

Mémoire présenté devant l'ENSAE Paris  
pour l'obtention du diplôme de la filière Actuariat  
et l'admission à l'Institut des Actuaires  
le 15/03/2022

Par : Rémi Carrot

Titre : **Quels pilotages face aux impacts causés par  
les évolutions méthodologiques de la courbe  
des taux pour les assureurs soumis à Solvabilité 2 ?**

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

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

*Membres présents du jury de la filière*

*Entreprise : Forsides*

*Nom : Wissal Sabbagh*

*Signature :*

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

*Directeur du mémoire en entreprise :*

*Nom : Louise Poulain*

*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)**

Secrétariat :

Signature du responsable entreprise

Bibliothèque :

Signature du candidat

---

# Résumé

---

Avec près de 1789 Mds € d'encours en 2020, l'assurance vie française reste le placement favori des français notamment à travers le fonds en euros. L'épargne est placée, généralement, sur le long terme et est soumise à de nombreux risques dont l'inversion du cycle de production, propre au monde assurantiel. Dans ce cadre, une bonne gestion actif-passif est primordiale afin de respecter les engagements pris. De plus dans un but d'harmonisation et de meilleure gestion des risques, la directive de Solvabilité 2 est installée dès 2016. Cette mise en place s'est réalisée dans un contexte de taux bas ou négatifs qui perdure, mettant à mal le fonds en euros majoritairement composé d'obligations.

La Commission Européenne a donc décidé de tirer de l'expérience acquise par les institutions d'assurance et de réassurance, d'inclure l'environnement économique dégradé dans la directive et de favoriser les placements à long terme pour mettre à jour Solvabilité 2. Primordiale dans la modélisation de l'épargne, ce mémoire se concentrera sur les prochaines évolutions méthodologiques autour de la problématique de la courbe des taux d'intérêt.

Parmi les nouvelles mesures, un changement de taux de référence utilisé lors de la construction de la courbe des taux sera appliqué dès 2022. Utilisé jusqu'à lors, l'EONIA sera remplacé par le taux €STR dans un but de fiabilisation des données de marché. Les autres mesures étudiées rentrent dans le cadre de la révision 2020 de Solvabilité 2 approuvée par la Commission Européenne. La première consiste à modifier la méthode d'extrapolation de la courbe des taux afin de gommer la sous-estimation des provisions mathématiques et la volatilité qui dépendent des variables macroéconomiques et du niveau des taux présents. Enfin, la seconde modification concerne le module de taux qui n'était plus représentatif du marché actuel. La Commission Européenne adopte la mesure multiplicative et additive de l'EIOPA pour les maturités non extrapolées et donne la possibilité de choquer les taux négatifs. Ensuite les courbes choquées sont extrapolées vers un Ultimate Forward Rate (UFR) translaté selon le cas à la hausse et à la baisse. L'objectif de ce mémoire sera donc d'analyser l'ensemble de ces mesures et de considérer les potentiels impacts en termes de solvabilité qui en résultent, tout en proposant des solutions gommant ces effets.

Des portefeuilles fictifs représentatifs du marché français seront considérés et évalués selon l'environnement économique existant en 2016 (mise en place de Solvabilité 2) et en 2020 (dernière version de la revue). Ces portefeuilles permettront de quantifier les impacts sur la solvabilité causés par l'ensemble des évolutions réglementaires. Une analyse de la Net Asset Value (NAV) et de la décomposition du Solvency Capital Requirement (SCR) sera effectuée.

Enfin une dernière partie se concentrera sur des potentiels leviers qu'un assureur pourrait mettre en œuvre afin, d'une part de réduire les impacts méthodologiques, et d'autre part, de résister face à de probables évolutions des marchés. Cette analyse sera purement économique, elle ne tiendra pas compte des autres mesures de la révision de Solvabilité 2, de la vision assurée ou des procédés comme l'inclusion des PPE dans le calcul du ratio de Solvabilité. L'analyse sera réalisée à travers des sensibilités sur les types d'investissement de l'actif (types allocations, obligations...) et les caractéristiques des nouveaux contrats au passif (quantité, âge, TMG, chargements, part d'UC...).

---

# Abstract

---

With nearly 1789 billion in assets under management in 2020, French life insurance remains the favorite investment of the french people, particularly through the euro fund. Savings are generally invested for a long term and are subject to numerous risks, including the inversion of the production cycle, which is specific to the insurance world. In this context, good asset-liability management is essential in order to respect the commitments made. In addition, in order to harmonize and improve risk management, the Solvency 2 directive was implemented in 2016. This implementation was carried out in a context of low or negative interest rates that continues to persist, undermining the euro fund, which is mainly composed of bonds.

The European Commission has therefore decided to draw on the experience gained by insurance and reinsurance institutions, to include the deteriorated economic environment in the directive and to favor long-term investments in order to update Solvency 2. As a key element in the modeling of savings, this paper will focus on the next methodological evolutions around the interest rate curve issue.

Among the new measures, a change in the reference rate used to construct the yield curve will be applied as of 2022. The EONIA rate, which has been used until now, will be replaced by the €STR rate in order to make market data more reliable. The other measures studied are part of the 2020 revision of Solvency 2 approved by the European Commission. The first one consists in modifying the method of extrapolation of the rate curve in order to erase the underestimation of the mathematical provisions and the volatility, which depend on the macroeconomic variables and the level of the current rates. Finally, the second modification concerns the rate module, which was no longer representative of the current market. The European Commission adopts the multiplicative and additive measure of EIOPA for the non-extrapolated maturities and gives the possibility to shock the negative rates. Then the shocked curves are extrapolated to a translated Ultimate Forward Rate (UFR), depending on the case, either upward and downward. The objective of this paper will be to analyze all of these measures and to consider the potential impacts in terms of solvency that result from them while proposing solutions to erase these effects.

Fictitious portfolios representative of the French market will be considered and evaluated according to the economic environment existing in 2016 (implementation of Solvency 2) and in 2020 (last version of the review). These portfolios will make it possible to quantify the impacts on solvency caused by all the regulatory changes. An analysis of the Net Asset Value (NAV) and the decomposition of the Solvency Capital Requirement (SCR) will be performed.

