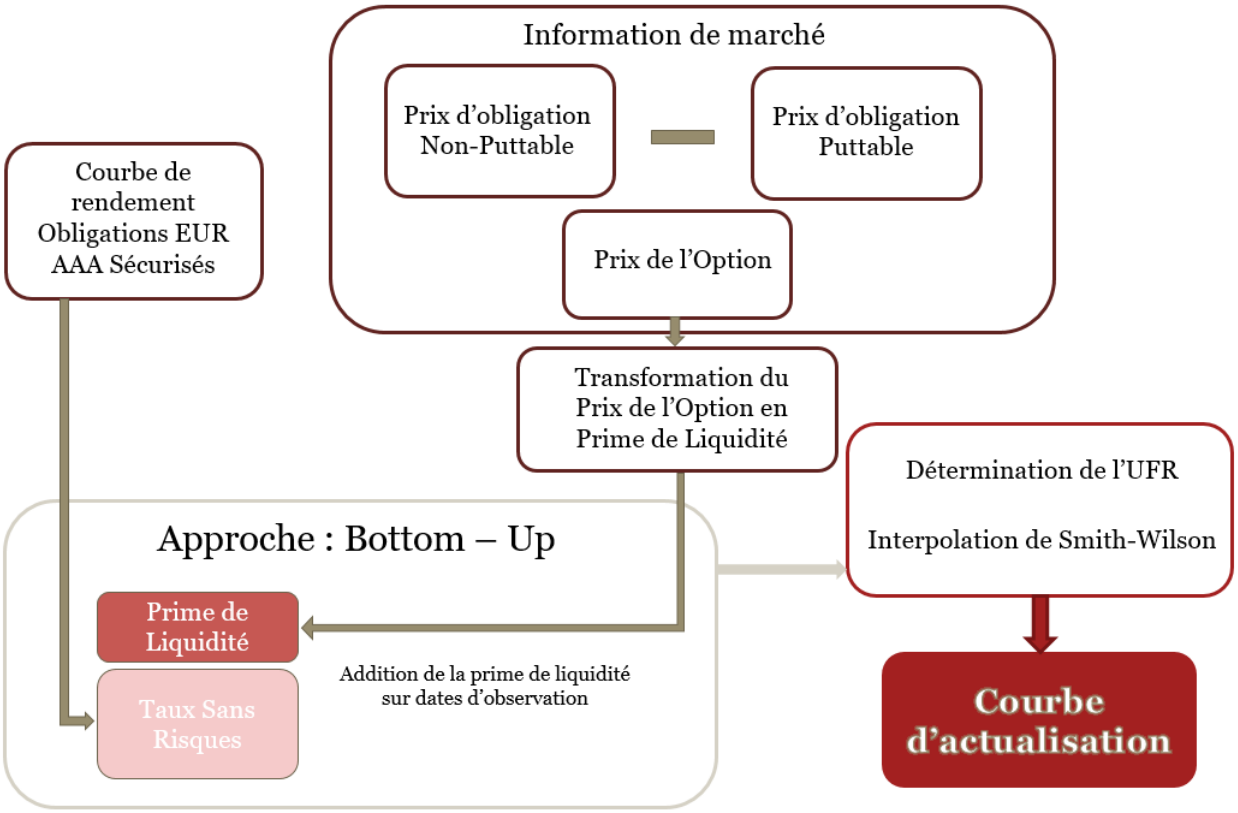


FIGURE 3.18 – Diagramme développant les étapes clés de l'élaboration de la courbe d'actualisation avec la méthode prenant en compte l'imprédictibilité des flux financiers

Limites et critiques

Cette méthode demande des informations plus précises sur les obligations, en particulier sur les obligations *puttables* et ainsi peut s'avérer moins robuste. Elle peut être critiquable de manière similaire à la méthode précédente, dans le sens où l'information provient du coté actif du bilan.

Chapitre 4

Methode *Top - Down*

4.1 Présentation et concept

La seconde méthodologie proposée par l'IASB dans le cadre de la norme IFRS 17 est la méthode dite "Top-Down" qui se traduit par "méthode descendante". Cette méthode est décrite dans les paragraphes d'annexes B81 et B82 et le concept de cette méthode repose sur le fait que pour les compagnies d'assurance vie qui ont des portefeuilles d'épargne et retraite conséquents, les entités ont développé leurs portefeuilles d'actifs de manière à adosser les flux financiers de leurs engagements avec les flux financiers des produits financiers, et la compagnie d'assurance peut déduire la courbe d'actualisation à appliquer au portefeuille à partir de ce portefeuille d'actifs.

Ainsi l'IASB permet aux entités de pouvoir déterminer la courbe d'actualisation à appliquer aux engagements en prenant en compte l'information présente au sein de leurs portefeuilles d'actifs. Cela permet d'intégrer au mieux les caractéristiques des engagements dans la courbe d'actualisation.

Néanmoins cette méthode est soumise à conditions, une des principales conditions est de pouvoir délimiter les actifs correspondant aux engagements pour lesquels l'entité aimerait appliquer cette méthode. Une seconde condition est de pouvoir identifier au sein des rendements des différents produits composant le portefeuille, les éléments qui ne sont pas caractéristiques des passifs, principalement les risques de marché.

L'entité doit utiliser les prix de marché du portefeuille. Si le marché n'est pas actif, ajuster les prix de marché de manière à la rendre comparable avec des instruments dont les prix sont observables. Si le marché n'est pas observable, il faut utiliser une méthode d'estimation conforme au paragraphe B83 de IFRS 13, ce qui correspond à accorder une plus grande importance aux estimations long terme plutôt les variations court termes. Il est aussi possible d'utiliser des données interne à l'entité, dans la mesure où ces données ne contredisent pas des données observables sur le marché pour des produits similaires.

Inquiétudes des acteurs : Une inquiétude vis à vis de l'établissement de la courbe d'actualisation concerne les cas où les données viendrait à être manquantes. l'annexe B 78 ne donne pas de précision sur la méthode à adopter mais requiert le respect des principes suivants :

— utiliser autant que possible les informations disponibles sur le marché, tenir compte des sources externes d'informations sans que cela entraîne de coût trop élevés
— Tenir compte des condition actuelles du point de vue d'un acteur de ce marché
— Utiliser le jugement pour apprécier les similitudes entre les engagements de l'entité et les instruments financiers dont les prix sont observables

Dans la réponse de l'IASB de Décembre 2018, le *Board* confirme que la norme est toujours sur la base de principes et que lorsque l'information n'est pas disponible l'entité doit recourir à une technique d'estimations. Le *Board* explique qu'une méthode trop détaillée compliquerai la situation. L'argumentation est suivi par le point que si des règles venait a être imposées, elle bénéficieraient celle dont les hypothèses sont proches de celles retenues et ainsi ne correspondrai pas à toutes les autres.

L'IASB considère que les caractéristiques du portefeuille de référence, retraité des éléments non caractéristiques des passifs d'assurance, sont suffisamment proche des caractéristiques des engagements, qu'il n'est pas nécessaire de procéder à un retraitement lié à la différence de liquidité. Des éléments pouvant être pris en compte pour réaliser l'ajustement entre les actifs de référence et les engagements peuvent être le risque d'investissement, le *timing* et la monnaie. Ce point, mentionné dans le paragraphe BC 196(b) peut persuader des compagnies à utiliser la méthode *Top-Down* dans le cas où elles estimeraient la prime de liquidité trop compliquer à calculer.

L'annexe B74 permet de préciser certains points quant aux estimations à retenir :
— si les flux de trésorerie ne dépendent pas d'actifs sous-jacent, alors le taux d'actualisation ne doit pas en tenir compte de la variation de sous-jacents.
— dans le cas où les flux de trésorerie dépendent des rendements d'actifs alors soit l'entité peux actualiser à un taux de rendement reflétant la dépendance soit ajuster les flux et actualiser avec un taux tenant compte de cet ajustement.

Concernant les ajustements à réaliser, le *Board* considère que pour être en accord avec le paragraphe 36, il faut que des ajustements de la courbe des taux du portefeuille de référence doivent être réalisés à chaque date d'arrêté. Les ajustements doivent tenir compte de la variation des risques de crédit. Et des différence de liquidité entre le portefeuille de référence et les engagements, dans le cas où l'entité choisi de ne pas prendre en compte la différence de liquidité, permise par le paragraphe B81, les variations de liquidité dans le portefeuille de référence sont reflétés dans les changements de la courbe des taux utilisée pour mesurer les contrats d'assurances.

4.2 Notions de portefeuille répliquant

Un portefeuille répliquant est un portefeuille d'actif financiers dont la valeur de marché et/ou les flux financiers répliquent ceux des engagements. L'annexe B46 défini que les flux de trésoreries d'un portefeuille répliquant correspondent exactement, dans tous les scénarios aux flux contractuels d'un portefeuille de contrats.

Le portefeuille d'actifs répliquant à pour vocation de se comporter de manière similaire que les passifs répliqués, c'est pour cette raison que les portefeuilles répliquant gagnent en intérêt depuis les nouvelles réglementations qui imposent de réaliser une valorisation des engagement en valeur économique, car la valorisation d'actifs peut être plus aisée que de passifs.

Eléments à répliquer	Composantes et comportement	Produits candidats
Flux financiers basiques	- Flux financiers fixes - Flux financiers provenant d'investissement en UC - Flux financiers liés à la longévité	- Obligation Zéro Coupon - Indice basés sur des actions - Mortality Swaps
Garanties incorporés	- Annuités garanties - Taux minimum garanti - Valeurs accumulées garanties	- Swaption vanille, swaptions quanto - Option put sur obligation ou swaption - Put option sur actions
Comportement des assurés	- Augmentation du taux de rachat lié à un marché fort - Augmentation du taux de rachat lié à un marché faible - Le lien entre la persistance des primes en fonction du taux desservi	- Options Up et Out - Options Down et Out - Option composée

Il est mentionné que l'entité peut directement utiliser la valeur du portefeuille de réplication pour la juste valeur des engagements sans avoir besoin de calculer les flux de manière explicite et déterminer une courbe d'actualisation. L'annexe B47 cite qu'il n'est pas impératif d'utiliser les portefeuille de réplications, mais doit démontrer qu'il est improbable qu'il y ait une différence significative entre la valeur des actifs et la valeur des engagements

Il est possible d'utiliser une des trois approches suivante pour construire le portefeuille répliquant :

— *Asset matching :* Cette méthode implique l'identification d'actifs dont les flux répliquent parfaitement les flux des engagements.

— L'optimisation : Cette méthode consiste à utiliser des techniques d'approximation afin de déterminer un portefeuille dont les flux correspondent le mieux aux engagements

— Réplication dynamique, qui implique l'utilisation de méthode de valorisation stochastiques pour déduire la sensibilité aux risques qui peuvent être répliqués directement.

Pour certains type d'engagements les flux financiers sous-jacents peuvent être relativement simples a représenter quant à l'échéancier. Néanmoins la partie la plus complexe est de représenter l'évolution de la valeur du portefeuille en fonction de facteurs externe, comme l'évolution du taux de rachat en cas d'augmentation du taux d'intérêt de référence.

Un portefeuille répliquant peut être la somme d'éléments présentés dans le tableau ci-dessus. Certains de ces produits financiers dépendent d'un taux d'intérêt sous-jacent et dont la modélisation de ce dernier peut s'avérer compliqué. Car la norme impose la prise en compte d'éléments présents sur les marchés finanicers, ce qui impose une approche *mark to market.*

Limites de l'utilisation des portefeuilles répliquant

Les portefeuilles répliquant utilisés dans les entités ont requis un coût initial important et font l'objet de réévaluation régulières. En effet, il y a une dualité entre sélectionner des produits financiers

dit "vanille" qui ont une modélisation simple et qui ne répliquent qu'en partie le comportement des engagements, contre des produits structurés complexes qui sont plus fidèles vis à vis du comportement des passifs.Milliman (2009)

Le coût supplémentaire pour la modélisation de produits structurés complexes peux s'avérer élevé au regard du gain de précision. C'est pour cette raison que nous n'utiliserons pas de méthode impliquant l'utilisation de portefeuille répliquant. De plus, afin de valider l'utilisation de portefeuille répliquant il faut démontrer l'improbabilité d'écarts significatif entre la valeur du portefeuille et la valeur des engagements, ce qui ajoute un niveau de preuve supplémentaire.

4.3 Utilisation de portefeuille de référence

4.3.1 Actifs financiers d'une compagnie d'assurance

Afin de rendre la méthode d'estimation de la courbe des taux plus applicable, nous allons nous concentrer sur la détermination de la courbe des taux à partir d'un portefeuille d'actifs financiers représentatif des actifs possédés par les compagnies d'assurances.

