

Mémoire présenté le :  
Pour l'obtention du Diplôme Universitaire d'actuariat de l'ISFA  
Et l'admission à l'Institut des Actuaires

Par : FROMENT Victor

Titre Construction de la courbe des taux d'actualisation par application de la méthode Bottom-up sous la norme IFRS 17 et études d'impact sur le compte de résultat d'un portefeuille Epargne

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

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

Membres présents du jury de l'Institut des Actuaires Signature

Entreprise : Seabird

Signature :

Membres présents du jury de l'ISFA

Directeur de mémoire en entreprise :

Nom : CHEBAK Soraya

Signature :




Invité :

Nom :

Signature :

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

Signature du responsable entreprise



Signature du candidat



## Table des matières

Glossaire.....	5
Résumé.....	6
Abstract .....	7
Note de synthèse.....	8
Synthesis notes .....	13
Remerciements.....	18
Introduction .....	19
PARTIE 1 : Les principes de la norme IFRS 17 .....	20
1.1 Les objectifs de la norme.....	20
1.2 Le champ d'application de la norme .....	20
1.3 Les niveaux d'agrégation des contrats d'assurance – unité de mesure .....	21
1.4 La date de première comptabilisation.....	22
1.5 Les différents modèles de comptabilisation .....	23
1.5.1 Modèle <i>Building Block Approach</i> .....	25
1.5.2 Modèle <i>Variable Fee Approach</i> .....	26
1.5.3 Modèle <i>Premium Allocation Approach</i> .....	28
1.6 Les flux de trésorerie d'exécution (FCF- <i>Fulfilment Cash Flows</i> ) .....	28
1.6.1 <i>Present Value of Future Cash Flows – Estimates of future cash flows</i> .....	28
1.6.2 <i>Risk Adjustment</i> .....	33
1.6.3 <i>Contract Service Margin et Loss-Component</i> .....	33
1.7 Le compte de résultat IFRS 17 .....	37
PARTIE 2 : L'évaluation de la courbe des taux sous IFRS 17 .....	40
2.1 Les taux d'intérêts nominaux .....	40
2.1.1 Rappel sur les taux nominaux.....	40
2.1.2 Univers risque-neutre .....	42
2.2 Famille de modèles de diffusion des taux nominaux .....	43
2.3 Modèles de taux court .....	44
2.3.1 Modèle de Vasicek .....	44
2.3.2 Modèle de Hull & White .....	45
2.4 Comparatif des modèles de taux nominaux.....	46
2.5 Courbe <i>Risk Free Rate</i> EIOPA.....	47
2.5.1 <i>Last Liquid Point (LLP)</i> .....	47
2.5.2 <i>Ultimate Forward Rate</i> .....	47
2.5.3 Construction Courbe EIOPA.....	48
2.6 Prime de liquidité .....	49

2.6.1 Définition de la prime de liquidité.....	49
2.6.2 Calcul de la prime de liquidité de l'actif .....	50
2.6.3 Calcul de la prime de liquidité du passif .....	52
PARTIE 3 : Application méthode Bottom-Up .....	55
3.1 Présentation des prix zéro-coupons utilisés.....	55
3.2 Construction de la courbe des taux sans risque .....	56
3.2.1 Courbe de taux zéro-coupon.....	56
3.2.2 Discrétisation du taux .....	58
3.2.3 Test martingale .....	60
3.3 Mise en œuvre de la méthode proxy pour la prime de liquidité .....	60
3.3.1 Calcul du <i>spread</i> .....	62
3.3.2 Risque crédit du portefeuille .....	63
3.3.3 Calcul de la prime liquidité à l'actif .....	64
3.3.4 Calcul de la prime de liquidité au passif .....	65
3.4 Taux IFRS 17 .....	66
PARTIE 4 : Impact de la courbe de taux sur le résultat d'assurance d'un groupe de contrats épargne	67
4.1 Cadre de l'étude.....	67
4.1.1 Le portefeuille .....	67
4.1.2 Maille étudiée .....	67
4.1.3 Hypothèse de projection.....	68
4.2 Analyse à la comptabilisation initiale du groupe de contrats .....	69
4.2.1 <i>Present Value for Future Cash Flows</i> .....	69
4.2.2 <i>Risk Adjustment</i> .....	69
4.2.3 Juste Valeur .....	70
4.2.4 <i>Contractual Service Margin</i> .....	70
4.2.5 Bilan à l'initialisation .....	70
4.3 Comptabilisation ultérieure .....	71
4.3.1 Analyse de mouvement .....	71
4.3.2. Analyse des projections sur 40 ans.....	76
4.4 EIOPA – 0,75%.....	81
4.4.1 Focus sur la LC.....	82
4.4.2 Passage du LC à la CSM .....	83
4.4.3 Amortissement de la CSM .....	85
4.5. Scénario changement de CU .....	85
Conclusion.....	88



## Glossaire

BBA, *Building Block Approach*,

BE, *Present Value of Future Cash Flows*,

CSM, *Contractual Service Margin*,

FCF, *Fulfilment Cash Flows*,

IASB, *International Accounting Standards Board*,

IFRS, *International Financial Reporting Standards*,

LIC, *Liability Incurred Claims*,

LLP, *Last Liquid Point*,

LRC, *Liability remaining coverage*,

OCI, *Other Comprehensive Income*,

PAA, *Premium Allocation Approach*,

P&L, *Profit and Losses*,

PVFCF, *Present Value of Future Cash Flows*,

RA, *Risk Adjustment*,

UFR, *Ultimate Forward Rate*,

VFA, *Variable Fee Approach*,

ZC, *Zéro-coupons*

## Résumé

La norme « *IFRS 17* » est une norme internationale sur la comptabilisation des contrats d'assurance. La valorisation du passif d'assurance est réalisée à partir de la courbe des taux d'actualisation qui est censée refléter le passage du temps et les risques financiers liés aux flux futurs.

L'IASB n'impose pas l'utilisation d'une courbe des taux d'actualisation spécifique en revanche propose deux méthodes permettant aux assureurs de la construire, la méthode *Bottom-Up* et *Top-Down*. L'assureur doit répondre aux exigences de la norme relatives à la calibration de la courbe des taux d'actualisation.

Dans le cadre de ce mémoire, nous allons étudier et mettre en œuvre la méthode *Bottom-up* à partir de deux éléments essentiels qui sont la courbe des taux sans risque et la prime de liquidité.

Dans un premier temps, nous allons déterminer les courbes de taux sans risque à partir des modèles Vasicek et Hull & White. Puis dans un second temps, la prime de liquidité sera évaluée selon une méthode similaire à la méthode *Volatility Adjustment* utilisée sous le référentiel Solvabilité 2.

Afin d'estimer l'impact des différentes courbes obtenues, une construction et analyse du compte de résultat et des indicateurs clés d'un portefeuille épargne sera réalisée.

## Abstract

IFRS 17 is an international standard on accounting for insurance contracts. The valuation of insurance liabilities is based on the discount rate curve, which is supposed to reflect the passage of time and the financial risks associated with future flows.

The IASB does not require the use of a specific discount rate curve, but proposes two methods for insurers to construct it, the Bottom-Up and Top-Down method. The insurer must meet the requirements of the standard for the calibration of the discount rate curve.

In this paper, we will study and implement the Bottom-Up method based on two essential elements: the risk-free rate curve and the liquidity premium.

First, we will determine the risk-free rate curves from the Vasicek and Hull & White models. Then, in a second step, the liquidity premium will be evaluated using a method like the Volatility Adjustment method used under Solvency 2.

To estimate the impact of the different curves obtained, a construction and analysis of the income statement and key indicators of a savings portfolio will be carried out.

## Note de synthèse

La norme comptable internationale IFRS 17 Contrats d'assurance a été publiée en 2017. Compte tenu de la complexité de son application et des nombreux questionnements qu'elle a pu susciter auprès des acteurs de l'assurance, la première date de mise en œuvre initialement prévue au 01/01/2021 a été reportée au 01/01/2023.

### Les généralités sur la norme IFRS 17 :

La norme IFRS 17 est applicable aux contrats d'assurance émis, aux traités de réassurance émis et détenus et à quelques contrats d'investissement avec participation discrétionnaire. Ces contrats sont comptabilisés à une granularité propre à la norme IFRS 17 :

#### Risque x Cohorte x Profitabilité

Les contrats de risque similaire et gérés ensemble sont regroupés. Puis la profitabilité est évaluée selon trois axes à la comptabilisation initiale :

- Les contrats onéreux ;
- Les contrats profitables sans risque important de devenir onéreux ;
- Les autres.

Enfin les contrats d'un même groupe sont émis à des dates qui diffèrent de moins d'un an. Néanmoins la commission européenne a rendu son avis sur la cohorte annuelle en épargne en juillet 2021. Certains contrats d'assurance vie étant mutualisés, les assureurs peuvent choisir d'appliquer ou non la cohorte sur ces contrats.

Selon les caractéristiques du groupe de contrats, le modèle comptable utilisé diffère. Le modèle général ou *Building Block Approach*, BBA s'applique aux contrats sans participation directe aux bénéfices. Ce mémoire traite principalement du modèle pour les contrats avec participation directe aux bénéfices qui est modèle *Variable Fee Approach*, VFA. Enfin le modèle simplifié *Premium Allocation Approach*, PAA, peut être utilisé dans le cadre de contrats à période de couverture inférieure à un an ou de contrats pour lesquels l'évaluation en PAA n'est pas significativement différente du modèle général.

À la date de première comptabilisation et aux comptabilisations ultérieures d'un groupe de contrats, le passif d'assurance est valorisé en plusieurs blocs.

Le premier bloc, la *Present Value of Future Cash Flows*, PVFCF, se rapproche de la notion de *Best Estimate of Liabilities* sous Solvabilité 2. La PVFCF est la meilleure estimation des flux futurs actualisés à l'aide de la courbe des taux d'actualisation.

La PVFCF est calculée comme ci-suit :

$$PVFCF = \sum_i^N \frac{\text{Flux futurs d'exécution}_i}{(1 + r_i)^i}$$

Le second bloc constitue le *Risk Adjustment*, RA, assimilée à la notion de *Risk Margin*, RM, de Solvabilité 2. Néanmoins, leur définition diffère : le RA ajuste le passif afin de considérer les risques non financiers afférant aux groupes de contrats.

La PVFCF et le RA représente les *Fulfilment Cash Flows*, FCF ou les flux de trésorerie d'exécution du groupe de contrats. Ces deux agrégats de la norme permettent d'identifier la profitabilité ou non du groupe de contrats à la comptabilisation initiale.



Si le groupe est profitable, une marge sur services contractuels ou *Contractual Service Margin*, CSM est constituée. Cette notion est la nouveauté importante introduite par la norme IFRS 17 : elle représente le profit non encore acquis et estimé du groupe de contrats et a pour objectif de lisser le résultat dans le temps au rythme du service rendu.

Si le groupe de contrats est onéreux à la comptabilisation initiale, une composante de perte ou *Loss Component*, LC est constituée et est directement reconnue en résultat. La LC est le pendant de la CSM et suit la même logique de relâchement. Néanmoins et à la différence de la CSM, la LC n'est pas comptabilisée au bilan comptable. Il est donc clair que la définition de maille des groupes de contrats présente un enjeu crucial pour les assureurs.

Pour les comptabilisations ultérieures, une analyse de mouvement est réalisée pour les trois agrégats IFRS 17, afin notamment de constituer le résultat IFRS 17.

L'analyse de mouvement de la PVFCF et de la CSM peut être représentée de la manière suivante dans les figures 0.1 et 0.2 :

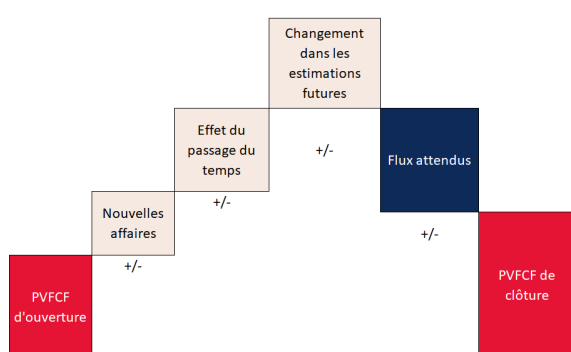


Figure 0.1 – Analyse de mouvement de la PVFCF

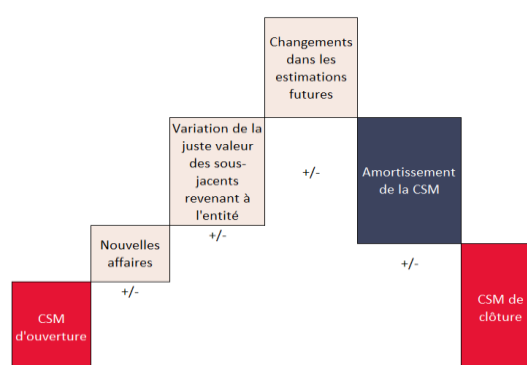


Figure 0.1 – Analyse de mouvement de la CSM

Un des enjeux de l'évaluation de la PVFCF est la courbe des taux d'actualisation. L'analyse de mouvements du RA peut être représentée de manière similaire à la PVFCF.

### La courbe des taux IFRS 17 :

La norme IFRS 17 n'impose pas de courbe des taux unique pour l'actualisation du passif d'assurance. Néanmoins la courbe des taux d'actualisation est évaluée à la date de comptabilisation initiale et aux comptabilisations ultérieures du groupe de contrats évalué selon des principes énoncés par la norme :

- ils reflètent « *la valeur temps de l'argent, les caractéristiques des flux de trésorerie et les caractéristiques de liquidité des contrats d'assurance* » ;
- ils cadrent « *avec les prix de marché courants observables d'instruments financiers dont les flux de trésorerie ont des caractéristiques qui correspondent à celles des contrats d'assurance [...]* » ;
- et excluent « *l'effet des facteurs qui influent sur ces prix de marché observables, mais pas sur les flux de trésorerie futurs des contrats d'assurance.* ». (IFRS17.36)

Pour évaluer la courbe des taux, deux approches sont proposées au choix : elles sont présentées dans la figure 0.3 :

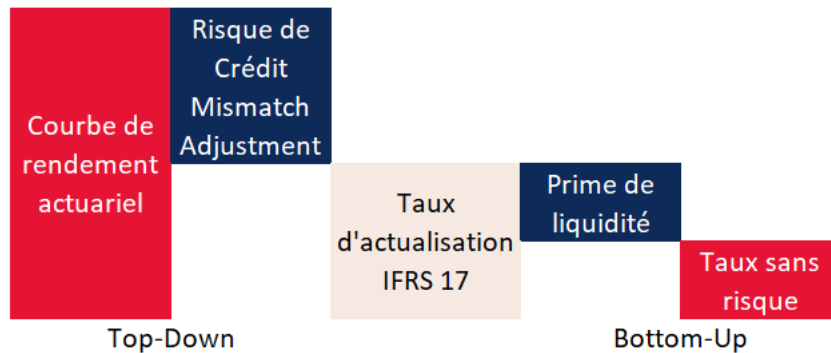


Figure 0.3 – Approche d'évaluation des taux d'actualisation IFRS 17

Ce mémoire propose de calibrer la courbe des taux d'actualisation du passif d'assurance selon l'approche *Bottom-up* et à l'aide de deux méthodes de calibration : Vasicek et Hull & White.

Les méthodes de calcul du taux sans risque Hull & White et Vasicek sont calibrés selon les étapes suivantes :

- Récupération des prix des Obligations Assimilables du Trésor Français ;
- Minimisation de l'erreur quadratique entre le prix du marché et le prix modélisé ;
- Évaluation de la courbe des taux sans risque pour le calcul de la prime de liquidité d'un portefeuille d'actifs donné.

Au calcul des taux sans risque s'ajoute une prime de liquidité. Dans le cadre de l'étude, un portefeuille d'actif d'un acteur de l'assurance vie (Epargne – Retraite) permet de calibrer la prime de liquidité et la courbe des taux. La prime de liquidité représente la facilité et la vitesse avec lesquelles l'actif peut être converti en monnaie. L'évaluation de cette prime a été l'objet d'une *Task Force* menée par l'EIOPA. Pour évaluer la prime de liquidité, il convient dans un premier temps de calculer la prime de liquidité de l'actif, puis un proxy est réalisé entre la prime de liquidité de l'actif et du passif.

Plusieurs méthodes sont proposées par l'EIOPA pour la prime de liquidité de l'actif :

- *Credit Default Swap Negative-Basis Method*, la prime de liquidité est la différence entre un Swap et un Credit Default Swap ;
- *Covered Bond Method*, la prime de liquidité est la différence entre un Swap et un Covered Bond ;
- *Structural Model Method*, la prime de liquidité est la différence entre la valeur théorique et la valeur réelle du *Spread* de crédit ;
- Méthode dite « proxy », la prime de liquidité est la différence entre le *spread* et le risque de crédit ;

Dans le cadre de l'étude, la méthode dite « proxy » est retenue pour la valorisation de la prime de liquidité. Le calcul se rapproche de la méthode de calcul de la *Volatility Adjustment* sous Solvabilité 2. La méthode dite « proxy » permet d'évaluer la prime de liquidité de l'actif selon les étapes suivantes :

- Calcul du *spread* ;
- Calcul du risque de crédit ;
- Calcul de la prime de liquidité de l'actif.

Une fois la prime de liquidité de l'actif établie, le calcul de la prime de liquidité du passif se fait à l'aide de la formule suivante :

$$L\text{Liability} = F(T) \times G(i) \times L\text{Passet}$$

$$\text{Avec : } F(T) = \begin{cases} 1 & \text{si } 0 \leq T < N - 5 \\ \frac{(N-T)}{5} & \text{si } N - 5 \leq T \leq N \\ 0 & \text{si } T > N \end{cases}$$

$G(i)$  représente la moyenne d'intégration de la prime de liquidité du portefeuille et  $N$  le *Last Liquid Point*.

Finalement, la prime de liquidité du passif est ajoutée aux courbes de taux sans risque pour obtenir la courbe de taux IFRS 17, selon les deux méthodes de calibration des taux, présentée dans la figure 0.4.

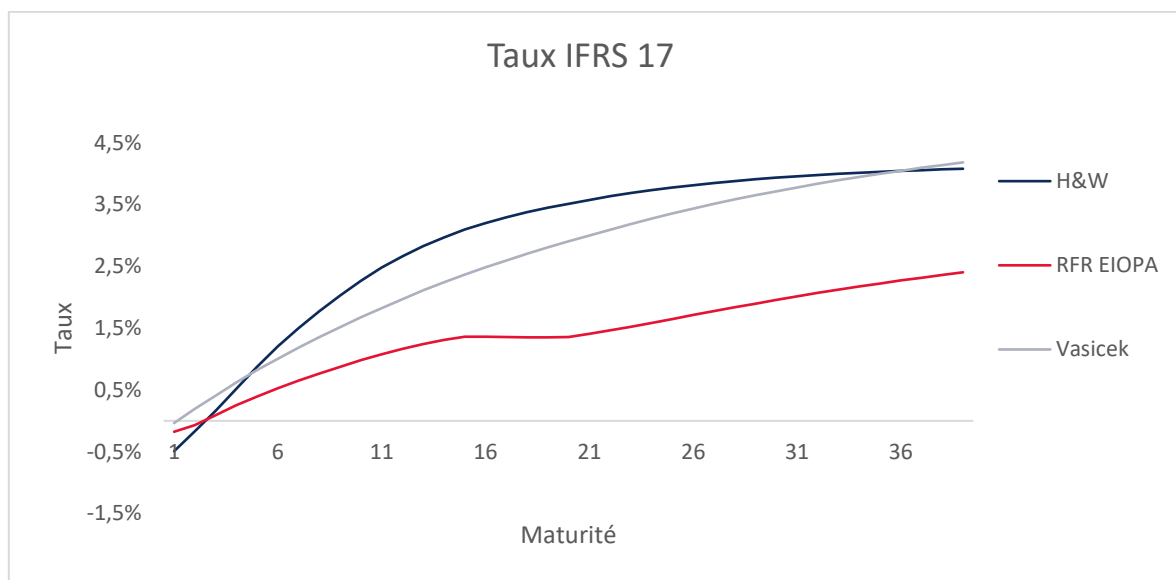


Figure 0.4 – Courbe des taux H&W et Vasicek calibrées et EIOPA

A titre indicatif, la courbe des taux de l'EIOPA est présentée afin de mieux apprécier l'impact de la méthode de calibration utilisée. La courbe EIOPA se veut prudente et est calibrée sur le prix des *swaptions*. La différence principale entre les courbes construites est le fait que la courbe H&W est calibrée sur la courbe des *forward* de marché.

### Projection des résultats IFRS 17 dans un scénario central :

En complément de la calibration de la courbe des taux selon deux méthodes *Bottom-Up*, une analyse des agrégats et des résultats IFRS 17 est réalisée au regard des modèles calibrés, la courbe des taux ayant un impact direct sur l'évaluation et l'évolution de ces éléments IFRS 17. Il s'agit de mettre en évidence les enjeux sous-jacents à la création de cette courbe de taux. Les notions abordées précédemment sont mises en application dans le cadre du modèle comptable financier : la *Variable Fee Approach* en négligeant la composante de LIC en épargne retraite. Les analyses comparatives portent sur les courbes des taux suivantes évaluées au 31/12/2017 :

- Vasicek ;
- Hull & White ;
- EIOPA ;
- EIOPA – 0,75%.

Les courbes des taux Vasicek, H&W et EIOPA n'impactant pas la constitution ou non d'une composante de perte, la courbe de l'EIOPA est diminuée sur l'ensemble des années de projection de 0,75%. L'objectif est uniquement de moduler les conclusions obtenues dans le cadre d'une CSM.

Pour ce faire, l'assureur vie anonyme a projeté ses flux futurs sur un groupe de contrats multi-supports en cohérence avec les exigences IFRS 17. Le portefeuille d'actifs sous-jacents utilisé pour la calibration des taux et en face du groupe de contrats étudié est identifié comme les éléments sous-jacents de l'unité de mesure.

Les données anonymisées alimentent un outil de présentation des analyses de mouvement et du résultat IFRS 17 selon les différentes courbes de taux calibrées. Les résultats et agrégats IFRS 17 de ce groupe de contrats sont projetés sur 40 ans selon un scénario central. Les projections et les hypothèses de projections ne sont pas revues et le portefeuille s'écoule naturellement. Notamment, les actifs sous-jacents évoluent des paiements et encaissements de la période et d'une même production financière pour tous les scénarios.

Les principales observations de ce mémoire sont :

- La courbe des taux d'actualisation est un jeu de vases communicants entre CSM et PVFCF/RA à la comptabilisation initiale ;
- La méthode de calibration de la courbe des taux d'actualisation impacte le rythme de reconnaissance de résultat IFRS 17 mais ne modifie pas le résultat cumulé à la fin de la période de couverture des contrats. Cette observation est inchangée dans le cadre d'une constitution d'une composante de perte à la comptabilisation initiale.

La figure 0.5 présente le résultat net cumulé par courbe des taux sur l'ensemble de la projection.

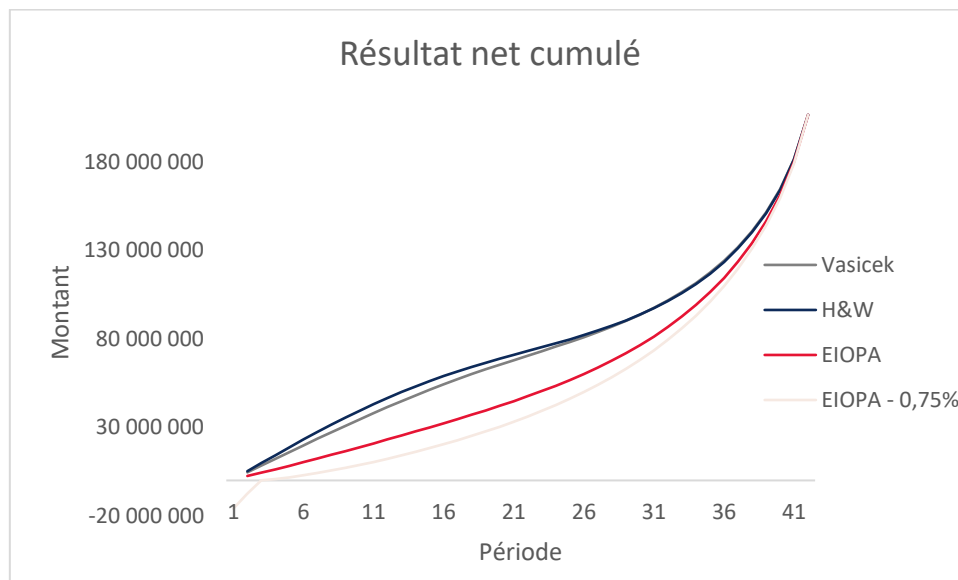


Figure 0.5 – Résultats net cumulé par courbe des taux calibrée

Selon la calibration des taux d'actualisation le groupe de contrats peut devenir onéreux mais le résultat net à la fin de la période de couverture reste identique. En effet, la variation de la juste valeur des sous-jacents revenant à l'entité ajuste la CSM et permet de rééquilibrer le résultat entre les différentes courbes de taux d'actualisation.

En complément des analyses, des scénarios d'écarts d'expérience, de changements d'hypothèses ou encore d'intégration d'affaires nouvelles peuvent être menés pour compléter les conclusions.

## Synthesis notes

The international accounting standard IFRS 17 Insurance Contracts was published in 2017. Given the complexity of its application and the questions that it has raised among the insurance industry, the first implementation date initially planned for 01/01/2021 has been postponed to 01/01/2023.

### General information on IFRS 17:

IFRS 17 is applicable to insurance contracts issued, reinsurance treaties issued and held and some investment contracts with discretionary participation. These contracts are accounted for at a granularity specific to IFRS 17 :

#### Risk x Cohort x Profitability

Contracts of similar risk and managed together are grouped together. Then profitability is assessed along three axes at initial recognition :

- Onerous contracts ;
- Profitable contracts with no significant risk of becoming onerous ;
- Other contracts.

Finally, the contracts of the same group are issued at dates that differ by less than one year. However, the European Commission has issued its opinion on the annual savings cohort in July 2021. As some life insurance contracts are pooled, insurers can choose whether or not to apply the cohort to these contracts.

Depending on the characteristics of the group of contracts, the accounting model used differs. The general model or Building Block Approach, BBA, applies to contracts without direct profit sharing. This brief deals mainly with the model for contracts with direct profit sharing, which is the Variable Fee Approach, VFA. Finally, the simplified Premium Allocation Approach, PAA, can be used for contracts with a coverage period of less than one year or for contracts where the PAA valuation is not significantly different from the general model.

At the date of initial recognition and at subsequent recognitions of a group of contracts, the insurance liability is valued in several blocks.

The first block, the Present Value of Future Cash Flows, PVFCF, is similar to the concept of Best Estimate of Liabilities under Solvency 2. The PVFCF is the best estimate of future cash flows discounted using the discount rate curve.

The PVFCF is calculated as follows:

$$PVFCF = \sum_i^N \frac{Futur\ Cash\ Flows_i}{(1 + r_i)^i}$$

The second block is Risk Adjustment, RA, which is similar to the notion of Risk Margin, RM, in Solvency 2. However, their definition differs: the RA adjusts the liabilities to take into account the non-financial risks relating to groups of contracts.

The PVFCF and the RA represent the Fulfilment Cash Flows, FCF, of the group of contracts. These two aggregates of the standard identify the profitability or otherwise of the contract group at initial recognition.

If the group is profitable, a Contractual Service Margin (CSM) is established. This concept is the important new feature introduced by IFRS 17: it represents the unearned and estimated profit of the group of contracts and is intended to smooth the result over time in line with the service provided.

If the group of contracts is onerous at initial recognition, a Loss Component (LC) is established and is directly recognized in profit or loss. The LC is the counterpart of the CSM and follows the same logic of release. However, unlike the CSM, the LC is not recognized in the balance sheet. It is therefore clear that the definition of the granularity of groups of contracts is a crucial issue for insurers.

For subsequent accounting, a movement analysis is performed for the three IFRS 17 aggregates, in order to constitute the IFRS 17 result.

The movement analysis for PVFCF and CSM can be represented as follows in Figures 0.1 and 0.2:

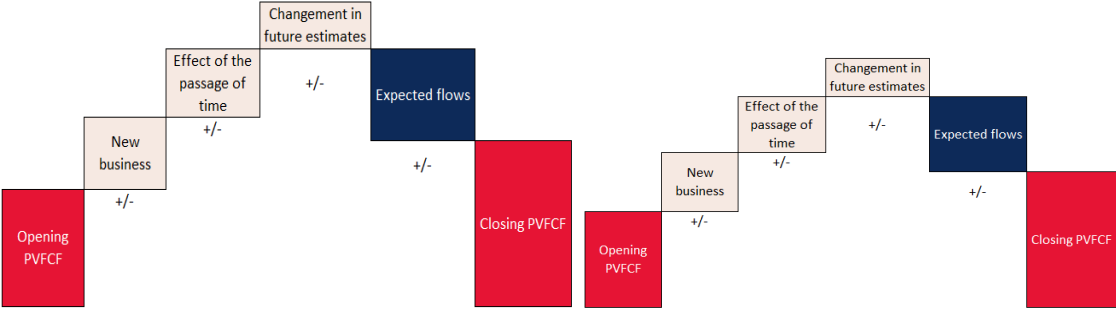


Figure 0.1 - PVFCF flow analysis

Figure 0.1 - CSM flow analysis

One of the issues in assessing the PVFCF is the discount rate curve. The RA flow analysis can be represented in a similar way to the PVFCF.

**The IFRS 17 yield curve:**

IFRS 17 does not require a single yield curve for discounting insurance liabilities. However, the discount rate curve is measured at the initial recognition date and at subsequent recognitions of the group of contracts being measured according to principles set out in the standard:

- they reflect "the time value of money, cash flow characteristics and liquidity characteristics of insurance contracts" ;
- they are “consistent with observable current market prices for financial instruments whose cash flows have characteristics that match those of insurance contracts [...]”;
- and exclude “the effect of factors that affect those observable market prices but not the future cash flows of insurance contracts.” (IFRS17.36)

There are two possible approaches to measuring the yield curve, as shown in Figure 0.3 :

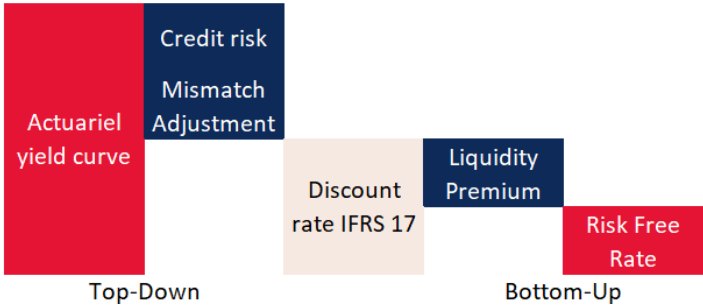


Figure 0.3 - Approach to assessing IFRS 17 discount rates

This brief proposes to calibrate the discount rate curve for insurance liabilities using the bottom-up approach and two calibration methods: Vasicek and Hull & White.

The Hull & White and Vasicek risk-free rate calculation methods are calibrated in the following steps:

- Recovery of the prices of French Treasury Bonds ;
- Minimization of the squared error between the market price and the modelled price ;
- Evaluation of the risk-free rate curve for the calculation of the liquidity premium of a given asset portfolio.

A liquidity premium is added to the calculation of risk-free rates. In the framework of the study, a portfolio of assets of a life insurance company (Savings - Retirement) is used to calibrate the liquidity premium and the yield curve. The liquidity premium represents the ease and speed with which the asset can be converted into money. The assessment of this premium has been the subject of a Task Force conducted by EIOPA. To assess the liquidity premium, the liquidity premium of the asset is first calculated, and then a proxy is made between the liquidity premium of the asset and the liability.

Several methods are proposed by EIOPA for the asset liquidity premium:

- Credit Default Swap Negative-Basis Method, the liquidity premium is the difference between a Swap and a Credit Default Swap ;
- Covered Bond Method, the liquidity premium is the difference between a Swap and a Covered Bond ;
- Structural Model Method, the liquidity premium is the difference between the theoretical value and the real value of the Credit Spread ;
- "Proxy" method, the liquidity premium is the difference between the spread and the credit risk.