Finally, a last part will focus on the potential levers that an insurer could take in order to reduce the methodological impacts on the one hand, and to resist to probable market evolutions on the other hand. This analysis will be purely economic, it will not take into account other measures of the Solvency 2 revision, the insured vision or processes such as the inclusion of Reserve for Profit Sharing (RPS) in the calculation of the Solvency ratio. The analysis will be carried out through sensitivities on the types of investment assets (types of allocations, bonds...) and the characteristics of the new contracts on the liabilities side (quantity, age, MRG, charges, UC share...).

---

## NOTE DE SYNTHÈSE

---

Rémi Carrot - ENSAE (Institut Polytechnique de Paris) - 2022

*Mots clés : Assurance Vie, Épargne, ALM, Taux bas, Solvabilité 2, Révision 2020, Courbe des Taux, Choc des taux d'intérêt, SCR, Pilotage*

### Contexte

Depuis plusieurs années, le climat des taux bas s'est installé et modifie peu à peu la gestion effectuée dans les contrats d'assurance vie en France. Face à cela, le fonds en euros, qui est le placement préféré des français, peine à dégager de forts rendements, du fait de sa composition majoritairement obligataire. De plus, dès 2016, les entreprises d'assurances sont également soumises à la directive Solvabilité 2 qui demande une transparence complète et un besoin en fonds propres afin de limiter les risques encourus par leur exercice. Cette directive demande aux assureurs de lourdes modifications. Ainsi dès sa mise en place, certaines périodes d'ajustements ont été mises en place afin de s'assurer d'une bonne gestion des risques sans trop de contraintes. Après la prise en compte des premières expériences du marché, la Commission Européenne a réalisé certains travaux dans le cadre d'une refonte de la directive avec l'aide de l'EIOPA. Cette décision a pour but d'installer les changements causés par les fluctuations du marché et d'intégrer le financement économique à long terme afin de favoriser la reprise de l'économie. L'objectif de ce mémoire sera donc d'étudier les changements opérés autour de la construction et de l'utilisation des taux, du fait de leur importance dans le climat actuel, mais aussi au sein de la directive de Solvabilité 2. Un point d'attention sera apporté sur l'obtention de la courbe des taux tant au niveau de sa construction avec les données de marché qu'au niveau de son extrapolation. Enfin, une étude autour de son utilisation dans le cadre réglementaire des chocs des taux sera également présentée. Les sujets traités seront appliqués à des portefeuilles d'épargne fictifs représentatifs du marché français selon différentes temporalités.

### Construction d'une courbe des taux

Dans le contexte de Solvabilité 2, la place de la courbe des taux est d'une importance primordiale, car elle permet l'évaluation des provisions en Best Estimate, le calcul de la poche obligataire et donc l'obtention de la Net Asset Value (NAV). L'interaction actif passif est constante, il est donc nécessaire que la courbe utilisée soit fiable et en accord avec le marché. Pour cela, l'EIOPA a fixé un certain nombre de critères afin d'assurer la fiabilité de cette courbe. Les taux de références nécessaires à la construction de la courbe se doivent d'être suffisamment profonds, liquides et transparents. Ces critères sont vérifiés pour de faibles maturités, mais ne sont plus respectés après 20 ans dans le cadre de la devise Euro, l'extrapolation devient donc nécessaire. Jusqu'à présent, la méthode utilisée est basée sur l'optimisation de Smith Wilson. Cependant, cette technique a tendance à sous-estimer les prévisions techniques, du fait d'une convergence

trop rapide vers une variable fixée par an : l'Ultimate Forward Rate (UFR). De plus, cette méthode semble également volatile et très dépendante des dernières informations pertinentes du marché. Pour répondre à cela, une méthode alternative est proposée par l'EIOPA, elle a la particularité d'utiliser des informations issues des taux de marché après 20 ans permettant ainsi de limiter la convergence et d'être plus représentative de la réalité. La comparaison des deux méthodes permet de montrer que l'écart entre ces extrapolations est plus important en présence de taux bas. De plus, la méthode alternative réagit mieux à la fluctuation de l'UFR et au niveau des taux présents.

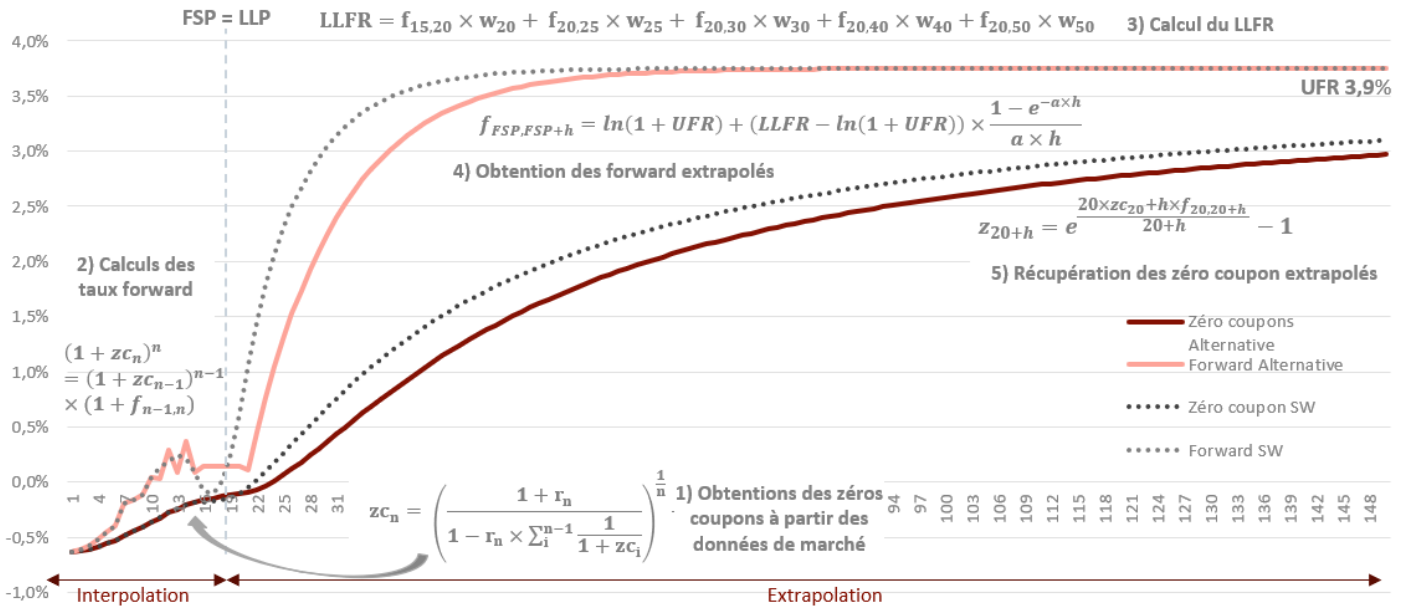


FIGURE 1 – Étapes de l'extrapolation alternative et comparaison avec Smith Wilson au 31/12/2020