Nous pouvons considérer qu'une compagnie d'assurance possède un ensemble de ces différents produits :

- **Actions ou *Equity*** : Ces actifs financiers sont dans la grande majorité des parts du capital d'une certaine compagnie coté sur des marchés financiers. L'évolution du prix de ces actifs est difficile à prévoir tant il dépends de nombreux facteurs (indicateurs macro-économiques, santé financière de la compagnie, informations publics, effets de modes ...). Ainsi la projection sur l'évolution du rendement de ce type d'actifs se fait via des hypothèses d'experts puis validés en interne.
- **Immobilier :** Cet investissement permet aux compagnies d'assurance d'investir sur des longues durées tout en diversifiant son actif. L'investissement immobilier est considéré comme étant sûr car bien que le marché de l'immobilier sur un marché propice aux bulles spéculatives, les évènements sont rares et se régulent sur le long terme. Néanmoins, il n'est pas aisé de pouvoir faire de projeter le rendement d'un actif immobilier car bien que le marché soit vaste, chaque actif est différent, et ainsi son rendement réel peut être bien différent de son rendement estimé.
- **Obligataire :** Ces actifs composent la majorité les actifs détenus par les compagnies d'assurance. Cela est dût au caractère prévisible des flux financiers de ces produits, ce qui permet aux compagnies d'assurance d'avoir de la visibilité sur leur trésorerie. Nous avons vu précédemment que ces actifs permettent de répliquer facilement les flux de trésorerie attendu. De part la nature contractuelle des flux financiers, il est facile de déterminer le rendement de l'obligation jusqu'à sa maturité.

L'utilisation d'éléments comme l'immobilier ouvre un grand nombre de facteurs pour lesquels l'entité doit corriger des éléments entrant en compte dans l'évaluation du bien et qui ne sont pas présent dans les caractéristiques des engagements. Le *Board* considère que l'entité doit déterminer

la juste valeur de l'ensemble des éléments présents dans le portefeuille de référence, cela même si l'entité n'utilise pas ces méthodes pour l'élaboration d'états financiers.

Détermination de la rentabilité des obligations

Nous avons vu dans le chapitre 3, que le taux de rendement est un indicateur utilisé pour la comparaison des obligations, cet indicateur est calculé avec l'information sur le prix de marché instantané de l'obligation et les flux futurs contractuels de l'obligation.

Avec les informations ci-dessus, nous pouvons calculer le taux de rendement interne de l'obligation, via la méthode du TRI de la méthode de EIOPA. Le taux que l'on obtient correspond au rendement annuel de l'obligation jusqu'à sa maturité, ainsi cela correspond au taux spot de la courbe d'actualisation.

La courbe est ensuite obtenue en faisant la moyenne de l'ensemble des taux de rendements des obligations par année de maturité. Cette courbe représente alors le rendement attendu des obligations du portefeuille jusqu'à la maturité.

4.3.2 Application sur un portefeuille

Afin de simplifier la composition du portefeuille de référence, nous allons considérer que le portefeuille de l'entité est constitué seulement d'obligations. Ce choix nous permet de restreindre le nombre d'hypothèses à fournir dans l'établissement de la courbe d'actualisation.

L'objectif de cette application est de présenter la démarche et les résultats obtenus après retrait des caractéristiques non liées à des engagements d'assurance via l'ASW. Dans cette optique, nous allons simplifier la composition du portefeuille en prenant 30 obligations ayant comme maturité 1, 2, 5, 10, 20 ans et pour chacune des maturités, nous prenons une obligation souveraine, et une *corporate*.

L'ensemble des informations financières utilisées pour l'estimation de la courbe des taux proviens du terminal Bloomberg mis à disposition. Le taux de rendement interne de l'obligation est déterminé directement par le terminal et l'ASW est calculé via un outil de *pricing* qui détermine le prix de l'ASW en fonction de l'obligation sous jacente.

Adaptabilité à IFRS 17

La méthode proposée correspond à la méthode "Top Down" car elle considère en premier lieu le rendement brut du portefeuille de référence puis en extrait les composantes qui ne sont pas liées aux engagements de l'entité, majoritairement les risques de marché. La méthode présentée est bien conforme aux paragraphes B81 et B82 de la norme IFRS 17.

Process & Flow-Chart

Les différentes étapes sont résumés dans la figure ci-dessous :

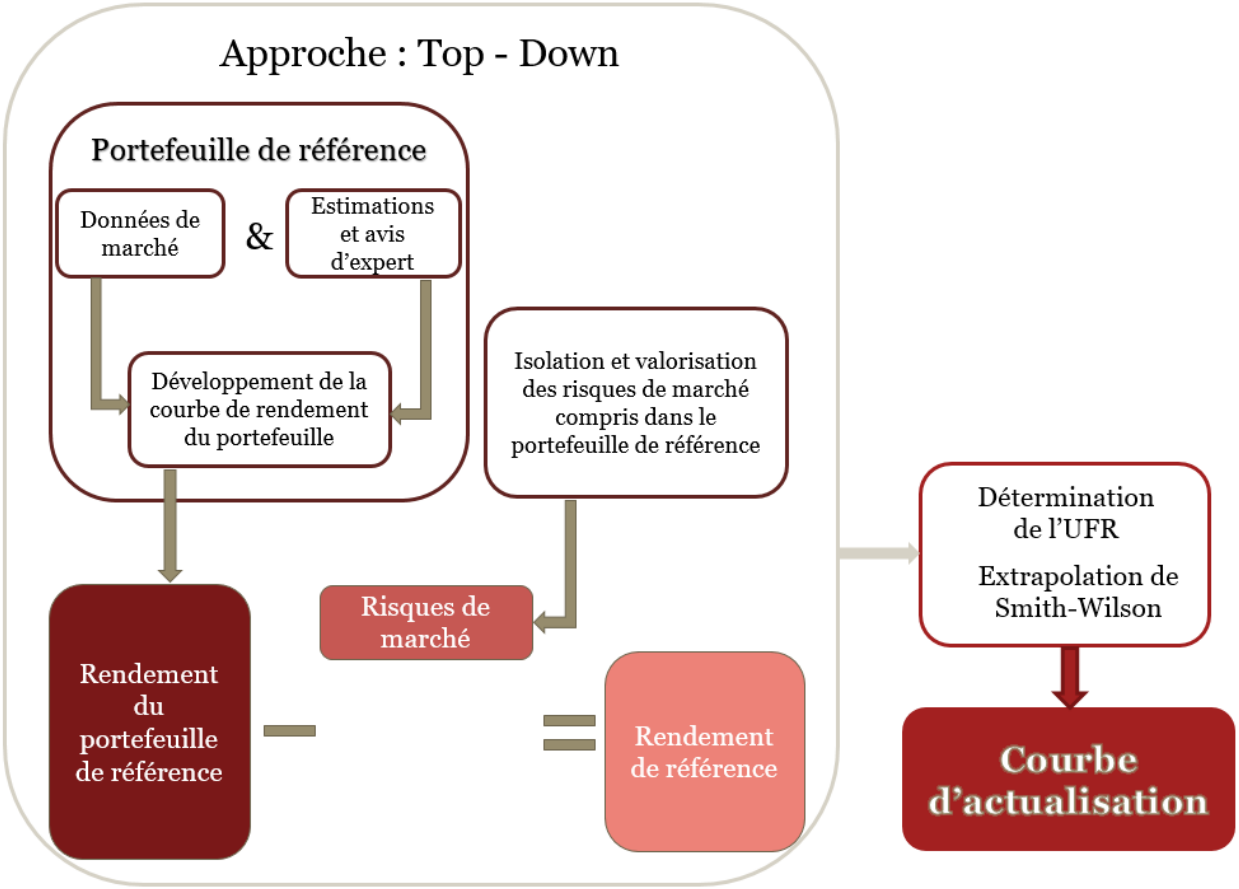


FIGURE 4.1 – Diagramme développant les étapes clés de l'élaboration de la courbe d'actualisation via la méthode Top Down

La composition du portefeuille

Nous avons composé un portefeuille fictif à partir des informations disponibles sur le terminal Bloomberg et les critères de sélection prennent en compte la durée jusqu'à maturité, la notation de l'entité et la disponibilité d'informations sur la valeur de l'ASW. Nous avons mis un point d'attention à avoir une répartition équitable entre les obligations *corporate* et d'état. La liste des obligations est présentée dans le tableau ci-dessous :

Emetteur	Prix (€)	S&P	Années à maturité
UniCredit Bank Ireland PLC	102,36	BBB	1,00
Deutsche Telekom International	102,23	BBB+	1,00
Commerzbank AG	100,66	BBB	1,01
HSBC SFH France SA	104,29	AAA	2,00
Cooperatieve Rabobank UA	107,08	BBB+	2,03
Moët Hennessy Louis Vuitton SA	103,74	A+	2,05
Aviva PLC	99,36	A-	5,00
Procter & Gamble Co/The	103,07	AA-	5,01
Lloyds Banking Group PLC	98,11	BBB+	5,03
DZ Bank AG Deutsche Zentral	95,64	A+	10,00
DNB Boligkreditt AS	100,83	AAA	9,97
Goldman Sachs Group Inc	99,02	BBB+	10,01
Cooperatieve Rabobank UA	143,79	A+	20,32
Volkswagen International	92,24	BBB+	20,67
AXA SA	106,47	BBB+	21,47

Emetteur	Prix (€)	S&P	Années à maturité
Ireland Government Bond	106,27	A+	0,97
China Development Bank Corp	100,02	A+	1,02
Canada Government	104,84	AAA	1,21
Ireland Government Bond	110,83	A+	1,97
Latvia Government	101,02	A	2,13
Slovenia Government Bond	110,19	A+	2,23
Republic of Austria	109,17	AA+	4,98
Slovakia Government Bond	98,52	A+	5,04
Republic of Poland Government	112,66	A-	5,22
Republic of Poland Government	97,69	A-	9,99
Slovakia Government Bond	125,27	A+	10,22
Chile Government	98,68	A+	10,26
Republic of Austria	150,76	AA+	18,38
Ireland Government Bond	101,92	A+	18,55
Slovenia Government Bond	99,97	A+	22,02

FIGURE 4.2 – Liste des obligations considérées pour le portefeuille de référence avec à gauche les obligations *corporate* et à droite les obligations d'état

Remarque : Notre portefeuille ne contient pas d'obligations d'état Françaises, Allemandes, Italiennes car elles ne figurent pas dans la sélection utilisée. Néanmoins, il est possible d'utiliser la courbe CDS associée à chacun des pays et de déduire le rendement corrigé en soustrayant le rendement de l'obligation et la valeur du CDS à la date de maturité correspondante à l'obligation.

Le rendement et le *spread* de ASW

A partir des informations disponibles, nous avons réalisé les étapes suivantes :

- Etape 1 : Agrégation des obligations en fonction de la maturité. Cette étape permet de moyenner les obsrvations disponibles pour pouvoir une meilleure approximation du taux autour d'une date de maturité.
- Etape 2 : Convertion du prix des ASW. Le montant des ASW correspondant aux obligations est donné en points de base, ainsi nous devons convertir cette valeur en taux.
- Etape 3 : Soustraction du rendement de l'obligation et de l'ASW. En réalisant la soustraction entre les deux taux, nous obtenons le taux de rendement corrigé des risques de marché du portefeuille de référence.
- Etape 4 : Moyenne des deux segments de portefeuille. Afin d'obtenir un taux unique, nous agrégons les deux taux obtenus. Nous avons choisi un ratio de 50 - 50 entre les deux portefeuilles.

Les détails des rendements ainsi que la valeur des ASW des obligations sont disponibles en annexe. Le tableau ci-dessous synthétise les résultats des étapes permettant de déterminer la courbe d'actualisation corrigée des risques de marché d'un portefeuille de référence.

Maturité (années)		1	2	5	10	20
Taux de rendement %	Corporate	-0,04	-0,03	0,88	1,54	2,58
	Gvnt	-0,58	-0,25	0,25	1,05	1,47
ASW Associated Yield %	Corporate	0,20	0,10	0,54	0,59	1,19
	Gvnt	-0,35	-0,13	-0,09	0,16	0,06
Corrected Yield	Corporate	-0,25	-0,13	0,34	0,95	1,39
	Gvnt	-0,23	-0,11	0,34	0,90	1,41
Courbe de taux obtenue %		**-0,24**	**-0,12**	**0,34**	**0,92**	**1,40**

FIGURE 4.3 – Tableau récapitulant les différents indicateurs obtenus pour la réalisation de la méthode Top-Down

Agrégation par Bloomberg

Une fonction intégrée dans la fonction SRCH de Bloomberg permet d'obtenir une vision agrégée des rendements des obligations en fonctions de la maturité. Cette fonction réalise cette agrégation sur l'ensemble des obligations considérés (environ 3400).