In the context of the study, the "proxy" method used to value the liquidity premium. The calculation is similar to the method for calculating the Volatility Adjustment under Solvency 2. The "proxy" method makes it possible to evaluate the liquidity premium of the asset according to the following steps:

- Spread calculation ;
- Calculation of the credit risk ;
- Calculation of the asset liquidity premium.

Once the asset liquidity premium has been established, the liability liquidity premium is calculated using the following formula:

$$LP_{liability} = F(T) \times G(i) \times LP_{asset}$$

$$\text{With : } F(T) = \begin{cases} 1 & \text{si } 0 \leq T < N - 5 \\ \frac{(N-T)}{5} & \text{si } N - 5 \leq T \leq N \\ 0 & \text{si } T > N \end{cases}$$

$G(i)$  represents the integration average of the portfolio liquidity premium and  $N$  the Last Liquid Point.

Finally, the liability liquidity premium is added to the risk-free yield curves to obtain the IFRS 17 yield curve, according to the two yield calibration methods, presented in Figure 0.4.

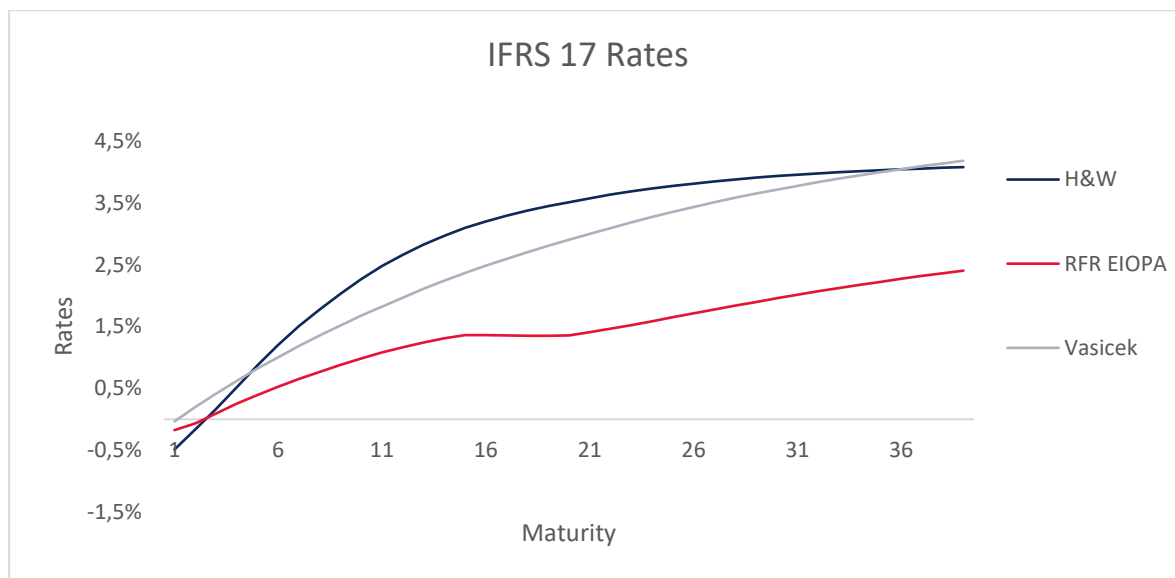


Figure 0.4 - Calibrated H&W and Vasicek yield curve and EIOPA

For illustrative purposes, the EIOPA rate curve is presented to better appreciate the impact of the calibration method used. The EIOPA curve is intended to be conservative and is calibrated to the price of swaptions. The main difference between the curves constructed is that the H&W curve is calibrated to the market forward curve.

#### Projection of IFRS 17 results in a central scenario:

In addition to the calibration of the yield curve according to two Bottom-Up methods, an analysis of the IFRS 17 aggregates and results is carried out with regard to the calibrated models, as the yield curve has a direct impact on the valuation and evolution of these IFRS 17 elements. The aim is to highlight the issues underlying the creation of this yield curve. The concepts discussed above are applied within the framework of the financial accounting model: the Variable Fee Approach, neglecting the LIC component in retirement savings. The benchmarking analyses are based on the following yield curves valued as at 31/12/2017:

- Vasicek ;
- Hull & White ;
- EIOPA ;
- EIOPA - 0.75%.

As the Vasicek, H&W and EIOPA rate curves do not impact the constitution or not of a loss component, the EIOPA curve is decreased over all projection years by 0.75%. The objective is only to modulate the conclusions obtained in the context of a CSM.

To do this, the anonymous life insurer projected its future flows on a group of multi-support contracts in line with IFRS 17 requirements. The portfolio of underlying assets used for rate calibration and opposite the group of contracts studied are identified as the underlying elements of the unit of measurement.

The anonymized data is fed into a tool for presenting the movement analysis and the IFRS 17 result according to the different calibrated rate curves. The IFRS 17 results and aggregates of this group of contracts are projected over 40 years according to a central scenario. The projections and projection assumptions are not reviewed, and the portfolio flows naturally. In particular, the underlying assets evolve from the payments and receipts of the period and from the same financial output for all scenarios.



The main observations of this paper are :

- The discount rate curve is a set of communicating vessels between CSM and PVFCF/RA at initial recognition ;
- The discount rate curve calibration method impacts the timing of IFRS 17 profit or loss recognition but does not change the cumulative profit or loss at the end of the contract coverage period. This observation is unchanged if a loss component is established at initial recognition.

Figure 0.5 shows the cumulative net result by yield curve over the entire projection.

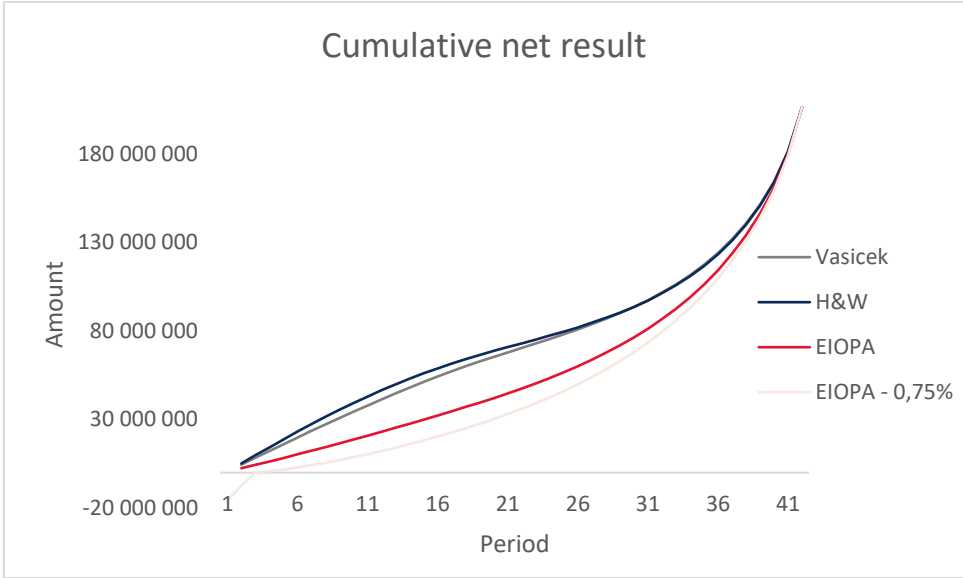


Figure 0.5 - Cumulative net results by calibrated yield curve

Depending on the calibration of the discount rates the group of contracts may become onerous but the net result at the end of the hedging period remains the same. Indeed, the change in the fair value of the underlying assets accruing to the entity adjusts the MSA and allows the result to be rebalanced between the different discount rate curves.

In addition to the analyses, scenarios involving experience variances, changes in assumptions or the inclusion of new business can be conducted to supplement the conclusions.

## Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Soraya CHEBAK, ma manager au sein du cabinet Seabird pour son aide précieuse et son investissement tout au long de ce mémoire. De plus, j'adresse également mes remerciements à Yahia SALHI, mon tuteur universitaire qui a su se rendre disponible pour être un atout supplémentaire sur ce sujet.

Je souhaite aussi remercier l'ensemble du personnel, les différents managers pour leur confiance au quotidien, ainsi que tous les consultants de Seabird.

Et enfin, j'aimerais également remercier plus particulièrement mes proches qui m'ont accompagné tout au long de mon parcours jusqu'à ce jour.

## Introduction

L'*International Accounting Standards Board* (IASB) est un organisme privé et indépendant qui a pour objectif d'élaborer les normes comptables internationales IFRS (*International Financial Reporting Standards*), de promouvoir celles-ci à l'échelle du monde, et d'aider à leur mise en œuvre à l'aide d'interprétations. L'IASB est sous l'autorité de la Fondation IFRS anciennement l'*International Accounting Standards Committee Foundation*.

L'assurance a la particularité de présenter un cycle de production inverse contrairement aux entreprises hors secteur assurantiel. L'IASB consacre aux entités d'assurance, et à la comptabilisation de leur passif, la norme IFRS 4 (norme transitoire vers IFRS 17) puis la norme IFRS 17. En effet la norme IFRS 4 est incomplète : elle autorise à chaque pays l'application de ses propres règles de valorisation actuelle des provisions techniques, à condition que ces dernières soient suffisantes pour couvrir les engagements de l'assureur. L'entrée en vigueur de la norme IFRS 17 est prévue pour le 1<sup>er</sup> janvier 2023 avec une date de mise en œuvre initialement prévue au 1<sup>er</sup> janvier 2021. Ce retard souligne de manière concrète la complexité du sujet.

La nouveauté de la norme IFRS 17 concerne un nouvel élément du passif d'assurance : la Marge sur Services Contractuels, ou *Contractual Service Margin* (CSM). Elle représente le profit non encore acquis de l'assureur qui est amorti tout au long de la durée des contrats d'assurance. L'évaluation et l'évolution de la CSM dépendent de différents éléments dont notamment les unités de couverture (*Coverage Units*) et les taux d'actualisation. La norme IFRS 17 exige que ces taux d'actualisation **reflètent le passage du temps sur la valeur de la monnaie et le risque financier**. La valorisation du passif doit tenir compte de ce taux. Pour ce faire deux méthodes sont présentées pour le calcul des taux d'actualisation : la méthode ascendante dite *Bottom-up* et la méthode descendante dite *Top-down*.

Ce mémoire se focalise sur les caractéristiques de la méthode *Bottom-Up*, sa mise en application et ses impacts sur les états financiers IFRS 17. Dans le cadre de la mise en œuvre de cette méthode, la courbe des taux sans risque est estimée dans un premier temps. Pour ce faire, différentes méthodes de calibrage des taux sont mises en œuvre afin de sélectionner la mieux adaptée au marché.

Dans un second temps, la méthode *Bottom-up* intègre, en complément des taux sans risque, l'estimation de la prime de liquidité. Ce mémoire s'intéresse également à la calibration de cette prime.

Une fois ces deux éléments obtenus (taux sans risque et prime de liquidité) selon les différentes méthodes de calculs, des projections sont effectuées pour évaluer les impacts sur le passif et le résultat d'assurance IFRS 17.

La problématique générale est donc d'apprécier l'impact sur les passifs d'assurance selon le calibrage de la courbe des taux en méthode *Bottom-up* sous IFRS 17.

# PARTIE 1 : Les principes de la norme IFRS 17

La fondation IFRS a publié la norme « IFRS 17 *Insurance Contracts* » après trois consultations publiques en 2007, 2010 et 2013. Cette norme devrait entrer en vigueur pour le 1<sup>er</sup> janvier 2023. Pour mettre en place IFRS 17 il faut que les normes IFRS 9 Instruments financiers et IFRS 15 Produits d'activités ordinaires tirés des contrats conclus avec des clients soient appliquées. La norme IFRS 9 permet d'évaluer les instruments financiers à l'actif et au passif. Ces derniers sont comptabilisés en valeur de marché pour ce mémoire.

## 1.1 Les objectifs de la norme

IFRS 4, la norme transitoire vers IFRS 17 laisse une certaine liberté sur la comptabilisation. Ce long processus a pour but d'homogénéiser, de structurer et de remédier à celle-ci. IFRS 17 est une norme comptable et financière qui développe de nouvelles règles de calculs, de comptabilisations. L'objectif est d'homogénéiser les comptabilisations à l'échelle internationale des contrats d'assurance.

La norme IFRS 17 se veut être plus transparente pour les investisseurs. La norme revoit la présentation des résultats des assurances en distinguant les sources de marges (résultat d'assurance, résultat financier...).

Enfin IFRS 17 a pour but de faire une comparaison avec les autres activités économiques. Effectivement les produits d'assurance ont un cycle de production inverse à tous les autres secteurs.

*Exemple* : Dans le cadre d'une assurance automobile, l'assuré paie sa prime d'assurance avant la survenance ou non du sinistre. Sur des produits non assurantiels, le paiement intervient habituellement après service rendu. De ce fait, il est compliqué pour les investisseurs d'appréhender la valeur d'une assurance. Les primes reçues sont au résultat d'assurance avant même que le sinistre soit reconnu.

Pour aider à la compréhension de cette norme l'IASB a publié « *Basis for conclusions IFRS 17* » et « *Illustrative Examples IFRS 17* ».

Dans la première partie, les *Illustrative Example 2* et *Illustrative Example 9* sont analysés en détail pour expliquer au mieux cette norme et les différents mécanismes comptables mis en place.

## 1.2 Le champ d'application de la norme

Le paragraphe 3 d'IFRS 17 décrit les champs d'application de la norme.

La norme définit les contrats d'assurance dans son annexe A. Un contrat d'assurance est un « *contrat selon lequel une partie (l'assureur) prend en charge un risque d'assurance important pour une autre partie (l'assuré) en convenant d'indemniser l'assuré si un événement futur incertain spécifié porte préjudice à l'assuré* » (IFRS17.A)

Ainsi les contrats pour lesquels IFRS 17 sera appliquée sont les contrats suivants :

- Les contrats d'investissement avec participation discrétionnaire si l'entité émet des contrats d'assurance. Ce contrat est défini dans l'annexe A comme « *un instrument financier qui confère à un investisseur le droit contractuel de recevoir, en supplément d'une somme qui n'est pas à la discrétion de l'émetteur, des sommes additionnelles qui réunissent les caractéristiques suivantes :*
  - (a) *Elles sont susceptibles de représenter une part importante du total des prestations prévues au contrat ;*
  - (b) *Leur échéancier ou leur montant sont contractuellement laissés à la discrétion de l'émetteur ;**France Elles sont contractuellement fondées sur l'une ou l'autre des bases suivantes :*

- (i) Les rendements tirés d'un ensemble défini de contrats ou d'un type de contrats,
- (ii) Les rendements d'investissement réalisés et/ou latents d'un ensemble défini d'actifs détenus par l'émetteur,
- (iii) Le résultat de l'entité ou du fonds qui émet le contrat.» (IFRS17.A).

- Les contrats d'assurance avec une composante de biens et services et/ou une composante d'investissement en lien avec une composante d'assurance. La composante d'investissement est définie comme « les sommes que l'entité est tenue de rembourser au titulaire en vertu d'un contrat d'assurance, même si l'événement assuré ne se produit pas » (IFRS17.A). Si ces composantes ne sont pas liées à une composante d'assurance alors elles seront comptabilisées à l'aide d'autres normes IFRS telles que IFRS 15 pour les composantes de biens et services et IFRS 9 pour la composante d'investissement.

Les différents champs d'applications sont présentés dans le tableau suivant :

Composante	Normes
Composante d'assurance	IFRS 17
Composante de bien et service non distincte de la composante d'assurance	IFRS 17
Composante de bien et service distincte de la composante d'assurance	IFRS 15
Composante d'investissement non distincte de la composante d'assurance	IFRS 17 exclu du revenu des contrats d'assurance
Composante d'investissement distincte de la composante d'assurance	IAS 39/IFRS 9

Figure 1.1 – Les types de contrats sous IFRS 17

Après avoir identifié les contrats qui entrent dans le champ d'application de la norme, ces contrats sont regroupés en unité de mesure.

### 1.3 Les niveaux d'agrégation des contrats d'assurance – unité de mesure

Les contrats d'assurance concernés par IFRS 17 sont regroupés dès la comptabilisation initiale selon une maille de calcul fine. L'*International Accounting Standards Board* (IASB) exige la granularité suivante :

#### Risque x Cohorte x Profitabilité

- **Risque** : Selon le paragraphe 14 IFRS 17, « L'entité doit identifier les portefeuilles de contrats d'assurance. Un portefeuille est constitué de contrats d'assurance qui comportent des risques similaires et sont gérés ensemble » (IFRS17.14). Dès la définition des portefeuilles de contrat d'assurance, une première maille se crée en regroupant les contrats d'assurance ayant des risques similaires et gérés ensemble.

*Exemple* : Une assurance automobile et une assurance multirisque habitation vont appartenir à deux portefeuilles différents étant donné qu'ils assurent des risques différents. L'entité va gérer les contrats séparément.

- **Cohorte** : Au paragraphe 22 IFRS 17, « L'entité ne doit pas classer dans un même groupe des contrats émis à plus d'un an d'intervalle » (IFRS17.22). L'idée sous-jacente est que l'assureur ne peut mettre deux contrats de même risque souscrits à plus de douze mois d'intervalle dans un même portefeuille.

Exemple : Une assurance automobile souscrite le 1<sup>er</sup> janvier 2018 est dans un autre groupe de contrats qu'une assurance automobile souscrite le 1<sup>er</sup> janvier 2019.

- **Profitabilité** : Au paragraphe 16 IFRS 17, une entité doit regrouper les contrats selon :
  - « *Les contrats qui, au moment de la comptabilisation initiale, sont déficitaires, s'il existe de tels contrats* » (IFRS17.16). Cela se traduit par la comptabilisation d'une perte et la constitution d'une composante de perte (*Loss Component*). Ce point est détaillé dans la suite. La *Contractual Service Margin* est nulle ;
  - « *Les contrats qui, au moment de la comptabilisation initiale, n'ont pas de possibilité importante de devenir déficitaires par la suite, s'il existe de tels contrats* » (IFRS17.16). Ces contrats sont profitables pour l'assurance ;
  - « *Les autres contrats du portefeuille, s'il existe de tels contrats* » (IFRS17.16). Les autres contrats du portefeuille sont les contrats qui sont profitables à la comptabilisation initiale et qui ont une probabilité importante de devenir onéreux dans le temps.

Ainsi les groupes de contrats doivent être suffisamment précis pour identifier au mieux les pertes sur des contrats onéreux. Néanmoins des questions se posent sur la finesse de la granularité attendue pouvant générer une importante volumétrie des données et donc une augmentation du temps de traitement.

L'exemple explicatif est présenté dans la figure suivante afin de mieux appréhender le concept présenté.

Exemple d'une assurance automobile :

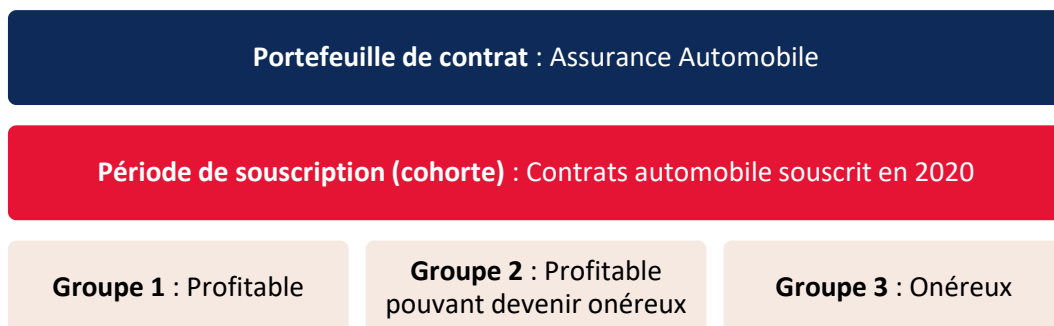


Figure 1.2 – Groupes de contrats sous IFRS 17

À noter : En France, cette maille pose un problème sur le sujet de la mutualisation du périmètre épargne dans un contexte de taux bas. Le *carve-out* voté le 16 juillet 2021 par l'*Accounting Regulatory Committee* sur les cohortes annuelles sur certains contrats participatifs permet de ne plus regrouper les contrats par cohortes de souscription.

#### 1.4 La date de première comptabilisation

La première comptabilisation d'un groupe de contrats est importante pour déterminer la profitabilité et la génération de celui-ci.

La date de comptabilisation est la date à partir de laquelle le contrat est comptabilisé dans le portefeuille de l'assureur France de la norme IFRS 17.

Selon le paragraphe 25 IFRS 17, il existe trois dates possibles :

- « La date du début de la période de la couverture du groupe de contrats » (IFRS17.25). La période de couverture est définie comme le début de la période pendant laquelle l'assurance peut fournir des services en fonction des primes ;
- « La date à laquelle le premier paiement d'un titulaire de contrat d'assurance du groupe devient exigible » (IFRS17.25). Il s'agit du premier versement du détenteur de la police vers l'assureur ;
- « Dans le cas d'un groupe de contrats déficitaires, la date à laquelle le groupe devient déficitaire » (IFRS17.25).

Une figure est présentée pour visualiser au mieux les différentes dates.

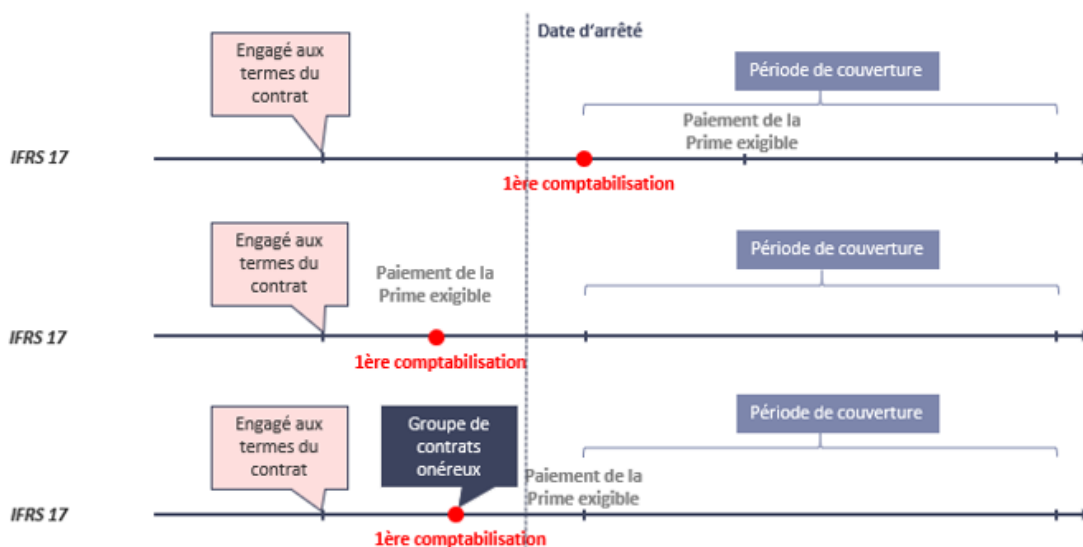


Figure 1.3 – Date de la première comptabilisation

### 1.5 Les différents modèles de comptabilisation

Pour comptabiliser les contrats pour la première fois et sur les années ultérieures, il existe différents modèles de comptabilisation selon le type de contrats. Le passif d'assurance est évalué en fonction du modèle retenu.

Le passif d'assurance est constitué de deux éléments distincts :

- Le passif au titre de la couverture restante ou *Liability for remaining coverage (LRC)* ;
- Le passif au titre des sinistres survenus ou *Liability for incurred claims (LIC)*.

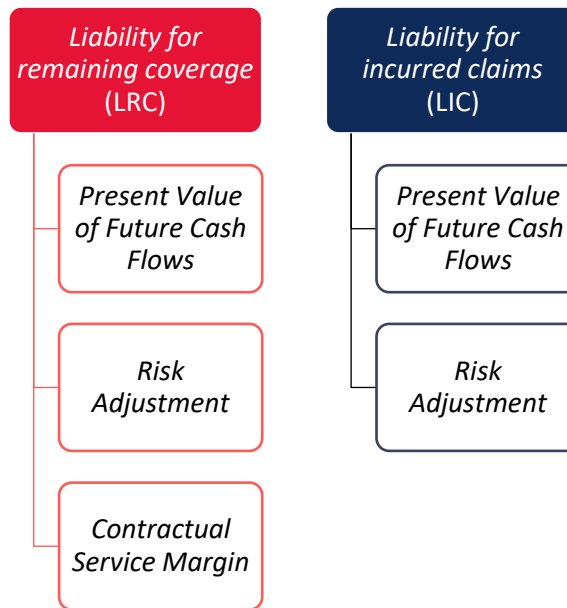


Figure 1.4 – LIC et LRC

Le paragraphe 40 IFRS 17 définit la valeur comptable d'un groupe de contrats d'assurance comme étant la somme du *Liability for remaining coverage* et du *Liability for incurred claims*.

Le *Liability for remaining coverage* est l'obligation d'une entité d'enquêter et de payer les réclamations valides en vertu des contrats d'assurance existants pour des événements assurés qui ne se sont pas encore produits. Le LRC représente les flux futurs identifiables sur la période pour la couverture restante.

Le passif au titre de la couverture restante, est selon la norme constitué de deux éléments :

- Les *Fulfilment Cash Flows (FCF)* liés aux services futurs, c'est-à-dire la *Present Value of Future Cash Flows (PVFCF)* et le *Risk Adjustment (RA)* liés aux services futurs. Ils représentent la valeur actuelle attendue des sorties de trésoreries futures moins la valeur actuelle attendue des entrées de trésorerie futures en prenant en compte un ajustement pour les risques d'assurance ;
- La marge sur services contractuels ou *Contractual Service Margin (CSM)*.

Ces notions sont explicitées dans la partie 1.6.1 du mémoire.

Le *Liability for incurred claims* est l'obligation d'une entité d'enquêter et de payer les réclamations valides pour des événements assurés qui se sont déjà produits y compris les événements qui se sont produits mais pour lesquels les réclamations n'ont pas été déclarées, et les autres dépenses d'assurance encourues.

Le passif au titre des sinistres survenus est seulement composé des *Fulfilment Cash Flows* liés aux services passés : soit seuls la *Present Value of Future Cash Flows* et le *Risk Adjustment* liés aux services passés.

*Exemple simplifié* : Une assurance automobile sur 5 ans ne présente pas de sinistre déclaré au début de la période de couverture. Un montant de sinistre de 200 euros est estimé sur la période : il constitue le LRC. Puis au cours de la troisième année, un sinistre est déclaré et estimé à 200 euros, remboursé au cours de la quatrième année : un LIC de 200 est constitué à la survenance du sinistre.

Pour évaluer les éléments du passif d'assurance, la norme IFRS 17 définit trois modèles de comptabilisation, selon les caractéristiques des contrats, dans l'Annexe B (B96 à B114) et dans les paragraphes 44, 45, 53 et 59 de la norme.



### 1.5.1 Modèle *Building Block Approach*

Le modèle général *Building Block Approach* (BBA) est applicable aux contrats d'assurance sans participation directe.

Au moment de la reconnaissance du contrat d'assurance, la *Contractual Service Margin* est évaluée comme la différence entre la prime initiale du contrat et la somme de la *Present Value Fulfilment Cash Flows* et du *Risk Adjustment*.

La figure suivante présente cette répartition :

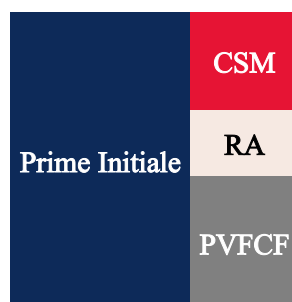


Figure 1.5 – Répartition des blocks

Le *Liability for remaining coverage* est relâché au fur et à mesure de la prestation du service d'assurance, en contrepartie de l'émergence du revenu d'assurance et potentiellement du *Liability for incurred claims* pour les sinistres survenus.

Le relâchement du LRC se traduit par :

- Une diminution de la *Present Value Fulfilment Cash Flows* à la suite des charges de prestations et frais estimés au titre de la période ;
- Une reprise du *Risk Adjustment* ;
- Un amortissement de la *Contractual Service Margin*.

Pour le modèle général la variation des hypothèses techniques sur la valeur du LRC impacte la CSM alors que la variation des hypothèses financières impacte le résultat financier d'assurance. Cette variation est la conséquence de la variation des taux d'actualisation.

Pour mieux appréhender ce concept un exemple simple est proposé.

Exemple 2 BBA (Illustrative Example 2) : Mesure ultérieure

L'exemple 2 pose les hypothèses suivantes :

Hypothèses	
Durée	3 ans
Nombre de contrats	100
Prime	9
Taux d'actualisation	5%
Prestations annuelles	200*
RA**	120

Tables 1.3 – Hypothèse de l'illustrative Exemple 2

(\*) Les prestations dues aux sinistres sont de 200 par an. Elles sont payées immédiatement pour éliminer la notion de LIC

(\*\*) Le RA est amorti linéairement, et les charges financières sur le RA sont nulles.

L'objectif de cet exemple est de comprendre la comptabilisation des portefeuilles selon le modèle BBA.

C'est une présentation pour mieux appréhender le sujet de :

- *Present Value of Future Cash Flows* ;
- *Contractual Service Margin* ;
- *Risk Adjustment* dans le modèle BBA.
- 

	Année 1	Année 2	Année 3
Nombre de contrat en début de période	100	100	100
Prime	900	0	0
Prestations	-200	-200	-200

Tables 1.4 – Projection des contrats sur trois ans

En BBA, la valeur de marché de l'actif ne rentre pas en compte dans le déroulement du contrat. Une approche plus classique est proposée pour les contrats comptabilisés en BBA.

### 1.5.2 Modèle *Variable Fee Approach*

Le modèle VFA, *Variable Fee Approach*, est applicable aux contrats d'assurance et contrats d'investissement avec participation directe. Ces contrats dépendent de l'évolution de l'actif général.

Un contrat avec participation directe aux bénéfices est défini dans l'Annexe A de la norme comme étant un contrat où le détenteur de la police « *a droit à une part d'un portefeuille d'éléments sous-jacents clairement défini participe à un sous-jacent* » (IFRS17.A) identifié et une « *part substantielle du rendement* » de ce portefeuille. En substance, l'assureur verse à l'assuré une part de la variation de la juste valeur des éléments sous-jacents.

Un enjeu du modèle VFA est d'identifier les éléments sous-jacents associés au groupe de contrats évalué. Ils peuvent être de tout ordre : « *actifs de référence, actifs nets de l'entité, ou sous-ensemble spécifié de l'actif net* » (IFRS17.A)

Le modèle VFA est adapté aux contrats à dominante financière. Sa particularité est la reconnaissance au résultat d'assurance, et non au résultat financier, des marges financières de l'assureur et changements financiers dans les estimations futures.

En effet, ces éléments impactent la *Contractual Service Margin* et donc le résultat d'assurance via le mécanisme d'amortissement de la CSM sur la durée du contrat.

*Exemple 1 VFA (issu de l'Illustrative Example 9): Mesure lors de la comptabilisation initiale et ultérieure des groupes de contrats avec participation directe aux bénéfices*

L'exemple 9 pose les hypothèses présentées dans la table 1.5.

L'objectif de cet exemple est de comprendre la particularité des portefeuilles comptabilisés selon le modèle VFA.

Pour ce faire, l'évolution du solde des comptes des assurés est établie, afin de mieux appréhender les notions de *Present Value of Future Cash Flows*, *Contractual Service Margin* et *Risk Adjustment* dans le modèle VFA.

Hypothèses	
Durée	3 ans
Nombre de contrats	100
Prime unique	150
Taux d'actualisation *	10%
RA **	25
Garantie plancher***	170
Chargements annuels	2%
Rendement des actifs sous-jacents****	10%
Mortalité	1 par an

Table 1.5 – Hypothèse de l'Illustrative Exemple 9

(\*) Le taux d'actualisation est de 6% dans l' *Illustrative Exemple 9*.

(\*\*) La chronique d'amortissement du RA est supposée, admise et de 12 en première année, 8 en deuxième année et 5 en troisième année.

(\*\*\*) Si l'assuré décède dans les 3 ans de couverture, il reçoit 170€ si son solde est inférieur à ce montant sinon il reçoit le montant de son solde des comptes des assurés.

(\*\*\*\*) Le rendement des actifs sous-jacents est de 10% pour les 3 années or dans l' *Illustrative Exemple 9* le rendement passe à 8% en année 2.