La construction initiale repose sur des taux référence, qui jusqu'à lors, sont basés sur l'Euro OverNight Index Average (EONIA). En janvier 2022, ce taux sera supprimé au profit de l'€STR dans un but de fiabilisation des données et de suppression d'avis d'expert sur l'évaluation des taux. L'EIOPA préconise un abaissement des taux swap actuellement utilisés lors de la construction de 10bps et l'utilisation de la méthode d'extrapolation en vigueur sans changement du LLP/FSP ou autres variables pour le cadre de la devise Euro. La courbe zéro coupon se voit plus basse dès les premières maturités et l'effet s'estompe du fait de la convergence vers l'UFR lors de l'extrapolation.

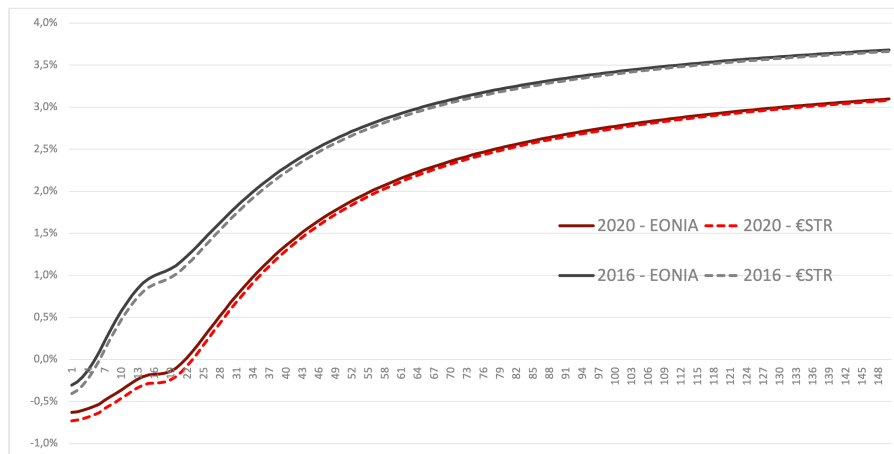


FIGURE 2 – Mise en place de l'€STR dans la construction de la courbe des taux

## Chocs de taux sous Solvabilité 2

En septembre 2021, la Commission Européenne a proposé une nouvelle méthode de chocs des taux dans le cadre de Solvabilité 2 afin de considérer les taux négatifs et d'optimiser les montants de fonds propres alloués, sous-estimés jusqu'à présent. La nouvelle méthode proposée se déroule en deux parties. La première consiste à utiliser l'approche multiplicative et additive proposée par l'EIOPA pour les taux inférieurs à 20 ans. Dans le cadre du choc à la baisse des taux, une limite de chocs à -1.25% est fixée. Après 20 ans, les courbes choquées sont extrapolées vers un UFR choqué de plus (respectivement moins) 15 bps suivant si le cas est à la hausse (respectivement à la baisse).

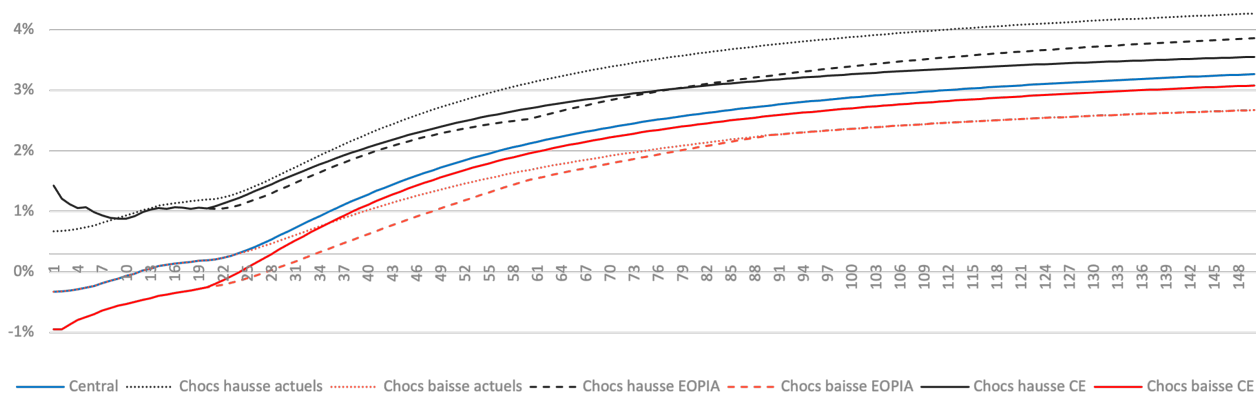


FIGURE 3 – Évolution du module de choc de taux sous Solvabilité 2 au 31/12/2020

Les premières observations montrent que les courbes choquées sont plus impactées lorsque les taux sont élevés. La nouvelle méthode est moins pénalisante que celle de l'EIOPA proposée dans la revue grâce à un allègement des chocs aux grandes maturités. Cependant, elle reste plus impactante à travers les chocs sur la courbe des taux que la méthode actuelle.

## Présentation des impacts en termes de solvabilité

L'ensemble de ces évolutions méthodologiques a été testé sur des portefeuilles fictifs représentatifs du marché français aux maturités de 2016 (mise en place de Solvabilité 2) et de 2020 (dernière version de la révision). À travers la modélisation ALM réalisée sur un horizon de 60 ans avec 1000 simulations, grâce à l'outil interne de projection, les impacts obtenus sont les suivants <sup>1</sup> :

Evolutions	Méthode	2020		2016	
		Pertes	Pertes cumulées	Pertes	Pertes cumulées
Taux de référence	€STR	-18	-18	-8	-8
Extrapolation	Alternative	-15	-34	-8	-16
Chocs	CE	-18	-45	-51	-58
Chocs	EOIPA	-30	-53	-64	-74

TABLE 1 – Principaux impacts causés par les évolutions réglementaires en termes de points de solvabilité

1. La perte cumulée ne résulte pas de la somme des impacts individuels, mais est issue des simulations avec les méthodes ajoutées progressivement

Globalement, les deux premières mesures sont plus impactantes quand les taux sont bas. À l'inverse la nouvelle méthode de chocs est la mesure la plus pénalisante d'autant plus quand les taux sont élevés.