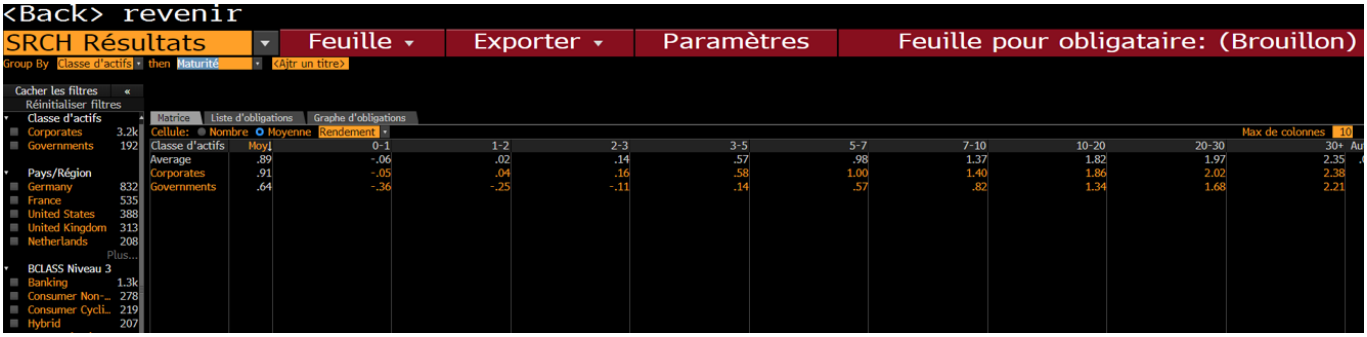


FIGURE 4.4 – Capture écran des taux de rendements agrégés obtenu via le terminal Bloomberg

Dans le tableau ci-dessous, nous avons réalisé la méthode décrite ci-dessus pour établir la courbe des taux correspondante au portefeuille constitué des 3400 obligations présentes dans l'échantillon.

Maturité		1	2	5	10	20	25	30
Taux de rendement %	Corporate	-0,05	0,10	0,79	1,40	1,86	2,02	2,38
	Gvnt	-0,36	-0,18	0,36	0,82	1,34	1,68	2,21
ASW Associated Yield (bp)	Corporate	28,00	26,00	50,50	76,00	79,00	109,00	198,00
	Gvnt	-7,00	-4,50	10,00	10,00	25,00	30,00	77,00
Corrected Yield	Corporate	-0,33	-0,16	0,29	0,64	1,07	0,93	0,40
	Gvnt	-0,29	-0,14	0,26	0,72	1,09	1,38	1,44
Courbe de taux finale %		**-0,31**	**-0,15**	**0,27**	**0,68**	**1,08**	**1,16**	**0,92**

FIGURE 4.5 – Tableau récapitulant les différents indicateurs obtenus pour la réalisation de la méthode Top-Down de manière agrégé

Nous observons que la durée de maturité disponible est plus grande que dans le cas où nous avons une sélection sur notre portefeuille, en effet le grand nombre d'obligations permet d'avoir des obligation ayant une date de maturité plus éloignée. Néanmoins, du fait de la faible concentrations de résultats pour les durées de maturité importantes, les résultats sont plus volatiles, c'est pourquoi nous observons une valeur de l'ASW élevée qui entraîne une correction importante et ainsi une courbe de taux décroissante à partir de 25 ans.

Présentation des résultats

Ci-dessous, nous exposons les courbes de taux d'actualisation obtenues avec les deux échantillons représentant les deux portefeuilles de référence.

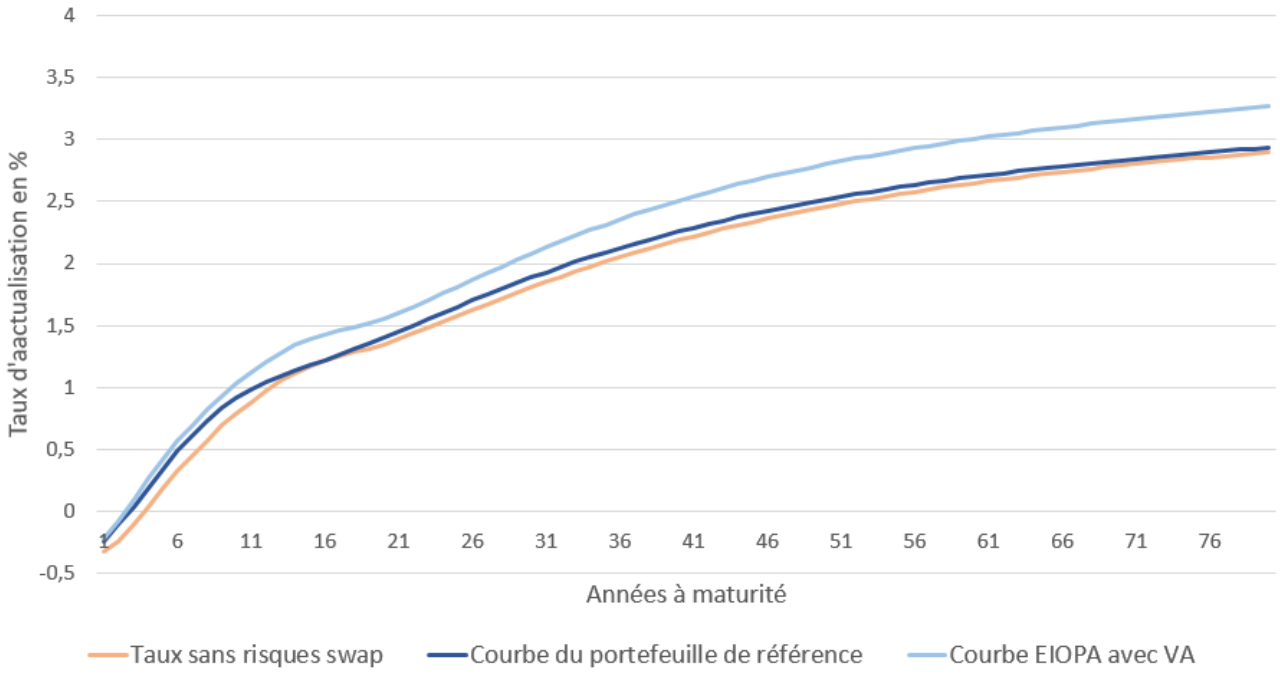


FIGURE 4.6 – Tableau récapitulant les principales étapes pour obtenir la courbe des taux d'actualisation

Nous observons que les courbes de taux obtenues sont très prudentes, elles sont proches de la courbe de taux sans risque provenant du marché interbancaire utilisée comme courbe de référence pour les méthode type *bottom-up*. Nous listons ci-dessous les principales raisons de ce phénomène :

— Le niveau de prudence provient du fait que les obligations sélectionnées sont très bien notées et ainsi décrivent initialement un portefeuille comportant peu de risques.

— Une raison supplémentaire est que le portefeuille considéré contient seulement des obligations cotées, ce qui n'est pas le cas dans la majorité des portefeuilles d'actifs détenus par les compagnies d'assurance. En effet, certains produits financiers non cotés, ont une prime de liquidité bien plus élévée que les obligations observées, et ainsi, même après retrait des risques de marché, il reste un spread élévé.

— Les portefeuilles ne contiennent pas les autres classes d'actifs comme l'immobilier et les

actions, qui ont des taux de rendements élévés et même en ne représentant qu'une faible part du nominal du portfeuille, peut augmenter la valeur du taux d'actualisation.

Limites et critiques

Cette méthode est relativement simple du point de vue de l'application des concepts et de récupération des données initiales, dans notre cas où les portefeuilles considérés soient essentiellement constitués d'obligations cotées. En revanche, dans le cas où le portefeuille contient un nombre conséquent de produits structurés (ETF, SWAPS..) et de placements immobiliers, le recourt un nombre important d'avis d'experts peut remettre en cause la robustesse de la méthode.

Chapitre 5

Applications et étude de sensibilité

5.1 Cadre de l'application

La détermination de la courbe d'actualisation est une étape importante lors du processus d'établissement des comptes financiers dans le cadre de la norme IFRS 17. Dans la prochaine section nous allons détailler le cadre dans lequel nous allons réaliser l'application. Étant donné que nous ne disposons pas de portefeuilles réels et d'une architecture complète pour la réalisation des comptes financiers, nous avons procédé à un certain nombre de simplifications.

La problématique de ce mémoire se concentre autour de la courbe d'actualisation ainsi nous allons nous concentrer sur l'impact de cette dernière sur le bilan simulé. Nous allons réaliser deux études de sensibilité, une première visant à comparer les différentes courbes obtenues avec les méthodes présentées dans les sections précédentes, et une seconde étudiant l'impact de la variation de la prime de liquidité.

Au cours de l'application, nous suivons les mêmes hypothèses quant à l'environnement utilisé pour la détermination des courbes d'actualisation, à savoir, nous considérons un portefeuille d'épargne libellé en Euro et dont la durée des engagements est de 60 ans. De plus, parmi les modèles proposé par la norme IFRS 17, nous allons utiliser le modèle VFA.

5.1.1 Générateur de Scénarios Economique

Le générateur de scénarios économiques (GSE) est un outil permettant de simuler les conditions économiques et financières dans lesquels le portefeuille va évoluer. Le GSE reproduit des indicateurs économiques comme le taux d'intérêt à court terme, le taux d'inflation, la rendement des actifs financiers ou immobilier.

De manière à simplifier la structure du portefeuille d'actifs détenus par l'entité simulée, nous avons choisi de composer le portefeuille d'obligations, d'actions et de liquidité. Ces produits financiers dépendent principalement de deux indicateurs : le taux d'intérêt à court terme et le taux de rendement des actifs financiers. Nous allons détailler les modèles choisis pour simuler ces deux

indicateurs.

Taux d'intérêt à court terme

Parmi l'ensemble des modèles de dynamiques de taux d'intérêt à court terme, nous devons nous restreindre aux modèles compatibles avec la courbe de taux initiale. Les modèles de Vasicek et Cox, Ingersoll et Ross sont écartés car la dynamique des taux d'intérêts décrit ne dépendent pas de la courbe de taux observés sur le marché.

Nous retenons le modèle de Hull & White à un facteur dont la dynamique du taux est la suivante :

$$dr_t = (\theta_t - \alpha r_t)dt + \sigma dW_t^1$$

Avec :
- W_t^1 : Un mouvement brownien standard
- α : Paramètre de retour à la moyenne
- σ : Volatilité
- θ_t : Fonction déterministe permettant d'ajuster le modèle à la structure par terme initiale des taux

La fonction déterministe θ_t est définie par la fonction suivante :

$$\theta_t = \alpha f_t(0) + f_t^{'}(0) + \frac{\sigma^2}{2\alpha}(1 - e^{-2\alpha t})$$

Avec $f_t(0)$ le taux forward instantané à la date t et $f_t^{'}(0) = \frac{\partial f_t(0)}{\partial t}$ est la pente de la courbe des taux forward instantanés.

Taux de rendement des actions

Nous supposons que l'ensemble du portefeuille d'action de la compagnie suit un seul indice dont la dynamique est décrit par l'équation différentielle stochastique suivante :

$$dS_t = S_t(r_t dt + \sigma_a^2 dW_t^2)$$

Avec :
- S_t : Valeur de l'indice en t
- r_t : Le taux d'intérêt instantané à la date t
- σ_a^2 : Le paramètre de volatilité de la valeur de l'action
- W_t^2 : Un mouvement brownien standard

Structure de dépendance

Nous observons que le rendement de l'indice en t des actions dépend du taux d'intérêt court terme en t, ainsi la dynamique des deux éléments ne sont pas indépendants. Du point de vue de la simulation, cette relation de dépendance revient à simuler un vecteur gaussien à deux dimensions avec comme matrice de corrélation :

$$\Omega = \begin{pmatrix} \sigma^2 & \rho\sigma\sigma_a \\ \rho\sigma\sigma_a & \sigma_a^2 \end{pmatrix}$$

Les paramètres de ces modèles sont déterminés dans la phase de calibration. Cette phase consiste à adapter le modèle à des données provenant du monde réel ou du marché, de manière à ce que nos scénarios soient cohérent avec les conditions de marché.

5.1.2 Moteur ALM

Cet outil permet d'estimer les engagements d'une compagnie d'assurance vie sur la durée de ces engagements. Le principe du moteur ALM est de simuler le comportement de l'entité au regard de l'évolution année après année de ses portefeuilles d'assurance vie et de ses actifs financiers adossés.

Dans le cas d'une compagnie d'assurance vie, il y a un lien fort entre les actifs et les passifs, et ainsi le montant des engagements peuvent dépendre des conditions de marché, notamment avec les clauses réglementaire de reversement des participations des bénéfices des produits financiers aux assurés. Inversement, si un sinistre important survient, la compagnie devra céder des actifs afin d'honorer ces engagements.

Le moteur ALM prend en entrée les scénarios produits par le GSE, ainsi chaque scénario amène une situation différente et un échéancier de flux financiers différent. La méthode de valorisation des passifs appelée *Best Estimate of Liabilities* (BEL) se base sur la moyenne des engagements sur l'ensemble des simulations réalisées.