Le tableau suivant présente l'évolution du solde des comptes des assurés sur 3 exercices.

	Année 1	Année 2	Année 3
Nombre de contrats en début de période	100	99	98
Augmentation de la valeur des marchés des actifs	10%	10%	10%
Solde d'ouverture	0	16 000	17 074
Prime	15 000 (i)	0	0
Variation de la juste valeur	1 500 (ii)	1 600	1 707
Chargements annuels	-330 (iii)	-352	-376
Prestations décès	-170 (iv)	-174	-188
Remboursement	0	0	-18 218
Solde de clôture	16 000	17 074	0

Table 1.6 – Evolution du solde des comptes des assurés

En année 1 :

(i) Prime :  $150 \times 100 = 15\,000$

(ii) Variation de la juste valeur :  $15\,000 \times 10\% = 1\,500$ .

L'hypothèse choisie est que l'assureur reverse 100% de la fair value à l'assuré. L'obligation réglementaire du code des assurances est que l'assureur reverse au minimum 85% au titre de la participation aux bénéfices réglementaire.

(iii) Chargements annuels :  $-2\% \times (15\,000 + 1\,500) = -330$

(iv) Prestations décès :  $-\max(170; \frac{15\,000 + 1\,500 - 330}{100}) = -170$

Le solde de clôture est égal à la somme de tous ces éléments. Les mêmes calculs sont effectués pour les années 2 et 3.

Cet exemple illustre la prise en compte de l'évolution de la variation de la juste valeur dans les prestations.

### 1.5.3 Modèle *Premium Allocation Approach*

Le dernier modèle est le modèle de répartition des primes ou *Premium Allocation Approach* (PAA). Le modèle PAA est applicable aux contrats d'assurances sans participation directe aux bénéficiaires si une des deux conditions suivantes est vérifiée (IFRS17.53) :

- Les contrats couvrent une période inférieure à un an ;
- Le résultat de cette méthode n'est pas significativement différent du résultat obtenu selon le modèle *Building Block Approach*.

Il s'agit d'une simplification du modèle général *Building Block Approach*.

La période de couverture de chacun des contrats du groupe, ce qui englobe la couverture découlant de toutes les primes comprises dans le périmètre du contrat à cette date, n'excède pas un an.

Le *Liability for Remaining Coverage* est remplacé par la notion de primes non acquises, *unearned premium*, calculée comme la prime reçue moins les frais d'acquisition. Le revenu d'assurance est composé uniquement du relâchement de l'*Unearned premium*.

La reconnaissance en résultat se fait au prorata temporis ou selon la fréquence des sinistres si celle-ci est différente.

Pour les contrats onéreux comptabilisés sous PAA, la norme exige d'évaluer la différence entre le *Liability for remaining coverage* du modèle *Premium Allocation Approach* et celui du modèle *Building Block approach*. Si ce montant est négatif alors la différence est enregistrée en perte de résultat et majorée par le *Liability for Remaining Coverage* du *Premium Allocation Approach*.

## 1.6 Les flux de trésorerie d'exécution (FCF-*Fulfilment Cash Flows*)

À la comptabilisation initiale l'entité doit évaluer le groupe de contrats comme la valeur actuelle des flux de trésorerie d'exécution futurs ajustés pour prendre en compte les risques non financiers (RA) et de la marge sur services contractuels.

### 1.6.1 *Present Value of Future Cash Flows – Estimates of future cash flows*

La valeur actuelle probable des flux de trésorerie futurs, *Present Value of Future Cash Flows* (PVFCF), implique d'évaluer les flux futurs estimés sur les contrats.

La *Present Value of Future Cash Flows* représente les engagements techniques correspondant au scénario moyen des flux de trésoreries attendus. D'après le paragraphe 33, les 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 du marché observables pour ces variables ;
- (c) Être à jour – les estimations doivent refléter les conditions existantes 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. »*  
(IFRS17.33)

La PVFCF est calculée comme suit :

$$PVFCF = \sum_i^N \frac{\text{Flux futurs d'exécution}_i}{(1 + r_i)^i}$$

Par ailleurs, d'après le paragraphe 36, ces estimations de flux de trésorerie « *doivent être ajustées afin de refléter la valeur temps de l'argent et les risques financiers liés à ces flux de trésorerie, dans la mesure où ces risques n'ont pas été pris en compte dans les estimations de flux de trésorerie.* » (IFRS17.36)

Le calcul de la PVFCF sous IFRS 17 est assimilable au calcul du *Best Estimate* sous Solvabilité 2. Ainsi les travaux peuvent être repris avec quelques particularités. Ces dernières sont présentées dans la table suivante.

	BE en Solvabilité 2	PVFCF en IFRS 17
Actualisation	Courbe des taux publiée par l'EIOPA	Bottom-Up ou Top-Down
Frais	Prise en compte de l'intégralité des frais	Prise en compte des frais attribuables – rattachables aux contrats et les frais d'acquisition
Frontière des contrats	Date d'engagement	Date de début de la garantie pour les contrats non onéreux, ou au premier paiement.

Table 1.7 – Les différences entre le BE de Solvabilité 2 et la PVFCF d'IFRS 17.

La méthode de calcul du *Best Estimate* est développée par l'Autorité Européenne des Assurances et des Pensions Professionnelles (AEAPP ou EIOPA). Cette dernière est une institution de régulation financière de l'Union européenne. Cette autorité a pour missions de protéger l'intérêt public en contribuant à la stabilité et à l'efficacité du système financier. Pour cela elle promeut un cadre réglementaire et une surveillance cohérente afin de protéger les droits des assurés, des membres des régimes de retraite et des bénéficiaires. Elle contribue à la confiance du public dans les secteurs de l'assurances et des pensions professionnelles de l'Union Européenne. L'EIOPA est un organe consultatif indépendant de la Commission européenne, du Parlement européen et du Conseil de l'Union européenne qui accomplit des tâches juridiques, techniques ou scientifiques spécifiques et fournit des conseils fondés sur des données probantes afin de contribuer à l'élaboration de politiques et de lois aux niveaux européen et national.

Pour les contrats d'assurance avec participations directes le montant du *Present Value of Future Cash Flows* à la fin de la période est égal à la somme des éléments suivants :

- Le *Present Value of Future Cash Flows* de début de période (PVFCF d'ouverture) ;
- Les effets des nouveaux contrats ajoutés au groupe (Effets des nouveaux contrats) ;
- L'effet du passage du temps ; (Effet du passage du temps) ;
- Les changements dans les estimations ( Changements dans les estimations) ;
- Les flux attribuables aux contrats et attendus sur l'année : les sinistres, les primes, les autres dépenses liés aux services d'assurance. (Flux attendus)

En fonction du portefeuille étudié les éléments susmentionnés sont positifs ou négatifs.

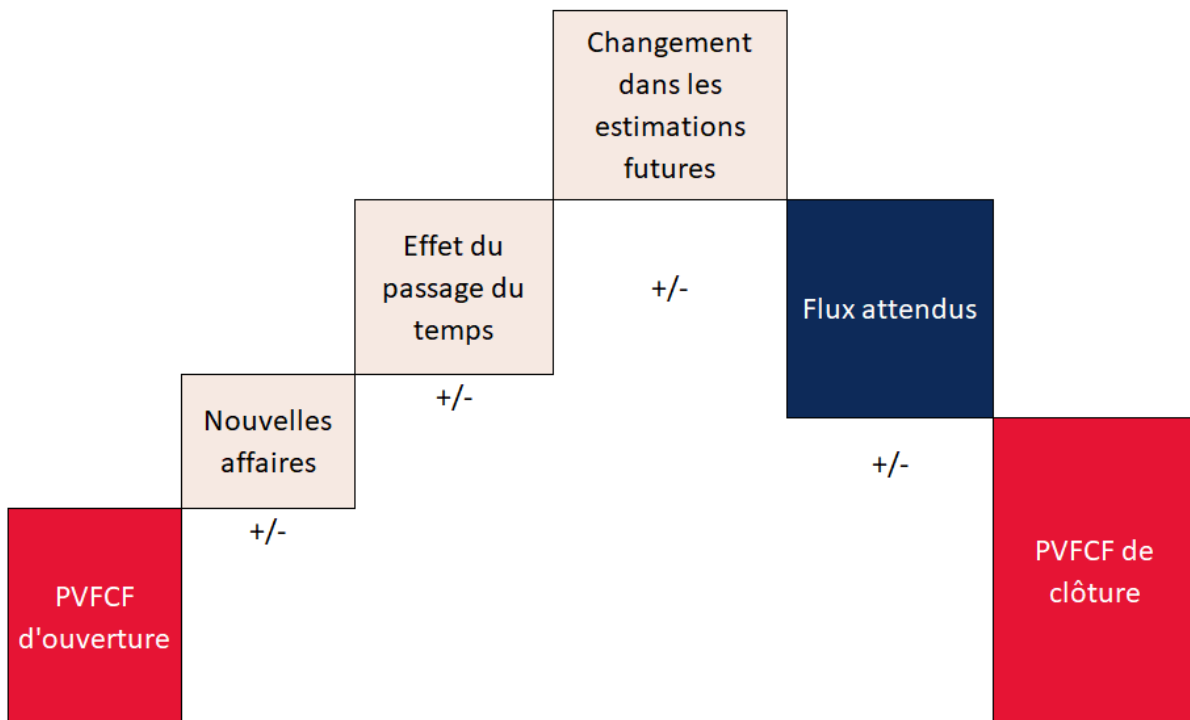


Figure 1.6 – Analyse de mouvement de la PVFCF

#### 1.6.1.1 Flux de trésorerie

Les flux de trésorerie représentent les flux entrants et sortants, cela peut être par exemple les primes que les assurés payent, les prestations que l'assureur paye à l'assuré s'il y'a occurrence d'un sinistre ou toutes sortes de frais. Ces flux doivent être inclus dans le périmètre de chacun des contrats. L'estimation de ces flux intègre l'ensemble des informations permettant d'obtenir le montant, l'échéance et l'incertitude des flux de trésorerie futurs à travers l'estimation de l'espérance mathématique. Ces flux sont par ailleurs actualisés afin de refléter la valeur du temps.

#### 1.6.1.2. Taux d'actualisation

Le taux d'actualisation permet d'estimer la valeur future des flux de trésorerie. Ce taux reflète la valeur temps de l'argent et les risques financiers liés aux flux de trésorerie.

Les taux d'actualisation appliqués pour estimer les flux de trésorerie futurs doivent, selon le paragraphe 36 IFRS17, «*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 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 ; exclure l'effet des facteurs qui influent sur ces prix de marché observables, mais pas sur les flux de trésorerie futurs des contrats d'assurance.*». (IFRS17.36)

Il est important de bien modéliser ce taux car il influe sur la valeur des *Fulfilment Cash Flows* et de la *Present Value of Future Cash Flows* et du *Risk Adjustment*.

Les objectifs sont multiples :

1. L'évaluation les flux de trésorerie d'exécution, ;
2. L'ajustement de la *Contractual Service Margin* des contrats d'assurance sans participation directe (modèle BBA) ;
3. L'ajustement de la valeur comptable du passif au titre de la couverture restante des groupes de contrats auxquels est appliquée la méthode PAA.

Le manuel *Basics for conclusions on IFR 17* apporte des idées complémentaires au sujet des *cash flows* relatifs aux contrats d'assurance non-vie dont l'incertitude et les variabilités sont plus importantes que les contrats d'assurance vie. Les avantages de présenter une mesure actualisée des contrats d'assurance non-vie pourraient ne pas justifier les coûts de préparation de cette mesure.

Dans ce manuel, il est également proposé de séparer l'inflation des sinistres de l'effet du temps dont les effets sont susceptibles de s'annuler dans la plupart des cas. Selon la commission, cela permettrait de refléter un meilleur état financier. De plus d'après IFRS 17, les entités doivent décomptabiliser les *cash flows* qui utilisent le taux *market-consistent* reflétant les valeurs du temps, les caractéristiques des *cash flows* et la liquidité des contrats d'assurance.

La norme IFRS 17 n'impose pas une courbe des taux et propose deux méthodes pour modéliser ce taux :

- La première est la méthode *Top-Down* ou descendante. Celle-ci se fonde sur une courbe de taux qui tient compte des taux de rendement actuels du marché implicites à l'évaluation de la juste valeur d'un portefeuille d'actifs de référence. L'entité doit exclure les éléments absents des contrats d'assurance c'est-à-dire la prime des risques crédit, les ajustements par suite des écarts de duration et les facteurs qui ne permettent pas d'évaluer le passif d'assurance ;
- La seconde méthode *Bottom-up* ou ascendante se fonde sur la courbe des taux sans risque à laquelle est ajoutée la prime de liquidité. L'objectif de ce mémoire est d'étudier cette seconde méthode.

Ces deux approches peuvent conduire à l'obtention de courbes de taux différentes ce qui s'explique par les limites des ajustements spécifiques à ces deux méthodes.

Les deux approches sont présentées dans la figure suivante :

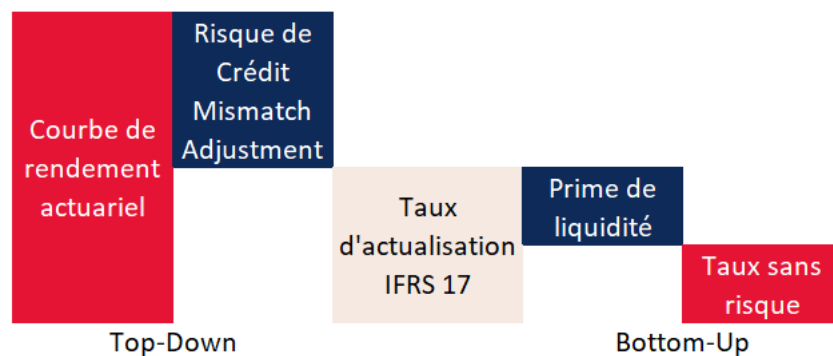


Figure 1.7 – Approche d'évaluation des taux d'actualisation IFRS 17

L'objectif de ce mémoire est d'analyser l'impact sur les résultats IFRS 17 avec la courbe des taux d'actualisation IFRS 17 calculée grâce à la méthode *Bottom-Up*.

Dans la suite de la partie, le calcul de la PVFCF est expliqué via les *Illustratives Example 2* et *9*.

*Exemple 2 BBA (Illustrative Example 2) : Mesure Ultime. Present Value of Future Cash Flows.*

Les hypothèses de l'exemple sont posées dans la Table 1.3. - Hypothèse de l'Illustrative Exemple 2

La variation de la PVFCF sur la période est analysée pour le modèle *Building Block Approach*.

Dans l'exemple 2, la PVFCF évolue comme suit : Les prestations attendues représentent les flux attendus. Il n'y a pas d'écart entre les flux anticipés et les flux réalisés. Pour simplifier l'exemple il n'y a pas de nouvelles affaires et il n'y a pas d'hypothèse sur le risque financier

L'effet du passage du temps représente les charges financières d'assurance.

L'analyse de la PVFCF pour le modèle BBA est proposée dans le tableau suivant :

	Année 1	Année 2	Année 3
<b>PVFCF Ouverture</b>	<b>545 (i)</b>	<b>372</b>	<b>191</b>
Effet du passage du temps	27 (ii)	19	10
Prestations attendues	-200	-200	-200
<b>PVFCF Clôture</b>	<b>372</b>	<b>191</b>	<b>0</b>

Table 1.8 – Analyse de mouvement de la PVFCF dans l’Illustrative Exemple 2

En année 1 :

- (i) PVFCF Ouverture :  $545 = \frac{200}{1 + 5\%} + \frac{200}{(1 + 5\%)^2} + \frac{200}{(1 + 5\%)^3}$   
(ii) Effet du passage du temps :  $27 = 545 \times 5\%$

Cette charge financière d’assurance correspond au passage du temps sur l’argent et va impacter directement le P&L.

Dans le modèle VFA, la PVFCF est représentée de la même façon mais ses évolutions sont comptabilisées différemment. La même réflexion est réalisée pour les contrats comptabilisés en VFA.

*Exemple 1 VFA (Illustrative Example 9): Mesure lors de la comptabilisation initiale et ultérieure des groupes de contrats avec participation directe aux bénéfices.* Calcul de la PVFCF.

Pour rappel les hypothèses sont présentées dans la Table 1.1 – Hypothèse de l’Illustrative Exemple 9.

Pour calculer le *Present Value of Future Cash Flows*, les *cash flows* futurs sont actualisés à date d’évaluation.

Le calcul de la PVFCF en année 0 est présentée dans le tableau suivant :

	Année 1	Année 2	Année 3	PVFCF
<b>Prestation décès</b>	170	174	188	-
<b>Remboursement</b>	-	-	18 218	-
<b>Cash Flows Actualisés*</b>	155	144	13 829	<b>14 127</b>

Table 1.9 – Calcul du *Present Value of Future Cash Flows*

(\*) Les Cash Flows Actualisés sont calculés comme la somme des prestations décès de l’année et le remboursement de l’année divisé par un plus le taux d’actualisation à la puissance du nombre de l’année. (Exemple :  $13\,829 = \frac{188 + 18\,218}{(1 + 10\%)^3}$ )

La *Present Value of Future Cash Flows* est égale à la somme des valeurs actuelles probables des prestations décès et du remboursement. Les calculs sont les mêmes pour les années 2 et 3.

La PVFCF en fin d’année 1 est égale à 15 370, et en fin d’année 2 égale à 16 732.

Dans l’exemple, la PVFCF évolue comme suit : la reprise des prestations décès représente les flux attendus. Par mesure de simplification, les hypothèses retenues sont :

1. Pas de nouvelles affaires
2. Pas de changements dans les estimations

L’analyse de mouvement de la PVFCF est présentée dans le tableau suivant :



	Année 1	Année 2	Année 3
<b>PVFCF Ouverture</b>	<b>14 127</b>	<b>15 370</b>	<b>16 732</b>
Effet du passage du temps	1 413 (i)	1 537	1 673
Flux attendus	-170	-174	-18 406
<b>PVFCF Clôture</b>	<b>15 370</b>	<b>16 732</b>	<b>0</b>

Table 1.10 – Analyse de mouvement de la PVFCF dans l' *Illustrative Example 9*

(i) Effet du passage du temps :  $1\,413 = 14\,127 \times 10\%$

10% correspond bien au taux d'actualisation de la période.

L'effet du passage du temps correspond à la somme de la différence entre l'impact sur la PVFCF des placements de sous-jacents et l'impact sur la PVFCF de la désactualisation des *cash-flows* hors TVOG. Cette différence est la désactualisation de la marge de l'assureur.

La TVOG est le coût de l'existence des garanties financières et autres éléments asymétriques. Elle est valorisée à hauteur de la différence entre la PVFCF calculée selon une méthode stochastique et la PVFCF déterministe calculée selon un scénario central. Cet effet du passage du temps impacte la CSM en VFA. Les mêmes calculs sont appliqués pour l'année 2 et 3.

### 1.6.2 Risk Adjustment

L'entité doit ajuster les estimations de la valeur actualisée des flux de trésorerie futurs. L'ajustement doit refléter l'indemnité correspondant à l'incertitude engendrée par le risque financier.

L'annexe B de la norme explique que le *Risk Adjustment* « correspond à l'indemnité qu'exigerait l'entité pour qu'il lui soit indifférent de choisir l'une ou l'autre des options suivantes :

(a) L'acquittement d'un passif qui est associé à un éventail de résultats possibles découlant du risque non financier ;

(b) L'acquittement d'un passif qui générera des flux de trésorerie fixes dont l'espérance mathématique de la valeur actualisée est la même que celle des contrats d'assurance ». (IFRS17.B)

Cet ajustement reflète aussi l'avantage de diversification et du degré d'aversion ou non au risque de l'entité. Il doit être distinct du taux d'actualisation et de la *Present Value of Future Cash Flows*.

La norme IFRS 17 n'impose pas de méthode d'estimation particulière pour calculer le RA mais il doit être proportionnel à la gravité des risques, à la durée, à la distribution de probabilité des risques, aux nombres d'inconnus, et la réduction de l'incertitude du montant des flux de trésorerie. Il est important de noter qu'il faut une méthode permettant de comparer sa performance à d'autres entités.

Ainsi le *Risk Adjustment* va compléter le *Present Value of Future Cash Flows* afin d'ajuster la sous tarification des prestations si les prestations réelles sont plus importantes que prévues.

Exemple simplifié : À l'initialisation la *Present Value of Future Cash Flows* vaut 800, le *Risk Adjustment* vaut 100 et la *Contractual Service Margin* vaut 100. Si le sinistre coûte 850, les 50 de plus sont aspirés par le *Risk Adjustment*.

### 1.6.3 Contract Service Margin et Loss-Component

La *Contractual Service Margin*, CSM est le dernier agrégat IFRS 17. Cette dernière est une composante du passif afférente au groupe de contrats d'assurance. Elle représente le profit non acquis que l'entité comptabilisera au fur et à mesure que celle-ci fournira les services associés.

La *Contractual Service Margin* permet de définir la profitabilité d'un groupe de contrats à la date de première comptabilisation.

À la date de souscription la CSM est égale :

- En VFA: CSM = Juste Valeur des éléments de sous – jacents – PVFC – RA
- En BBA: CSM = Primes – PVFCF – RA

Plus la *Contractual Service Margin* est importante plus le groupe est profitable. Inversement si à la date de souscription le montant des *fulfilment cash flows* est négatif cela signifie qu'à la souscription les prestations sont supérieures aux primes ainsi la perte est reconnue en *Loss-Component* (LC). Cette dernière permet de mettre en valeur les pertes sur les différents contrats. La LC n'est pas constituée dans le bilan. Lorsque la différence entre les prestations réelles et les prestations estimées est négative, celle-ci est reconnue en perte. Cette différence détermine le montant présenté dans le compte de résultat et reversé en pertes. C'est pourquoi la *Loss-Component* sera exclue du revenu d'assurance et devra être amortie de façon à être égale à 0 à la fin de la période de couverture.

Le groupe est alors onéreux. La *Loss-Component* est directement enregistrée en charges d'assurance et non progressivement en produits d'assurance ce qui est le cas si les primes étaient supérieures aux prestations.

Deux cas de figures sont développés dans les paragraphes 44 et 45 IFRS 17, selon le type de contrat, la *Contractual Service Margin* est calculée différemment pour la fin d'une période.

Pour les contrats d'assurance sans participations directe, le montant de la *Contractual Service Margin* à la fin de la période est égale à la somme de :

- La *Contractual Service Margin* de début de période ; (CSM d'ouverture)
- Les effets des nouveaux contrats ajoutés au groupe ; (Effets des nouveaux contrats)
- L'intérêt capitalisé, grâce aux taux d'actualisation, sur la valeur comptable ; (Effet du passage du temps)
- Les variations des *Fulfilment Cash Flows* autrement dit les variations sur les hypothèses et les écarts d'expérience ; (Changements dans les estimations)
- Moins le montant reconnu en revenu d'assurance. (Amortissement de la CSM)

En fonction du portefeuille étudié les éléments susmentionnés sont positifs ou négatifs.

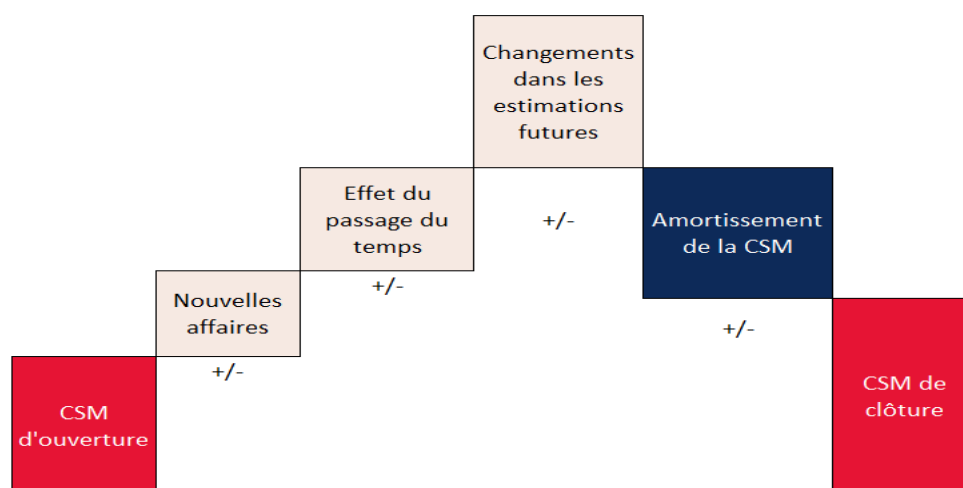


Figure 1.8 – AoM *Contractual Service Margin* en *Building Block Approach*

Pour les contrats d'assurance avec participation directe, le montant de la *Contractual Service Margin* est calculé différemment. La *Contractual Service Margin* en fin de période est égale à la somme de :

- La *Contractual Service Margin* de début de période ; (CSM d'ouverture)

- Les effets des nouveaux contrats ajoutés au groupe ; (Nouvelles affaires)
- La variation de la juste valeur des éléments sous-jacents revenant à l'entité ; (« Fair Value » du sous-jacent)
- Changements dans les estimations futures ;
- Moins le montant reconnu en revenue d'assurance. (Amortissement de la CSM)

En fonction du portefeuille étudié les éléments susmentionnés sont positifs ou négatifs.

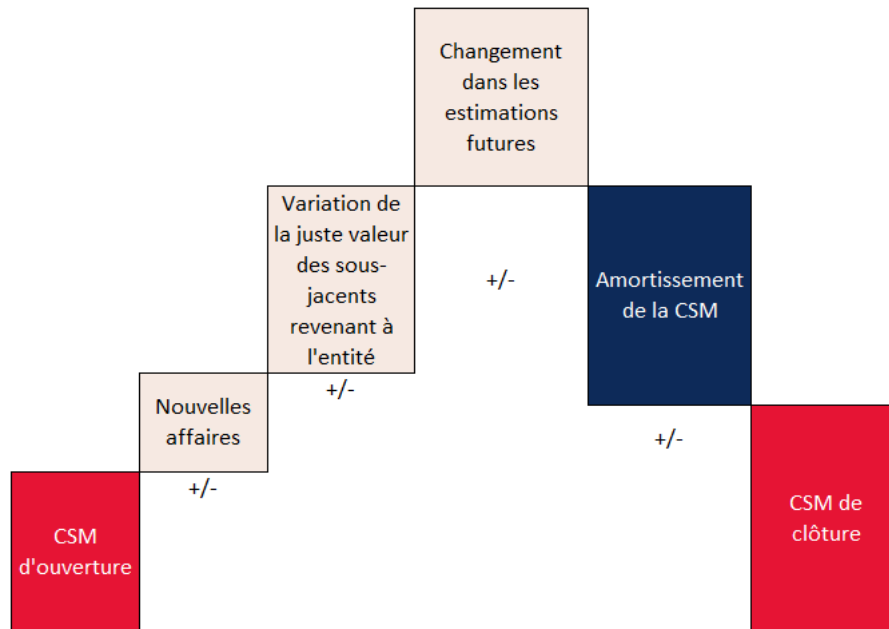


Figure 1.9 – AoM Contractual Service Margin en Variable Fee Approach

L'amortissement de la CSM en VFA et BBA est défini par une méthodologie d'écoulement s'appuyant sur des drivers, les coverage units. L'IASB définit « le nombre de coverage units dans un groupe comme la quantité de couverture fournie par les contrats, déterminée en considérant pour chaque contrat la quantité des prestations fournies dans le cadre d'un contrat et sa durée de couverture prévue ». La norme laisse à l'entité la définition de la méthodologie de calcul des coverage units.

La suite des exemples présentés sont développés afin de mieux appréhender le calcul de la CSM

Exemple 1 VFA (Illustrative Example 9) : Mesure lors de la comptabilisation initiale et ultérieure des groupes de contrats avec participation directe aux bénéfices. Calcul de la CSM

Tout d'abord, la CSM est calculée à la date de souscription.

Hypothèses à la date de souscription :

<i>Present Value of Future Cash Flows</i>	14 127
<i>Risk Adjustment</i>	25
<b>Primes encaissées à la souscription</b>	<b>15 000</b>

Table 1.11 – Hypothèses à la date de souscription

La CSM à la souscription est égale à  $848 = 15\,000 - 14\,127 - 25$ . (\*)

	Année 1	Année 2	Année 3
<b>CSM Ouverture</b>	<b>848 (*)</b>	<b>620</b>	<b>340</b>
Variation de la juste valeur des sous-jacents revenant à l'entité	87	63	34
<i>Production financière de la JV</i>	1 500	1 600	1 707
<i>Effet du passage du temps sur la PVFC et le RA</i>	-1 413	-1 537	-1 673
Amortissement de la CSM	- 315(i)	-343	-374
<b>CSM Clôture</b>	<b>620</b>	<b>340</b>	<b>0</b>

Table 1.12 – Analyse de mouvement de la CSM dans l'illustrative Exemple 9

L'effet du passage du temps sur la PVFCF et le RA est récupéré dans la Table 1.7 – Analyse de mouvement de la PVFCF dans l'illustrative Exemple 9 afin de calculer le *Present Value of Future Cash Flows*.

Pour cet exemple les taux de *Coverage Unit* se calculent selon le nombre de contrat sur la durée de couverture soit  $34\% = \frac{100}{100 + 99 + 98}$  pour la première année, puis  $50\% = \frac{99}{99 + 98}$  et enfin  $100\% = \frac{98}{98}$ .

L'amortissement de la CSM est égal à la somme de la CSM ouverture et de la variation de la juste valeur des sous-jacents revenant à l'entité multipliée par les taux de *Coverage unit*.

En année 1 :

$$(i) \quad \text{Amortissement de la CSM} : 314 = (848 + 1\,500 - 1\,413) \times \frac{100}{100 + 99 + 98}$$

Le calcul est le même pour les années suivantes.

*Exemple 2 BBA (Illustrative Example 2) : Mesure ultérieure. Coverage Unit.* Pour rappel l'énoncé reste le même que l'illustrative Example 2 pour le modèle BBA. (1.1.5.3 Modèle BBA)

Un tableau présentant l'amortissement de la CSM est développé :

	Année 1	Année 2	Année 3
<b>CSM début de période</b>	<b>235</b>	<b>165</b>	<b>86</b>
Effet du passage du temps	12	8	4
Amortissement de la CSM	82 (i)	86	91
<b>CSM fin de période</b>	<b>165</b>	<b>86</b>	<b>0</b>

Table 1.13 – Analyse de mouvement de la CSM pour l'illustrative Exemple 2

Le *coverage unit* (CU) choisi est un écoulement prorata temporis. Selon B119(a) IFRS 17 ce taux correspond : « au volume de couverture fourni par les contrats du groupe, déterminé en considération, pour chaque contrat, du volume de prestations fourni et de la durée de couverture prévue » (IFRS17.B119(a)).

Les taux *prorata temporis* sont présentés dans le tableau suivant sur 20 ans.

Temps	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CU	5%	5%	6%	6%	6%	7%	7%	8%	8%	9%	10%	11%	13%	14%	17%	20%	25%	33%	50%	100%

Figure 1.14 – Coverage Unit Prorata Temporis

Ainsi l'amortissement de la CSM dans cet exemple se calcule comme suit :

$$\text{Amortissement de la CSM} = \frac{\text{CSM}_{\text{ouverture}} + \text{Effet du passage du temps}}{\text{Nombre de période de couverture restante}}$$

CSM<sub>ouverture</sub> correspond à la CSM de début de période. L'effet du passage du temps correspond au produit entre le taux d'actualisation et la CSM d'ouverture. Le taux d'actualisation est le même que dans l'exemple c'est-à-dire 5%.

En année 1 :

(i) Amortissement de la CSM :  $82 = \frac{235 + 235 \times 5\%}{3}$

Le calcul est le même pour les années suivantes. Tous les éléments calculés précédemment permettent de construire le P&L IFRS 17.

### 1.7 Le compte de résultat IFRS 17

IFRS 17 présente un nouveau compte de résultat permettant une meilleure transparence au niveau de l'économie et de l'activité de l'entité.