### Leviers proposés dans des fins de solvabilité

Déjà mis à mal par la présence de taux bas au 31/12/2020, le ratio de solvabilité représentatif du marché français passe de 149% à 104% sans prise en compte de la PPE. Pour mesurer l'évolution de ce portefeuille, dix projections ont été réalisées avec la prise en compte d'une production nouvelle de 3% de l'encours initial. Les nouveaux stocks sont basés sur les caractéristiques moyennes du model points avec les TMG à 0%. Le ratio final projeté se situe à 117%. Étant très faible, il peut être intéressant de trouver des leviers que les assureurs pourraient utiliser dans les futures simulations, notamment à travers l'arrivée de nouveaux stocks et de la composition de l'actif pour rehausser ce ratio. Ce mémoire s'est donc concentré sur ce point en restant en vision assureur uniquement et dans un but de gain de solvabilité. Il est important de mentionner qu'une autre approche pourrait être considérée en étudiant des indicateurs visions assurés à cause de la modification des nouvelles souscriptions. Enfin, les mesures proposées sont seulement des idées de leviers, il se peut que certaines d'entre elles soient difficilement réalisables ou dangereuses à mettre en place. Ensuite dans chaque proposition, si les mesures permettent de gagner en solvabilité, un cas envisageable reflétant la réalité (Standard) et un cas extrême difficilement réalisable (Extrême), mais très avantageux pour un assureur seront conservés.

Les leviers étudiés se réaliseront, dans un premier temps, en séparant les actions prises sur l'actif et sur le passif. Diverses sensibilités avec des intensités variables seront appliquées afin de mesurer l'importance du levier considéré.

Pour l'actif, une modification légère de la composition du portefeuille est réalisée avec une prise de risque plus importante avec une hausse des actions et de l'immobilier afin de gagner en rendement. Dans ce cadre-là, plusieurs sensibilités seront effectuées en réalisant des modifications sur ces deux types d'actifs en diminuant la part obligataire.

Majoritairement composées d'obligations, les actions menées sur le réinvestissement de la poche obligataire seront donc importantes. Ainsi des sensibilités sur la maturité, le rating et la surperformance (par rapport aux taux sans risques) des obligations seront donc étudiées.

Après plusieurs sensibilités testées, les cas conservés pour les actifs sont les suivants :

Modifications	Standard	Gain	Extrême	Gain
Allocation	+1 point d'actions et +2,5 points d'immobilier	6	+1 point d'actions et +3,5 points d'immobilier	8
Maturité	8 ans	1,2	5 ans	5,4
Rating	AA	7	AA	7
Surperformance	0,8%	0	0,5%	1,4

TABLE 2 – *Leviers conservés sur les actifs*

Pour le passif, une première partie consiste à privilégier les fonds UC, les nouvelles souscriptions verront cette part augmenter au fil des projections avant d'atteindre un plafond qui pourra évoluer. Deux autres leviers favorisant la redirection des assurés vers les UC seront considérés avec des hausses de chargement sur les fonds en euros et de la part de TMG brute accordée. Les rachats prennent une place importante dans le SCR souscription, les actions prises, jusqu'à présent, favorisent les cas de la baisse de taux, ainsi des pénalités de rachats sont testées sur

les nouveaux contrats.

Enfin, des modifications du public visé sont étudiées avec un vieillissement progressif de l'âge moyen des nouveaux entrants ou de la quantité accordée au nouveau stock dans le portefeuille au fil des projections.

Après plusieurs sensibilités testées, les cas conservés pour le passif sont les suivants :

Modifications	Standard	Gain	Extrême	Gain
Part UC	+3%/an plafond à 40%	8	+5%/an	17
Part TMG brut	+10%/an	14	100% dès l'année 0	18
Chargement euro	1%	3	1,1% à 1,5%	9
Pénalité de rachat	2%	3	5%	8
Age moyen	+1/an plafond à 65 ans	4	70 ans dès la première année	10
Nouveaux stocks	Décroissance vers 2%	6	Décroissance vers 0,5%	15

TABLE 3 – Leviers conservés sur le passif avec les model points

L'utilisation simultanée de l'ensemble de ces leviers fait face à des effets de diversification, les gains ne sont donc pas sommables directement et doivent être resimulés ensemble. Les gains obtenus avec la poche obligataire seront réduits, car la présence d'obligations est moins importante avec les nouvelles allocations. Au passif, la hausse de la part d'UC vient diminuer les effets des chargements et des TMG brut. Ce mémoire ne cherche pas à trouver les leviers optimaux, mais simplement d'observer un comportement de portefeuilles. L'ensemble de ces leviers assemblés donne un gain de solvabilité de 61 points dans le cas extrême et de 42 points dans le cas standard au bout de 10 années de projection.

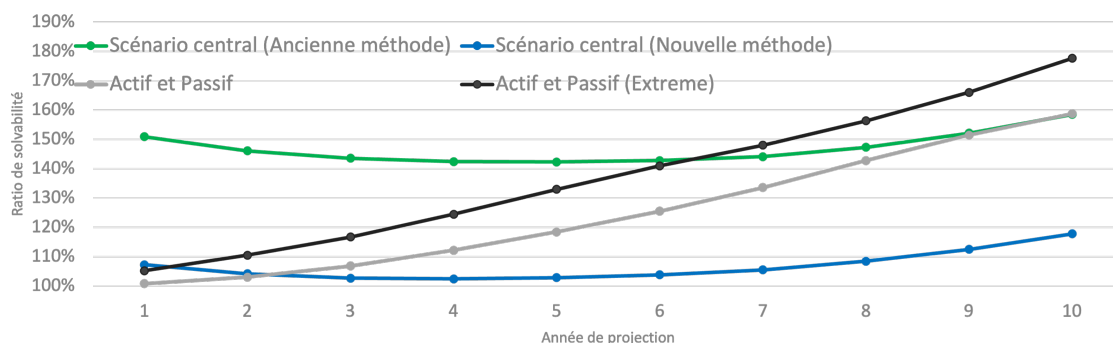


FIGURE 4 – Évolution de la solvabilité avec et sans les mesures prises sur l'actif et sur le passif