Hypothèse et modélisation

Nous supposons que le portefeuille d'actif est en situation de *Run-off*, i.e. nous ne considérons pas d'affaires nouvelles. Le portefeuille initial sera projeté jusqu'à la fin de la durée d'engagements. Le portefeuille d'épargne est modélisé par *model point*, ce qui correspond à simuler un portefeuille agrégeant des contrats ayant des caractéristiques communes, comme les caractéristiques de TMG, d'âge de souscription, etc.

Dans le cadre de la simulation, nous considérons un seul *model point*, dont les caractéristiques sont présentées ci-dessous :

Paramètre	Valeur
Age	60
Sexe	Masculin
Date de souscription	01/01/2012
Date de valorisation	31/12/2017
Prime	30000€
Provision Mathématique	1 M€
Taux Minimal Garantie	0,5 %

Le comportement des assurés est supposé déterministe sur deux éléments :

— **La mortalité :** La table de mortalité utilisée est TH00-02.

— **Le rachat :** Nous distinguons deux type de rachats.
Le rachat structurel est un taux caractéristique de la population et dépendant de la durée de souscrption. Nous observons que le taux de rachat atteint un pic après 8 années de souscription car cela correspond à la durée d'attente afin de bénéficier d'une fiscalité intéressante.
Le rachat conjoncturel correspond à la perception du taux desservi par rapport au contexte économique. En effet, si le taux desservi (qui peut être supérieur ou égal au TMG) est inférieur au taux d'intérêt directeur, alors l'assuré est plus disposé a racheter son contrat pour le placer sur un autre support.

Principales étapes

Les principales étapes concernant la modélisation et la comptabilisation du portefeuille épargne réalisé par le moteur ALM sont présentées ci-dessous :

Traitement en début de période, 31/12/N-1

— **Coté Actif :**
  — Calcul des revenus du portefeuille de produits financiers (coupons et dividendes)
  — Calcul des Plus ou Moins Value Latentes
  — Calcul de la valeur de marché des amortissements, dans le cas où les actifs sont en dépréciés.

— **Coté Passif :**
  — Calcul de l'ancienneté des contrats
  — Calcul de l'age des assurés
  — Calcul de la Provision Mathématique pour l'année N

Traitement à la mi-période, 30/06/N

— **Coté Actif :**
  — Vente d'actifs pour régler les prestations

— **Coté Passif :**
  — Calcul des taux de rachats

- Calcul des flux sortants et flux entrant pour la Provision Mathématique
- Calcul des taux voulus et taux servis

Traitement de fin de période, 31/12/N

- **Coté Actif :**
  - Réallocation des actifs
- **Coté Passif :**
  - Calcul de la marge contractuelle
  - Calcul de la Provision Mathématique pour l'année N+1

Un bilan et un compte de résultat est réalisé à chaque période. Par un soucis de simplification, le bilan compte est réduit de manière a trouver un adossement parfait entre le passif et l'actif de la compagnie. La structure bilantielle de la compagnie simulée est de la forme suivante :

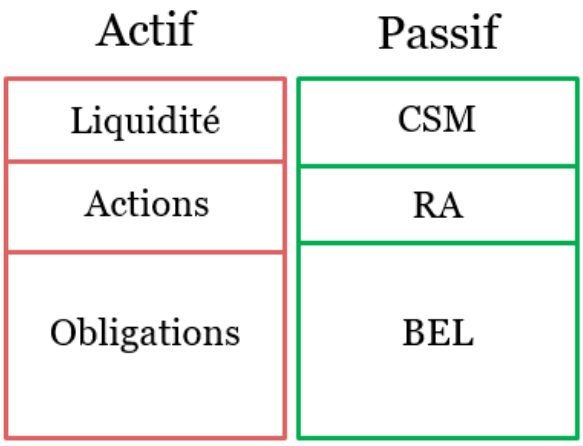


FIGURE 5.1 – Diagramme développant les étapes clés de l'élaboration du calcul du Best Estimate of Liabilities

5.1.3 Calcul du BEL

Le calcul du *Best Estimate of Liabilities* correspond à la valorisation économique des engagements de la compagnie d'assurance. Les engagements de compagnies d'assurance vie doivent prendre en compte des engagements de longue durée et ayant comme spécificité que le montant des engagements peuvent dépendre d'actifs sous-jacents.

Nous avons vu dans le chapitre 1 que la norme IFRS 17 via le chapitre B74 (b) considère que pour les engagements dont les flux financiers dépendent d'actifs financiers sous-jacents, que ces flux financiers contiennent une part d'illiquidité et ainsi la courbe d'actualisation doit refléter cette illiquidité.

Nous comprenons que le flux peuvent être projetés en prenant en compte le rendement risqué des actifs sous jacents. Par exemple, une projection dans un univers réel reflété par le taux d'actualisation en prenant en compte une prime de risque, et ainsi la courbe d'actualisation utilisée

doit prendre en compte cette prime de risque. Ou alors, les flux financiers doivent être projetés en univers risque neutre et la courbe d'actualisation doit être risque neutre aussi.

Les deux approches sont établies de manière a éviter des doubles comptabilisations car la courbe utilisée pour les projections est consistent avec celle utilisée pour l'actualisation. En théorie, les deux méthodes devrait obtenir la même valorisation des engagements.

Dans l'organigramme ci-dessous nous exposons les étapes et l'origine des données servant à calculer le BEL.

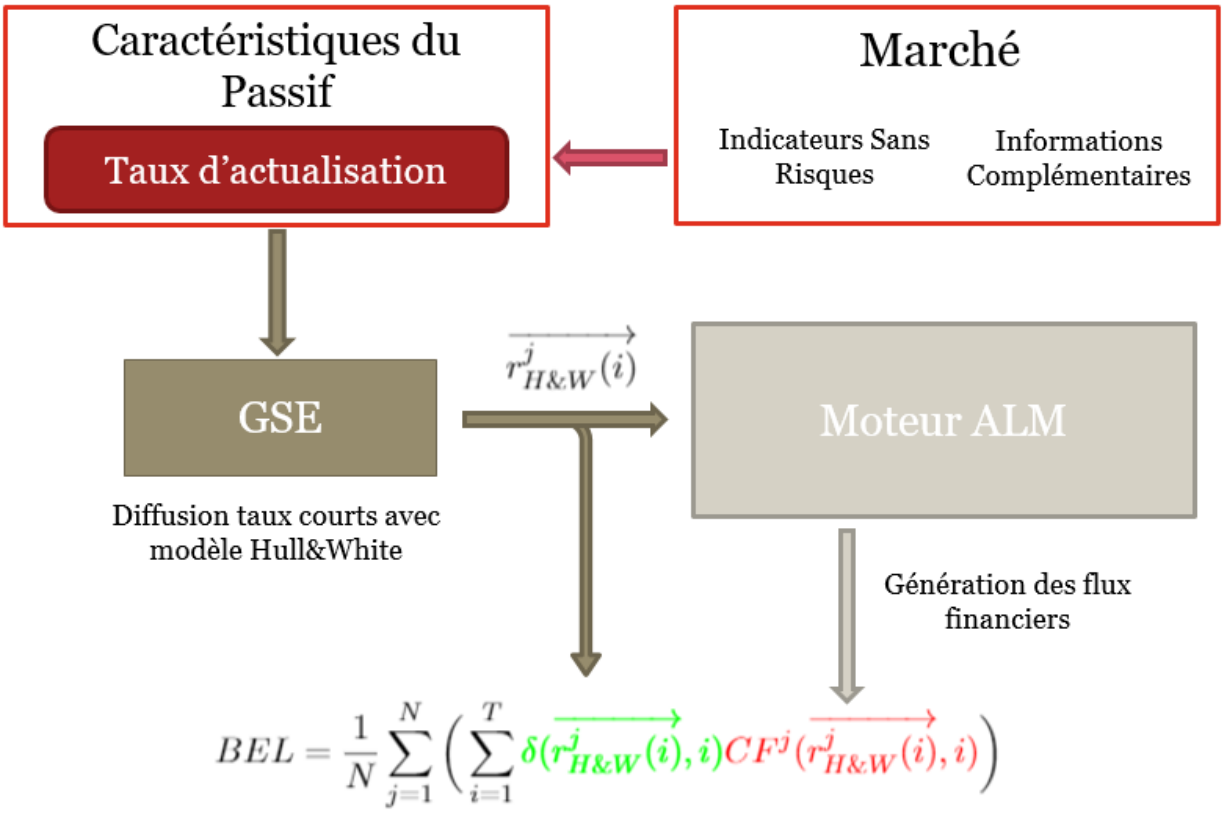


FIGURE 5.2 – Diagramme développant les étapes clés de l'élaboration du calcul du Best Estimate of Liabilities

Étape 1 : Manipulation des données de marché

Notre GSE requiert comme données d'entrée une courbe de taux spot de référence du modèle Hull & White à un facteur. Cette courbe est déterminée via l'une des méthodes que nous avons étudié dans les sections précédentes.

Étape 2 : Diffusion des taux courts et génération des flux de trésorerie

Le modèle de Hull & White permet la diffusion de la courbe des taux courts servant comme entrées dans le moteur ALM et qui permettent de définir les taux de référence de l'ensemble des scénarios. En prenant en compte ces taux ainsi que d'autres facteurs économiques, le moteur ALM peut générer les flux financiers liés au portefeuille, pour chacun des scénarios.

Étape 3 : Détermination de la courbe d'actualisation

De manière à être consistant pour chaque scénarios, nous devons extraire le taux court simulé par le GSE afin d'en déterminer la courbe d'actualisation correspondante. Nous pouvons déterminer le déflateur via la formule suivante :

$$\overrightarrow{\delta(r^j_{H\&W}(i), i)} = \prod_{k=1}^{i} \frac{1}{(1 + r^j_{H\&W}(k))} \tag{5.1}$$

Remarque : Notre pas de temps est l'année, ainsi le taux court que nous obtenons correspond au taux forward un an, ainsi nous avons $r^j(k) = F^j(k-1, k)$.

Étape 4 : Détermination du BEL

A partir des flux financiers à chaque pas de temps et par scénarios, les déflateurs obtenus via l'étape précédente, nous pouvons déterminer le Best Estimate of Liabilities dont la formule est définie ci-dessous :

$$BEL = \mathbb{E}^{\mathbb{Q}}\left[\sum_{i=1}^{T} \delta(i) CF(i)\right] \tag{5.2}$$

Remarque : L'univers risque neutre est déterminé par le fait que le taux d'actualisation de référence du modèle est le taux sans risque déterminé via les informations du marché. La partie en vert représente le facteur dépendant du passif et la partie en rouge représente des facteurs dépendant de l'actif.

En prenant en compte l'ensemble des scénarios, nous obtenons la formule suivante :

$$BEL = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{N} \left(\sum_{i=1}^{T} \overrightarrow{\delta(r^j_{H\&W}(i), i)} CF^j(\overrightarrow{r^j_{H\&W}(i)}, i) \right) \tag{5.3}$$

Avec les éléments suivants :

— N : Le nombre de scénarios

— T : Durée des engagements
— $\overrightarrow{r^j_{H\&W}(i)}$: Le vecteur comprenant l'ensemble des taux diffusés par le modèle Hull&White pour le scénario j jusqu'à la date i
— $CF^j(\overrightarrow{r^j_{H\&W}(i)}, i)$: Le flux financier correspondant à la sortie du moteur ALM pour le scénario j, à la date i
— $\delta(\overrightarrow{r^j_{H\&W}(i)}, i)$: Déflateur de la date i

5.1.4 Présentation des résultats

PwC a développé un outil permettant, à partir des sorties du moteur ALM, de réaliser un compte de résultat et un bilan en suivant les indications de la norme IFRS 17. L'outil requiert les simulations déterministes et stochastiques provenant du moteur ALM pour déterminer les montants des différents éléments du bilan. Nous nous concentrerons sur la partie reconnaissance du bilan.

Dans le cadre de ce mémoire, nous allons présenter le bilan d'ouverture d'une compagnie d'assurance et identifier l'impact de la courbe d'actualisation choisie.

Nous retrouvons ci-dessous, la présentation du bilan simplifié :

Nous allons présenter la méthode utilisée pour le calcul des éléments suivants :

— **PVFCF :** Cet élément correspond au BEL décrit dans la section précédente. Nous récupérons la somme des flux attendus actualisés sur la durée totale de projection.
— **RA :** Le montant du Risk Adjustment est arbitrairement déterminé comme étant 10% du montant des sinistres attendus au cours de la première année.
— **CSM :** Le moteur ALM calcul la *Value in Force* du portefeuille, ainsi nous considérons que $CSM = VIF - RA$. Le *Risk Adjustement* est déduit du montant de la *Value in Force* afin d'éviter une double comptabilisation.