<b>Produit d'assurance</b>	<b>A=B+C+D+E</b>
Sinistres, prestations et frais attendus	B
Reprise d'ajustement pour risque	C
Amortissement de la CSM	D
Allocation de frais d'acquisition	E
<b>Charges d'assurance</b>	<b>F=G+H+I+J</b>
Sinistres, prestations et frais réellement encourus	G
Effet de contrats onéreux	H
Résultat des contrats de réassurance	I
Allocation de frais d'acquisition	J=-E
<b>Résultat d'assurance</b>	<b>K = A+F</b>
Frais non affectés aux contrats d'assurance	L
Produits financiers des placements	M
Charges financières d'assurance	N
<b>Résultat net</b>	<b>O = K+L+M+N</b>
OCI	P
<b>Résultat net</b>	<b>O+P</b>

Table 1.15 – Compte de résultat IFRS 17

L'allocation des frais d'acquisition est comptabilisée symétriquement afin de compléter les charges d'assurance.

La norme IFRS 17 propose l'option d'enregistrer les gains ou les pertes à la suite des variations de taux d'actualisation directement en capitaux propres, c'est le mécanisme des *Other Comprehensive Income* (OCI). Cette option offre la possibilité de réduire la sensibilité du résultat financier à la variation des marchés.

*Exemple 1 VFA (Illustrative Example 9) : Mesure lors de la comptabilisation initiale et ultérieure des groupes de contrats avec participation directe aux bénéfices. Profit & Loss.*

Avec les différents éléments vus précédemment, le compte de résultat de cet exemple est construit comme suit.

	Année 1	Année 2	Année 3
<b>Produit d'assurance</b>	<b>496</b>	<b>525</b>	<b>567</b>
Sinistres, prestations et frais attendus	170	174	188
Reprise d'ajustement pour risque	12	8	5
Amortissement de la CSM	315	343	374
Allocation de frais d'acquisition	0	0	0
<b>Charges d'assurance</b>	<b>170</b>	<b>174</b>	<b>188</b>
Sinistres, prestations, frais réellement encourus	170	174	188
Effet de contrats onéreux	0	0	0
Résultat des contrats de réassurance	0	0	0
Allocation de frais d'acquisition	0	0	0
<b>Résultat d'assurance</b>	<b>327</b>	<b>351</b>	<b>379</b>
Frais non affectés aux contrats d'assurance	0	0	0
Produits financiers des placements	1 500	1 600	1 707
Charges financières d'assurance	-1 500	-1 600	-1 707
<b>Résultat Net</b>	<b>327</b>	<b>351</b>	<b>379</b>
OCI	0	0	0
<b>Résultat Net</b>	<b>327</b>	<b>351</b>	<b>379</b>

Table 1.16 – Compte de Résultat *Illustrative Example 9*

Dans le modèle *Variable Fee Approach*, le taux d'actualisation impacte l'amortissement de la CSM et par la même occasion les charges d'assurance. Ces dernières sont la somme des effets du passage du temps sur la PVFCF, le RA et la CSM. La remarque principale est le fait que le résultat net est impacté en grande partie par la reprise d'ajustement pour risque et l'amortissement de la CSM.

L'OCI est considéré nul par mesure de simplicité.

Exemple 2 BBA (Illustrative Example 2) : Mesure Ulérieure. Profit & Loss.

	Année 1	Année 2	Année 3
<b>Produit d'assurance</b>	<b>322</b>	<b>326</b>	<b>331</b>
Sinistres, prestations et frais attendus	200	200	200
Reprise d'ajustement pour risque	40	40	40
Amortissement de la CSM	82	86	91
Allocation de frais d'acquisition	0	0	0
<b>Charges d'assurance</b>	<b>200</b>	<b>200</b>	<b>200</b>
Sinistres, prestations, frais réellement encourus	200	200	200
Effet de contrats onéreux	0	0	0
Résultat des contrats de réassurance	0	0	0
Allocation de frais d'acquisition	0	0	0
<b>Résultat d'assurance</b>	<b>122</b>	<b>126</b>	<b>131</b>
Frais non affectés aux contrats d'assurance	0	0	0
Produits financiers des placements	0	0	0
Charges financières d'assurance	-39 (i)	-27	-14
<b>Résultat Net</b>	<b>83</b>	<b>99</b>	<b>117</b>
OCI	0	0	0
<b>Résultat Net</b>	<b>83</b>	<b>99</b>	<b>117</b>

Table 1.17 – Compte de Résultat Illustrative Example 2

- (i) Les charges financières d'assurance :  $39 = -12 - 27$  correspond à la somme des charges financières de la PVFCF et de la CSM.

Le taux d'actualisation intervient de façon non négligeable dans les résultats IFRS 17 à travers notamment l'amortissement de la *Contractual Service Margin*.

Les exemples présentés précédemment ont été simplifiés afin d'expliquer les préceptes de la norme. En pratique, la construction du compte de résultat est bien plus complexe avec l'intégration des changements d'hypothèses tant bien assurantielles que financières.

À ce stade, le but de ce mémoire est de faire un rappel théorique sur les taux.

## PARTIE 2 : L'évaluation de la courbe des taux sous IFRS 17

Dans le cadre de la norme IFRS 17, la courbe des taux d'actualisation est évaluée à la date de comptabilisation initiale et aux comptabilisations ultérieures du groupe de contrats évalués. Ces taux reflètent la valeur temps de l'argent et les risques financiers des flux futurs. La courbe des taux a un impact direct sur l'évaluation et l'évolution des agrégats IFRS 17 et du résultat.

La norme n'exige pas de méthode ou de courbe des taux unique. Des travaux de calibration de la courbe des taux permettant de répondre aux exigences de la norme sont donc proposés.

La calibration de la courbe des taux peut s'expliquer en plusieurs étapes :

- L'identification des taux d'intérêt nominaux sur le marché
- La diffusion des taux d'intérêt aux temps intermédiaires et à long terme : une formule de calcul des prix zéro-coupon est établie à tout instant  $t$ . Différentes formules de calibration à paramètres existent. L'objectif est d'optimiser les paramètres pour minimiser l'erreur quadratique des taux d'intérêt nominaux sur le marché et les taux issus du modèle calibré. La discrétisation permet d'avoir les taux à n'importe quel temps  $t$ .
- Le calcul de la prime de liquidité : calcul du *spread* et du risque de crédit du portefeuille. Identification de la formule pour calculer la prime de liquidité à l'actif afin de calculer un proxy pour obtenir la prime de liquidité du passif.

### 2.1 Les taux d'intérêts nominaux

#### 2.1.1 Rappel sur les taux nominaux

Le **compte du marché monétaire** définit un placement capitalisé de manière continue au taux sans risque du marché à chaque instant. Généralement ce compte représente le Livret A.

$B(t)$  est sa valeur à la date  $t$ .

Sa dynamique est  $dB(t) = r_t B(t) dt$  avec  $B(0) = 1$  et  $r_t$  un processus appelé taux court.

L'équation différentielle donne :

$$B(t) = \exp\left(\int_0^t r_s ds\right)$$

Le **déflateur** entre les instants  $t$  et  $T$ , noté  $D(t, T)$  est le montant équivalent à l'instant  $t$  à une unité monétaire payable en  $T$ .

$$D(t, T) = \frac{B(t)}{B(T)} = \exp\left(-\int_t^T r_s ds\right)$$

Ce déflateur permet d'actualiser les flux futurs.

Une **obligation zéro-coupon** est un titre échangeable sur le marché qui garantit à l'acheteur le versement d'un flux unique égal à une unité monétaire à une date fixe  $T$ . Le prix du zéro-coupon à la date  $T$  est égal à 1. Il n'existe pas de risque de défaut de paiement donc les flux sont considérés comme certains. Ce sont des produits fictifs qui servent de base réelle.





Figure 2.1 – Zéro-Coupon

Le **taux sans risque** est le taux *spot* d'un investissement d'une obligation zéro-coupon souveraine d'un état considéré comme sûr, autrement dit, qui a une probabilité très faible de faire faillite comme la France par exemple. Les Obligations Assimilables du Trésor sont utilisées pour créer la courbe des taux.

Le taux *spot*  $R(t, T)$  est le taux de rendement actuariel de l'obligation zéro-coupon de maturité  $T$  et acheté en  $t$ .  $P(t, T)$  représente le prix d'une obligation à l'instant  $t$  avec pour maturité  $T$ .

Le taux actuariel ou *yield to maturity* est le taux d'actualisation tel que le prix est égal à la valeur actuelle de la somme des flux futurs.

Un lien simple existe entre le prix et le taux :

$$R(t, T) = \frac{1}{T - t} \times \left( \frac{1}{P(t, T)} - 1 \right)$$

Le taux *spot* instantané ou taux court  $r_t$  est défini par la limite du taux *spot* vers la date de maturité. Autrement dit c'est le taux de rendement actuariel de  $P(t, t + dt)$ . La courbe des taux est la courbe associée à la fonction  $T \rightarrow R(t, T)$ . De là, il faut noter qu'il y a autant de courbes de taux que d'emprunteur sur le marché, que de conventions de calcul des intérêts et de méthode de reconstruction. Le calcul des intérêts est défini par des conventions de calculs qui sont :

- Simple ;
- Continue ;
- Composée.

Dans la suite du mémoire la convention de calcul retenue est la convention de calcul des intérêts composés.

Le **taux forward**  $F(t, T_1, T_2)$  ou taux à terme est le taux d'intérêt fixé en  $t$  pour les emprunts sur la période  $[T_1 ; T_2]$ . En absence d'opportunité d'arbitrage :

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

Avec  $F(t, t, T) = R(t, T)$

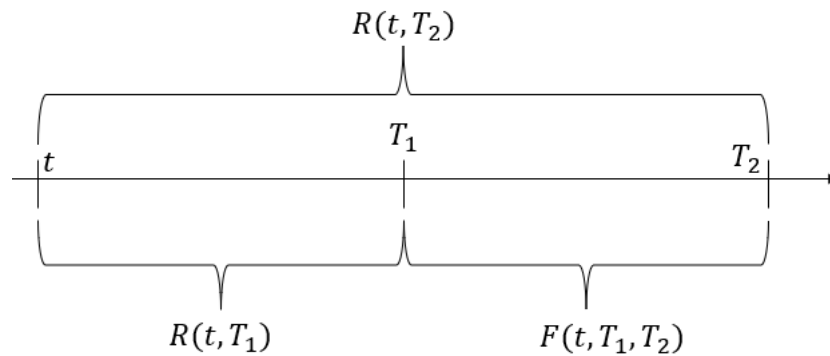


Figure 2.2 – Taux *forward*

Le **taux *forward* instantané** est défini par  $f(t, T) = \lim_{h \rightarrow 0} F(t, T, T + h)$

Une autre formule est démontrée  $f(t, T) = R(t, T) + \frac{\partial R(t, T)}{\partial T} (T - t)$ .

La courbe des taux se déduit immédiatement de la courbe des taux spot avec :

$$f(t, T) = \frac{-\partial \ln P(t, T)}{\partial T}$$

Les différents taux précédents permettent de valoriser les instruments financier notamment dans un univers risque-neutre.

### 2.1.2 Univers risque-neutre

L'univers risque-neutre est un concept où les instruments financiers ont un taux de rentabilité égal au taux sans risque. Les différents acteurs du marché sont insensibles au risque. Cet univers permet de calculer les prix des instruments financiers en fonction du taux sans risque.

Le passage de l'univers historique à l'univers risque-neutre est possible grâce au théorème de Girsanov permettant d'avoir une densité de Radon-Nikodym.

Théorème de Girsanov : Soit  $W$  un mouvement Brownien sous une probabilité  $\mathbb{P}$  (probabilité historique). Soit  $\lambda$  un processus adapté par rapport à la filtration naturelle du brownien. Le processus  $\hat{W}$  défini par :

$$\hat{W}_t = W_t - \int_0^t \lambda_u du$$

est un mouvement Brownien sous la probabilité  $\mathbb{Q}$  (probabilité risque neutre) définie par le changement de probabilité :  $\mathbb{P} \rightarrow \mathbb{Q}$

$$\frac{d\mathbb{Q}}{d\mathbb{P}|_{\mathcal{F}_t}} = e^{\int_0^t \lambda_u du - \frac{1}{2} \int_0^t \lambda_u^2 du}$$

Cette densité est la densité de Radon Nikodym et correspond au déflateur.

L'existence et l'unicité de la densité découle de :

- **L'absence d'opportunité d'arbitrage (AOA)** c'est-à-dire qu'il n'est pas possible de générer un flux financier positif avec une probabilité strictement positive lors d'un investissement nul ;
- **La complétude du marché** autrement dit que chaque flux financier peut être répliqué par un portefeuille composé de l'actif sans risques et risqués.

Mathématiquement l'absence d'opportunité d'arbitrage :

- $X(t) = 0$  et  $\exists T > t$  tel que  $P(X(T) < 0) > 0$  ou  $P(X(T) > 0) = 0$
- $X(t) > 0$  et  $\exists T > t$  tel que  $P(X(T) < X(t)) > 0$

Où  $X(t)$  est le montant capitalisé sur le compte épargne entre  $t$  et  $T$ . Pour la suite du mémoire les prix des actifs ne permettent pas de générer des arbitrages.

Soit  $S$  un instrument financier sans paiement intermédiaire. Alors  $\left(\frac{S(t)}{B(t)}\right)_{t \geq 0}$  est une martingale sous la probabilité associée à  $(B(t))_{t \geq 0}$  notée  $\mathbb{Q}$ . Une martingale est un processus dynamique tel que son espérance à l'instant  $t$  ne dépend que de l'information disponible à une certaine date  $s$ .

La connaissance de l'instrument financier à une date  $T \geq t$  permet de le valoriser à l'instant  $t$  :

$$D(0, t)S(t) = E^{\mathbb{Q}}(D(0, T)S(T)|F_t) = D(0, t)E^{\mathbb{Q}}(D(t, T)S(T)|F_t).$$

Ce qui va engendrer que :

$$P(t, T) = E^{\mathbb{Q}}\left(\exp\left(-\int_t^T r_s ds\right)P(T, T) | F_t\right) = E^{\mathbb{Q}}(D(t, T)|F_t).$$

Le prix d'un instrument financier est calculé en fonction du taux sans risque. Pour la suite, l'instrument financier est le zéro-coupon. En fonction des modèles de diffusion des taux nominaux la formule permettant de passer du taux sans risque au prix du zéro coupon est différente. La calibration dans cet univers implique la minimisation des écarts entre les prix observés sur le marché et les prix théoriques du modèle.

## 2.2 Famille de modèles de diffusion des taux nominaux

À partir des taux nominaux, il est possible de construire une courbe des taux à des temps intermédiaires et à long terme selon les méthodes propres appelées les modèles de diffusion.

Avant de voir en détail les méthodes, la dynamique des taux courts peut être définie dans l'univers historique. Ainsi le taux court est modélisé par un processus stochastique de la forme :

$$dr_t = \mu(r_t, t) dt + \sigma(r_t, t) dW_t \text{ Avec } dt \approx r_t dt - r_t.$$

$\mu$  est la tendance du processus c'est-à-dire le rendement espéré du prix du sous-jacent,  $\sigma$  est la volatilité. Ce sont des fonctions déterministes de  $r_t$  et de  $t$ .  $W_t$  est un mouvement brownien.

À la suite de ces définitions la dynamique d'un zéro-coupon peut être calculée et le prix peut être trouvé. La dynamique des zéro-coupons est donnée par :

$$\frac{dP_t}{P_t} = \mu_P(r_t, t, T) dt - \sigma_P(r_t, t, T) dW_t.$$

L'objectif est de définir un modèle permettant de créer la courbe du prix du zéro-coupon. Deux types de modèles différents existent pour cela les modèles de taux courts et les modèles de marché (de la famille *LIBOR Market Model*).

Les modèles de taux courts modélisent la dynamique du taux court sous la probabilité risque neutre. Les premiers modèles à voir le jour sont Vasicek et CIR et sont calibrés sur la courbe des taux ZC.

Pour le modèle de Vasicek, la dynamique est définie de la façon suivante :

$$dr_t = a(b - r_t) dt + \sigma dW^{\mathbb{Q}}(t) ;$$

Où  $W^{\mathbb{Q}}(t)$  est un mouvement brownien sous la probabilité risque neutre. Cette équation permet de modéliser le taux court. La limite principale de ce modèle est le fait de ne pas parfaitement répliquer la courbe des taux.

Pour le modèle de CIR, la dynamique est définie de la façon suivante :

$$dr_t = a(b - r_t) dt + \sigma\sqrt{r_t}dW^{\mathbb{Q}}(t)$$

Ces modèles sont améliorés par des modèles qui modélisent l'absence d'opportunité d'arbitrage (AOA) qui sont CIR++, Hull & White et Black & Karasinski. Ces modèles ajoutent une fonction déterministe afin de mieux répliquer la courbe des taux zéro-coupon initiale.

La dynamique sous la probabilité risque neutre est :

$$dP(t, T) = P(t, T)(r_t dt + \Gamma(t, T, \theta) dW^{\mathbb{Q}}(t) )$$

Cette modélisation dépend de la volatilité des prix zéro-coupons.

Cette méthode se fonde sur la modélisation du prix de zéro-coupon ou des taux *forward*. La calibration de ces modèles se fait à l'aide des dérivés de taux. Les modèles à un facteur comme Vasicek engendrent une corrélation parfaite entre les taux ZC de différentes maturités. Les modèles à plusieurs facteurs comme G2++ permettent d'améliorer la corrélation des taux ZC.

Les modèles gaussiens tels que Vasicek, Hull & White et G2++ ont pour avantage de permettre la modélisation de taux négatifs. Ces modèles sont étudiés dans la suite du mémoire et présentés dans la partie suivante.

## 2.3 Modèles de taux court

Tout d'abord, il faut définir la probabilité risque-neutre. Cette dernière est une probabilité historique sous laquelle tout processus de prix est une martingale. C'est un type de processus stochastique tel que l'espérance à l'instant t dépend des informations à la date s c'est-à-dire que  $E(X_t|F_s) = X_s$ . La probabilité risque neutre permet de valoriser des produits dérivés financiers. L'existence de cette probabilité est la conséquence des hypothèses vues au paragraphe 2.1.2 Univers risque neutre.

### 2.3.1 Modèle de Vasicek

Ce modèle est caractérisé par les particularités suivantes :

- Le taux court évolue suivant un processus d'Ornstein-Uhlenbeck avec des coefficients constants dans l'univers historique ;  
Ce processus est défini par l'équation différentielle stochastique
 
$$dr_t = -\theta(r_t - \mu) dt + \sigma dW_t ;$$
- Ce modèle est adapté à l'univers risque-neutre car le taux court évolue selon le même processus avec des coefficients constants dans l'univers risque-neutre ;
- Le modèle de Vasicek ne réplique pas parfaitement la courbe des taux ;
- Ce modèle prend en compte les taux négatifs (taux générés sont gaussiens).

La dynamique du modèle sous la probabilité risque-neutre est :

$$dr_t = k(-r_t + \theta) dt + \sigma dW_{r_t}$$

Où k représente la vitesse de retour à la moyenne,  $\theta$  la moyenne à long terme,  $\sigma$  la volatilité et  $W_{r_t}$  représente un mouvement brownien sous la probabilité risque neutre.

Le calibrage du modèle de Vasicek repose sur la minimisation des écarts quadratique entre le prix des zéro-coupons du marché et celui du modèle. Le prix des zéro-coupons du marché sont donnés par la Banque de France par exemple.

Le prix des zéro-coupons du modèle est donné par :

$$P(t, T) = A(t, T)e^{-B(t, T)r(t, T)}$$

$$\text{Avec } A(t, T) = e^{(\theta - \frac{\sigma^2}{2k^2})(B(t, T) - T + t) - \frac{\sigma^2}{4k} B(t, T)^2}$$

$$\text{Et } B(t, T) = \frac{(1 - e^{-k(T-t)})}{k}$$

La simulation des taux courts permet d'obtenir les prix zéro-coupon à l'aide d'une formule fermée. Les paramètres de cette formule sont injectés dans une formule de discrétisation.

La discrétisation exacte du processus de taux court permet d'obtenir les taux courts à tout instant :

$$r_{t+\Delta t} = r_t e^{-k\Delta t} + \theta(1 - e^{-k\Delta t}) + \sigma \sqrt{\frac{1 - e^{-2k\Delta t}}{2k}} \varepsilon_{t+\Delta t} \text{ Avec } \varepsilon_{t+\Delta t} \sim N(0,1)$$

### 2.3.2 Modèle de Hull & White

Ce modèle est une extension du modèle de Vasicek. En effet une fonction déterministe  $v(t)$  qui dépend du temps est rajoutée par rapport à Vasicek. Cette fonction permet de répliquer parfaitement la courbe des taux initiale. La courbe des taux est déterminée par le taux court  $r_t$ , ce qui implique que les taux sont corrélés peu importe la maturité ; ceci n'est pas le cas dans la réalité.

La dynamique du modèle sous la probabilité risque-neutre est donnée par :

$$dr_t = (v(t) - ar_t) dt + \sigma dw_{r_t}$$

$a$  la vitesse de retour à la moyenne,  $\sigma$  la volatilité et  $W_{r_t}$  représente un mouvement brownien sous la probabilité risque neutre.

La cale  $v$  permet de répliquer la courbe des taux zéro-coupons initiale. Le calibrage de ce modèle se fait en minimisant l'écart quadratique entre les prix des zéro-coupons du marché et celui du modèle.

Le prix des zéro-coupons du modèle est donné par :

$$P(t, T) = A(t, T) e^{-B(t, T)r(t, T)}$$

Avec  $A(t, T) = \frac{P(0, T)}{P(0, t)} e^{(B(t, T)f^M(0, t) - \frac{\sigma^2}{4a}(1 - e^{-2at})B(t, T)^2)}$  et  $f^M(0, t)$  le taux *forward* du marché

$$\text{Et } B(t, T) = \frac{(1 - e^{-a(T-t)})}{a}$$

La simulation des taux courts permet d'obtenir les prix zéro-coupon à l'aide d'une formule fermée. La discrétisation exacte du processus de taux court permet d'obtenir les taux courts à tout instant :

$$r_{t+\Delta t} = r_t e^{-a\Delta t} + \alpha(t + \Delta t) - \alpha(t) e^{-a\Delta t} + \sigma \sqrt{\frac{1 - e^{-2a\Delta t}}{2a}} \varepsilon_{t+\Delta t}$$

Avec  $\varepsilon_{t+\Delta t} \sim N(0,1)$  et  $\alpha(t) = f^M(0, t) + \frac{\sigma^2}{2a^2}(1 - e^{-at})^2$

#### 2.2.1.3 Modèle G2 ++

Le modèle G2++ correspond au modèle Hull & White à deux facteurs. La dynamique du modèle sous la probabilité risque neutre est  $r_t = x_1(t) + x_2(t) + \varphi(t)$ .

Avec  $dx_1(t) = -ax_1(t) + \sigma dW_1(t)$ ,  $dx_2(t) = -bx_2(t) dt + \eta dW_2(t)$  et  $d\langle W_1, W_2 \rangle_t = \rho dt$ . Les paramètres  $a$  et  $b$  représentent la vitesse de retour à la moyenne.

$\rho$  correspond à la corrélation instantanée entre les mouvements browniens de la dynamique engendrant la prise en compte de la corrélation entre les taux ZC en composition continue.

$\sigma$  et  $\eta$  sont les volatilités des processus  $x_1$  et  $x_2$ . Pour calibrer ce modèle, il faut comme pour le modèle Hull & White minimiser l'écart quadratique entre les prix des zéro-coupons du marché et celui du modèle.

Le prix des zéro-coupons du modèle est donné par :

$$P(t, T) = A(t, T) e^{-B_a(t, T)x(t) - B_b(t, T)y(t)}$$

Avec

$$A(t, T) = \frac{P(0, T)}{P(0, t)} e^{\frac{1}{2}(V(t, T) - V(0, T) + V(0, t))}$$

Et

$$\begin{aligned} V(t, T) = & \frac{\sigma^2}{a^2} \left[ T - t + \frac{2}{a} e^{-a(T-t)} - \frac{1}{2a} e^{-2a(T-t)} - \frac{3}{2a} \right] \\ & + \frac{\eta^2}{b^2} \left[ T - t + \frac{2}{b} e^{-b(T-t)} - \frac{1}{2b} e^{-2b(T-t)} - \frac{3}{2b} \right] \\ & + 2\rho \frac{\sigma\eta}{ab} \left[ T - t + \frac{1}{a} (e^{-a(T-t)} - 1) + \frac{1}{b} (e^{-b(T-t)} - 1) - \frac{1}{a+b} (e^{-(a+b)(T-t)} - 1) \right] \end{aligned}$$

Et

$$B_i(t, T) = \frac{1 - e^{-i(T-t)}}{i}$$

La simulation des taux courts permet d'obtenir les prix zéro-coupon par formules fermées. La discrétisation exacte du processus de taux court permet d'obtenir les taux courts à tout instant :

$$r(t + \Delta t) = x(t)e^{-a\Delta t} + y(t)e^{-b\Delta t} + \sigma \sqrt{\frac{1 - e^{-2a\Delta t}}{2a}} \varepsilon_1 + \eta \sqrt{\frac{1 - e^{-2b\Delta t}}{2b}} \varepsilon_2 + \varphi(t + \Delta t)$$

Avec

$$\varphi(t) = f^M(0, t) + \frac{\sigma^2}{2a^2} (1 - e^{-2at})^2 + \frac{\eta^2}{2b^2} (1 - e^{-2bt})^2 + \frac{\rho\sigma\eta}{ab} (1 - e^{-at})(1 - e^{-bt})$$

et  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  des lois normales centrées réduites de corrélation  $\rho$ .

Le modèle G2 ++ n'est pas étudié dans la suite du mémoire car celui-ci nécessite la disponibilité des prix des *swaptions* qui ne sont pas à dispositions.

## 2.4 Comparatif des modèles de taux nominaux

Modèles	Hypothèses	Existence de formules fermées	Nombre de facteurs utilisés	Nombre de paramètres
Vasicek	Taux négatif	OUI	1	4
Hull & White	Taux négatif et AOA	OUI	1	3

Table 2.1 - Comparatif des modèles de taux nominaux

La deuxième partie de ce mémoire se concentre sur les modèles Vasicek et Hull & White. En effet depuis peu de temps l'Etat français émet des obligations à rendement négatif or les modèles sélectionnés produisent des taux négatifs.

Le modèle de Vasicek est mis en place dans un premier temps puis le modèle Hull & White en tant qu'une transformation du modèle Vasicek.

L'objectif est de modéliser la courbe des taux sans risque à l'aide des modèles de Vasicek et Hull & White afin d'observer les impacts sur la prime de liquidité et sur les résultats IFRS 17.

Ces différentes courbes sont comparées à la courbe *risk free rate* de l'EIOPA afin d'évaluer l'éloignement des méthodes et de quantifier l'impact sur le résultat IFRS 17.

## 2.5 Courbe *Risk Free Rate* EIOPA

Pour construire la courbe EIOPA le dernier point liquide et l'*ultimate forward rate* sont en inputs de la construction.

### 2.5.1 *Last Liquid Point* (LLP)

Le *Last Liquid Point* (LLP) est le dernier point où le marché est liquide c'est-à-dire le moment à partir duquel les actifs ne sont plus disponibles immédiatement. Selon la devise, le LLP est différent. Par exemple, pour l'Euro, cette date est fixée à 20 ans.

Pour calculer ce point européen, un critère du volume résiduel est utilisé : la maturité à partir de laquelle le volume cumulé des obligations dépasse le seuil de 94%. Au-delà de cette maturité, l'EIOPA utilise le critère du *Deep Liquid Transparent* du marché financier. Autrement dit la date où les valeurs observées sont transparentes et accessibles à tous les acteurs du marché.

Pour vérifier les critères *Deep Liquid Transparent*, il faut constater que l'ensemble des valeurs manquantes représente moins de 20% de jours ouvrables de l'année.

Quelques exemples de dernier points liquides sont présentés dans le tableau suivant.

Monnaie	<i>Last Liquid Point</i>
Euro	20
Livre Sterling	50
Franc suisse	25
Couronne norvégienne	10
Dollar australien	30
Dollar canadien	30
Yen	30
Dollar américain	50

Table 2.2 - Exemple de *Last Liquid Point* EIOPA

Des réflexions sont réalisées par la commission européenne sur ce dernier point afin de mieux modéliser les données du marché. En effet la commission européenne utilise les données de marché au-delà de 20 ans. L'extrapolation commencerait au *First Smoothing Point* (FSP) qui est de 30 ans.

### 2.5.2 *Ultimate Forward Rate*

L'UFR, *Ultimate Forward Rate*, est le taux constant observé à partir d'une année N. La courbe des taux sans risque au-delà de cette année N doit atteindre l'UFR.

Pour la monnaie euro cette date N est fixée à 60 ans. Pour calculer l'UFR plusieurs techniques sont mises en place :

- Utiliser la moyenne de la courbe des taux nominaux historiques
- Utiliser la moyenne de la courbe des taux nominaux historiques et rajouter l'inflation pour mieux représenter les risques

L'EIOPA utilise la deuxième méthode. Pour calculer la moyenne des taux nominaux historiques, l'Autorité va prendre les valeurs des taux de 1961 à 2019. En ce qui concerne l'inflation, elle est calculée en fonction des objectifs fixés par la banque centrale de la monnaie.

Ainsi l'EIOPA publie les UFR applicables en 202, présentés dans la table 2.3.

L'EIOPA a publié le 16 Septembre 2020 un document technique, "*Technical Documentation of the methodology to derive EIOPA's risk-free interest rate term structures*" expliquant comment calculer l'UFR pour chaque année.

Monnaie	UFR calculé	UFR applicable en 2021
Euro	3,50%	3,60%
Livre Sterling	3,50%	3,60%
Franc suisse	2,50%	2,60%
Couronne norvégienne	3,50%	3,60%
Dollar australien	3,50%	3,60%
Dollar canadien	3,50%	3,60%
Yen	3,50%	3,50%
Dollar américain	3,50%	3,60%

Table 2.3 - Exemple de *ultimate Forward Rate* EIOPA

Pour chaque monnaie, le changement de l'UFR est limité de telle sorte qu'il augmente ou diminue de 15 bps ou reste inchangé.

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

Cet *Ultimate Forward Rate* aura un coût sur l'estimation du *Present Value of Future Cash Flows* notamment pour les assurances vie. En effet les contrats d'assurance vie peuvent durer plus de 50 ans, ainsi dès la signature du contrat les assurances font leurs estimations de flux à l'aide de l'UFR si la courbe de l'EIOPA est choisie.

L'UFR et le LLP permettent de construire la courbe de l'EIOPA.

### 2.5.3 Construction Courbe EIOPA

La courbe de l'EIOPA est construite à l'aide des taux *swap* auxquels sont ajoutés des ajustements de volatilité et de risque crédit. Puis cette courbe est extrapolée vers le taux ultime, l'UFR pour les maturités considérées comme non liquides avec la méthode *Smith Wilson*.

L'UFR en 2017 est égal à 4,2%. Correspondant à la somme du taux d'inflation attendu à 2% et d'un taux réel à long terme de 2,2%.

La modélisation de la courbe des taux repose sur deux hypothèses :

- la déformation de la courbe des taux, uniquement déterminée par le taux court  $r_t$  ;
- l'évolution du taux court déduite par une unique source d'incertitude (par exemple un mouvement brownien).

Un exemple de courbe des taux est présenté dans le graphique suivant.

*Exemple* : Courbes de taux zéro-coupon Les données proviennent de l'EIOPA et du Comité de Normalisation des obligations.

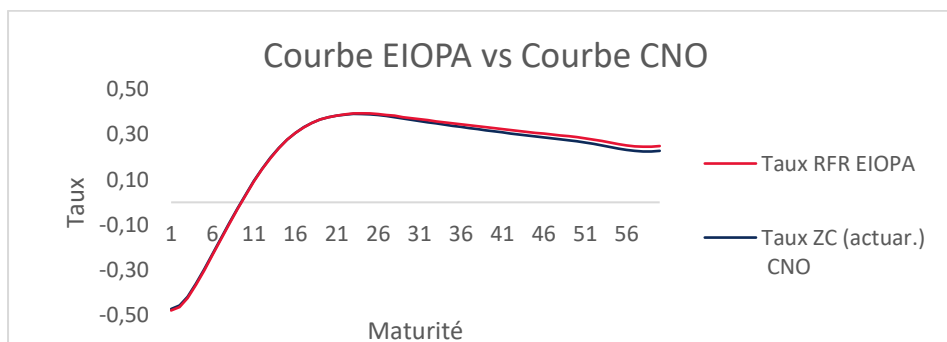


Figure 2.3 - Courbe des taux du Comité de Normalisation des obligations vs EIOPA



Les courbes sont très proches malgré le fait qu'elles ne soient pas construites de la même façon. Les hypothèses sur le dernier point de liquidité, l'*Ultimate Forward Rate (UFR)* et les méthodes d'extrapolation sont des points qui rendent les courbes différentes.