### Portefeuilles face aux fluctuations de marché

Les portefeuilles avec la prise en compte des pilotages ont été soumis à divers chocs à la 7ème projection afin d'avoir suffisamment de nouveaux stocks dans le portefeuille et d'observer son évolution après les chocs. Les chocs effectués sur les portefeuilles lors des calculs de SCR projetés sont les suivants :

- Des chocs à 20% et 30% sur la revalorisation des actions sont appliqués. Dans l'ensemble des cas les portefeuilles absorbent le choc, bien que, le cas standard présente un ratio de solvabilité avoisinant les 100% pour une diminution de 30%. Sans aucun pilotage, le portefeuille utilisé n'est plus solvable.
- Une baisse similaire du marché immobilier se présente mieux pour les deux portefeuilles, même avec la hausse accordée à ce type d'actif dans les nouvelles allocations. Sans aucun pilotage, le portefeuille résiste seulement au choc à 20%.



Ensuite, une translation de la courbe des taux swap a été réalisé avec un pas de 20bps et 50bps à la hausse et à la baisse.

- La hausse des taux donne un gain important de solvabilité malgré les mesures prises en faveur de la baisse des taux. La translation maximale procure un gain direct d'une trentaine de points.
- La baisse des taux reste le scénario le plus pénalisant. Dans le cadre de la translation de -50bps les portefeuilles ne sont plus solvables, le portefeuille extrême est celui qui résiste le plus avec une solvabilité de 97%. Cette translation provoque une perte directe d'une quarantaine de points. Pour la translation à -20bps, les portefeuilles résistent et subissent une perte instantanée d'une vingtaine de points. Sans aucuns pilotages, une légère baisse des taux rendrait l'assureur insolvable.

## Conclusion

Finalement, les modifications méthodologiques apportées autour de la courbe des taux permettent de résoudre certaines lacunes. Le changement de taux de référence vient assurer la fiabilité des taux utilisés pour la construction de la courbe des taux. L'extrapolation permet la réduction de la sous-estimation des provisions techniques et la volatilité résultant des variables macroéconomiques et de marché. Les chocs de taux tentent de favoriser le long terme avec une réduction des impacts actuels et reflètent d'une meilleure manière le marché avec des chocs plus importants grâce à la considération des taux négatifs.

Cependant, l'ensemble de ces mesures montre une baisse considérable de la solvabilité d'un assureur. Les leviers proposés à l'actif et au passif pour le gain de solvabilité permettent de réduire les impacts. Ces mêmes leviers permettent d'absorber la plupart des fluctuations de marché, là où, dans le portefeuille actuel avec et sans mesure serait mis à mal dans ces cas de figure. Néanmoins, les pilotages sont seulement en vision assureur, alors qu'une institution doit prendre en compte la vision assurée avant de mettre en œuvre certaines de ces propositions.

Le cas de la baisse des taux reste néanmoins problématique, les tests effectués montrent que seul le portefeuille avec les leviers extrêmes peut résister dans cet environnement. Les assureurs doivent donc, dès à présent, prendre des mesures fortes comme le passage progressif vers l'UC montré dans ce mémoire. Les assureurs peuvent, dans certains cas, soumettre aux assurés des plans d'investissement avec la garantie d'actions sociales et environnementales pour les persuader de prendre plus de risques ou de réduire leurs rendements.

Pour terminer, il doit être rappelé que l'ensemble de ces résultats est issu de modifications des taux. Dans le cadre de la revue, d'autres évolutions sont avantageuses pour les assureurs comme, par exemple, la réduction de la corrélation entre le risque de crédit et de taux ou l'accès facilité aux LTEI (Long Term Equity Investments). La prise en compte de la PPE (Provision pour Participation aux Excédents) permet aussi un gain de 30 à 50 points en moyenne ce qui allège considérablement les assureurs. Enfin, la mise en place de ces modifications n'est pas immédiate et sera progressive ce qui permettra aux assureurs une plus grande marge de manœuvre. Ainsi, l'ensemble de ces impacts sera moins impactant dans la pratique.

---

## EXECUTIVE SUMMARY

---

Rémi Carrot - ENSAE (Polytechnic Institute of Paris) - 2022

**Key words :** *Life Insurance, Savings, ALM, Low rates, Solvency 2, 2020 Review, Yield curve, Interest rate shock, SCR, Guidance*

### Context

For several years now, the low interest rate climate has been taking hold and gradually changing the management of life insurance policies in France. Due to this low rate context, the euro fund, which is the preferred investment of the French, is struggling to generate high returns, due to its predominantly bond-based composition. In addition, as of 2016, insurance companies are also subject to the Solvency 2 directive, which requires full transparency and a need for capital to limit the risks incurred by their exercise. This directive requires insurers to make heavy modifications, so as soon as it was put in place, certain adjustment periods were installed in order to ensure good risk management without too many constraints. After taking into account the first experiences of the market, the European Commission has carried out some work in the framework of a recast of the directive with the help of EIOPA. This decision is intended to accommodate changes caused by market fluctuations and to integrate long-term economic financing in order to promote economic recovery.

The objective of this thesis will therefore be to study the changes in the construction and use of rates, due to their importance in the current climate, but also within the Solvency 2 directive. A point of attention will be brought to the obtaining of the yield curve, both in terms of its construction with market data and in terms of its extrapolation. Finally, a study on its use in the regulatory framework of interest rate shocks will also be presented. The subjects treated will be applied to fictitious savings portfolios representative of the French market according to different temporalities.

### Constructing a yield curve

In the context of Solvency 2, the place of the yield curve is of paramount importance, because it allows the evaluation of the provisions in Best Estimate, the calculation of the bond portfolio and thus the obtaining of the Net Asset Value (NAV). The interaction between assets and liabilities is constant, so it is necessary that the curve used be reliable and in line with the market. To this end, EIOPA has set a certain number of criteria to ensure the reliability of this curve. The reference rates needed to construct the curve must be sufficiently deep, liquid and transparent. These criteria are verified for short maturities, but are no longer respected after 20 years in the framework of the Euro currency, so extrapolation becomes necessary. Until now, the method used is based on the Smith Wilson optimization. However, this technique tends to underestimate the technical forecasts, due to a quick convergence towards a fixed variable per

year : the Ultimate Forward Rate (UFR). Moreover, this method also seems volatile and very dependent on the latest relevant market information. In response to this, an alternative method is proposed by EIOPA, which has the particularity of using information from market rates after 20 years, thus limiting convergence and being more representative of reality. A comparison of the two methods shows that the difference between these extrapolations is greater in presence of low rates. In addition, the alternative method reacts better to the fluctuation of the UFR and the level of current rates.