5.2 Analyse de sensibilité

5.2.1 Différence entre les courbes

Nous allons réaliser une étude de sensibilité avec les différentes courbes obtenues au cours des recherches. Nous pouvons ainsi supposer qu'une entité obtient les mêmes résultats et souhaite observer les variations. Cette étape se justifie par le fait que la norme impose l'application d'une seule et même méthode pour la détermination de la courbe d'actualisation par groupe de contrat, et ainsi une étude de sensibilité permet de réaliser un arbitrage entre le coût associé à la méthode et la qualité des données.

Nous avons choisi une courbe par méthode ayant permis d'obtenir des résultats. La méthode

Bottom Up est majoritairement représentée, avec 3 courbes, car c'est avec cette méthode que nous avons obtenu le plus de résultats différents.

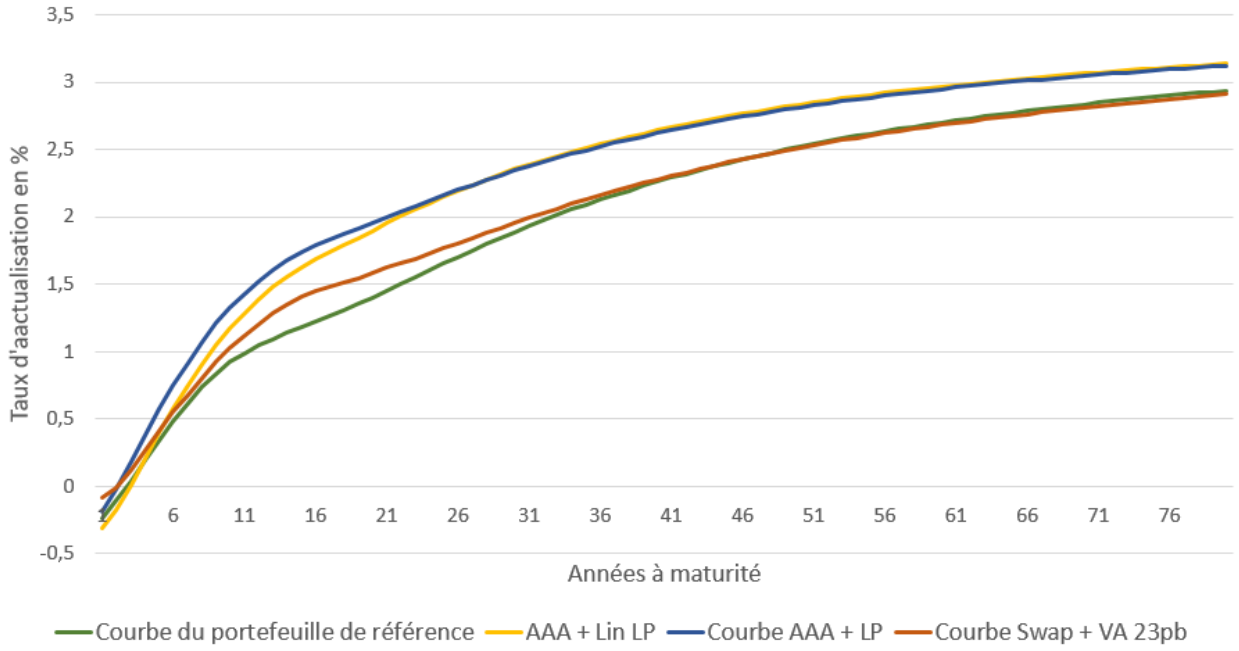
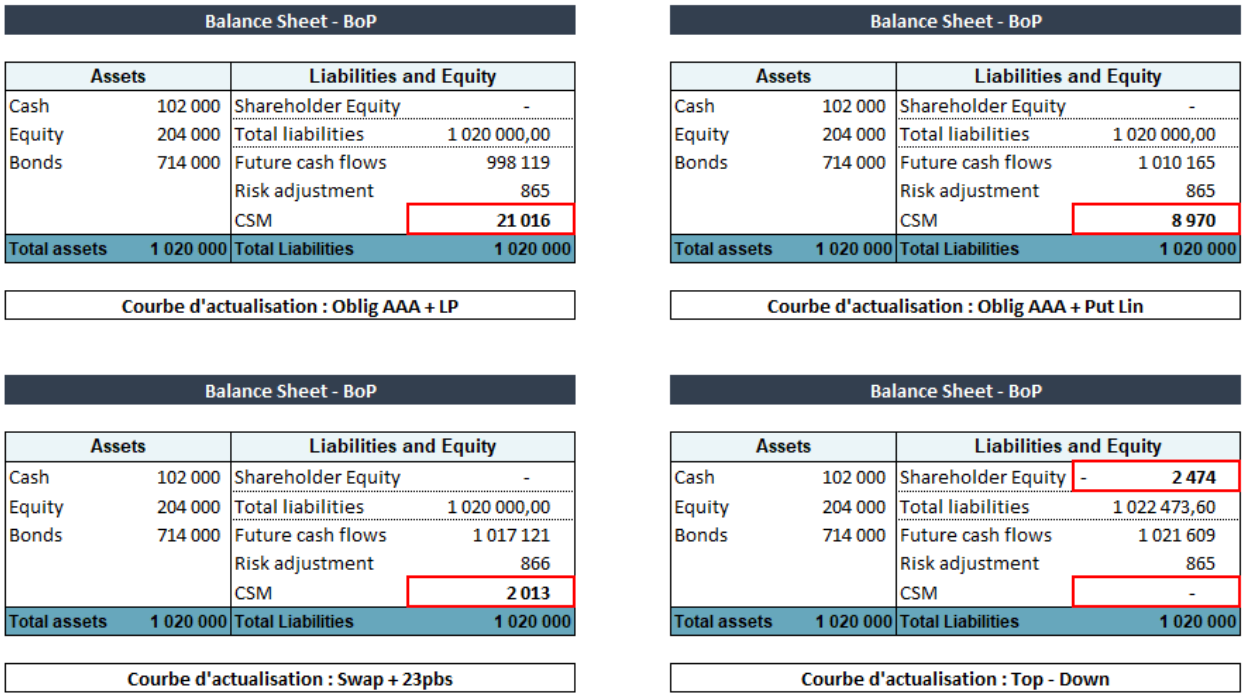


FIGURE 5.3 – Représentations des 3 courbes Bottom-Up et de la courbe Top-Down utilisées pour l'étude de sensibilité.

Nous pouvons observer que la courbe Top-Down est la plus conservatrice des courbes utilisées, nous avions déjà constaté que la courbe obtenue est relativement proche des courbes de références considérées sans risques. Les deux courbes d'actualisations ayant comme base de taux sans risque le rendement des obligations AAA sécurisées ont un écart de rendement significatif qui se conserve lors de l'extrapolation.

De manière à pouvoir mesurer l'impact de la courbe d'actualisation sur l'établissement du bilan d'ouverture en norme IFRS 17, tous les paramètres en dehors de la courbe d'actualisation sont conservés à l'identique. Les 4 bilans obtenus sont présentés ci-dessous :



Balance Sheet - BoP

Assets		Liabilities and Equity	
Cash	102 000	Shareholder Equity	-
Equity	204 000	Total liabilities	1 020 000,00
Bonds	714 000	Future cash flows	998 119
		Risk adjustment	865
		CSM	**21 016**
Total assets	**1 020 000**	**Total Liabilities**	**1 020 000**

Courbe d'actualisation : Oblig AAA + LP

Balance Sheet - BoP

Assets		Liabilities and Equity	
Cash	102 000	Shareholder Equity	-
Equity	204 000	Total liabilities	1 020 000,00
Bonds	714 000	Future cash flows	1 010 165
		Risk adjustment	865
		CSM	**8 970**
Total assets	**1 020 000**	**Total Liabilities**	**1 020 000**

Courbe d'actualisation : Oblig AAA + Put Lin

Balance Sheet - BoP

Assets		Liabilities and Equity	
Cash	102 000	Shareholder Equity	-
Equity	204 000	Total liabilities	1 020 000,00
Bonds	714 000	Future cash flows	1 017 121
		Risk adjustment	866
		CSM	**2 013**
Total assets	**1 020 000**	**Total Liabilities**	**1 020 000**

Courbe d'actualisation : Swap + 23pbs

Balance Sheet - BoP

Assets		Liabilities and Equity	
Cash	102 000	Shareholder Equity	- **2 474**
Equity	204 000	Total liabilities	1 022 473,60
Bonds	714 000	Future cash flows	1 021 609
		Risk adjustment	865
		CSM	-
Total assets	**1 020 000**	**Total Liabilities**	**1 020 000**

Courbe d'actualisation : Top - Down

FIGURE 5.4 – Présentation des 4 bilans d'ouvertures en fonction des courbes d'actualisations utilisées.

Nous observons que le montant directeur de la variation est le BEL, nommé *Future Cash Flows*, et que le montant des engagements augmente plus la courbe d'actualisation est basse. Le *Risk Adjustment* ne varie pratiquement pas au vue des changements des courbes d'actualisation. Nous remarquons que le compte le plus impacté est celui de la CSM. En effet, la CSM correspond à la partie restante après déduction des engagements de l'assureur.

Nous observons un rapport 10 entre les deux courbes d'actualisations obtenues avec la méthode Bottom-Up. En particulier, avec la courbe d'actualisation provenant de la méthode Top-Down, nous observons que le montant des engagements dépasse la valorisation de l'actif, ainsi le portefeuille est considéré comme étant onéreux.

5.2.2 Sensibilité de la prime de liquidité

Dans la section précédente, nous avons observé l'impact du choix de la méthode de détermination de la courbe d'actualisation sur le bilan de l'entité et la rentabilité du portefeuille. L'étude de sensibilité étudiée dans cette section se concentre sur une seule méthode type Bottom-Up et pour laquelle nous allons seulement faire varier la prime de liquidité sur une même base de taux sans risques.

Dans la sélection, nous considérons une courbe de taux sans risque, sans prime de liquidité. Nous ajoutons la courbe d'actualisation obtenue avec la méthode de l'EIOPA, qui correspond à une base de taux sans risques réalisée à partir de taux swaps corrigés et d'une prime de liquidité

23 points de base. Afin d'avoir une estimation haute, nous considérons une courbe avec une prime de liquidité de 40 points de base.

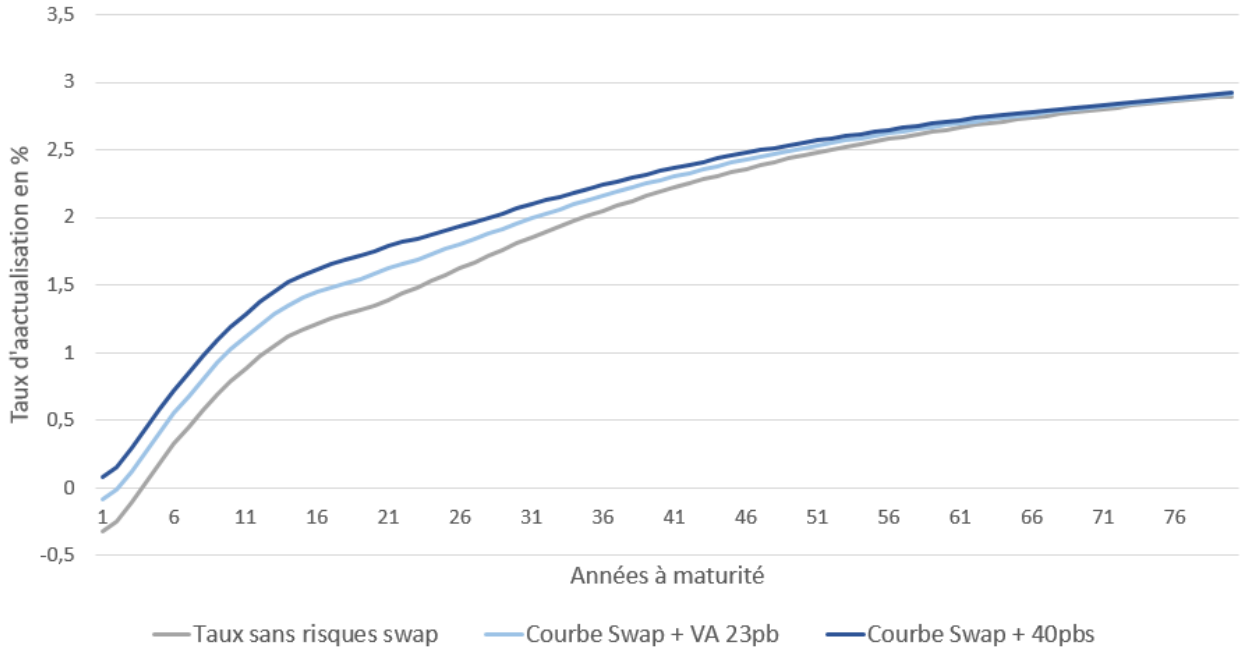


FIGURE 5.5 – Représentation des courbes d'actualisations obtenues en variant le niveau de la prime de liquidité.