Ces courbes font prendre conscience qu'il n'y a pas une seule courbe de taux sans risque. C'est pour cela que l'un des objectifs de ce mémoire est de construire une courbe de taux sans risque afin de voir l'impact que cela peut engendrer sur les résultats IFRS 17.

Une fois le modèle de taux établi, il convient d'évaluer la prime de liquidité selon la méthode Bottom-up de la norme IFRS 17. En effet, le taux IFRS 17 est défini par la somme du :

- Taux sans risque
- Prime de liquidité.

Le calcul de la deuxième composante du taux IFRS 17 est présenté dans la partie suivante.

## 2.6 Prime de liquidité

### 2.6.1 Définition de la prime de liquidité

La liquidité d'un actif représente la facilité et la vitesse avec lesquelles l'actif peut être converti en monnaie. Plus il y a d'acheteurs et de vendeurs sur le marché plus l'actif est liquide. Et plus un actif est liquide plus la demande pour cet actif augmente.

Les obligations du Trésor sont les obligations à long terme les plus liquides. Cette liquidité affecte les taux d'intérêt des obligations.

Par exemple pour des obligations du secteur privé : moins ces obligations sont liquides et plus la demande et le prix sont faibles ; ce qui conduit à une augmentation du taux d'intérêt. Cette augmentation sur le marché du privé engendre une augmentation de la demande des obligations du Trésor et ainsi augmente leur liquidité et leur prix ce qui signifie une baisse des taux d'intérêt. Une corrélation existe entre les obligations du trésor et les obligations du privé. Ce phénomène augmente la différence de prix entre les obligations privées et les obligations du Trésor.

Cette liquidité des obligations du secteur privé mesure ainsi la prédictibilité des *cash flows*, la nature du passif et la monnaie.

La différence de prix entre les obligations privées et les obligations du Trésor traduit la capacité de l'assureur à investir dans des actifs illiquides c'est-à-dire des actifs plus risqués. Cette différence peut être prise comme la prime de liquidité. Cette prime est dépendante du passif d'assurance.

La *Fifth Quantitative Impact Study* pour Solvabilité 2 explique les dispositions à mettre en place pour l'intégration de la prime de liquidité.

Ces dispositions sont présentées dans le tableau suivant.

Hauteur de l'intégration de la prime de liquidité	100%	75%	50%
Type de contrats	Les seuls risques sont la longévité et le risque de dépense. L'assureur n'a aucun risque lié au rachat et l'ensemble des primes a déjà été versé.	Autres passifs d'assurance avec une participation aux bénéfices.	Autres passifs d'assurance
Exemple	Rentes viagères	Assurance vie en euros	-

Table 2.4 - Intégration de la prime de liquidité à la courbe de taux selon les contrats

En 2010, l'EIOPA a entamé une « *Task Force* » afin de répondre aux problématiques de la prime de liquidité. Cette dernière est définie dans « *Task Force Report on the Liquidity Premium* » comme « *un*

*passif d'assurance mesurant l'ampleur dans laquelle ses flux de trésorerie sont certains en termes de montant et de calendrier, compte tenu de la résistance aux ventes forcées.»*  
 La plupart des engagements d'assurance vie peuvent être considérés comme partiellement illiquides car les flux ne sont pas certains.

L'EIOPA explique que pour faciliter le calcul de la prime de liquidité du passif d'assurance il faut calculer en premier lieu la prime de liquidité à l'actif.

### 2.6.2 Calcul de la prime de liquidité de l'actif

Une condition préalable à l'application d'une prime de liquidité est l'existence de méthodes objectives et fiables permettant de mesurer le degré d'illiquidité. La majorité de la *Task Force* pense que la prime de liquidité du passif d'assurance peut être estimée par un portefeuille d'actif.

Le passif d'assurance étant très diversifié, il est plus facile de calculer une prime de liquidité sur un portefeuille d'actifs content des produits liquides et illiquides.

La *Task Force* met en évidence plusieurs cas pour la prime de liquidité :

- Si les circonstances sont normales, la prime de liquidité sur les actifs est faible et n'exerce aucune influence significative sur l'évaluation des passifs d'assurance ;
- S'il existe des tensions sur la liquidité, la prime de liquidité des actifs a une valeur positive. Son application aux passifs d'assurance ne sert qu'à éliminer le décalage entre l'évaluation des actifs et des passifs.

Plusieurs méthodes sont proposées par la *Task Force* pour calculer cette prime à l'actif :

- La première méthode est la ***Credit Default Swap Negative-Basis Method*** qui se base sur la comparaison de l'écart entre une obligation d'entreprise et un CDS pour une même entité, maturité, et monnaie. Les CDS permettent aux investisseurs du marché de se protéger contre le risque de défaut du sous-jacent de façon dynamique. Il s'agit d'un échange de flux de paiements fixes et de paiements flottants entre son acheteur et son vendeur.



Figure 2.5 - Méthode *CDS Negative-Basis Method*

- La deuxième méthode est la ***Covered Bond Method*** dont l'objectif est de choisir des actifs avec des cash flows et un risque de crédit similaires. L'étude des obligations de couverture par rapport au swap permet de calculer la prime de liquidité.

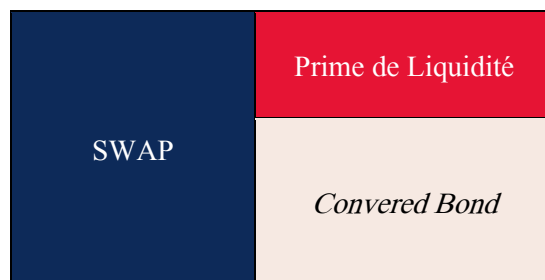


Figure 2.6 - Méthode *Covered Bond Method*

- La dernière méthode est la **Structural Model Method** qui utilise le calcul théorique du *spread* de crédit. La différence entre la valeur théorique et la valeur actuelle du *spread* de crédit est considérée comme la prime de liquidité.

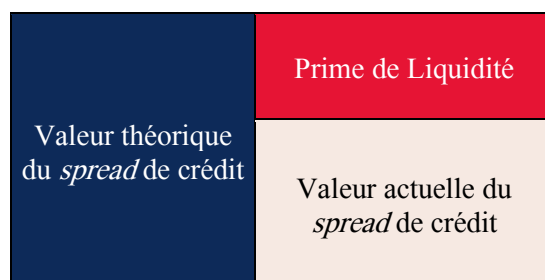


Figure 2.7 - Méthode *Structural Model Method*

Plusieurs inconvénients sont répertoriés pour chacune des méthodes énoncées ci-dessus.

Méthodes	<i>Credit Default Swap</i>	<i>Covered Bond Method</i>	<i>Structural Model Method</i>
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rareté des liquidités bancaires ;</li> <li>- Provision pour le risque de crédit de la contrepartie inclut dans le <i>spread</i> ;</li> <li>- Se fonde sur des indices des obligations et des <i>CDS</i> qui ne sont pas représentatifs.</li> </ul>	Pools d'actifs de haute qualité protégés par des dispositions légales peu représentatifs des portefeuilles généraux d'obligations d'entreprises utilisés par les assurances.	Nécessite beaucoup d'hypothèses sur les <i>spreads</i> de crédits ainsi les estimations individuelles sont peu fiables.

Table 2.5 - Inconvénients des méthodes

Un focus est réalisé sur une quatrième méthode dite « proxy ».

À des fins simplificatrices, la *Task Force* propose cette quatrième méthode pour calculer la prime de liquidité des actifs. Ce proxy est :

$$LP_{assets} = \max(0; x \times (Spread - y))$$

$LP_{assets}$  est la prime de liquidité des actifs.

Le *Spread* est la somme de trois facteurs différents :

- Le risque de défaut à long terme ;
- Le risque de crédit ;
- La prime de liquidité.

$y$  représente la partie fixe de l'écart total qui est une provision pour les pertes attendues à long terme.

$x$  est une proportion de la différence des éléments du dessus. Cette proportion est considérée comme la part de la prime de liquidité.

Pour résumer, la prime de liquidité est une proportion du *spread* moins les pertes attendues à long terme.

La différence  $1 - x$  représente la prime de risque pour le risque de crédit inattendu. Le choix de  $x$  et de  $y$  dépend de l'écart de crédit de référence utilisé et peut être choisi pour correspondre au mieux aux autres méthodes décrites précédemment. L'estimation de  $x$  et de  $y$  est fondée sur les *spreads* observés sur les *swaps* sans tenir compte d'un ajustement pour le risque de crédit.

Les membres de la *Task Force* expliquent qu'il n'y a pas de bonnes méthodes pour estimer la prime de liquidité et suggèrent de combiner les trois méthodes. Cependant une majorité des membres de l'EIOPA

pense au contraire que ces trois méthodes ne sont pas assez fiables en soulignant les résultats très divergents notamment pendant les crises financières. De plus ils estiment que les études produites pour la *Task Force* jusqu'à présent ne couvrent que la période 2005-2009, ce qui est jugée trop court.

C'est pour cette raison qu'un proxy de la prime de liquidité a été défini pour simplifier le calcul de la prime de liquidité. La *Task Force* exprime plusieurs interrogations sur l'estimation des éléments  $x$ ,  $y$  et du *Spread* :

- Est ce que le *spread* est constant pour toutes les échéances ? Existe-t-il des preuves fondées qui valident cette hypothèse ?
- Le risque de crédit attendu ou inattendu et la prime de liquidité doivent constituer une partie fixe du *spread*. Existe-t-il des preuves solides pour soutenir cette hypothèse ?
- Comment choisir le portefeuille de référence pour qu'il soit le plus pertinent par rapport au *spread* de crédit ?
- Est-ce que le choix de  $x$  et  $y$  est mécanique afin de cadrer au mieux par rapport aux autres méthodes ? Si oui, comment cela permettrait-il de remédier aux déficiences méthodologiques ? Si non,  $x$  et  $y$  seraient choisis d'une façon subjective ; de ce fait comment garantir que le calibrage est effectué de manière objective et fiable ?
- Dans le *spread* seul le risque de crédit attendu, inattendu et la prime de liquidité sont pris en compte ainsi les autres composantes sont négligées. Est-ce réaliste ? Enfin, comment s'assurer que la mesure est cohérente avec l'évaluation de solvabilité des actifs ?

Après avoir vu la partie théorique de la prime de liquidité à l'actif un focus est réalisé sur le calcul de la prime de liquidité du passif.

### 2.6.3 Calcul de la prime de liquidité du passif

La *Task Force* donne une méthodologie pour calculer la prime de liquidité pour des passifs d'assurance. En supposant qu'une prime de liquidité puisse être calculée de manière fiable pour les actifs, la question suivante est de savoir comment la transposer pour le passif. Compte tenu du fait qu'une prime de liquidité pour les engagements d'assurance n'est pas directement observable, un consensus a été atteint sur les deux points méthodologiques suivants :

- L'existence d'une prime de liquidité pour les actifs négociés sur les marchés financiers peut être utilisée comme une approximation de la prime de liquidité applicable sur les marchés d'assurance, en tenant compte de l'erreur que comporte cette hypothèse ;
- La prévisibilité des flux de trésorerie d'assurance peut être utilisée comme indicateur pour identifier si un passif d'assurance est liquide ou non.

Avant de rentrer plus en détail dans la méthodologie de calcul, quelques éléments préliminaires sont évoqués ci-dessous :

- **La prime de liquidité maximale.** Une majorité de la *Task Force* estime qu'il n'y a pas d'inconvénients à ce que la prime de liquidité du passif est égale à la prime de liquidité de l'actif. Le passif est alors complètement liquide . À l'inverse, une minorité estime qu'il faut prendre en compte une marge d'incertitude toujours présente dans les projections de flux de trésorerie à travers, par exemple, les prévisions de mortalité et les hypothèses de comportement des assurés.
- **La granularité de la prime de liquidité pour les engagements.** Le point le plus controversé de ce rapport car les membres de l'EIOPA souhaitent mettre en application une approche binaire. Or les assureurs préfèrent une approche plus granulaire avec une approche de type *bucket*. Le défi

est de définir le degré de liquidité d'un passif.

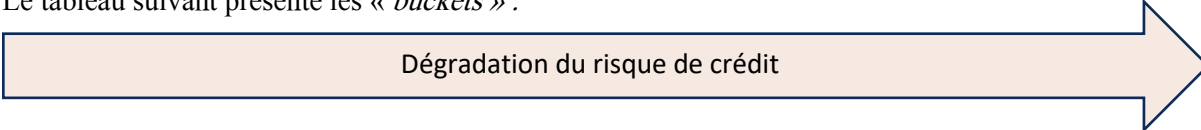
Des approches quantitatives et qualitatives ont été proposées pour définir les *buckets* :

- Les **approches qualitatives** se concentrent sur les conditions politiques, sur l'environnement juridique et fiscal afin d'évaluer le comportement futur des assurés, et de déduire le degré de liquidité correspondant. L'inconvénient avec ce type d'approche est que pour un même environnement le comportement des assurés peut changer d'une société à une autre. Ceci découlerait à des *buckets* différents pour chaque société, ce qui engendrerait une concurrence inégale.
- Les **approches quantitatives** prennent en compte le comportement passé des assurés en termes de taux de rachats, de volatilité des dépenses et des taux de mortalité. Ces approches doivent être complétées par des évaluations qualitatives en particulier pour les nouveaux produits qui reposent sur des données auditables.

Le secteur de l'assurance propose d'étudier la possibilité de combiner les avantages d'une approche qualitative basée sur un nombre limité de catégories et les avantages d'une approche quantitative plus précise basée sur la modélisation du degré réel de liquidité des engagements.

L'*International Accounting Standards Board* exprime trois groupes de *buckets*.

Le tableau suivant présente les « *buckets* » :



<i>Bucket 1</i> : Stabilité du risque de crédit depuis la comptabilisation initiale	<i>Bucket 2</i> : Dégradation significative du risque de crédit	<i>Bucket 3</i> : Risque de crédit avérée
Calcul des pertes de crédit attendues sur 12 mois	Calcul des pertes de crédit attendues sur la durée de vie résiduelle de l'actif financier	Calcul des pertes de crédit attendues sur la durée de vie résiduelle de l'actif financier
Intérêts calculés sur le montant brut	Intérêts calculés sur le montant brut	Intérêts calculés sur le montant net de la dépréciation

Table 2.6 - Définition *Bucket*

Deux méthodes de calculs de la prime de liquidité du passif sont possibles selon la *Task Force* :

- La première est :

$$L\text{Pliability}_{T,curr,i} = RFIRateforward_{total,T,curr,i} - RFIRateforward_{basic,T,curr}$$

Avec  $RFIRateforward_{basic,T,curr}$  le taux sans risque forward basique de maturité T et de monnaie *curr*.

Et  $RFIRateforward_{total,T,curr,i}$  le taux sans risque forward basique de maturité T et de monnaie *curr* pour un *bucket* de liquidité i.

Et  $L\text{Pliability}_{T,curr,i}$  la prime de liquidité d'un passif de maturité T et de monnaie *curr* pour un *bucket* de liquidité i.

- La deuxième est :

$$L\text{Pliability} = F(T) \times G(i) \times L\text{Passet}$$

Avec :

$$F(t) = \begin{cases} 1 & \text{si } 0 \leq T < N - 5 \\ \frac{(N - T)}{5} & \text{si } N - 5 \leq T \leq N \\ 0 & \text{si } T > N \end{cases}$$

Avec N désignant le *Last Liquid Point*.

$G(i)$  est le pourcentage de l'intégration de la prime de liquidité pour un *bucket*  $i$ . Si  $i$  vaut 1 alors l'actif est le plus liquide possible. La majorité de la *Task Force* est d'accord pour dire que  $G(1) < 100\%$ .

L'objectif de ce mémoire est de construire une courbe des taux selon la méthode Bottom-up de la norme IFRS 17. La courbe des taux et la prime de liquidité vont être calibrées. Ces rappels théoriques ont permis de mettre en exergue les préceptes relatifs aux éléments susmentionnés et d'ancrer la partie pratique.

## PARTIE 3 : Application méthode Bottom-Up

Dans le cadre de la méthode Bottom-up de la norme IFRS 17, les méthodes Vasicek et Hull & White sont mises en application dans cette partie. Pour ce faire, un code sous R est réalisé dans le cadre du mémoire afin de :

- Récupérer les prix des Obligations Assimilables du Trésor Français ;
- Optimiser l'erreur quadratique des méthodes de calibration évalués ;
- Évaluer la courbe des taux sans risque pour le calcul de la prime de liquidité d'un portefeuille d'actifs donné.

Pour le calcul de la prime de liquidité, l'étude est réalisée sur un portefeuille d'actifs de retraite individuelle d'un assureur anonyme, évalué au 31/12/2017 et composé :

- D'obligations d'entreprise
- D'obligations souveraine

Cet assureur a identifié au préalable les actifs en face de différents groupes de contrats de retraite individuelle soumis à IFRS 17. Par ailleurs, une dernière partie complémentaire de ce mémoire aura pour objectif d'étudier l'impact de la méthode de calibration de la courbe des taux sur les agrégats IFRS 17 (notamment la *Present Value of Future Cash Flows* et la *Contractual Service Margin*) et le résultat IFRS 17 à travers un unique groupe de contrats identifié par cet assureur. La courbe des taux est évaluée au global sur l'ensemble du portefeuille d'actifs des contrats de retraite individuelle, néanmoins les actifs sous-jacents du groupe de contrats étudié dans la dernière partie sont clairement identifiés parmi le portefeuille global.

Les obligations détenues sont définies par leur duration, leur prix et leur notation. Pour calculer le risque crédit contenu dans le *spread*, il est nécessaire de connaître les *Long Term Average Spread*, *Credit of Default* et *Probability of Default*. Ces données sont collectées dans les documents de l'EIOPA utilisés pour le calcul de la *Volatility Adjustment* et permettent de construire une courbe de taux sans risque IFRS 17.

### 3.1 Présentation des prix zéro-coupons utilisés

Les différentes courbes de taux présentées dans la prochaine partie sont construites sur les prix des Obligations Assimilables du Trésor Français (OAT Français) évalués au 31/12/2017 et provenant de la Banque de France en *Open Data*. Ces obligations sont des instruments financiers parmi les plus liquides sur le marché. Ces instruments sont très proches de la notion sans risque étant donné le volume d'échange et d'informations disponibles pour les acteurs du marché.

Les taux *spot* des Obligations du Trésor Français utilisés pour construire les courbes de taux sont présentés dans le tableau suivant.

Maturité	Taux 2017
1 mois	-0,848%
3 mois	-0,782%
6 mois	-0,720%
9 mois	-0,670%
1 an	-0,640%
2 ans	-0,488%
5 ans	-0,010%
10 ans	0,785%

<b>30 ans</b>	<b>1,762%</b>
---------------	---------------

Table 3.1 - Taux spot des Obligations Assimilables du Trésor Français le 31/12 2017

### 3.2 Construction de la courbe des taux sans risque

L'objectif de cette partie est de construire une courbe des taux en fonction des prix des OAT. Deux courbes sont construites à partir de ces prix OAT, selon les modèles de Vasicek et de Hull & White. Le but de cette construction est de mettre en pratique la théorie expliquée dans la PARTIE 2 : L'évaluation de la courbe de taux sous IFRS 17.

#### 3.2.1 Courbe de taux zéro-coupon

Dans un premier temps, le taux du zéro-coupon de marché est calculé à l'aide du prix de marché des OAT. L'utilisation de la formule de la convention composée permet d'avoir les prix zéro-coupons de marché :

$$P(0, T) = \frac{1}{(R(0, T) + 1)^T}$$

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

<b>Maturité</b>	<b>Prix OAT 2017</b>
<b>1 mois</b>	1,001
<b>3 mois</b>	1,002
<b>6 mois</b>	1,004
<b>9 mois</b>	1,005
<b>1 an</b>	1,006
<b>2 ans</b>	1,01
<b>5 ans</b>	1,001
<b>10 ans</b>	0,925
<b>30 ans</b>	0,592

Table 3.2 - Prix des OAT

Pour les deux modèles Vasicek ou Hull & White, la méthode du calcul des prix reste la même.

Une fois le calcul des  $P(0, T)$  du marché effectué pour les taux disponibles selon la maturité, une interpolation linéaire est réalisée de 1 an à 30 ans avec un pas annuel sur les maturités manquantes afin d'obtenir un nombre de données plus important.

Puis une extrapolation est réalisée pour les années au-delà de 30 ans jusqu'à 150 ans. C'est la maturité du dernier point de la courbe de l'EIOPA. Pour cela, une courbe de tendances est évaluée afin de calculer le rapport entre les différentes maturités. Ces rapports permettent de passer d'une maturité à une autre pour la courbe des prix construite. À partir de ces taux, la base de données contient 150 prix des OAT.

L'objectif est de minimiser l'écart entre les prix des OAT de la base de données et les prix des zéro-coupon obtenus selon les modèles Vasicek et Hull & White.

La formule des prix des deux modèles précédemment cités est la suivante :

$$P(t, T) = A(t, T)e^{-B(t, T)r(t)}$$

Avec :

- Modèle Vasicek :



$$A(t, T) = e^{\left(\theta - \frac{\sigma^2}{2k^2}\right)(B(t, T) - T + t) - \frac{\sigma^2}{4k} B(t, T)^2}$$

$$\text{et } B(t, T) = \frac{1}{k} (1 - e^{-k(T-t)}).$$

- Modèle Hull & White :

$$A(t, T) = \frac{P(0, T)}{P(0, t)} e^{B(t, T) f^M(0, t) - \frac{\sigma^2}{4a} ((1 - e^{-2at}) B(t, T))^2}$$

$$\text{et } B(t, T) = \frac{1}{a} (1 - e^{-a(T-t)}).$$

Pour le modèle Hull & White lorsque  $t$  est égal à 0 dans la formule de  $A(t, T)$ , seul  $a$  est paramètre avec  $r_0$  et cela ne permet pas d'optimiser  $\sigma$ . Ainsi ce dernier est valorisé en réduisant l'erreur quadratique des *forward* c'est-à-dire :

$$\min_{\sigma} \sum (f^M(0, T) - f(0, T))^2$$

La minimisation de l'erreur quadratique permet d'optimiser les paramètres afin de calibrer au mieux les prix des différents modèles.

$$\min_{\text{paramètres}} \sum (P^M(0, T) - P(0, T))^2$$

$P^M(0, T)$  correspond aux prix des OAT du marché et  $P(0, T)$  les prix trouvés à l'aide de Vasicek et Hull & White.

Les paramètres en question sont :

- $r_0$  le taux sans risque initial ;
- $a$  ou  $k$  la vitesse de retour à la moyenne ;
- $\sigma$  le paramètre de volatilité ;
- $\theta$  la moyenne à long terme ;

Cette minimisation est réalisée sur R-Studio à l'aide de la fonction :

$$\text{constrOptim}(par, cible, grad = grr, ui = rbind(c(0, 1, 0), c(0, 0, 1)), ci = c(0, 0))$$

Avec :

- $par$ , les paramètres à optimiser ;
- $cible$ , la fonction à minimiser c' est à dire la somme des erreurs quadratiques ;
- $grad$ , le gradient permettant de minimiser ;
- $ui$ , les contraintes linéaires sur les paramètres en effet la volatilité et le retour à la moyenne sont positifs.

Une fois les paramètres optimisés, le calcul du prix est immédiat. Il s'agit de mettre à jour la formule des prix  $P(t, T) = A(t, T)e^{-B(t, T)r(t)}$  avec la valeur des paramètres trouvés.

Les courbes des prix du zéro-coupon obtenues dans la figure 3.1. sont cohérentes puisqu'elles sont proches de la courbe de prix zéro-coupon du marché des OAT et présentent la même tendance que cette dernière. Notamment celle de Hull & White superpose parfaitement la courbe des prix OAT. Cela répond aux attentes puisque la calibration Hull & White est une amélioration du modèle Vasicek.



Figure 3.1 - Prix zéro-coupon

À noter néanmoins que la courbe obtenue à partir du modèle Vasicek ne reproduit pas parfaitement la courbe des taux zéro-coupon pour les maturités faibles ; un décalage est observé dans la figure 3.1. Les erreurs quadratiques obtenues pour les deux modèles sont récapitulées dans le tableau suivant :

	Vasicek	Hull & White
Erreur Quadratique	6e-03	5e-09

Table 3.3 - Résultat des erreurs quadratiques

La discrétisation est réalisée afin d'évaluer les courbes des taux sans risque de ces deux modèles à partir des paramètres précédemment trouvés.

### 3.2.2 Discrétisation du taux

La deuxième étape est la discrétisation des différents taux ZC permettant d'estimer le taux sans risque. La méthode est de nouveau similaire pour les modèles Hull & White et Vasicek. Du fait de cette similitude, nous allons expliciter la démarche adoptée en décrivant la méthodologie de valorisation des taux spot instantanés selon le modèle Hull & White.

Plusieurs équations de discrétisation existent.

Discrétisation	Formule
Euler	$r(t + \Delta t) = r(t) + k \times (\theta - r(t)) \times \Delta t + \sigma \sqrt{r(t)} \times \Delta t \times \varepsilon$
Millstein	$r(t + \Delta t) = r(t) + k \times (\theta - r(t)) \times \Delta t + \sigma \sqrt{r(t)} \times \Delta t \times \varepsilon + \frac{\sigma^2}{4} \times \Delta t \times (\varepsilon^2 - 1)$
Exacte	$r(t + \Delta t) = r(t)e^{-a\Delta t} + \alpha(t + \Delta t) - \alpha(t)e^{-a\Delta t} + \sigma \sqrt{\frac{1 - e^{-2a\Delta t}}{2a}} \varepsilon$

Table 3.4 - Formules des discrétisations

La méthodologie de discrétisation exacte est retenue.

Avec  $\alpha(t) = f^M(0, t) + \frac{\sigma^2}{2a^2} (1 - e^{-at})$  et  $\varepsilon$  suit une loi centre réduite.

Pour Vasicek la formule de discrétisation est :

$$r(t + \Delta t) = r(t)e^{-a\Delta t} + \theta(1 - e^{-a\Delta t}) + \sigma \sqrt{\frac{1 - e^{-2a\Delta t}}{2a}} \varepsilon$$

Les taux *forward* de marché  $f^M(0, t)$  sont estimés pour Hull & White à l'aide de la formule suivante :

$$f(t, T) = \frac{-\partial \ln P(t, T)}{\partial T}$$

en remplaçant  $P(t, T)$  par  $A(t, T)e^{-B(t, T)r(t)}$ , les fonctions  $A(t, T)$  et  $B(t, T)$  étant connues.

Pour Hull & White lorsque  $t$  est égal à 0 :  $f(0, T) = e^{-aT}(r_0 - f^M(0, 0)) - \frac{\sigma^2}{2a^2}(1 - e^{-aT})$ .

Le paramètre  $\sigma$  est estimé à partir du *forward* en minimisant l'erreur quadratique avec le *forward* du marché.

La courbe des taux sans risque est construite à l'aide de ces différentes formules et des paramètres trouvés.

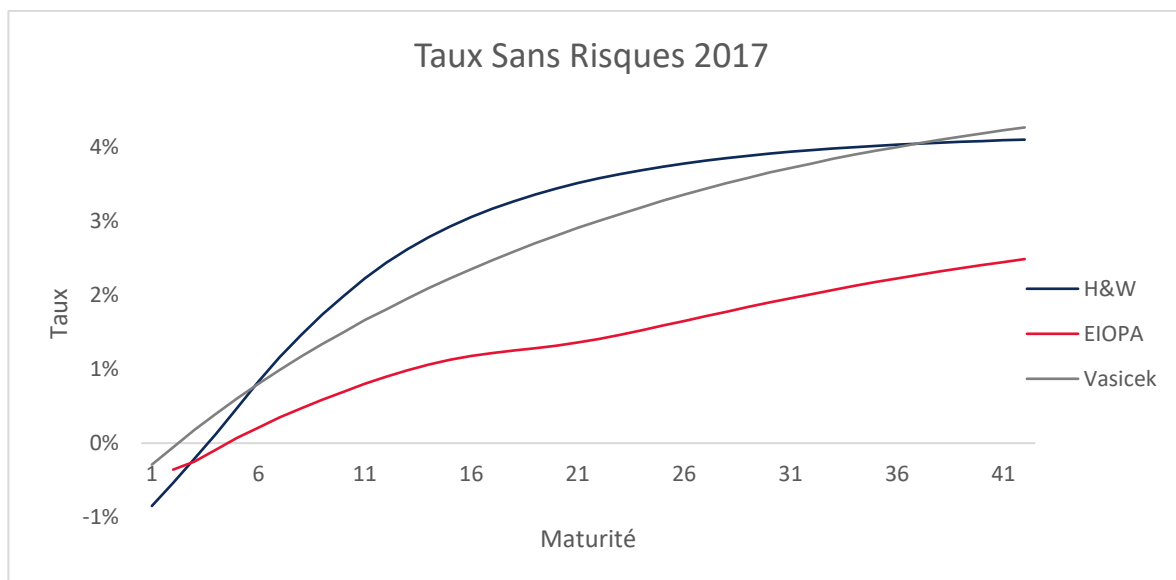


Figure 3.2 - Taux Sans Risque 2017

Les modèles H&W et Vasicek sont des modèles utilisés pour les taux courts ainsi pour les taux de petites maturités sont comparables à celle de l'EIOPA. Les taux courts à long terme sont différents entre les deux modèles utilisés et ceux de l'EIOPA car d'une part à l'initialisation de la courbe de l'EIOPA l'UFR est demandé et d'autre part la courbe de l'EIOPA est calibrée sur les *swaptions* et utilise la méthode de Smith-Wilson pour les taux supérieurs à 20 ans. Cette approche est une méthode pour le calcul des taux courts à long terme alors que les deux modèles H&W et Vasicek ont tendance à mal reproduire les courbes de taux à long terme.

L'EIOPA se veut être prudent et le fait d'avoir un taux UFR bas est une exigence permettant aux assureurs de ne pas surévaluer les gains à long terme. La différence entre la courbe Vasicek et H&W est dû principalement au fait que H&W présente la caractéristique d'avoir en paramètre un calibrage sur la courbe des taux *forward* du marché.

Dans la suite du mémoire, la courbe de l'EIOPA est conservée à titre indicatif afin d'apprécier au mieux l'impact de la calibration des courbes sur le compte de résultat IFRS 17 .

### 3.2.3 Test martingale

Une fois la courbe des taux réalisée, il faut vérifier que cette dernière soit bien *Market Consistent* c'est-à-dire que le taux représente bien les prix du marché.

Pour cela plusieurs tests existent :

- Le test déflateur qui analyse des écarts entre le prix zéro-coupon  $P(0, t)$  et son estimé  $\frac{1}{N} \sum_k D^k(t)$  ;
- Le test zéro-Coupon qui analyse des écarts entre le prix zéro-coupon  $P(0, t)$  et son estimé  $\frac{1}{N} \sum_k D^k(t) P^k(t, T)$  ;
- Le dernier test consiste à extraire des P-valeurs seuil à partir duquel la quantité cible appartient à l'intervalle de confiance associé.

Le détail de ces tests a été volontairement occulté du mémoire afin de rester concentrer sur le sujet principal qui est l'impact de la construction de la courbe de taux sur les résultats IFRS 17. Étant donné que les courbes sont différentes cela permet de mieux mettre en lumière la sensibilité du résultat à la courbe des taux d'actualisation sous IFRS 17.

### 3.3 Mise en œuvre de la méthode proxy pour la prime de liquidité

Les trois premières méthodes expliquées dans le 2.4.2 Calcul de la prime de liquidité de l'actif ne peuvent pas être appliquées par manque de données.

La quatrième méthode dite « proxy » proposée par l'EIOPA est la méthode retenue dans ce mémoire pour calculer la prime de liquidité. Cette dernière représente l'écart entre un actif et un taux sans risque liquide à laquelle est enlevée la prime de risque de crédit.