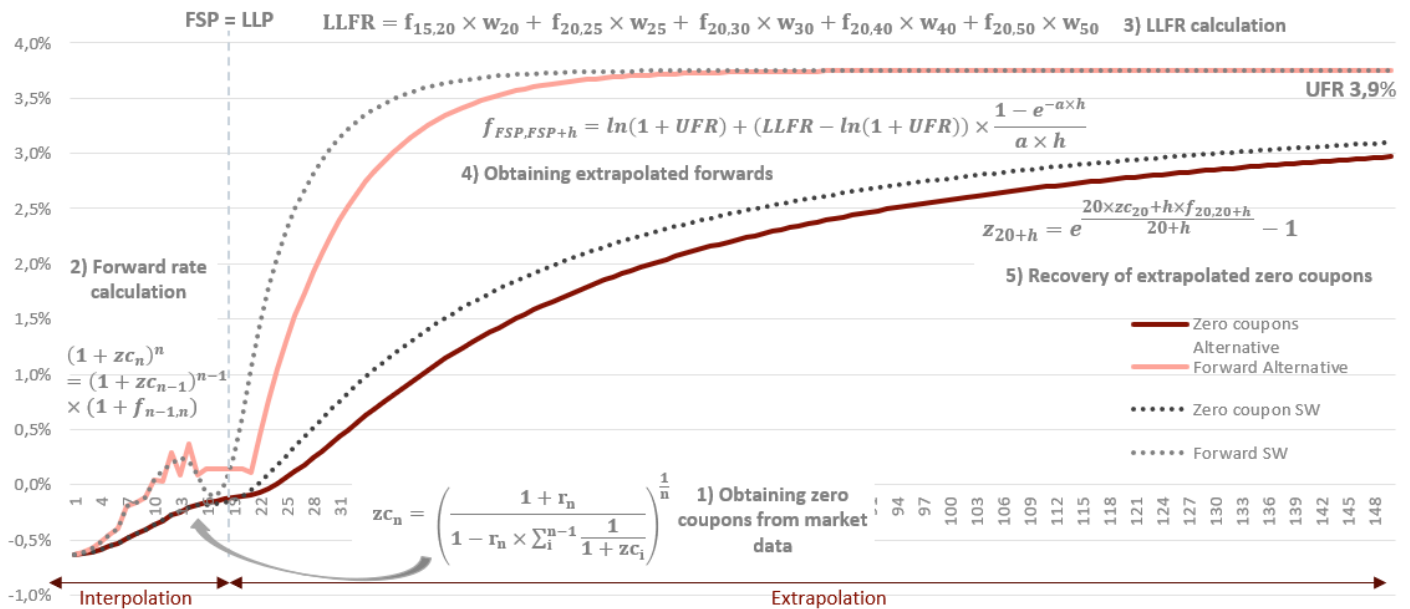


FIGURE 5 – Steps of the alternative extrapolation and comparison with Smith Wilson

The initial construction is based on reference rates, which until now have been based on the Euro OverNight Index Average (EONIA). In January 2022, this rate will be deleted in favor of the €STR in order to make the data more reliable and to eliminate the need for expert opinions on the evaluation of rates. EIOPA recommends a lowering of the swap rates currently used in the construction by 10bps and the use of the extrapolation method in force without changing the LLP/FSP or other variables for the Euro currency framework. The zero coupon curve is lower from the first maturities, and the effect fades due to the convergence towards the UFR when extrapolating.

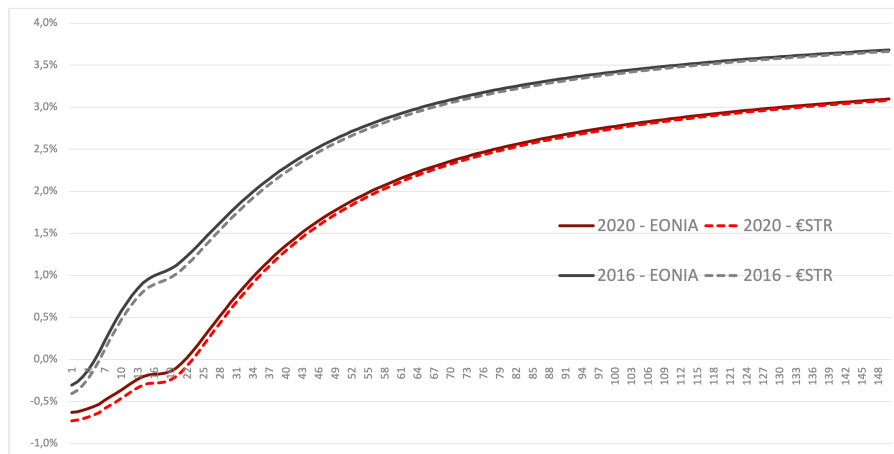


FIGURE 6 – Implementation of the €STR in the construction of the yield curve

## Rate shocks under Solvency 2

In September 2021, the European Commission proposed a new method of rate shocks in the framework of Solvency 2 in order to consider negative rates and optimize the amounts of capital allocated, which were underestimated until now. The new method proposed is in two parts. The first part consists in using the multiplicative and additive approach proposed by EIOPA for rates below 20 years. Within the framework of the downward rate shock, a shock limit of -1.25 % is set. After 20 years, the shocked curves are extrapolated to a shocked UFR of plus (respectively minus) 15 bps depending on whether the case is upward (respectively downward).