Les résultats des trois scénarios sont présentés ci-dessous :

Balance Sheet - BoP

Assets		Liabilities and Equity	
Cash	102 000	Shareholder Equity	-
Equity	204 000	Total liabilities	1 020 000,00
Bonds	714 000	Future cash flows	1 002 134
		Risk adjustment	866
		CSM	**17 000**
Total assets	**1 020 000**	**Total Liabilities**	**1 020 000**

Courbe d'actualisation : Swap + 40bps

Balance Sheet - BoP

Assets		Liabilities and Equity	
Cash	102 000	Shareholder Equity	-
Equity	204 000	Total liabilities	1 020 000,00
Bonds	714 000	Future cash flows	1 017 121
		Risk adjustment	866
		CSM	**2 013**
Total assets	**1 020 000**	**Total Liabilities**	**1 020 000**

Courbe d'actualisation : Swap + 23pbs

Balance Sheet - BoP

Assets		Liabilities and Equity	
Cash	102 000	Shareholder Equity	- **3 847**
Equity	204 000	Total liabilities	1 039 233,34
Bonds	714 000	Future cash flows	1 038 367
		Risk adjustment	866
		CSM	-
Total assets	**1 020 000**	**Total Liabilities**	**1 035 387**

Courbe d'actualisation : Swap sans risques

FIGURE 5.6 – Présentation des bilans BoP, Expected et EoP, pour les trois scénarios réalisés

Les résultats obtenus sont conformes aux attentes suite aux observations réalisés dans la section précédente. En effet, le compte enregistrant le plus de variations est le montant des flux financiers sortants. Concernant la simulation prenant en compte la courbe d'actualisation sans prime de liquidité, le portefeuille devient onéreux.

5.3 Comparaison pratique des méthodes

Dans les sections précédentes, nous avons comparé les différentes courbes obtenues en fonction de leurs impact sur les états financiers, or ce critère ne suffit pas pour déterminer quelle méthode sélectionner parmi celles étudiées. En effet, nous devons considérer des aspects pratiques comme l'accessibilité des données, la complexité des hypothèses utilisées.

Un point important a considérer est que la courbe d'actualisation doit être établie chaque année, voire semestriellement ou trimestriellement en fonction de la fréquence d'établissement des comptes de l'entité. De plus, la courbe d'actualisation doit être réalisée par cohorte, ainsi plus la méthode est universelle, plus elle est applicable à un grand nombre de types d'engagements différents.

Nous allons présenter l'ensemble méthodes étudiées en fonction de deux critères :

— **L'universalité :** Ce critère permet d'identifier les méthodes dont les hypothèses sur lesquelles elle se repose est universelle.

— **Le niveau de personnalisation :** Ce critère rend compte du niveau de personnalisation de la méthode, en particulier le nombres d'étapes, la complexité de construction du modèle.

Nous obtenons la représentation suivante, les différentes méthode sont placées sur le graphique suivant de manière qualitative. En effet, la valeur des différents critères dépend de l'entité et du portefeuille d'engagements considérés.

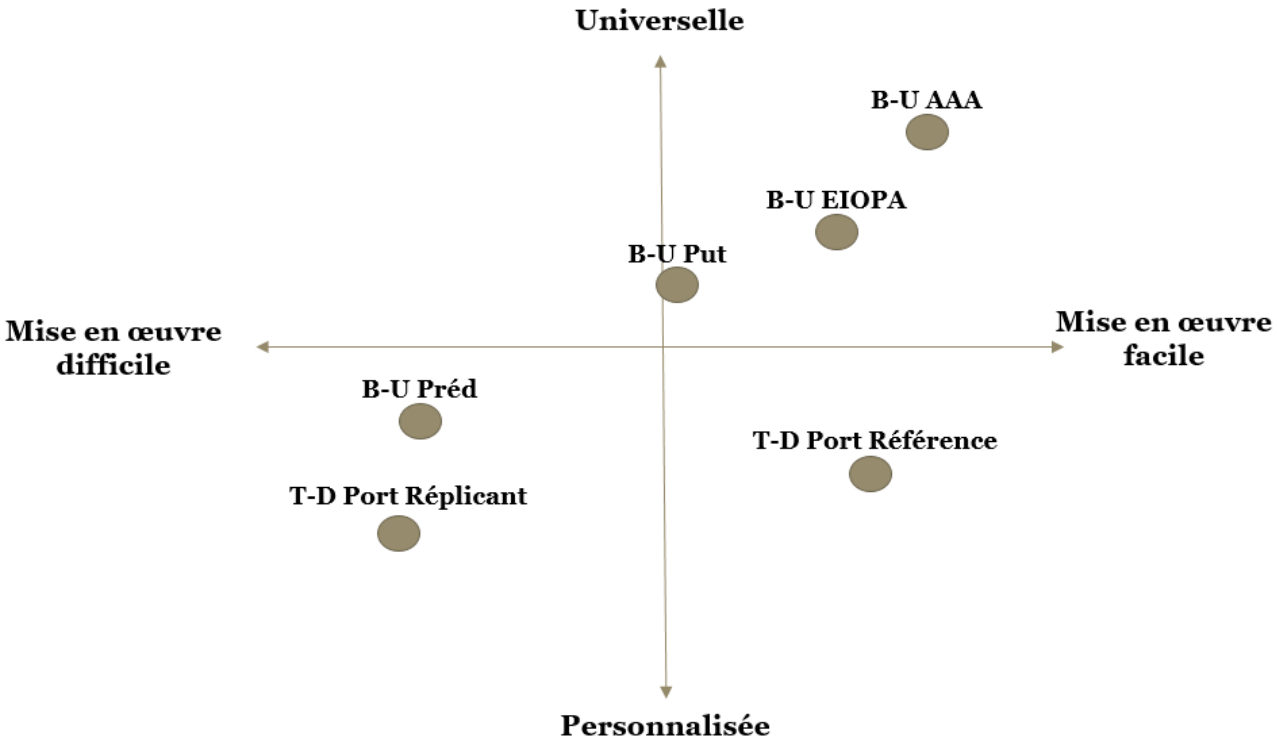


FIGURE 5.7 – Représentation des différentes méthodes étudiées en fonction de leur effort de mise en oeuvre et niveau de personnalisation. B-U est l'acronyme de Bottom-Up et T-D de Top-Down.

Nous observons une tendance traçant un axe sud-ouest/nord-est reliant la notion de d'universalité avec la facilité de mise en oeuvre. En effet, les méthodes universelles, comme la méthode Bottom-Up EIOPA ou Bottom-Up AAA, sont accessibles facilement et requiert peu d'hypothèses pour la mise en oeuvre, ce qui rend la méthode facilement applicable. Inversement, les méthodes ayant un caractère personnalisées, comme les méthode Top-Down avec portefeuille répliquant et la méthode Bottom-Up avec l'imprédictibilité des flux financiers comme étant la prime de liquidité, demande soit des informations difficiles d'accès, soit une modélisation complexe.

Une méthode fait office d'anomalie parmi les méthodes présentées, la méthode Top-Down avec portefeuille de référence. En effet cette méthode est très personnalisée car l'information initial est la composition du portefeuille d'actif adossés aux engagements, et requiert peu de modélisation.

Dans le cadre d'IFRS 17, la norme impose la détermination d'une courbe d'actualisation par cohorte et secteur d'activité. De manière à avoir une méthode permettant d'obtenir de résultats fiables sans trop de coûts supplémentaires, il est conseillé d'utiliser une des méthode figurant en haut à droite du graphe ci-dessus.

Conclusion

Développée à la fin des années 90, le règlement de la norme IFRS 17 a été publié en mai 2017 et entrera en application le 1er janvier 2022 après un décalage d'une année. L'objectif de la norme est ambitieux car en voulant créer une norme adapter des principes comptables universels à l'industrie de l'assurance, la norme est sujette à différentes interprétations en fonction des acteurs du marché.

La rédaction de la norme sous forme de principes contraint les acteurs du marché à présenter les caractéristiques propres de leur activités et de les formuler sous forme d'hypothèses donnant un rôle clé aux actuaires. C'est dans cette optique que ce mémoire présente différentes méthodes pour la détermination du taux d'actualisation.

La méthode Bottom-Up permet un grand nombre de choix quant à sa détermination, de part le choix de la courbe de taux sans risques, soit obligataire ou soit monétaire. La prime de liquidité définie comme étant les caractéristiques de liquidité des engagements reste difficilement quantifiable et demande un certain nombre d'hypothèses et d'approximations.

La méthode Top-Down demande moins de réflexions quant à la détermination de la courbe d'actualisation néanmoins, l'identification du portefeuille de référence ou le portefeuille de réplication, requiert à l'entité une source d'information interne fiable et mature.

De l'application des deux méthodes, nous nous sommes retrouvés confrontés à des limites comme la qualité ou la quantité de données disponibles, le manque de repère quant à l'identification et la quantification de la prime de liquidité. Au vue de la récente introduction de la prime de liquidité et son incorporation au sein de la norme IFRS 17, nous pouvons nous attendre à voir un formalisme mathématique plus complet se développer ces prochaines années.

La valorisation des engagements d'assurance en valeur de marché est particulièrement compliquée au vue de la complexité même des engagements d'assurance et est d'autant plus instable au vue de la forte volatilité des paramètres des marchés financiers. La grande différence d'activité et des marché à travers le monde, et l'importance clé de la courbe d'actualisation dans la reconnaissance des profits futurs incite l'actuaire responsable de la détermination de la courbe d'actualisation vers l'adoption d'une méthode simple et robuste.

Bibliographie

Bailey, A. (2017), 'The future of libor', https://www.fca.org.uk/news/speeches/the-future-of-libor.

Christian Koriol, P. S. (2002), 'Valuation of bond illiquidity : An option-theoretical approach'.

Craig, T. (2010), 'Adding liquidity', *Life Pensions* pp. 30–34.

Deloitte (2018), 'Volatility under the loop'.

ECB (2012), 'Liquidity and credit risk premia in government bond yield'.

EIOPA (2010*a*), 'Qis 5 technical specification : Risk-free interest rates'.

EIOPA (2010*b*), 'Task force : Report on the liquidity premium'.

EIOPA (2011), 'Eiopa report on the fifth quantitative impact study (qis 5) for solvency ii', pp. 57–60.

EIOPA (2018), 'Report on the calculation of the ufr for 2018'.

Fabozzi, F. J. (2013), *Bond Markets, Analysis and Strategies. Chapiter 17 : Analysis of Bonds with Embedded Options*, Pearson Education.

Ghaidarov (2014), 'Analytical bound on the cost of illiquidity for equity securities subject to sale restrictions', *The Journal of Derivatives* pp. 31–48.

Glover, J. (2018), 'Why it's so hard to replace libor', https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-03-15/why-it-s-so-hard-to-replace-libor-quicktake.

IASB (2017), 'Ifrs 17 insurance contracts'.

IASB (2018), 'Iasb to propose one-year deferral of insurance contracts standard', https://www.ifrs.org/news-and-events/2018/11/iasb-to-propose-one-year-deferral-of-insurance-contracts-standard/.

Keller, P. (2010), 'Some comments on the liquidity premium, swiss association of actuaries'.

LP, B. (2018), 'Bloomberg liquidity solutions : Gsac and loans methodology'.

Milliman (2009), 'Replicating portfolios, an introduction : Analysis and illustrations'.

Partners, M. (2018), 'Les normes ifrs : Quels enjeux pour les bancasurrances'.

PwC (2017*a*), 'In depth : A look at current financial reporting issues'.

PwC (2017*b*), 'Using solvency ii to implement ifrs 17'.

Raimbourg, P. (2015), 'L'évaluation des décotes d'illiquidité', *Analyse Financière* pp. 88–91.

Winter, O. (2017), 'Les défis à relever pour les assureurs d'ici à 2021', *L'argus de l'assurance* pp. 34–48.

Wüthrich, M. V. (2011), 'An academic view on the illiquidity premium and market-constent valuation in insurance'.