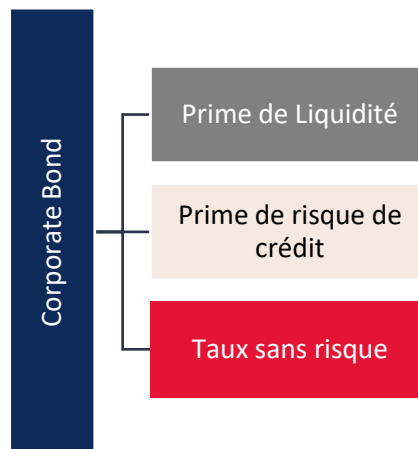


Figure 3.3 - Décomposition du *spread*

L'obligation d'entreprise correspond à l'ensemble des éléments suivants : le taux sans risque et le *spread* défini comme la somme de la prime de liquidité et la prime de risque de crédit.

Le calcul de la *Volatility adjustment* (VA) présenté par l'EIOPA ressemble au calcul de la prime de liquidité proposé par IFRS 17 car tous deux ont pour objectif d'ajuster la courbe des taux sans risque. Cette VA permet de corriger le mauvais alignement entre l'actif et le passif en termes de liquidité et d'incertitude ajoutée.

La *Volatility adjustment* est basée sur 65% de la valeur de *spread* corrigée par le risque de crédit et des valeurs dérivées des instruments financiers tels que les obligations, des prêts et des titrisations.

La prime de liquidité correspond à 100% de la valeur de *spread* corrigé par le risque de crédit. Ainsi la différence entre le *spread* et le risque de crédit représente la prime de liquidité. Ce calcul doit être fait selon la devise et le pays dans lequel les flux sont projetés. Le portefeuille d'actif doit être représentatif de la monnaie, ici l'euro et le pays, la France.

L'EIOPA collecte des informations pour déterminer les portefeuilles de références sur les portefeuilles en euro en France. L'EIOPA donne les valeurs suivantes dans *EIOPA RFR 20210131 VA portfolios*. Le tableau suivant présente le pourcentage de la composition du portefeuille d'actif pour chaque monnaie.

	Obligations gouvernementales	Autres actifs
EUR	27,4%	43,8%
HRK	29,6%	6,7%
CZK	50,8%	15,6%
DKK	19,3%	61,9%
HUF	55,4%	15,1%
ISK	77,2%	9,3%
NOK	12%	59,5%
PLN	38,4%	20,7%
CHF	23,8%	51,4%
GBP	19,4%	31,1%
AUD	76,5%	51,4%
CAD	51,9%	33,1%
JPY	85,2%	18,2%
USD	18,2%	76,1%

Table 3.5 – Exemple de portefeuilles types par monnaie

La monnaie euro présente une répartition de ses actifs comme ci-suit :

- 27,4% dans les obligations d'états
- 43,8% dans les autres actifs tel que des titres financiers et non financiers.

Le tableau suivant présente le pourcentage de la composition du portefeuille d'actif pour chaque pays :

	Obligations gouvernementales	Autres actifs
AT	18,3%	46,5%
BE	48,7%	34,2%
BG	53,3%	18,5%
HR	58,9%	11,4%
CY	5,5%	42,5%
CZ	52,3%	27,4%
DK	19,3%	61,9%
EE	24,2%	42,4%
FI	8,2%	38,3%
FR	27,0%	46,9%
DE	15,6%	55,2%
GR	32,9%	33,1%
HU	52,7%	19,5%
IS	77,2%	9,3%
IE	17,9%	27,9%
IT	45,5%	22,9%
LV	49,3%	18,9%

Table 3.6 – Exemple de portefeuilles types par pays

La France, quant à elle, dispose d'actifs répartis de la façon suivante :

- 27% dans les obligations d'états
- 46,9% dans les autres actifs.

Le portefeuille d'actifs donné par l'assureur est similaire à ce type de portefeuilles en termes de composition afin de représenter au mieux la réalité du marché. Sur le site de l'EIOPA, les valeurs de répartition de ses actifs sont mises à jour mensuellement pour le calcul du taux sans risque.

Les obligations souveraines sont segmentées par Etat et par duration moyenne. Pour les obligations d'entreprise, elles sont divisées en fonction :

- Du type d'entreprises à savoir entreprises financières ou non financières ;
- De la notation des agences de notation comme *Standard and Poor's*.

Ce découpage permet de trouver la duration moyenne de l'obligation et son poids dans le portefeuille. Les données permettent de calculer le *Spread*.

### 3.3.1 Calcul du *spread*

La formule du *spread* expliqué par la *Task Force* est comme suit :

$$S = \text{Poids obligations souveraines} \times \text{Spread obligations souveraines} \\ + \text{Poids obligations d'entreprise} \times \text{Spread obligations d'entreprise.}$$

Pour calculer le *spread* sur le portefeuille il faut la valeur des différents poids et les *spreads* des différentes obligations.

Le poids est obtenu en fonction de la part de la valeur de marché des obligations sur la valeur marché total du portefeuille. Dans le portefeuille d'actifs à disposition seules des obligations françaises sont présentes pour les obligations souveraines. Le poids des obligations souveraines françaises est égal à 1.

Les obligations d'entreprises sont divisées comme décrit précédemment. La répartition est présentée dans le tableau suivant :

En M€	Financier			Non Financier		
Rating	AA	A	B	AA	A	B
Valeur de marché	3 539	21 642	10 537	3 699	4 435	6 536
Poids des obligations	7%	43%	21%	7%	9%	13%

Table 3.7 – Classement des obligations d'entreprises

Une fois le poids des obligations calculés, il faut ensuite estimer la valeur du *spread* des différentes obligations. Le *spread* est défini comme étant la différence entre le taux du rendement interne et le taux du rendement interne sans risque :

- Le taux du rendement interne est calculé à l'aide de cette formule :

$$\sum_i \frac{P_i \times (1 + r_i)^{d_i}}{(1 + TRI)^{d_i}} = 1$$

avec  $P_i$  le poids des rendements  $r_i$ , et  $d_i$  la duration

- Pour le taux du rendement interne sans risque la formule est adaptée au taux sans risque :

$$\sum_i \frac{P_i \times (1 + r_t)^{d_i}}{(1 + TRI)^{d_i}} = 1$$

avec  $r_t$  le taux sans risque.

Pour les obligations souveraines le rendement du marché correspond au taux de marché de la zone EURO. Pour les obligations d'entreprises le rendement du marché est assimilé au rendement du marché des indices obligataires pour la durée correspondante à la durée de l'agrégation du portefeuille ayant la même note de *Standard and Poor's*.

Pour l'étude, le rendement des entreprises provient de *Markit*. Finan\_0 représente les obligations d'entreprises financières AAA, Finan\_1 représente les obligations d'entreprises financières AA, Finan\_2 représente les obligations d'entreprises financières A. (Respectivement Nonfinan pour les obligations d'entreprise non financière).

Le tableau suivant présente le rendement de marché des obligations d'entreprises par rating.

Finan_0 (AAA)		Finan_1 (AA)		Finan_2 (A)		Finan_3 (B)	
1,8	-0,09	1,8	-0,08	1,9	0,04	1,9	0,32
3,6	0,09	3,6	0,11	3,8	0,29	3,8	0,72
5,6	0,21	5,6	0,25	5,7	0,50	5,5	1,08
7,6	0,37	7,6	0,43	7,8	0,76	7,4	1,36
11,6	0,68	11,6	0,80	11,6	1,09	11,3	1,80

Nonfinan_0 (AAA)		Nonfinan_1 (AA)		Nonfinan_2 (A)		Nonfinan_3 (B)	
1,9	-0,20	1,9	-0,17	1,9	-0,03	1,8	0,13
3,8	-0,02	3,8	-0,02	3,7	0,13	3,7	0,48
5,7	0,10	5,7	0,11	5,5	0,31	5,5	0,77
7,9	0,28	7,9	0,33	7,6	0,49	7,5	0,95
13,3	0,65	13,3	0,76	12,5	1,03	11,3	1,40

Table 3.8 – Rendement de marché des obligations d'entreprises par Rating

Les colonnes de gauche de chacune des catégories correspondent à la durée et celles de droite correspondent aux rendements de marché.

Une interpolation linéaire est appliquée afin de trouver les différents rendements selon la durée moyenne des obligations. Une fois toutes les informations réunies, le calcul du *spread* est possible.

Les *spreads* pour les courbes de taux sont présentés dans le tableau suivant.

	H&W	EIOPA	Vasicek
<i>Spread</i>	$4,848 \times 10^{-6}$	$2,122 \times 10^{-5}$	$1,547 \times 10^{-6}$

Table 3.9 – *Spread*

### 3.3.2 Risque crédit du portefeuille

La formule du risque crédit du portefeuille est comme suit :

$$\mathbf{RC} = \text{Poids obligations souveraines} \times \text{RC obligations souveraines} \\ + \text{Poids obligations d'entreprise} \times \text{RC obligations d'entreprise.}$$

Les poids sont identiques aux poids obtenus lors du calcul du *spread*.

Les risques de crédits selon les obligations correspondent à la différence entre le RC du portefeuille et le RC du marché.

L'EIOPA explique que le risque de crédit est calculé à l'aide de trois informations :

- la probabilité de défaut PoD ;
- le coût de dégradation CoD ;
- le *spread* moyen à long terme (LTAS).

L'EIOPA propose une méthodologie pour calculer la probabilité de défaut et le coût de la dégradation. Ces données sont communiquées mensuellement par l'EIOPA.

Le LTAS permet de calculer le risque crédit des obligations souveraines. Ce taux est calculé à partir du taux de marché des obligations et les taux sans risque liés à la devise des obligations souveraines considérées.

Le risque de crédit des obligations souveraines est égal à :

$$MAX(30\% \times LTAS ; 0)$$

Le risque de crédit pour les obligations d'entreprise est calculé à l'aide des deux autres facteurs comme suit :

$$MAX(35\% \times LTAS; CoD + PoD)$$

Une fois le risque de crédit du marché calculé, il faut calculer celui du portefeuille. La même méthode est appliquée pour le *spread*. Autrement dit, il faut calculer le taux du rendement interne en résolvant l'équation suivante :

$$\sum_i \frac{P_i \times (1 + r_i - RC_i)^{d_i}}{(1 + TRI)^{d_i}} = 1$$

avec  $RC_i$  le risque crédit des obligations.

Le résultat est présenté dans le tableau suivant :

Risque de crédit	$7,717 \times 10^{-7}$
------------------	------------------------

Table 3.10 – Risque de crédit

Le résultat est le même pour les trois courbes puisque le taux sans risque n'intervient pas dans le calcul du risque de crédit.

### 3.3.3 Calcul de la prime liquidité à l'actif

Après avoir calculé le *spread* et le risque crédit, il ne reste plus qu'à effectuer la différence pour obtenir la prime de liquidité.

Ainsi :

$$\text{Prime de Liquidité} = |\text{Spread} - \text{Risque Crédit}|$$

Selon les différentes méthodes vues précédemment par l'EIOPA, il est possible d'appliquer un facteur selon le *bucket* auquel appartient les actifs afin d'être le plus cohérent possible par rapport au risque de crédit.

Voici un tableau récapitulatif des différentes étapes de calcul pour la prime de liquidité de l'actif.

	Obligations Souveraines	Obligations d'entreprises
Rendement du marché	Taux de marché de la zone EURO	Rendement de marché d'indices obligataires
Calcul du taux de rendement interne	$\sum_i \frac{P_i \times (1 + r_i)^{d_i}}{(1 + TRI)^{d_i}} = 1$	
Calcul du taux de rendement interne du taux sans risque*	$\sum_i \frac{P_i \times (1 + r_t)^{d_i}}{(1 + TRI)^{d_i}} = 1$	



<b>Spread</b>	TRI rendement interne – TRI taux sans risque	
<b>Spread Total</b>	Poids obligations souveraines × (Spread obligations souveraines du portefeuille – Spread obligations souveraines du taux sans risque) + Poids obligations d'entreprise × (Spread obligation d'entreprises du marché – Spread obligations d'entreprises du portefeuille)	
<b>Calcul du risque Crédit du marché</b>	max(30% × LTAS, 0)	max(35%LTAS, CoD + PoD)
<b>Calcul du risque Crédit du portefeuille</b>	$\sum_i \frac{P_i \times (1 + r_i - RC_i)^{d_i}}{(1 + TRI)^{d_i}} = 1$	
<b>Risque Crédit Total</b>	Poids obligations souveraines × (RC obligations souveraines du portefeuille – RC obligations souveraines du marché) + Poids obligations d'entreprise × (RC obligation d'entreprises du marché – RC obligations d'entreprises du portefeuille)	
<b>Prime de Liquidité</b>	Spread Total – Risque Crédit Total	

Table 3.11-Méthodologie de calcul de la prime de liquidité

(\*)  $r_t$  représente le taux sans risque

Les résultats trouvés pour la prime de liquidité sont présentés dans le tableau suivant :

	H&W	EIOPA	Vasicek
<b>Prime de liquidité de l'actif</b>	$5,6 \times 10^{-6}$	$2,3 \times 10^{-5}$	$2,3 \times 10^{-6}$

Table 3.12-Prime de liquidité de l'actif

Les résultats sont cohérents puisque la courbe sans risque de l'EIOPA prend des valeurs inférieures par rapport aux autres modèles. Ainsi, il semble logique que la prime de liquidité à l'actif soit supérieure.

### 3.3.4 Calcul de la prime de liquidité au passif

Une fois le calcul de la prime de liquidité à l'actif il ne reste plus qu'à calculer la prime de liquidité au passif.

En prenant cette formule :  **$LP_{liability} = F(T) \times G(i) \times LP_{asset}$**

Avec :

$$F(t) = \begin{cases} 1 & \text{si } 0 \leq T < N - 5 \\ \frac{(N - T)}{5} & \text{si } N - 5 \leq T \leq N \\ 0 & \text{si } T > N \end{cases}$$

$N$  désignant le *Last Liquid Point* et  $G(i)$  donne la prime de liquidité pour un *bucket*  $i$ .

Plusieurs hypothèses sont retenues :

- $N = 20$  car c'est un portefeuille avec des obligations européennes.
- $G(i) = 80\%$  représente la moyenne d'intégration de la prime de liquidité du portefeuille.

Le graphique suivant présente la prime de liquidité au passif pour les différentes courbes.

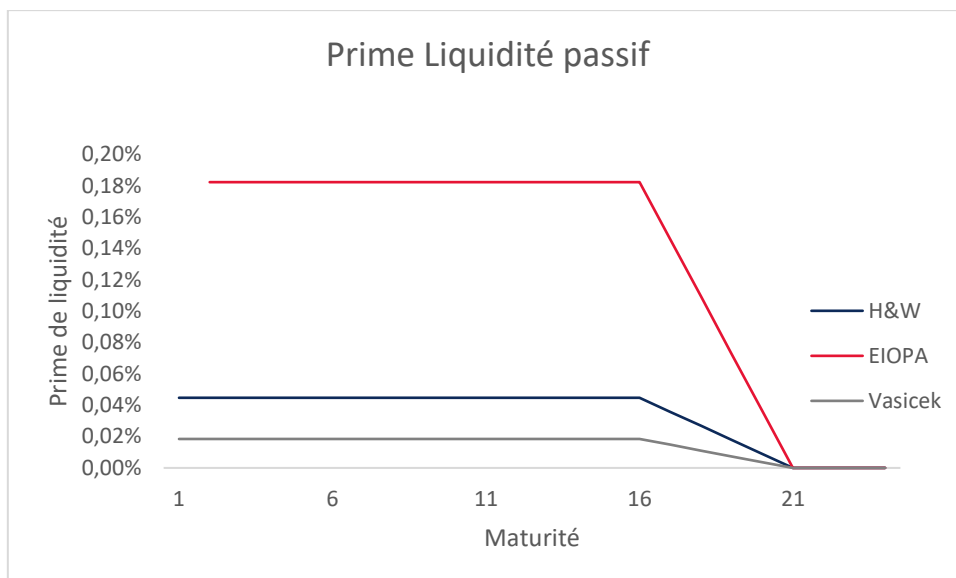


Figure 3.4 – Prime de liquidité du passif

À partir du dernier point de liquidité, la prime de liquidité du passif est nulle.

### 3.4 Taux IFRS 17

Les courbes de taux IFRS 17 sont présentées dans la figure suivante. Le taux est la somme entre la prime de liquidité du passif et le taux sans risque.

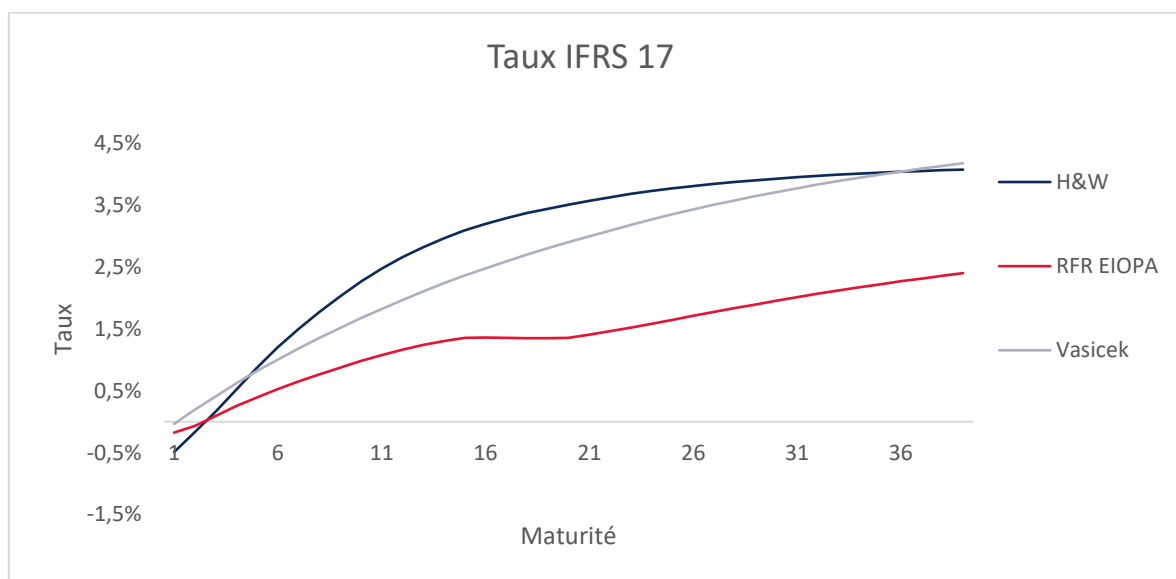


Figure 3.5 – Taux IFRS 17

Ces courbes de taux sont utilisées sur un portefeuille épargne afin d'apprécier les impacts entre les différentes courbes sur les résultats IFRS 17. La courbe de l'EIOPA est conservée à titre indicatif pour permettre d'avoir plusieurs résultats pour mieux apprécier le résultat.

## PARTIE 4 : Impact de la courbe de taux sur le résultat d'assurance d'un groupe de contrats épargne

L'objectif de cette partie est d'analyser l'impact sur les agrégats et le résultat IFRS 17 des différentes méthodes de calibration de la courbe des taux dans le cadre d'un groupe de contrats épargne. L'étude est réalisée sur les données d'un assureur Vie (Épargne et Retraite).

Les notions abordées précédemment sont mises en application dans le cadre du modèle comptable financier : la *Variable Fee Approach*. L'étude se concentre sur les composantes LRC.

Les données anonymisées alimentent une maquette construite pour présenter selon les courbes de taux calibrées :

- Les analyses de mouvement des agrégats IFRS 17 ;
- Les comptes de résultats ;
- Les bilans

### 4.1 Cadre de l'étude

#### 4.1.1 Le portefeuille

Les contrats épargne étudiés sont des contrats multi-supports c'est-à-dire des contrats qui allient des investissements sur fonds euros et en unité de compte.

Pour les **fonds euros**, l'assureur s'engage à garantir un capital à l'aide d'un taux minimum garanti. Pour cela l'entité met en place une stratégie d'allocation des actifs.

Pour les **fonds UC**, l'assureur convertit la prime en parts de supports financiers. Cela nécessite pour l'assureur d'avoir une adéquation entre le passif et l'actif. La valeur des unités de compte évolue en fonction de l'évolution des marchés financiers. L'assureur n'a aucune garantie sur la valeur en euros de l'épargne du souscripteur mais uniquement une garantie sur le nombre d'unités de compte. L'unité de compte permet de diversifier son épargne car l'assuré peut choisir un investissement entre différentes branches d'activité et zones géographiques.

Ces contrats sont de plus en plus présents sur le marché de l'assurance étant donné le contexte des taux bas. Les contrats d'assurance vie euros ne sont plus aussi profitables pour l'assuré et l'assureur.

Le portefeuille a été anonymisé et présente les données suivantes issues des modèles actuariels de l'assureur d'une même unité de mesure :

- Projection des flux futurs : primes, sinistres, frais. L'ensemble des sinistres est considéré comme étant de la composante d'investissement.
- Le portefeuille d'actifs sous-jacents utilisé dans la Partie 3 pour les méthodes de calibration et identifié comme les éléments sous-jacents de l'unité de mesure : sa valeur est au 31/12/2017.

#### 4.1.2 Maille étudiée

La génération étudiée est 2017. L'analyse est réalisée uniquement sur le groupe de contrats profitable.

Ainsi la maille choisie du groupe de contrats est :

#### **Retraite Individuelle x Profitable x 2017**

Le choix de la maille IFRS 17 des différents contrats est fait selon l'assureur X. Il n'y a pas eu de travail dans ce mémoire de cartographie des contrats pour les associer à un groupe de contrats maille IFRS 17.

#### 4.1.3 Hypothèse de projection

Les résultats et agrégats IFRS 17 de ce groupe de contrats sont projetés sur 40 ans selon un scénario central. Notamment, les projections et les hypothèses de projections ne sont pas revues et le portefeuille s'écoule naturellement :

- Le passif IFRS 17 est écoulé dans un scénario où « tout se passe comme prévu » c'est-à-dire que l'attendu est le réel. Dans la suite, cette évolution est présentée en détail ;
- L'actif évolue des paiements et encaissements de la période et d'une même production financière pour tous les scénarios ;
- La variation des éléments sous-jacents est assimilée à la production financière des actifs sous-jacents réels.

À noter que la méthode de calibration des taux a un impact direct sur l'actif projeté et sur les flux de rachat, décès projetés, etc. Néanmoins la production financière réelle des actifs est comptabilisée en CSM et ne dépend donc pas de la méthode de calibration de la courbe des taux. De ce fait le taux de production financière comptabilisé en CSM est indépendant de la calibration des taux IFRS 17 : il est constant de 2% sur la projection.

L'ensemble des flux est supposé intervenir en fin d'année :

- Les primes sont reçues et encaissées au 31/12 de chaque année
- Les sinistres et frais interviennent et sont payés le 31/12 de chaque année.

Les flux estimés par l'assureur au 31/12/2017 sont les flux réalisés en l'absence d'écart d'expérience ou de changement dans les estimations. Une comparaison des résultats entre les différentes courbes de taux d'actualisation calibrées à l'initialisation est réalisée pour répondre à la problématique de ce mémoire.

Dans le cadre du scénario central, les différentes courbes de taux initialement calibrées au 31/12/2017 sont vieillis d'un an chaque année car il n'y a pas de changement de courbe des taux. Le vieillissement des taux se fait à l'aide des déflateurs.

$$r(i, j) = \left( \frac{(1 + r_j)^j}{(1 + r_i)^i} \right)^{\frac{1}{j-i}} - 1$$

En passant par les déflateurs :

$$D_{0 \text{ à } t} = D_t = \left( \frac{1}{1+r_t} \right)^t$$

Avec  $r_t$  le taux IFRS 17 calculé avec les différentes courbes calibrées dans la partie 3.

$$r(i, j) = \frac{D_j}{D_i} - 1$$

Un exemple est présenté pour mieux comprendre le calcul des déflateurs.

*Exemple :* La courbe des taux 2017 est égale à 1% pour l'année 1, 2% pour l'année 2.

	Année 1	Année 2
Déflateur 2017	$99\% = \frac{1}{1 + 1\%}$	$96\% = \frac{1}{(1 + 2\%)^2}$
Déflateur 2018	$97\% = \frac{96\%}{99\%} = \frac{1 + 1\%}{(1 + 2\%)^2}$	

Table 4.1 - Exemple calcul de déflateur

La PVFCF de clôture dans le cadre du mémoire est calculée à l'aide des déflateurs.

## 4.2 Analyse à la comptabilisation initiale du groupe de contrats

### 4.2.1 Present Value for Future Cash Flows

Dans un premier temps, la maquette réalisée présente la PVFCF du groupe de contrats étudié. La date de comptabilisation initiale du groupe de contrats est établie au 31/12/2017, date à laquelle les agrégats (PVFCF-RA-CSM) IFRS 17 sont évalués pour la première fois. La somme des flux est actualisée en multipliant par le déflateur de l'année en cours c'est-à-dire les délateurs de 2017.

Voici pour rappel la formule correspondante :

$$PVFCF = \sum_{i=1}^{40} Déflateur_{2017_i} \times Flux_i$$

La PVFCF est évaluée à l'origine selon les différentes courbes calibrées. La figure suivante présente la PVFCF à la comptabilisation initiale :

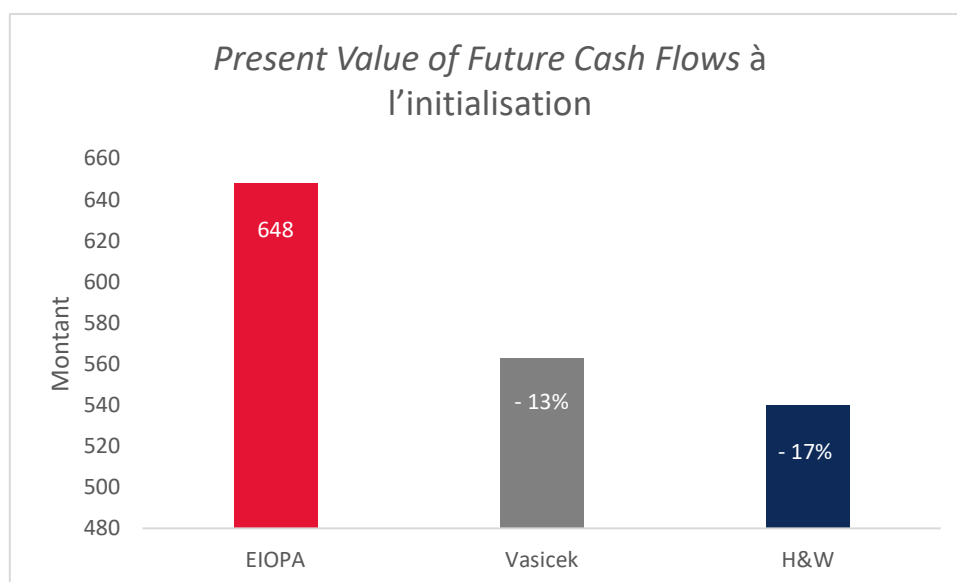


Figure 4.1 – Present Value of Future Cash Flows à l'initialisation (en M€)

Les écarts sont expliqués par les différences entre les courbes de taux. En effet plus le taux IFRS 17 est élevé plus le déflateur est faible et par multiplication la PVFCF est faible. La courbe de l'EIOPA étant la plus représentative des taux bas, la PVFCF est évaluée à la hausse par rapport aux autres courbes calculées. La PVFCF H&W est plus faible que celle de Vasicek car la courbe des taux H&W est supérieure à celle de Vasicek sur 32 ans. Les variations de taux sont présentées dans la figure 3.5.

### 4.2.2 Risk Adjustment

Le *Risk Adjustment* dans l'application est un pourcentage de la PVFCF. Tout au long de la projection cette hypothèse est supposée constante. Ce pourcentage est égal à 2%. Ainsi le RA se calcule comme suit :

$$RA = 2\% \times \sum_{i=1}^{40} Déflateur_{2017_i} \times Flux_i$$

Le RA suit les mêmes évolutions et analyses que la PVFCF.

### 4.2.3 Juste Valeur

La juste valeur du portefeuille d'actifs à l'initialisation correspond aux éléments sous-jacents « *qui déterminent une part des sommes à verser aux assurés* » et sur lesquels les assurés détiennent des droits. Cette juste valeur n'est pas impactée par la méthode de calibration de la courbe des taux d'actualisation. En effet les taux d'actualisation servent à calculer la valeur présente des flux futurs. Ce ne sont pas des taux de production financière.

Le tableau suivant présente la juste valeur associée au groupe de contrats étudié. Cette valeur est donnée par l'assureur.

En M€	Valeur de marché du sous-jacent
EIOPA/Vasicek/H&W	681

Table 4.2 – Valeur de marché du sous-jacent à l'initialisation

Pour rappel le taux de rentabilité pris pour la production financière est de 2% pour les trois courbes sur les 40 ans de projection.

### 4.2.4 Contractual Service Margin

La CSM à l'initialisation fluctue selon les différentes valeurs du RA et de la PVFCF. En effet le calcul de la CSM se fait comme suit à l'aide des différentes valeurs dans les parties précédentes :

$$\text{CSM à la souscription} = \text{JV à l'initialisation} - \text{PVFCF à l'initialisation} - \text{RA à l'initialisation}$$

Le graphique suivant présente les valeurs de la CSM à la comptabilisation initiale.

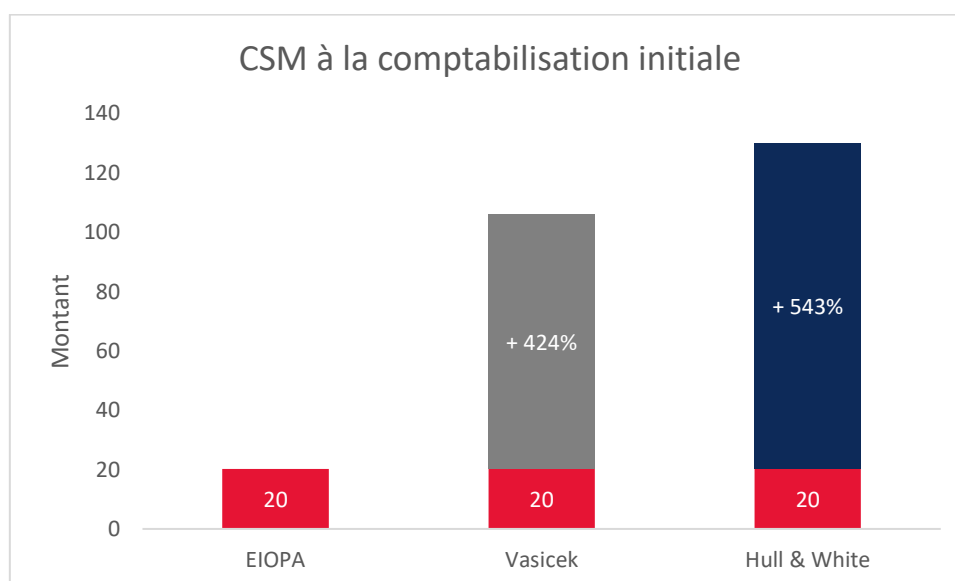


Figure 4.2 – Contractual Service Margin à l'initialisation (en M€)

Lorsque la juste valeur (JV) des actifs est fixe comme ici, les résultats sont analysés comme suit : la courbe des taux reflète « *la valeur temps de l'argent, les caractéristiques des flux de trésorerie et les caractéristiques de liquidité des contrats d'assurance* » (IFRS17.36), plus ceux-ci sont faibles et plus la marge future estimée sur les affaires nouvelles de l'assureur à la date de souscription est élevée. Les différents agrégats IFRS étant construits, le bilan est évalué au 31/12/2017.

### 4.2.5 Bilan à l'initialisation

La construction du bilan au passif permet notamment de valider les différentes analyses de mouvement futures et les calculs. Le bilan permet de faire un focus sur les enjeux de la courbe des taux.

L'actif correspond à la valeur de la JV de clôture de l'année. Le passif est la somme des fonds propres et du LRC.

Le tableau suivant présente le passif à l'initialisation.

En M€	EIOPA	Vasicek	H&W
<b>Passifs</b>	<b>681</b>	<b>681</b>	<b>681</b>
LRC	681	681	681
- <i>Present Value of Future Cash Flows</i>	648	564	540
- <i>Risk Adjustment</i>	13	11	11
- <i>Contractual Service Margin</i>	20	106	130

Table 4.3 – Bilan à la comptabilisation initiale

À l'initialisation, le premier constat est que la courbe de taux n'impacte pas sur la valeur finale du passif mais impacte sur la répartition du passif entre la PVFCF, le RA et la CSM. De plus ce bilan permet de remarquer que la courbe de l'EIOPA a pour but d'être le plus prudent et de maximiser la PVFCF.