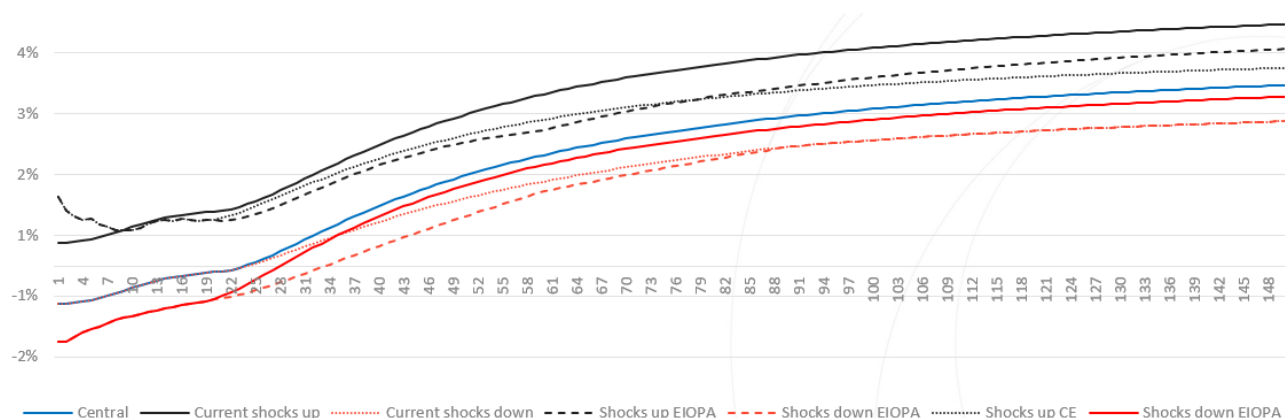


FIGURE 7 – Evolution of the rate shock module under Solvency 2

The first observations show that the shocked curves are more impacted when rates are high. The new method is less penalizing than the EIOPA method proposed in the review, thanks to a lightening of the shocks at high maturities. However, it remains more impactful through shocks to the yield curve than the current method.

## Presentation of the impacts in terms of solvency

All of these methodological changes have been tested on fictitious portfolios representative of the French market at the maturities of 2016 (implementation of Solvency 2) and 2020 (latest version of the revision). Through the ALM modelling carried out over a 60-year horizon with 1000 simulations, thanks to the internal projection tool, the impacts obtained are as follows <sup>1</sup> :

Evolutions	Method	2020		2016	
		Losses	Cumulated losses	Losses	cumulated losses
Reference rate	€STR	-18	-18	-8	-8
Extrapolation	Alternative	-15	-34	8	-16
Shocks	CE	-18	-45	-51	-58
Chocs	EOIPA	-30	-53	-64	-74

TABLE 4 – Main impacts caused by regulatory changes

Overall, the first two measures have a greater impact when rates are low. Conversely, the new impact method is the most penalizing measure, especially when rates are high.

1. The cumulative loss is not the sum of the individual impacts, but is the result of the simulations with the progressively added methods

## Proposed leverages on solvency

The solvency ratio for the French market, already under pressure from low interest rates as of December 31<sup>st</sup>, 2020, will rise from 149% to 104% without taking the EPP into account. To measure the evolution of this portfolio, ten projections have been made, taking into account new production of 3% of the initial stock. The new inventories are based on the average characteristics of the model points with MRG at 0%. The final projected ratio is 117%. Being very low, it may be interesting to find levers that insurers could use in future simulations, notably through the arrival of the new stocks and the asset mix, to raise this ratio. This paper has therefore focused on this point, remaining in the insurer's view only and with the aim of increasing solvency. It is important to mention that another approach could be considered by studying indicators from the insured's point of view because of the change in new underwriting. Finally, the proposed measures are only ideas for levers, it is possible that some of them are complicated or dangerous to implement. Then, in each proposal, if the measures make it possible to gain in solvency, a conceivable case reflecting reality (Standard) and an extreme case that is difficult to achieve (Extreme), but very advantageous for an insurer, will be retained.

The levers studied will be carried out, initially, by separating the actions taken on the assets and on the liabilities. Various sensitivities with varying intensities will be applied in order to measure the importance of the leverage considered.

For the assets, a slight modification of the portfolio's composition is carried out with a greater risk taking with an increase in equities and real estate in order to gain in yield. In this context, several sensitivities will be carried out by making changes to these two types of assets by reducing the bond portion.

As the majority of the portfolio is composed of bonds, the actions carried out on the reinvestment of the bond portfolio will therefore be important. Sensitivity to maturity, rating and outperformance (in relation to risk-free rates) of bonds will therefore be studied.

After several sensitivities were tested, the cases retained for the assets are the following :

Changes	Standard	Gain	Extreme	Gain
Allowance	+1 point of equities and +2,5 points properties	6	+1 point of equities and +3,5 points properties	8
Maturity	8 ans	1,2	5 ans	5,4
Rating	AA	7	AA	7
Outperformance	0,8%	0	0,5%	1,4

TABLE 5 – *Leverages on assets*

For liabilities, the first part consists in favoring unit-linked funds, and new subscriptions will see this share increase over the projections before reaching a ceiling that may change. Two other levers to encourage policyholders to switch to unit-linked funds will be considered, with increases in the load on euro funds and in the share of gross MGT granted.

Surrenders play an important role in the underwriting SCR, and the actions taken so far have favored cases of falling interest rates ; surrender penalties are therefore being tested on new contracts.

Finally, changes in the target audience are studied with a progressive aging of the average age of new entrants or of the quantity granted to the new stock in the portfolio over the course of the projections. After several tested sensitivities, the retained cases for the liabilities are as follows :

Changes	Standard	Gain	Extreme	Gain
Unit-linked share	+3%/year ceiling at 40%	8	+5%/year	17
Gross MRG share	+10%/year	14	100% from year 0	18
Euro charging	1%	3	1,1% to 1,5%	9
Repurchase penalty	2%	3	5%	8
Average age	+1/year ceiling at 65 years	4	70 years from the first year	10
New stocks	Decrease to 2%	6	Decrease to 0.5%	15

TABLE 6 – Leverages on liabilities

The simultaneous use of all of these levers is subject to diversification effects, so the gains cannot be summed up directly and must be added back together. The gains obtained with the bond pocket will be reduced, as the presence of bonds is less important with the new allocations. On the liabilities side, the increase in the UC share reduces the effects of charges and gross MERs. This paper does not attempt to find the optimal levers, but simply to look at portfolio behavior. The combination of these levers gives a solvency gain of 61 points in the extreme case and 42 points in the standard case after 10 years of projection.