Nom / Terme utilisé	Définition / Description
ASW	L'Asset Swap est un produit financier dont le but est de répliquer les flux financiers d'un actif sous jacent. Le spread (ASW) considéré est un indicateur du prix à payerpour éliminer le risque de défaut de l'actif sous jacent.
ALM	Asset & Liability Management, représente la gestion des actifs (achat et vente) en fonction des engagements de la compagnie d'assurance. L'ALM peux répondre à différents objectifs comme le protection des engagements vis à vis des risques de marché, l'ajustement du portefeuille d'actifs suite à des attentes sur les conditions futures des marchés financiers (augmentation ou baisse des taux).
BCE	Banque Centrale Européenne, cette entitée est la banque émettrice de l'Euro
BEL	Best Estimate of Liabilities, ce montant représente la meilleure estimation des engagements de la compagnie d'assurance, cela comprend une estimation des flux financiers attendus et l'utilisation de la courbe d'actualisation adéquate.
Bloomberg	Bloomberg est une compagnie américaine spécialisée dans l'information des marchés financiers. Bloomberg est un acteur majeur sur le marché de l'information financière au même titre que Reuters et Markiit.
CDS	Credit Default Swap. Ce produit financier garantie à son propriétaire une indémnisation financière dans le cas où la compagnie sous-jacent ferait défaut sur ses crédits. La différence avec l'Asset Swap est que le CDS prend comme sous-jacent une compagnie, alors que l'Asset Swap seulement un actif financier.
CSM	Contractual Service Margin. Ce montant, défini dans la norme IFRS 17, représente le profit attendu de la part de la compagnie d'assurance pour le service rendu aux assurés
DLT	Deep Liquid and Transparent. Ce dit d'un marché qui dispose de caractéristiques permettant d'obtenir des informations fiables, préciseset non biaisées.
Duration	La duration est un indicateur développé pour déterminé la sensibilité d'engagement au regard d'un changement des taux d'intérêts.

Nom / Terme utilisé	Définition / Description
EIOPA	L'acronyme de European Insurance and Occupentional Pensions Autority. Cette entité dépend directement de la commission européenne est le régulateur des compagnies d'assurance de l'union européenne. L'EIOPA délègue sa responsabilité au niveau local aux régulateurs régionaux mais supervise l'implémentation et le suivi de la norme Solvabilité II.
Euribor	Provient de Euro Interbank Offered Rate. L'indicateur se décline sous différentes maturité allant de la semaine à une année, et représente le taux moyen auquel un large panel de banques européennes se prêtent entre elles.
IFRS	International Financial Reporting Standard, représente un ensemble de normes visant à uniformiser les pratiques comptables de différents secteurde l'industrie à une échelle globale. La norme IFRS 17 concerne l'ensemble des compagnies d'assurance et IFRS 9 la comptabilisation des produits financiers.
LQA	Liquidity Assessment Score, est un indicateur développé par Bloomberg permettant d'associer un score de liquidité à une obligation.
LTAS	Long Term Average Spread, correspond à la moyenne de la différence entre le rendement d'une classe d'actif et le taux sans risques observé sur un certain horizon. Cet indicateur permet d'approximer le risque de défaut lié à la classe d'actif.
Maturité	Cette valeur correspond à la date de la dernière écheance d'une obligation, et correspond généralement à la date de paiement du principal.
Obligation Corporate & Obligation Souveraine	Les obligations corporates représentent l'ensemble des obligations émises par des compagnies privées, en opposition avec les obligations souveraines émises par des banques centrales ou des gouvernements
Obligations sécurisées	Contrairement aux obligations classiques, les obligations sécurisées disposent de garanties permettant une récupération totale ou partielle du montant prêté dans l'éventualité où l'emprunteur ferait défaut.
Proxy	Terme utilisé pour signifier une approximation. Dans le cas où il n'est pas possible de mesurer l'élément souhaité, nous pouvons avoir recours à un proxy pour estimer sa valeur.
Puttable & Callable	Ces termes font référence à des options financières, put ou call. Dans le cas d'un call, l'option garantie au propriétaire la possibilité d'acquérir un sous-jacent suivant les conditions préalablement définies dans le contrats. Un put correspond à un droit de vente

Nom / Terme utilisé	Définition / Description
Rating	Ce terme correspond à la note ou la notation d'une compagnie ou d'un produit financier sur sa santé financière. Les agence de rating établissent des évaluations qui permettent de rendre compte du risque de défaut de l'entité notée.
SCR	Acronyme de Solvability Capital Ratio, est un indicateur imposé par la norme Solvabilité II visant à évaluer le niveau de couverture d'une compagnie en fonds propres au regard d'une sinistralité bi-centenaire.
Solvabilité II	Norme entrée en vigueur au 1er Janvier 2016. Cette norme est imposée à touteles compagnies d'assurance domiciliée dans l'Union Européenne. L'objectif de la norme est de refléter de manière prudentielle les engagements de la compagnie.
Spread	Elément composant le rendement d'un produit financier, le spread représente la différence entre le rendement du produit fiancier et le taux sans risque.
Swap	Ce terme est lié aux contrats dit Swap Exchanges et sont déterminé par des échanges à échéance fixés.
Taux Forward	Ce taux est déduit à partir des taux observés et construit en utilisant l'hypothèses d'Absence d'Opportunité d'Arbitrage. Le taux forward $T-1$àT correspond au taux d'intérêt desservi entre la date future T- 1 pour une année en supposant que les conditions de marchés restent identiques
Taux Spot	Ce taux est le taux instantané et est le taux observable sur le marché. Le taux spot correspond au rendement annuel attendu du produit financier sous-jacent, ce taux peut etre décliné en courbe en déterminant le taux de rendement annuel attendu en fonction de différentes maturités.
VA	Acronyme de Volatility Adjustment, est un élément ajouté à la courbe de taux sans risques déterminée par l'EIOPA, dont le but est de refléter la dépendance de valorisation entre les actifs financiers et les engagements.
VaR	Acronyme de Value at Risk, est un montant déterminé à partir d'une fonction de distribution de pertes et est traduit par le montant de perte lié à un seuil \alpha

Annexe A

Études de sensibilités

Nous allons exposer les résultats que nous avons obtenus pour le test de sensibilité sur le montant du score de liquidité. Nous avons réalisé un test de sensibilité car nous n'avons pas d'arguments permettent de définir le seuil de manière quantitative qui nous aurait permis de définir la frontière entre des obligations liquides et non liquide.

Variation du seuil

En premier lieu, nous nous sommes concentrés sur un abaissement du seuil définissant la frontière entre liquidité et illiquidité. Afin de permettre une bonne comparaison entre les résultats, nous avons utiliser la même méthode d'interpolation, pour rappel, l'interpolation log-linéaire. Le taux de référence est l'asset swap spread.

Les résultats suivants sont obtenu avec des seuils de 80 et 70.

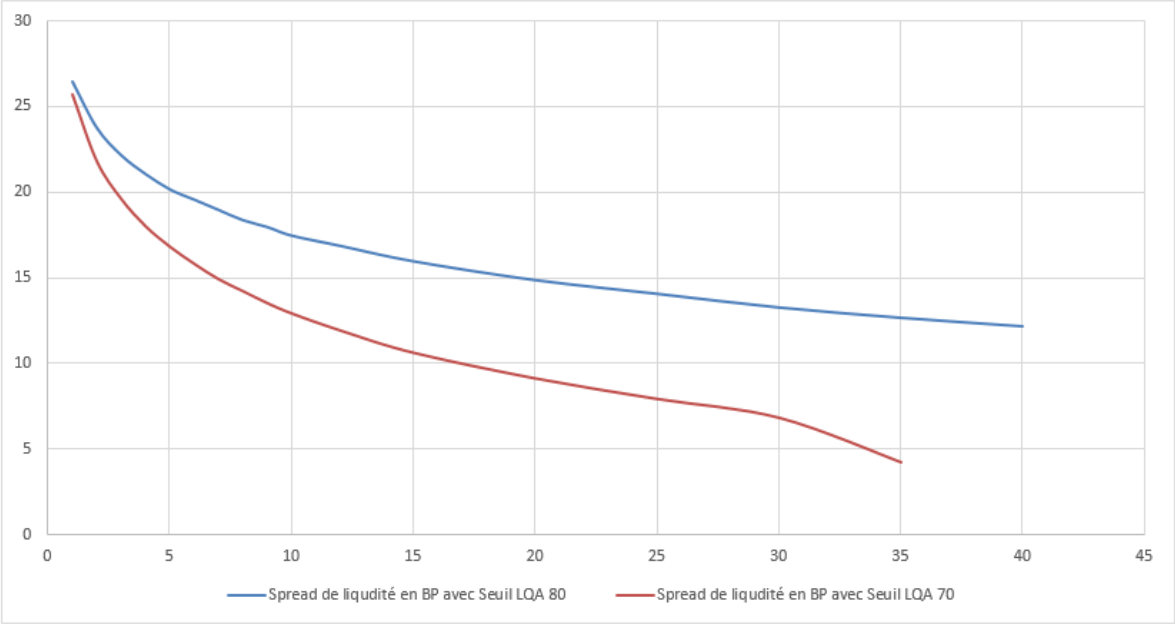


FIGURE A.1 – Spread de liquidité obtenu en abaissant le seuil de frontière de liquidité

Nous observons que les courbes obtenues ne correspondent pas à ce que l'on peux attendre d'une prime de liquidité. En effet, si nous supposons que la prime est liée à l'imprédictabilité des flux, alors elle est sensée être croissante en fonction du temps, ce n'est pas ce que l'on observe sur le graphique ci-dessus.

Afin d'agrandir l'écart entre les obligations liquides et non liquides, nous avons augmenté le gap de liquidité, en considérant que la zone liquide est au dessus du score de 90 et l'illiquidité est en dessous de 80. Les obligations ayant un score de liquidité entre 80 et 90 ne seront pas considérés.

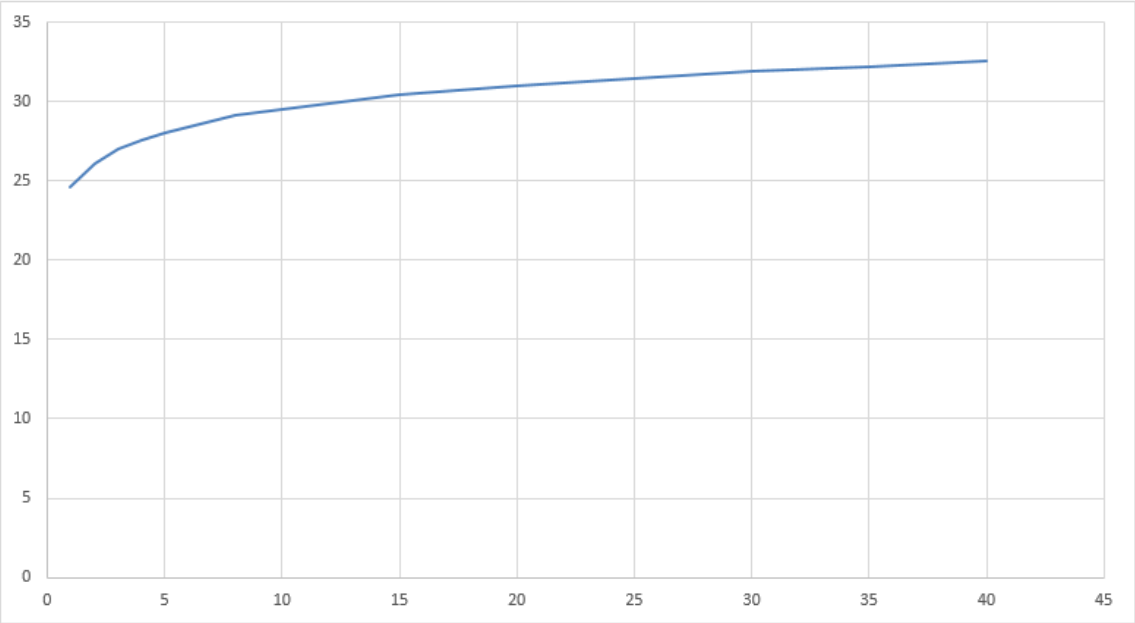


FIGURE A.2 – Spread de liquidité obtenu en imposant un gap délimitant la frontière Liquide/Illiquide

Nous obtenons un résultat satisfaisant du point de vue de l'allure de la courbe, car cette dernière croit en fonction du temps. Néanmoins, le niveau de la prime de liquidité est élevé dès la première année.

Méthode d'interpolation

Le terminal Bloomberg propose un grand choix de méthodes d'interpolations et nous avons comparé les différentes méthodes et leurs résultats. Nous nous sommes concentrés sur les deux méthodes qui *fittaient* le mieux les nuages de points obtenus.