Ce mémoire s'intéresse désormais à la projection du P&L et du bilan IFRS dans le temps (40 ans ici) et aux impacts de la calibration de la courbe des taux.

Cela fait l'objet de la prochaine partie avec tout d'abord une analyse détaillée de la première année.

### 4.3 Comptabilisation ultérieure

Selon un scénario central où « tout se passe comme prévu », les P&L et bilans IFRS 17 sont projetés sur 40 ans. Une analyse de la première année est réalisée afin de comprendre les différentes analyses de mouvement des agrégats IFRS 17.

#### 4.3.1 Analyse de mouvement

À la suite des calculs des flux, le calcul des différentes analyses de mouvement est effectué.

##### 4.3.1.1 Analyse de mouvement de la PVFCF

La PVFCF est calculée à l'aide des différents flux et des déflateurs. Ainsi l'analyse de la PVFCF est présentée dans le tableau suivant :

<b>PVFCF Ouverture</b>
Effet du passage du temps (i)
Changements dans les estimations (ii)
Flux attendus (iii)
<b>PVFCF Clôture</b>

Table 4.4 – Analyse de mouvement de la PVFCF

**(i) L'effet du passage du temps** représente la valeur de temps sur l'argent. C'est en quelque sorte la capitalisation réalisée sur la PVFCF.

$$\text{Effet passage du temps} = \text{PVFCF Ouverture} \times \text{Taux intérêt}$$

$$\text{Avec le Taux intérêt} = \frac{1}{\text{Défateur}} - 1$$

Ce calcul est réalisable car les primes sont perçues et les sinistres et frais sont payés en fin d'année. Cet effet du passage du temps évolue selon les différentes courbes de taux pour deux raisons:

- La PVFCF ouverture est différente ;
- Les taux calibrés sont différents.

L'effet du passage du temps en première année est négatif car les taux en première année sont négatifs.

**(ii) Les changements dans les estimations futures de la PVFCF** sont nuls pour chaque année et chaque courbe étant donné l'hypothèse de projection « tout se passe comme prévu ».

Pour mieux comprendre, un exemple simplifié est présenté.

*Exemple :* Deux flux de sinistres de 10 interviennent en année 1 et 2. Le taux 1 an est évalué à 1% et le taux 2 ans à 2%.

La PVFCF d'ouverture est égale à

$$PVFCF(0) = \frac{10}{(1 + 1\%)} + \frac{10}{(1 + 2\%)^2}$$

La PVFCF(0) augmentée de l'effet du passage du temps est égale à :

$$\begin{aligned} PVFCF(0) + \text{Effet du passage du temps} &= \left( \frac{10}{(1 + 1\%)} + \frac{10}{(1 + 2\%)^2} \right) \times (1 + 1\%) \\ &= 10 + \frac{10 \times (1 + 1\%)}{(1 + 2\%)^2} \end{aligned}$$

La PVFCF est ensuite relâchée des flux sur l'année soit de - 10

$$\begin{aligned} PVFCF(0) + \text{Charge d'intérêt} + \text{relâchement} &= 10 + \frac{10 \times (1 + 1\%)}{(1 + 2\%)^2} - 10 = \frac{10 \times (1 + 1\%)}{(1 + 2\%)^2} \\ &= PVFCF(1) \end{aligned}$$

$\frac{(1+1\%)}{(1+2\%)^2}$  correspond au déflateur de l'année 2 comme dans le Tableau 4.1 – Exemple calcul de déflateur.

**(iii) Les flux attendus de la PVFCF** sont le relâchement des cash flows estimés sur l'année :

$$\text{Flux attendus PVFCF} = - (\text{Flux}_{\text{in}} + \text{Flux}_{\text{out}})$$

La valeur du relâchement est la même pour chaque courbe de taux, étant donné qu'il n'y a pas d'écarts d'expériences sur les frais, les primes et les prestations selon les trois courbes. Le relâchement en première année est de 68 millions. Ainsi l'analyse de mouvement de la PVFCF est construite pour toutes les années et pour les 3 courbes dans la figure 4.3.

L'effet du passage du temps impacte l'analyse de mouvement de la PVFCF. Cet effet est presque nul sur l'année 1.



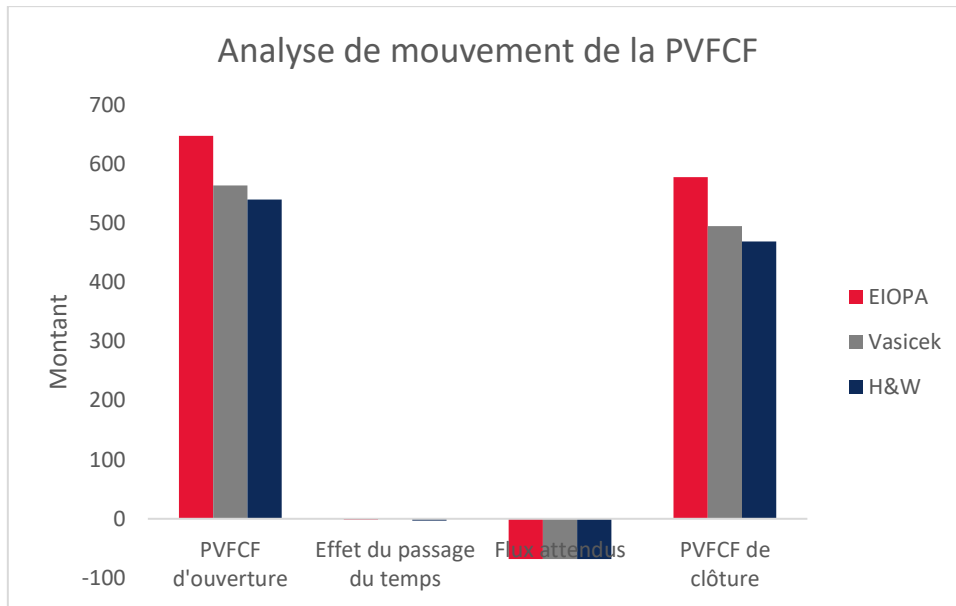


Figure 4.3 – Analyse de mouvement de la PVFCF sur la 1<sup>ère</sup> année (en M€)

#### 4.3.1.2 Analyse de mouvement du RA

L'analyse de mouvements du RA suit l'évolution de la PVFCF %. Le RA est décomposé comme suit :

- Effet du passage du temps
- Relâchement du RA
- Changements dans les estimations futures du RA

Les résultats du RA sont présentés dans le tableau suivant :

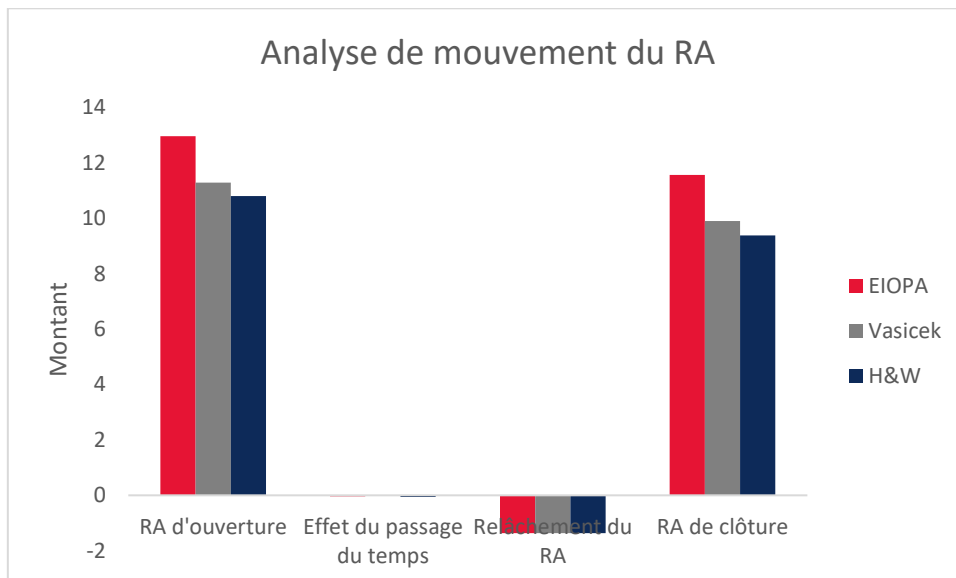


Figure 4.4 – Analyse de mouvement du RA sur la 1<sup>ère</sup> année en M€

Tout comme l'effet du passage du temps de la PVFCF, l'effet du passage du temps du RA est presque nul mais existe bien.

Une fois les évaluations de la PVFCF et du RA, l'analyse de l'actif est réalisée afin de créer l'analyse de mouvement de la CSM.

#### 4.3.1.3 Analyse de mouvement de la juste valeur du sous-jacent

Pour évaluer la juste valeur à la clôture, la production financière de l'année est calculée selon le taux de rentabilité de l'actif. L'analyse de mouvement de la juste valeur est la même pour toutes les courbes de taux.

En M€	Vasicek
JV d'ouverture	681
Variation de la juste valeur des éléments sous-jacents (i)	13
Relâchement de la JV	- 68
JV de clôture	626

Table 4.5 – Analyse de mouvement de la juste valeur sur la 1<sup>ère</sup> année

(i)  $\text{Variation de la juste valeur des éléments sous-jacents} = \text{JV d'ouverture} \times 2\%$

La JV de clôture correspond à la somme de la JV d'ouverture, de la production financière et du relâchement de la JV correspondant aux flux attendus de la *Present Value of Future Cash Flows*.

L'analyse de mouvement de la CSM se construit à l'aide des différentes analyses de mouvements des autres agrégats IFRS 17.

#### 4.3.1.4 Analyse de mouvement de la CSM

L'AoM de la CSM est décomposée comme suit dans le cadre de l'étude.

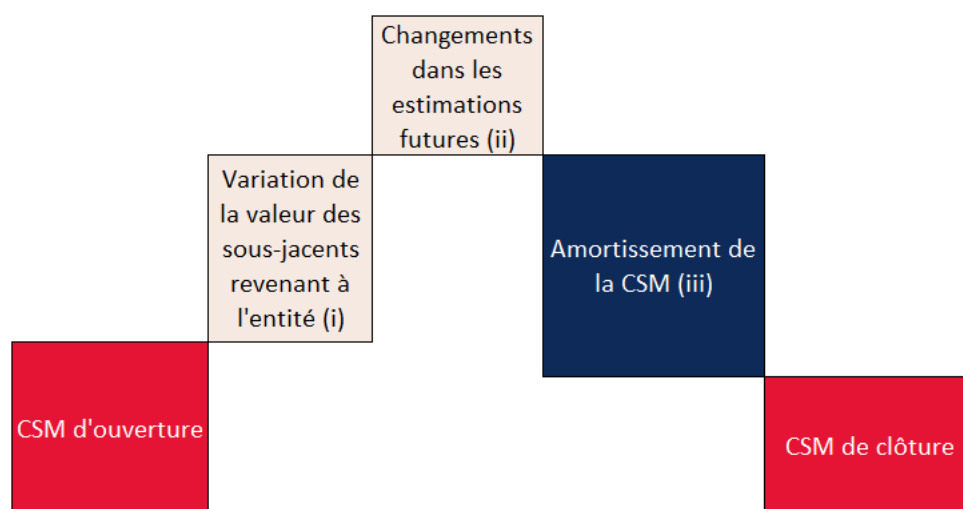


Figure 4.5 – Analyse de mouvement de la CSM

**(i) Variation de la valeur des sous-jacents revenant à l'entité** représente l'écart entre la production financière de l'actif et le passage du temps sur la PVFCF et sur le RA.

**(ii) Changements dans les estimations futures** sont du signe inverse de la somme des changements dans les estimations futures de la PVFCF et du RA. Ici, les changements sont égaux à 0.

Le calcul de la CSM avant amortissement est réalisé en faisant la somme de la CSM d'ouverture et la variation de la valeur du sous-jacent revenant à l'entité.

**(iii) L'amortissement de la CSM** est calculé en faisant le produit entre le *coverage unit* correspondant pour cette année à  $\frac{1}{40}$  et la CSM avant amortissement. Ce taux est le même pour toutes les courbes puisqu'une année a été couverte sur les 40 années de projection.

La CSM de clôture est constituée en enlevant cet amortissement à la CSM avant amortissement.

Le tableau suivant présente les résultats.

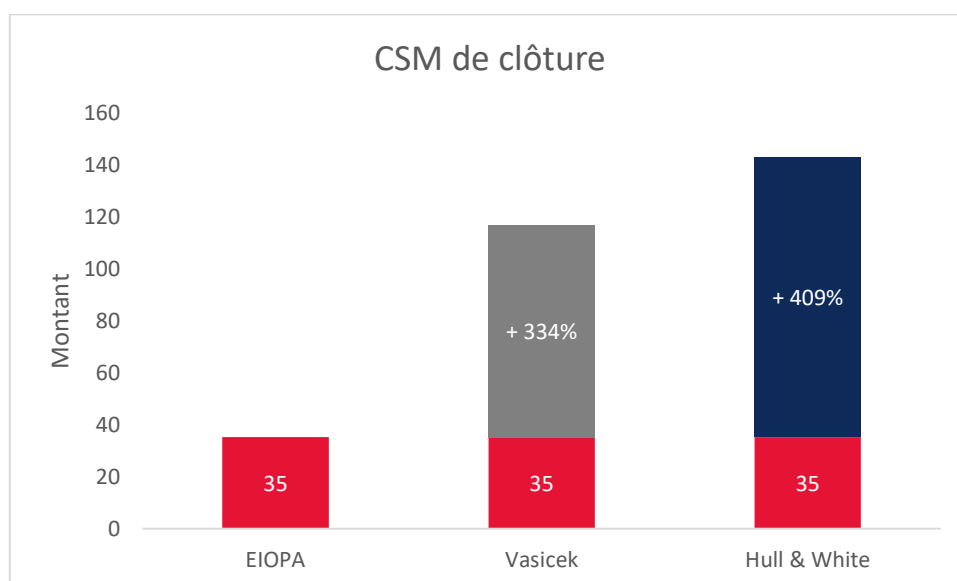


Figure 4.6 – CSM de clôture de la 1<sup>ère</sup> année en M€

Les parties précédentes permettent de construire le P&L et le Bilan de l'année et analyser l'écart entre les différentes courbes.

#### 4.3.1.5 P&L et Bilan

La construction du P&L se fait à l'aide des notions vues précédemment.

En k€	Vasicek	H&W	EIOPA
<b>Produit d'assurance</b>	28 367	29 018	26 326
Flux attendus	24 086	24 086	24 086
Relâchement RA	1 357	1 357	1 357
Amortissement de la CSM	2 924	3 575	883
<b>Charges d'assurance</b>	24 086	24 086	24 086
<b>Profit ou Perte</b>	4 282	4 932	2 240

Table 4.6 – P&L de l'année 1

Les hypothèses choisies permettent d'avoir un résultat financier nul ainsi le résultat net est égal au résultat d'assurance c'est à dire la différence du produit et des charges d'assurance.

Pour l'étude de ce mémoire l'option OCI n'est pas activée. La perte ou le gain sur l'année est égal au résultat d'assurance.

La construction du P&L permet de mettre en lumière le fait que la principale raison de gain ou de perte est le relâchement du RA et l'allocation de la CSM. De plus entre les différentes courbes le relâchement du RA est le même puisque cela ne dépend que des flux de l'année qui ne changent pas selon les courbes. Seul l'amortissement de la CSM est différent. Les courbes de taux permettent d'acquérir plus ou moins vite le profit non acquis.

Le bilan est réalisé à la fin de l'année :

En M€	Vasicek	H&W	EIOPA
Actifs – MV	627	627	627
Passifs	627	627	627
Fonds Propres	5	5	2
LRC	622	622	625
- <i>Present Value of Future Cash Flows</i>	495	469	578
- <i>Risk Adjustment</i>	10	9	12
- <i>Contractual Service Margin</i>	117	143	35

Table 4.7– Bilan de la 1<sup>ère</sup> année

Les fonds propres sont calculés comme la somme des pertes/profits de l'année et les fonds propres de l'année précédente. À l'initialisation, il y avait 0 de fonds propres donc pour l'année 1 seul le résultat du P&L est pris en compte.

Un jeu de vase communicante est observé entre le relâchement de la CSM et l'accumulation des fonds propres. En effet les fonds propres de l'année 1 sont égaux à la somme du relâchement de RA et de l'amortissement de la CSM. Ainsi plus l'amortissement de la CSM est forte plus les fonds propres sont importants dès lors la CSM diminue. La courbe des taux permet de maximiser au choix les fonds propres ou la CSM.

Les mêmes calculs sont réalisés chaque année sur les 40 ans de projection afin de vérifier les différentes analyses vues sur la première année .

#### 4.3.2. Analyse des projections sur 40 ans

Les flux sont projetés sur 40 ans.

Le premier point mis en évidence est le fait que le cumul des résultats net des trois scénarios est égal à 192 millions pour les 3 courbes de taux.

Le graphique ci-dessous présente le résultat net cumulé projetés sur 40 ans.

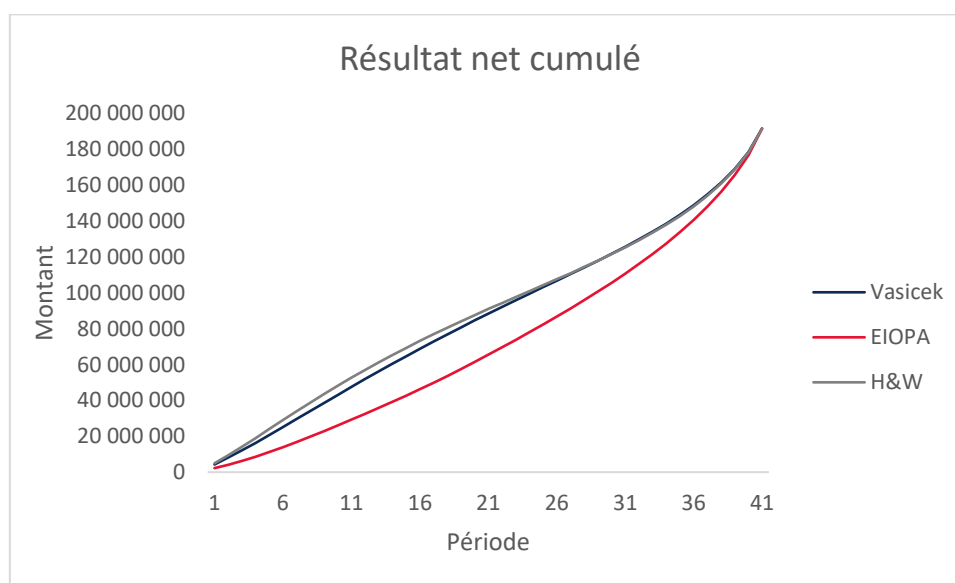


Figure 4.7 – Analyse de l'évolution du résultat net

Un écart est identifié tout au long du processus entre les résultats nets cumulés pour se réduire au cours du temps.

Pour rappel : le résultat net dans l'étude de ce mémoire ne dépend que du relâchement du RA et de la CSM.

Le premier étant le même pour toutes les courbes, le relâchement du RA correspond à 2% des flux attendus en PVFCF. Seul l'amortissement de la CSM joue un rôle sur le résultat, en fonction de la courbe des taux d'actualisation.

Un graphique est proposé pour visualiser l'amortissement de la CSM au cours du temps.

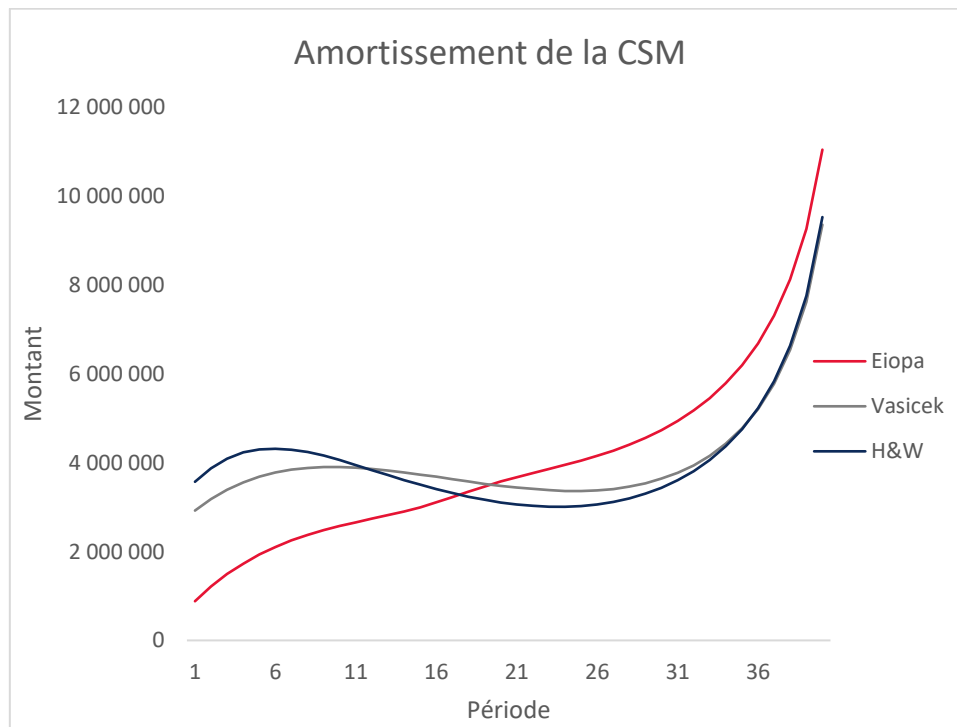


Figure 4.8 – Amortissement de la CSM

Comme le résultat net cumulé, l'amortissement cumulé est le même pour les trois scénarios et vaut 176 millions.

Comment cela se fait que les trois scénarios relâchent le même montant cumulé de CSM alors qu'à l'initialisation les CSM sont différentes selon la courbe utilisée ?

Selon l'analyse de mouvement de la CSM, seule la variation de la juste valeur du sous-jacent revenant à l'entité varie. D'une part les changements des estimations futurs sont nuls, d'autre part le taux de *coverage unit* est le même pour toutes les courbes.

Ainsi une étude de la variation de la juste valeur du sous-jacent revenant à l'entité impactant la CSM est proposée dans la partie suivante.

Pour rappel la juste valeur du sous-jacent revenant à l'entité impactant la CSM est calculée comme suit :

$$\begin{aligned} & \text{Variation de la valeur du sous-jacent revenant à l'entité de la CSM} \\ & = \text{Production financière de l'actif} - \text{Effet temps sur la PVFCF et le RA} \end{aligned}$$

La variation de la valeur du sous-jacent revenant à l'entité est présentée dans le graphique suivant.

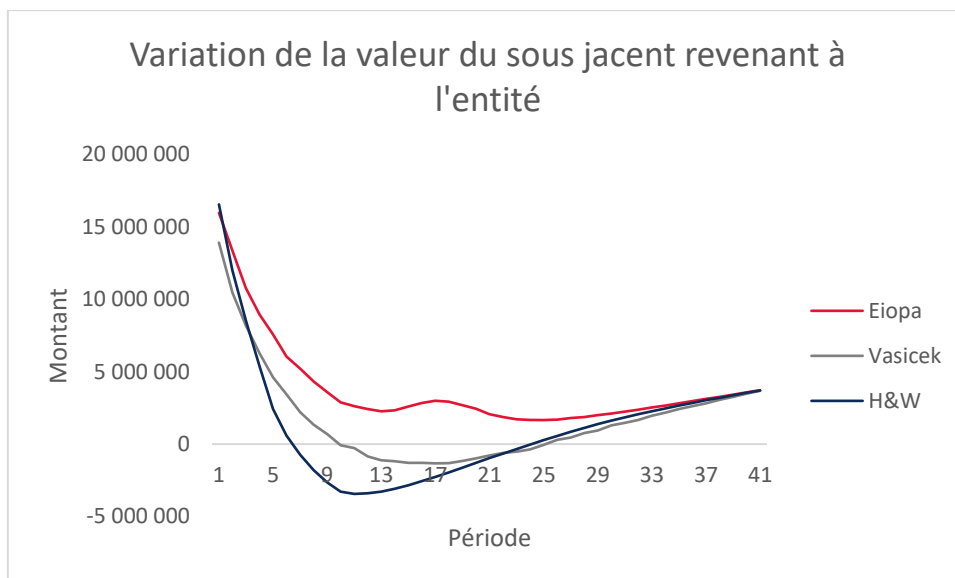


Figure 4.9 – Variation de la valeur du sous-jacent revenant à l'entité

La variation de la valeur du sous-jacent revenant à l'entité de la CSM de l'EIOPA est plus importante que les deux autres courbes. Cette différence entre les courbes permet de compenser la sous-évaluation de la CSM à l'initialisation et ajuster dans le futur le résultat.

Du fait des hypothèses définies, la variation de la valeur du sous-jacent revenant à l'entité de la CSM ne varie qu'en fonction de l'effet temps sur la PVFCF et le RA.

Le graphique suivant présente l'effet du passage du temps sur les FCF tout au long de la projection.

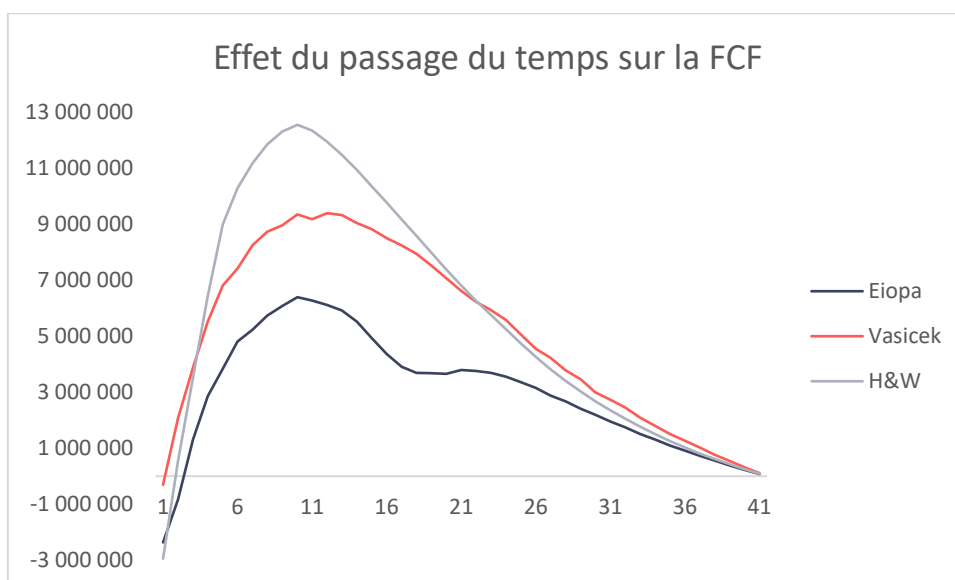


Figure 4.10 – Analyse de l'effet du passage du temps sur la FCF

L'effet du passage du temps sur la FCF de l'EIOPA est faible donc la variation de la juste valeur du sous-jacent revenant à l'entité impactant la CSM est forte ce qui permet un jeu d'équilibre entre les scénarios.

En effet la somme entre la CSM à l'initialisation et la variation de la juste valeur du sous-jacent revenant à l'entité est égale pour les trois scénarios.

Ainsi se pose la question : pourquoi l'effet du passage du temps sur les FCF de l'EIOPA est plus faible que l'effet du passage du temps sur les FCF des courbes construites ?

Dans le cadre du mémoire, l'effet du passage du temps sur la FCF est évalué selon la formule suivant puisque les flux interviennent tous en fin d'année :

$$\text{Effet du temps des FCF}_n = (PVFCF_n + RA_n) \times \text{Taux d'actualisation}_n$$

Pour comprendre pourquoi l'effet du passage du temps de l'EIOPA est plus petit que l'effet du passage du temps de H&W et Vasicek. Une étude des rapports suivants est proposée :

$$- \frac{\text{Taux d'intérêt Vasicek ou H\&W}}{\text{Taux d'intérêt EIOPA}}$$

$$- \frac{\text{FCF EIOPA}}{\text{FCF Vasicek ou H\&W}}$$

Si le premier rapport est plus grand que le deuxième rapport, l'effet du passage du temps de l'EIOPA est plus petit que celui de Vasicek ou H&W.

Si les taux sont négatifs alors pour que l'effet du passage du temps de l'EIOPA soit plus petit il faut que le premier rapport soit plus petit que le second.

Un focus est réalisé sur la première année car selon la figure 4.9 – Analyse de l'effet du passage du temps sur la FCF. L'effet du passage du temps de l'EIOPA est plus grand que celui de H&W.

Le graphique suivant présente le résultat des différents rapports en première année.

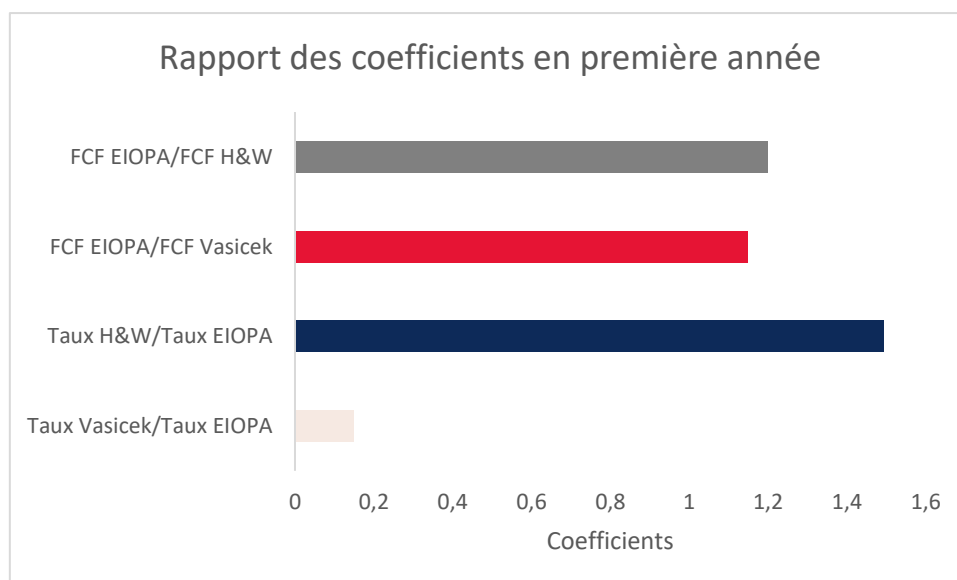


Figure 4.11 – Analyse de la charge d'intérêt de la CSM

Le calcul permet de trouver que :

$$\frac{\text{Taux Vasicek}}{\text{Taux EIOPA}} < \frac{\text{FCF EIOPA}}{\text{FCF Vasicek}}$$

Alors l'effet du passage du temps de l'EIOPA est plus grand que l'effet du passage du temps de Vasicek.

Ainsi :

$$\text{Taux Vasicek} \times \text{FCF Vasicek} > \text{Taux Eiopa} \times \text{FCF Eiopa}$$

Le Taux EIOPA est négatif donc le sens de l'équation change.

Donc :

$$\text{Effet du passage du temps FCF Vasicek} > \text{Effet du passage du temps FCF EIOPA}$$

À l'inverse pour Hull & White le résultat est le suivant :

$$\frac{\text{Taux H\&W}}{\text{Taux EIOPA}} > \frac{\text{FCF EIOPA}}{\text{FCF H\&W}}$$

Alors l'effet du passage du temps de l'EIOPA est plus grand que l'effet du passage du temps de H&W.

Ainsi :

$$\text{Taux H\&W} \times \text{FCF H\&W} < \text{Taux Eiopa} \times \text{FCF Eiopa}$$

Le Taux EIOPA est négatif donc le sens de l'équation change.

Donc :

$$\text{Effet du passage du temps FCF H\&W} < \text{Effet du passage du temps FCF EIOPA}$$

Pour l'année 2, le taux EIOPA reste négatif alors que les taux H&W et Vasicek sont positifs. Ainsi pour la deuxième année l'effet du passage du temps de l'EIOPA est plus faible.

Une évolution des rapports dans le temps est proposée.

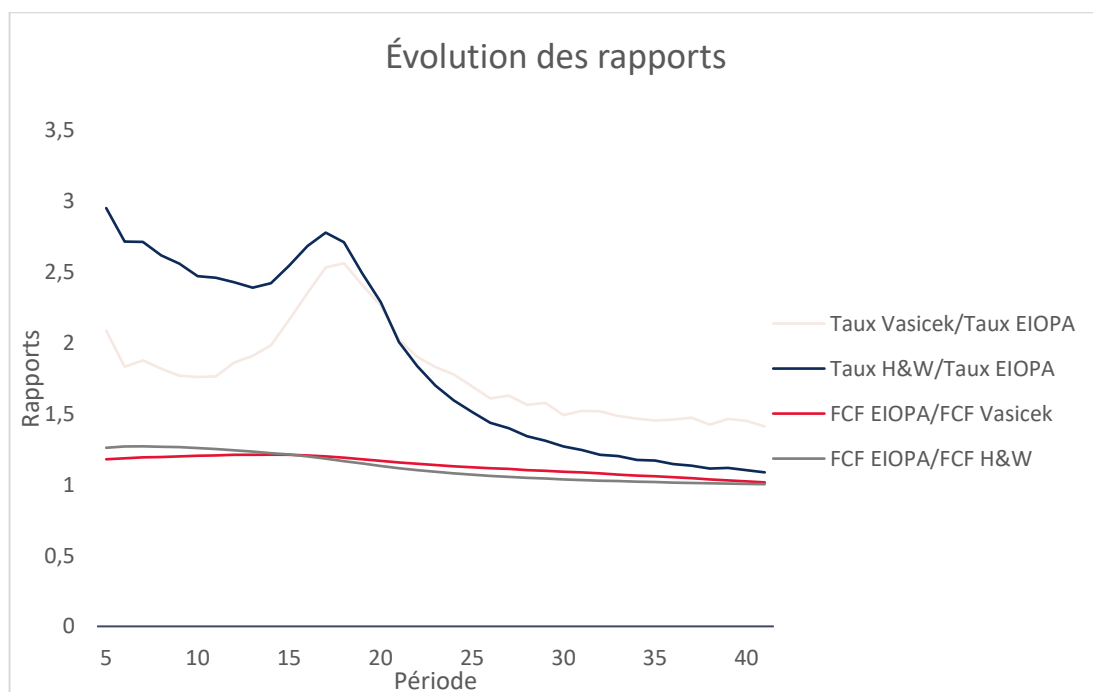


Figure 4.12 – Évolution des rapports

Les rapports  $\frac{\text{Taux Vasicek}}{\text{Taux EIOPA}}$  et  $\frac{\text{Taux H\&W}}{\text{Taux EIOPA}}$  sont toujours plus petits que les rapports  $\frac{\text{FCF EIOPA}}{\text{FCF Vasicek}}$  et  $\frac{\text{FCF EIOPA}}{\text{FCF H\&W}}$ .



Tout au long de la durée de la projection l'effet du passage du temps de l'EIOPA est plus petit que l'effet du passage du temps de Vasicek ou H&W.

Pour calibrer la courbe de taux afin de jouer sur l'effet du passage du temps entre une courbe A et une courbe B, il faut comparer les deux rapports  $\frac{Taux A}{Taux B}$  et  $\frac{FCF B}{FCF A}$  impactant directement les variations de la juste valeur des sous-jacents revenant à la CSM.

Ce mouvement entre la CSM et l'effet du passage du temps sur les FCF permet d'obtenir le même résultat net cumulé à la fin des 40 ans.

Le résultat net suit la cadence de relâchement de la CSM. Le calcul d'une courbe des taux permet d'avoir une chronique d'amortissement de la CSM différente.

Dans le cadre du mémoire, les courbes construites sont plus grande que celle de l'EIOPA.

Si d'autres courbes avaient été construites et avaient données des résultats entre la courbe de l'EIOPA et la courbe H&W alors les conclusions auraient été les mêmes. C'est pour cela que se pose la question de savoir ce qu'il se passe si finalement la courbe construite est inférieure à celle de l'EIOPA. Afin de compléter les analyses précédentes, la courbe de l'EIOPA est diminuée sur l'ensemble des années de projection de 0,75%, l'objectif étant uniquement de moduler la conclusion d'un résultat inchangé dans le cadre d'une constitution d'une composante de perte. Cette valeur est choisie pour mettre en évidence le passage du groupe de contrats en onéreux, tout en se focalisant sur la chronique d'amortissement de l'élément de perte.

#### 4.4 EIOPA – 0,75%

Dans le cadre d'une courbe des taux d'actualisation évaluée à hauteur de la courbe EIOPA diminuée de 0,75%, les calculs se font de la même façon que le scénario central. Avec ce scénario le groupe de contrats devient onéreux et comptabilise une perte dès l'initialisation. Le tableau suivant présente les résultats à l'initialisation avec la courbe de l'EIOPA diminuée de 0,75%.

En M€	Initialisation
PVFCF	709
RA	14
JV	681
CSM	0
Perte	42

Table 4.8 – Résultat à l'initialisation en contexte de taux bas

Cette perte est comptabilisée directement en compte de résultats et impacte les fonds propres lors du bilan initial. Cela s'explique par la constitution d'une PVFCF et d'un RA supérieur à la juste valeur de l'actif à l'initialisation. Ainsi la CSM est nulle et un élément de perte est constitué.

Le constat est que malgré cette perte à l'initialisation, le cumul du résultat net est égal au scénario central de l'EIOPA. Le graphique suivant présente une comparaison entre la chronique du compte de résultat entre l'EIOPA et l'EIOPA diminué de 0,75%.

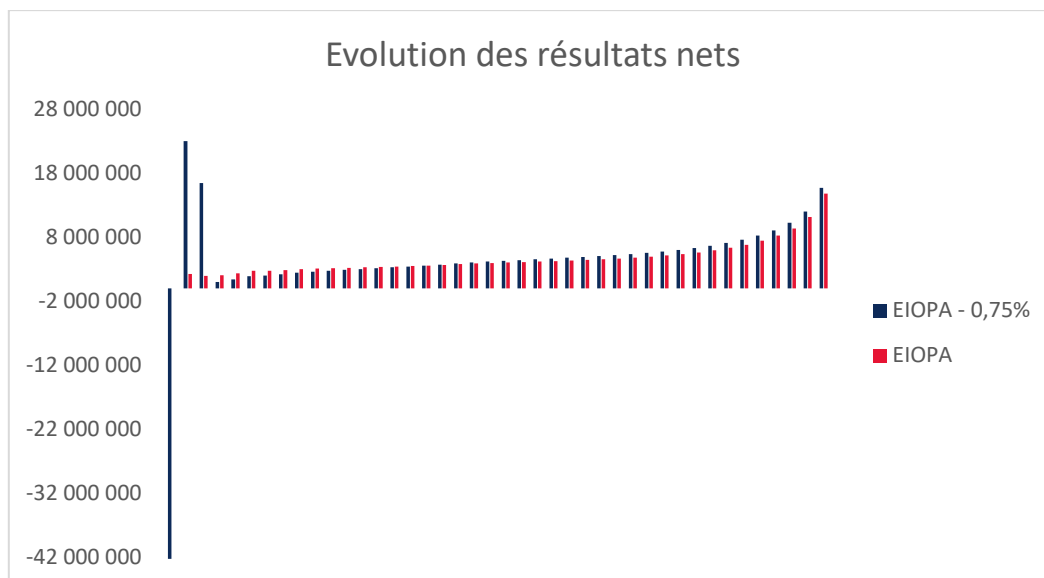


Figure 4.13 – Évolution des résultats nets

Le compte de résultat du scénario baissé de 0,75% est nettement supérieur au scénario central sur les deux premières années. En effet le souhait est d’amortir la perte afin d’avoir une chronique de compte de résultat meilleur dans le temps. Un focus sur l’analyse de mouvement de la *loss-component* et de sa comptabilisation est réalisé.

#### 4.4.1 Focus sur la LC

Le mouvement de la LC et de la CSM en parallèle permet aussi d’avoir le même résultat net cumulé que les scénarios précédents.

Tout comme la CSM, un taux est constitué et nommé *Allocation Key* pour amortir la perte. Ce dernier est calculé comme suit :  $Allocation\ Key = \frac{Perte}{PVFCF + RA}$

Ainsi l’*allocation key* en première année est égal à :  $\frac{42}{709 + 14} = 6\%$ .

Une fois ce taux calculé l’analyse de mouvement de la LC est réalisée en première année.

<b>LC d’ouverture</b>
Effet du temps sur la LC (i)
Flux attendus de la LC (ii)
Changement des estimations futures de la LC (iii)
<b>LC de clôture</b>

Table 4.9 – Analyse de mouvement de la *Loss Component*

- (i) **Effet du temps sur la LC** correspond à la perte ou au gain engendré sur l’année avec l’écoulement des sinistres et l’évolution de l’actif.

$$\begin{aligned} \text{Effet du temps sur la LC} &= \text{Effet du temps sur PVFCF et RA} - \text{Production financière de la JV} \\ &= -8 - 0 - 13 = -21 \text{ en million €} \end{aligned}$$

- (ii) **Les flux attendus de la LC** sont les flux qui sont alloués à la perte et sont amortis à l’aide de l’*Allocation Key*.

$$\begin{aligned} \text{Flux attendus LC} &= (\text{Flux attendus PVFCF} + \text{Flux attendus RA}) \times \\ \text{AllocationKey} &= (-68 - 1) \times 6\% = 4 \text{ en million €} \end{aligned}$$

- (iii) Les changements des estimations futures de la PVFC et du RA étant nul, **les changements des estimations futures de la LC** sont nuls.

Ainsi la construction de l'analyse de la *loss-component* à l'ouverture (31/12/2017) peut être construite.

<b>LC d'ouverture</b>	<b>42</b>
Charge d'intérêt de la LC	-21
Flux attendus de la LC	-4
Changements des estimations futures de la LC	0
<b>LC de clôture</b>	<b>17</b>

Table 4.10 – Analyse de mouvement de la LC en ME

Tous les éléments sont disponibles afin de construire le compte de résultat.

De plus l'*Allocation key* permet d'amortir les sinistres, prestations, frais attendus et le relâchement du RA afin de stabiliser le compte de résultat.

En k€	EIOPA - 0,75%
<b>Produit d'assurance</b>	<b>23 955</b>
Sinistres, prestations et frais attendus	22 678 (i)
Relâchement RA	1 278
Allocation de la CSM	0
Allocation de frais d'acquisition	0
<b>Charges d'assurance</b>	<b>968</b>
Sinistres, prestations et frais réellement encourus	24 086 (ii)
Effet de contrats onéreux	- 23 118 (iii)
Résultat des contrats de réassurance	0
Allocation de frais d'acquisition	0
<b>Résultat d'assurance</b>	<b>22 987</b>

Table 4.11 – Compte de résultat en 1<sup>ère</sup> année

- (i) La valeur 22 678 représente une partie des flux sortants attendus. Les flux attendus sont multipliés par (1 - *Allocation Key*).
- (ii) La valeur 24 086 représente les flux sortants attendus. Comme dans le tableau Table 3.19 – P&L année 1
- (iii) La valeur - 23 118 représente l'effet des contrats onéreux et est égale au gain ou à la perte de l'année sur la variation de la juste valeur des sous-jacents revenant à l'entité moins la proportion de l'*Allocation Key* sur les flux sortants de la PVFCF.

#### 4.4.2 Passage du LC à la CSM

À la deuxième année une CSM est constituée. En effet la LC est complètement amortie et les gains réalisés permettent de passer en maille profitable. L'analyse de la perte se fait de la même façon que précédemment mais absorbe une baisse à hauteur de son montant d'ouverture. La différence constitue la CSM et la LC est ramenée à zéro comme suit :

En k€	EIOPA taux bas
<b>CSM Ouverture</b>	<b>0 (i)</b>
Variation de la juste valeur revenant à l'entité	2 595 (ii)
Changements dans les estimations futures	0
<b>CSM avant amortissement</b>	<b>2 595</b>
Amortissement de la CSM	65 (iii)
<b>CSM Clôture</b>	<b>2 530</b>

Table 4.12 – Analyse de mouvement de la CSM en 2<sup>ème</sup> année

- (i) CSM Ouverture est nulle étant donné qu'une LC est créée sur l'année 2 ;
- (ii) Variation de la juste valeur revenant à l'entité  
 = LC Ouverture – Flux attendus de la LC – Effet du temps sur la LC.  
 Ce calcul est égal à 2 595 k €. La *Loss Component* est amortie puisqu'elle est nulle à la fin de l'année 2. Ces 2 595 k sont injectés dans l'analyse de la CSM afin de constituer une CSM de clôture puisque le contrat devient profitable.
- (iii) L'amortissement de la CSM est calculé de la même façon qu'habituellement avec un *Coverage Unit* de  $\frac{1}{39}$

Le compte de résultat en 2<sup>ème</sup> année est composé donc à la fois d'un amortissement de la CSM et d'un élément de reprise de la perte.

En k€	EIOPA taux bas
<b>Produit d'assurance</b>	<b>37 441</b>
Sinistres, prestations et frais attendus	36 697
Relâchement RA	678
Allocation de la CSM	65
Allocation de frais d'acquisition	0
<b>Charges d'assurance</b>	<b>20 980</b>
Sinistres, prestations et frais réellement encourus	37 666
Effet de contrats onéreux	- 16 686
Résultat des contrats de réassurance	0
Allocation de frais d'acquisition	0
<b>Résultat d'assurance</b>	<b>16 460</b>

Table 4.13 – Compte de résultat en 2<sup>ème</sup> année

Un amortissement de la CSM et un effet de contrats onéreux sont constitués dans le compte de résultat. À partir de cette année la reprise de perte devient donc nulle et un amortissement de la CSM est constitué jusqu'à la fin de la projection. Le graphique suivant présente l'évolution de la *Loss-Component* et de la CSM au cours du temps.

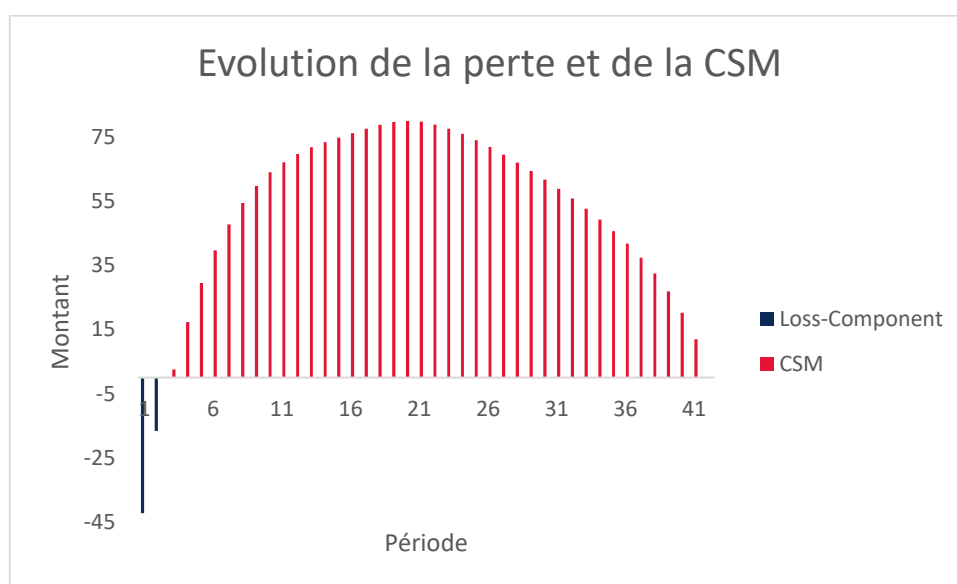


Figure 4.14 – Évolution de la perte et de la CSM en M€

Sur les deux premières années une perte est réalisée puis le groupe de contrats redevient onéreux à l'aide de la variation de la juste valeur. La CSM se crée donc et prend le relai sur l'élément de perte.

#### 4.4.3 Amortissement de la CSM

Pour la même raison que précédemment le jeu entre la variation de la juste valeur du sous-jacent revenant à l'entité et l'effet du passage du temps sur les FCF, le résultat net cumulé est égal. Pour faire face à la perte engendrée la somme de l'amortissement de la CSM du scénario central de l'EIOPA est plus petite que celle du scénario où la courbe de l'EIOPA a été diminuée de 0,75%.

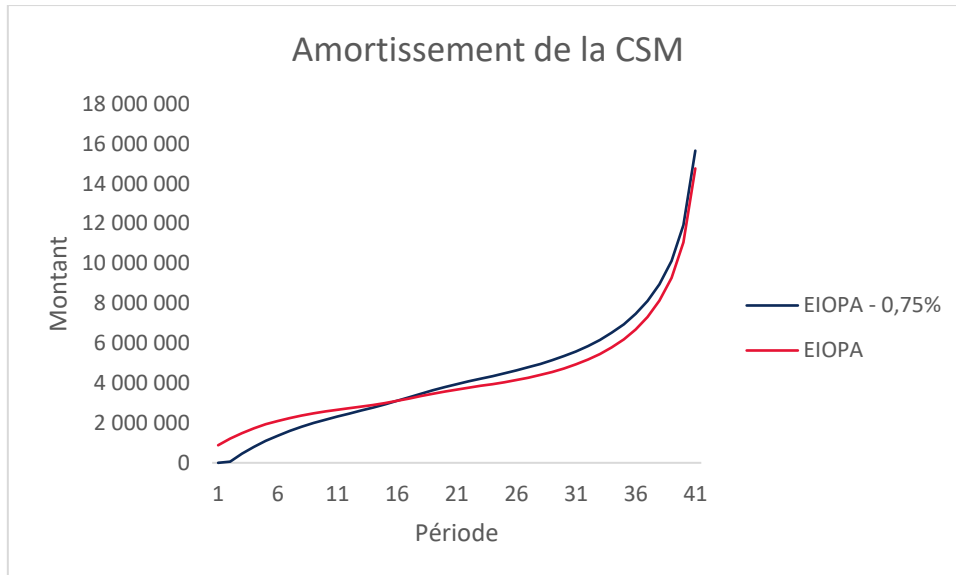


Figure 4.15 – Allocation de la CSM

Cette différence est justement explicable par le passage d'onéreux à profitable. La différence est égale à 5 millions. C'est relâchement du RA et des sinistres et frais attendus comptabilisés en compte de résultat multipliés par  $1 - Allocation\ key$  plus l'amortissement de la perte.

Lorsque la courbe des taux est faible et fait passer le groupe de contrats profitable en onéreux cela ne joue pas sur le résultat net cumulé, mais seulement sur le compte de résultat et la chronique d'amortissement de la CSM par le même mouvement entre l'effet du passage du temps sur les FCF et sur la LC.

Jusqu'à présent les unités de couvertures sont les mêmes pour toutes les courbes. Se pose également la question de savoir ce qu'il se passe si les CU utilisés sont différents en fonction des courbes de taux d'actualisation et notamment avec la méthode  $\frac{Provision\ mathématique}{VAN\ des\ Provisions\ mathématiques}$  qui est utilisée sur le marché pour les contrats épargne.

#### 4.5. Scénario changement de CU

Le coverage unit choisis est  $\frac{Provision\ mathématique}{VAN\ des\ Provisions\ mathématiques}$ . Les PM sont calculés directement par l'assureur.

La VAN des PM se calcule comme suit :

$$VAN\ PM_t = PM_t + \sum_{i=t+1}^n \frac{PM_i}{1 + r_i}$$

Avec  $r_i$  le taux IFRS 17. Ainsi dans ce cas les *coverage unit* dépendent des taux d'actualisation.

Les *coverage unit* sont présentés dans le graphique suivant :

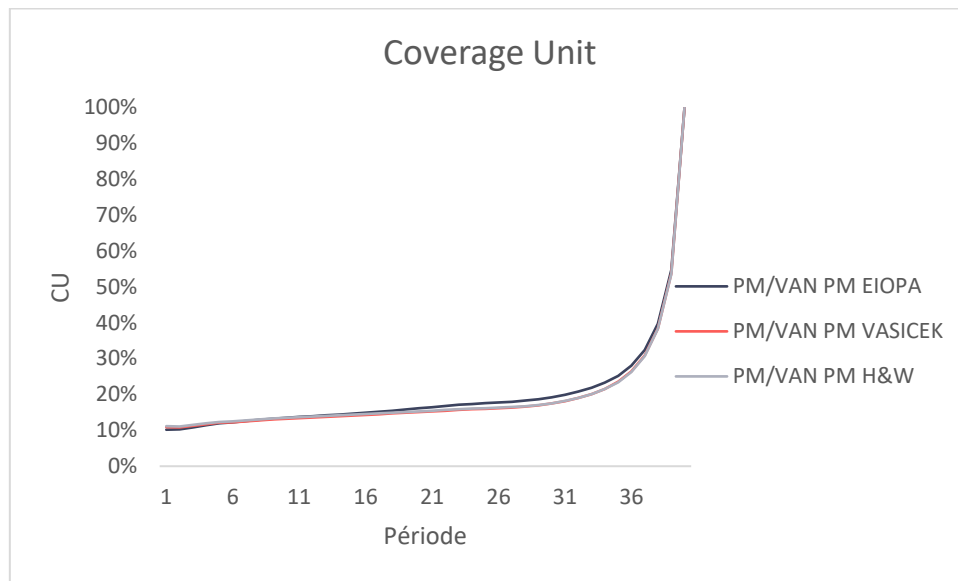


Figure 4.16 – CU

Les taux sont très proches entre les différentes courbes.

Le premier constat est qu'encore une fois le changement de la valeur des *coverage unit* n'impacte pas la somme cumulée du résultat. Ce dernier est égal à 191 millions.

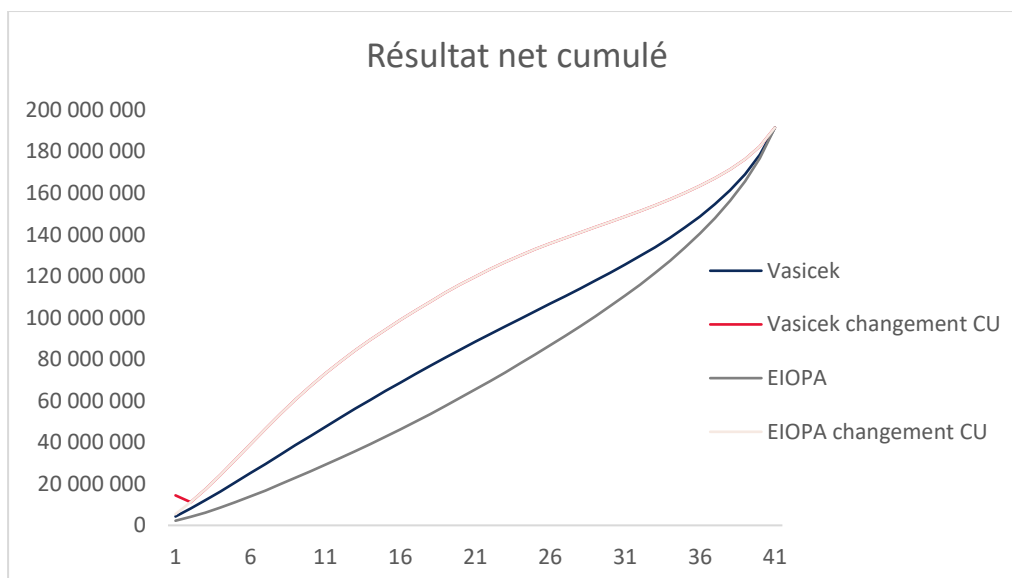


Figure 4.16 – Résultat net cumulé

Le changement de *Coverage Unit* impact la chronique d'amortissement de la CSM et de reconnaissance de résultat.

L'amortissement de la CSM est différent avec les taux de Coverage Unit  $\frac{PM}{VAN\ de\ PM}$ .

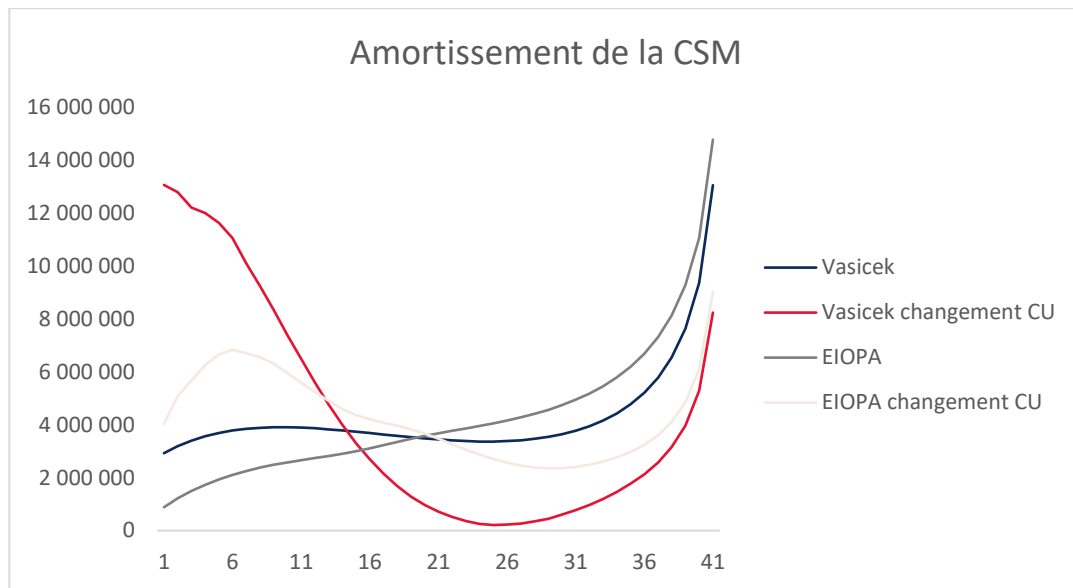


Figure 4.17 – Amortissement de la CSM

La reconnaissance du profit non acquis suit bien une chronologie différente selon les CU et la courbe des taux d'actualisation. Pour ce cas là c'est le jeu entre l'amortissement de la CSM et les fonds propres qui permet d'avoir un résultat cumulé égal.

Pour la courbe des taux HW le groupe de contrats passe en onéreux à partir de la 20<sup>ème</sup> année car l'amortissement est trop important par rapport à la variation de la juste valeur revenant à l'entité.

Ces différentes analyses complémentaires montrent bien que la courbe des taux d'actualisation n'influe pas sur le résultat net cumulé à la fin de couverture des contrats mais bien sur la chronologie d'amortissement de la CSM. Cela a pu mettre en lumière le fait que seule la production financière réelle de notre sous-jacent permet d'avoir plus ou moins de résultat.

## Conclusion

La complexité opérationnelle de la norme s'apprécie notamment par la construction d'une courbe des taux propre à IFRS 17. Cette courbe de taux doit répondre à plusieurs attentes : refléter la valeur temps de l'argent ainsi que la liquidité du passif. Par ailleurs, la courbe des taux doit cadrer avec les prix de marché. Pour ce faire, deux approches sont envisageables : la *Bottom-up* et la *Top-down*.

Ce mémoire se propose de calibrer la courbe de taux à l'aide de la méthode *Bottom-up* sous la norme IFRS 17 selon deux méthodes de calibration : *Vasicek* et *Hull & White*.

La calibration des courbes selon la méthode *Bottom-up* s'effectue avec la construction de courbe taux sans risque auquel une prime de liquidité est ajoutée. La courbe des taux sans risque est opérationnellement difficile à mettre en place étant donné la complexité à être au plus proche de la réalité et du marché. Les méthodes *Vasicek* et *Hull & White* proposent une formule fermée de courbe des taux sans risque à calibrer.

La prime de liquidité est calculée à l'aide du proxy énoncé par l'EIOPA dans le cadre d'un portefeuille d'actifs d'un assureur anonyme ayant évalué ses contrats IFRS 17. Cette méthode simple d'application reste sensible à la variation des obligations souveraines et d'entreprises. Les différents calculs ont permis d'obtenir des courbes toutes deux au-dessus de celle de l'EIOPA à titre de comparaison.

Dans le cadre d'une analyse d'impact sur les comptes de résultat, à la comptabilisation initiale, la PVFCF est davantage faible et la CSM élevée lorsque la courbe des taux est faible. Notamment la méthode *Hull & White* présente une PVFCF faible en comparaison à la méthode *Vasicek* et notamment EIOPA. En effet, l'EIOPA se veut être prudente et donc présente une PVFCF élevée.

Ce jeu de vases communicants, à la comptabilisation initiale, impacte les résultats futurs. Néanmoins, le constat est le suivant : la méthode de calibration de la courbe des taux impacte le rythme de reconnaissance du résultat, via l'évaluation de la variation des éléments sous-jacents revenant à l'entité, cependant le cumul des résultats nets sur la durée de couverture est identique. En effet, l'effet du passage du temps sur la PVFCF est comptabilisé en CSM au titre de la variation des éléments sous-jacents revenant à l'entité. A ce titre, plus la PVFCF est élevée et plus la CSM initiale est faible mais l'effet du passage du temps sur la PVFCF aussi. De ce fait, la variation des éléments sous-jacents revenant à l'entité diminue plus faiblement. Ce constat de cumul des résultats identique est généralisé au cas onéreux.

Si la stratégie de l'assureur est la maximisation de la CSM initiale, il sera tenté de choisir une courbe construite comme *Hull & White*. Si l'assureur préfère adopter une stratégie prudente, il s'orientera vers une courbe de taux plus faible, tel que l'EIOPA.

Le calcul d'une courbe de taux est chronophage puisqu'il est demandé de représenter au mieux le marché et donc de prendre en compte le maximum d'information possible. Dans ce mémoire, deux modèles de taux ont été utilisés à l'instar d'autres modèles dont l'implémentation n'était pas envisageable au vu des nombreux paramètres à estimer. La mise à jour de la courbe des taux d'actualisation à chaque exercice en deviendrait complexe. Pour compléter les analyses réalisés, il serait intéressant d'évaluer de nouvelles méthodes de calibration.

Il est à noter qu'une documentation spécifique à la construction d'une courbe des taux sous le référentiel IFRS 17 devra être réalisée dans laquelle les approches retenues seront explicitées et justifiées. Cette documentation a pour objectif de faciliter la revue effectuée par les commissaires aux comptes sur ce sujet en vue d'une validation.

Le mémoire propose une application simple de la norme dans un scénario central de projection des résultats IFRS 17 afin d'apprécier au mieux les différents impacts de la calibration des courbes de taux



d'actualisation. Néanmoins la courbe des taux d'actualisation n'est pas le seul paramètre à évaluer et ayant un impact sur le résultat. Les écarts d'expérience, les changements d'hypothèses techniques et non techniques, les affaires nouvelles et autres ajustements peuvent être évoqués pour compléter les conclusions faites, ceci en accord avec un des objectifs principal de la norme : la transparence des résultats.

## Bibliographie

- [1] IASB. IFRS 17 Insurance Contracts, Juin 2020
- [2] IASB. IFRS 17, *Illustrative Example*
- [3] IASB. IFRS 17, *Basics Critics*
- [4] EIOPA. *Technical documentation of the methodology to derive EIOPA's risk-free interest rate term structures*, Décembre 2020
- [5] CEIOPS. *Task Force : Report on the liquidity premium*, Mars 2010
- [6] Yahia SALHI, cours « Finance Mathématiques », 2020
- [7] Arnaud Blanchard, *The Two-Factor Hull-White Model : Pricing and Calibration of Interest Rates Derivatives*
- [8] Eléonore HAGUET, *Calibrage d'un modèle de taux gaussien a deux facteurs*, 2012
- [9] DELOITTE. *Volatility adjustment under the loop*, Février 2018
- [10] IASB. IFRS *Exposure Draft Expected Credit Losses*
- [11] Vincent DE CHRISTEN, *Approche statistique des distributions des taux souverains et appréhension du risque de taux pour un assureur*
- [12] Florent WILHEMY, *Analyse des modèles de taux d'intérêts pour la gestion actif-passif*
- [13] Virgile SALMON, *Méthodes de détermination du taux d'actualisation dans le cadre de la norme IFRS 17*
- [14] Ivan BAVARD, *Taux d'actualisation des passifs d'assurance sous Solvabilité 2*
- [15] Julie KERNEIS, *IFRS 17 : Enjeux et application en assurance emprunteur*