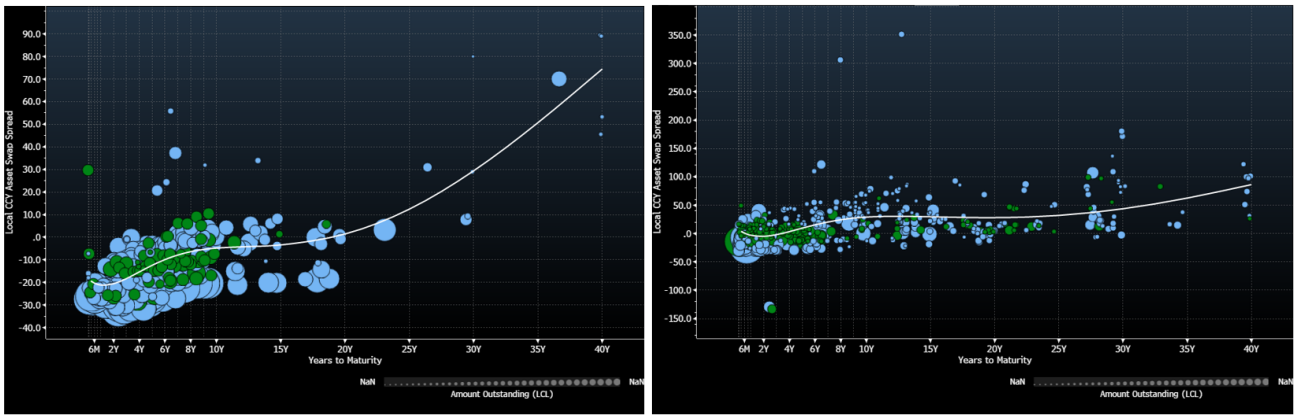


FIGURE A.3 – Les graphes représentent les obligations de la sélection, Liquide sur la figure de gauche et Illiquide à droite, avec en abscisse leur durée jusqu'à la maturité, en ordonnée leur Asset Swap Spread. La méthode d'interpolation est la méthode Nelson-Siegel-Svensson

Les résultats ci-dessous représentent l'interpolation linéaire avec la méthode Nelson-Siegel.

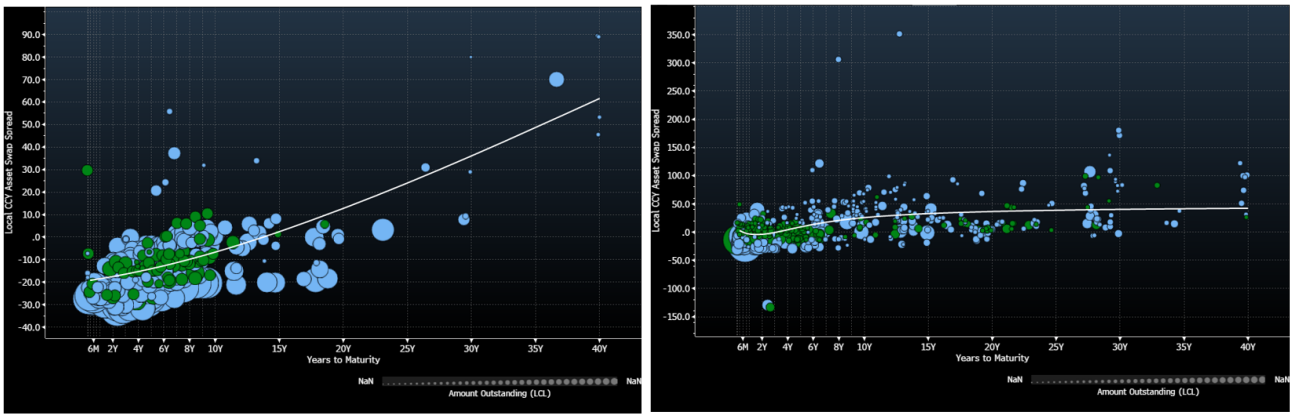


FIGURE A.4 – Les graphes représentent les obligations de la sélection, Liquide sur la figure de gauche et Illiquide à droite, avec en abscisse leur durée jusqu'à la maturité, en ordonnée leur Asset Swap Spread. La méthode d'interpolation est la méthode Nelson-Siegel

Nous observons que les méthodes d'interpolation Nelson-Siegel et Nelson-Siegel-Svensson obtiennent des courbes qui correspondent bien aux données présentes. Néanmoins, pour extraire le spread de liquidité, nous faisons la différence entre la courbe illiquide et liquide, et la sensibilité des paramètres se ressent aux extrémités. Nous avons ci-dessous le spread obtenu avec les deux méthodes :

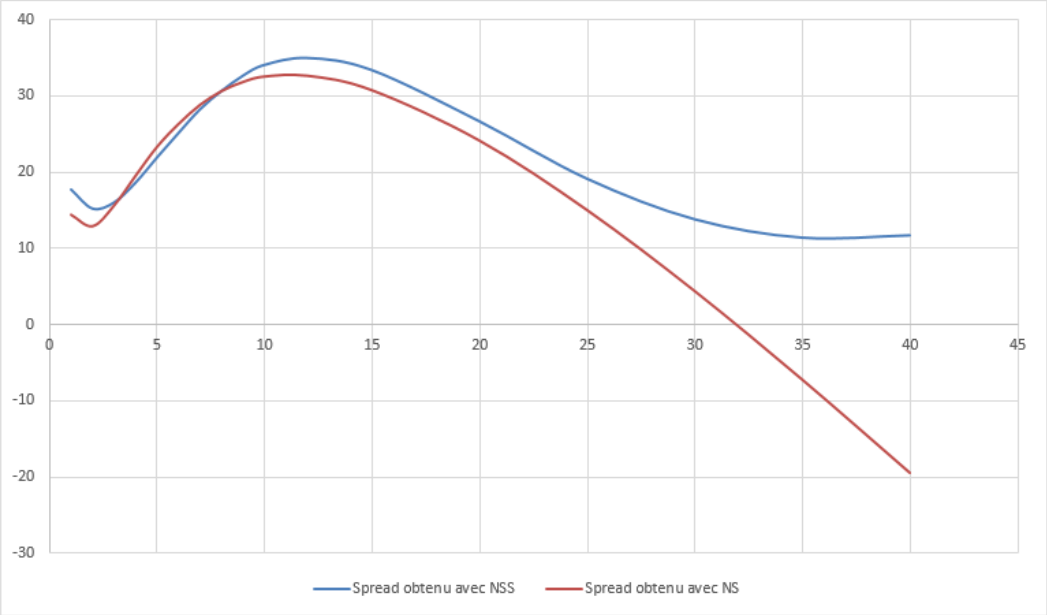


FIGURE A.5 – Spread de liquidité obtenu avec les deux méthodes d'interpolations différentes

Nous constatons que les spreads de liquidité obtenus ne correspondent pas aux attentes. Une raison qui explique le résultat est que les points ayant une courte maturité influent les paramètres qui prennent moins en comptes les valeurs lointaines. Ainsi les courbes obtenues se croisent et ne permettent pas de correctement discerner le spread pour de longues maturités.

Annexe B

Extraction Bloomberg

Nous avons rencontré des problèmes quant aux données disponibles pour l'application de la méthode Put. En effet, nous nous sommes retrouvé limité avec les données disponibles sur le terminal Bloomberg. De part le faible nombre d'obligations *Puttable* et les critères requis par la méthode (même émetteur, ayant un niveau de notation élevé, libellé en euro), nous n'avons pu obtenir qu'une observation satisfaisante.

Dans la figure B.1, nous présentons une extraction du terminal Bloomberg dans laquelle on observe l'ensemble des obligations émises par OeBB-Infrastruktur AG. Nous observons que la structure d'émission des obligations est telle que l'ensemble des obligations classiques dîtes *at maturity* ont des maturités courtes et les obligations *puttable* sont de maturité beaucoup plus longue.

Pricing | Valeur relative | Description | Performance | Liquidité

Mode calc

Emetteur	Ticker	Coupon	Date de maturité	Maturité	Axe
oebb					
Obligations investissables (29)		3.398		11.73	
▾ AT MATURITY (19)		3.241		8.20	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	4.500	07/02/2019	0.69	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	0.143	10/29/2019	1.01	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	3.750	12/23/2019	1.16	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	3.500	10/19/2020	1.99	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	3.625	07/13/2021	2.72	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	4.875	06/27/2022	3.67	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	2.250	07/04/2023	4.69	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	1.000	11/18/2024	6.07	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	3.875	06/30/2025	6.68	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	3.500	10/19/2026	7.99	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	2.250	05/28/2029	10.59	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	4.210	03/25/2030	11.42	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	3.900	05/28/2030	11.59	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	4.200	06/03/2030	11.61	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	4.000	12/09/2031	13.13	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	3.375	05/18/2032	13.57	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	2.125	07/22/2033	14.74	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	3.000	10/24/2033	15.00	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	3.500	05/02/2036	17.52	
▾ PUTABLE (10)		3.696		18.44	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	2.990	02/15/2036	17.31	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	2.990	02/22/2036	17.33	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	3.500	05/02/2036	17.52	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	3.490	12/01/2036	18.11	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	4.000	09/18/2037	18.90	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	4.000	10/12/2037	18.97	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	4.000	10/12/2037	18.97	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	4.000	11/09/2037	19.04	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	4.000	11/20/2037	19.07	
OeBB-Infrastruktur AG	OBND	3.990	12/18/2037	19.15	

FIGURE B.1 – Copie d'écran du terminal Bloomberg présentant un portefeuille d'obligations scindées en *puttable* et *non puttable*

Annexe C

Méthode Smith Wilson

La fonction de Wilson est définie de la manière suivante :

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

avec $H(u,v)$ la fonction centrale définie par :

$$H(u,v) = \alpha \min(u,v) - e^{-\alpha max(u,v)} \sinh \alpha \min(u,v)$$

Le paramètre ω est l'intensité lié au taux forward ultime et correspond au logarithme naturel de l'*Ultimate Forward Rate* et est déterminé en prenant en compte des facteurs macro-économiques permettant d'estimer le taux court à long terme. Le paramètre α représente la vitesse de convergence vers le taux forward ultime et est déterminé par jugement d'expert.

Considérons $u = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_m \end{pmatrix}$ et $C = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{m1} & c_{m2} & \dots & c_{mn} \end{pmatrix}$ regroupant l'ensemble des informations sur les caractéristiques des produits financiers servant à la construction de la courbe des taux. Les valeurs d'entrées sont détaillées dans le tableau ci-dessous en fonction de la classe d'instrument financiers utilisés.

Soit **b** le vecteur comprenant les dates pour lesquels nous souhaitons obtenir le taux d'actualisation correspondant :

$$\mathbf{v} = \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_m \end{pmatrix}$$

La fonction d'actualisation de Smith-Wilson s'écrit sous la forme :

$$p(v) = e^{-\omega v} + \mathbf{W}(v,\mathbf{u})\mathbf{C}\mathbf{b} \tag{C.1}$$

avec : $\mathbf{W(v,u)} = \begin{pmatrix} W(v_1,u_1) & W(v_1,u_2) & \dots & W(v_1,u_m) \\ W(v_2,u_1) & W(v_2,u_2) & \dots & W(v_2,u_m) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W(v_k,u_1) & W(v_k,u_2) & \dots & W(v_k,u_m) \end{pmatrix}$ et posons le vecteur suivant : $\mathbf{d} = \exp(-\omega\mathbf{u}) = \begin{pmatrix} e^{-\omega u_1} \\ e^{-\omega u_2} \\ \vdots \\ e^{-\omega u_m} \end{pmatrix}$

La seule inconnue de l'équation (B.1) est le vecteur **b**. En nous restreignant aux dates de maturités observées, nous pouvons obtenir un système d'équations :

$$p(\mathbf{u}) = e^{-\omega\mathbf{u}} + \mathbf{WCb} = \mathbf{d} + \mathbf{WCb}$$

Le vecteur $p[\mathbf{u}] = \begin{pmatrix} p(u_1) \\ p(u_2) \\ \vdots \\ p(u_m) \end{pmatrix}$ est le vecteur correspondant aux taux d'actualisation aux dates **u**

Multiplions l'équation précédente par la matrice transposée de **C** :

$$\mathbf{C'}p(\mathbf{u}) = \mathbf{C'd} + \mathbf{C'WCb}$$

Nous avons **p** qui correspond à la partie observable de $\mathbf{C'}p(\mathbf{u})$

La solution pour **b** est donc :

$$\mathbf{b} = (\mathbf{C'WC})^{-1}(\mathbf{p} - \mathbf{C'd})$$

Nous pouvons remplacer la valeur de **b** dans l'équation (B.1) et ainsi nous obtenons une formule déterminant le taux d'actualisation pour toutes les valeurs du vecteur **v**.

Instrument financier	**Taux Zéro Coupons**	**Obligations**	**Taux Swap au pair**
Valeur de marché p	Le prix de marché représenté comme un pourcentage du nominal.	Le prix de marché représenté comme un pourcentage du nominal	Le prix de marché du swap au pair
Dates de paiement u	La date de maturité des zéro coupons	Les dates de paiement des coupons en plus de la date de maturité	L'ensemble des dates de paiement prévues
Matrice de flux financiers C	C est la matrice identité	C est une matrice mxn avec : $-C_\{ij\} = (TC(j))/F$ pour i <Maturité(j) $-C_\{Maturité(j)j\} =$ 1+(TC(j))/F -C_{ij}=0 pour i>Maturité(j) avec TC le taux de coupon et F la fréquence	C est une matrice mxn avec : -$C_{ij} = (TS(j))/F$ pour i <Date de fin(j) $-C_\{Datedefin(j)j\} =$ 1+(TS(j))/F -C_{ij}=0 pour i>Date de fin(j) avec TS le taux swap et F la fréquence