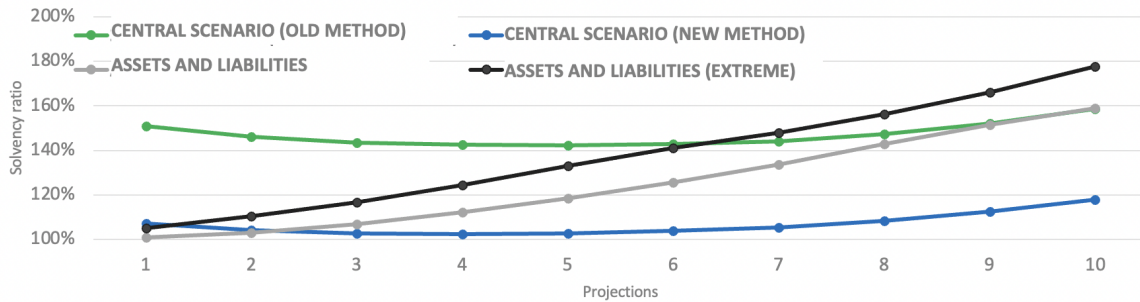


FIGURE 8 – Evolution of solvency with and without the measures taken on assets and liabilities

### Portfolios facing market shocks

The portfolios using the different levers were subjected to various shocks at the 7th projection in order to have enough new stocks in the portfolio and to observe its evolution after the shocks. The shocks performed on the portfolios during the projected SCR calculations are the following :

- Shocks of 20 and 30 % on the revaluation of the shares are applied. In all cases, the portfolios absorb the shock, although the standard case presents a solvency ratio close to 100 % for a decrease of 30 %. Without any piloting, the portfolio used is no longer solvent.
- A similar decline in the real estate market looks better for both portfolios, even with the increase in the allocation to this type of asset in the new allocations. Without any steering, the portfolio only withstands the shock at 20 percent.

Then, a translation of the swap rate curve was performed with a step of 20bps and 50bps up and down.

- The increase in rates gives a significant gain in solvency, despite the measures taken to lower rates. The maximum shift provides a direct gain of about 30 points.
- A decrease in rates remains the most penalizing scenario. In the framework of the -50bps shift, the portfolios are no longer solvent ; the extreme portfolio is the one that resists with a solvency of 97%. This shift causes a direct loss of about 40 points. For

the -20bps translation, the portfolios resist and suffer an instantaneous loss of about 20 points. Without any piloting, a slight drop in rates would make the insurer insolvent.

## **Conclusion**

Finally, the methodological changes made around the yield curve resolve certain shortcomings. The change of reference rate ensures the reliability of the rates used for the construction of the rate curve. The extrapolation allows the reduction of the underestimation of the technical reserves and the volatility resulting from macroeconomic and market variables. The rate shocks try to favor the long term with a reduction of the current impacts and better reflect the market with more important shocks thanks to the consideration of negative rates.

However, all these measures show a considerable decrease in the solvency of an insurer. The proposed levers on the assets and liabilities side for solvency gains make it possible to reduce the impacts. These same levers make it possible to absorb most market fluctuations, where the current portfolio with and without measures would be damaged in these cases. Nevertheless, the pilots are only in the insurer's vision, so an institution must take into account the insured vision before implementing some of these proposals.

The case of falling interest rates remains problematic, however, as the tests carried out show that only the portfolio with extreme leverage can withstand this environment. Insurers must therefore take strong measures now, such as the gradual shift to unit-linked insurance shown in this report. Insurers may, in some cases, offer policyholders investment plans with social and environmental guarantees to persuade them to take more risk or reduce their returns.

Finally, it should be remembered that all of these results are the result of rate changes. In the context of the review, other developments are beneficial to insurers, such as the reduction in the correlation between credit and rate risk or the easier access to LTEI. The inclusion of the EPP also allows for a gain of 30 to 50 points on average, which considerably reduces the burden on insurers. Finally, the implementation of these changes is not immediate and will be gradual, which will give insurers more leeway. Thus, all of these impacts will be less significant in practice.

---

## REMERCIEMENTS

---

Tout d'abord, je tiens à remercier l'ensemble des collaborateurs Forsides pour leur accueil et leur bonne humeur.

Je tiens vivement à remercier mon encadrante, Louise Poulain, pour le temps qu'elle m'a accordé. Ses conseils et ses commentaires m'ont permis de mener à bien l'ensemble de ce mémoire.

Je remercie également David Graiz et Arnaud Cohen pour leur suivi à travers des pistes de réflexion que j'ai pu envisager.

Je remercie Ayoub Belhadj pour les connaissances qu'il a pu me transmettre sur la modélisation ALM et l'utilisation des outils internes.

Je remercie aussi l'ensemble des enseignants de l'ENSAE pour la qualité de l'enseignement et leur engagement tout au long de la formation.

Pour terminer, je tiens à remercier ma famille pour m'avoir soutenu durant l'ensemble de mes études.



---

## ACRONYMES

---

**ALM** Asset - Liability management.

**BE** Best Estimate.

**BS** Black and Scholes.

**BSCR** Basic Solvency Capital Requirement.

**CRA** Credit Risk Adjustment.

**EIOPA** European Insurance and Occupational Pensions Authority.

**EONIA** Euro OverNight Index Average.

**FSP** First Smoothing Point.

**GSE** Générateur de Scénario Economique.

**IBOR** InterBank Offered Rates.

**LLFR** Last Liquid Forward Rate.

**LLP** Last Liquid Point.

**MCR** Minimum Capital Requirement.

**NAV** Net Asset Value.

**OAT** Obligations Assimilables du Trésor.

**PDD** Provision pour Dépréciation Durable.

**PPB** Provisions pour Participation aux Bénéfices.

**PPE** Provisions pour Participation aux Excédants.

**QIS** Quantitative Impact Studies.

**RM** Risk Margin.

**SALLTO** Solvency Assets Liabilities Life Tool.

**SCR** Solvency Capital Requirement.

**TMG** Taux Minimum Garanti.

**UC** Unités de Compte.

**UFR** Ultimate Forward Rate.

**VA** Volatility Adjustment.

---

# TABLE DES MATIÈRES

---

<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>1 Contexte actuel et réglementation</b>	<b>2</b>
1.1 L'importance de l'assurance vie française . . . . .	2
1.2 La réglementation actuelle de Solvabilité 2 . . . . .	4
1.2.1 Un bilan prudentiel . . . . .	5
1.2.2 Exigence en termes de capital . . . . .	7
1.3 L'assurance vie face au défi des taux bas . . . . .	8
1.3.1 Le contexte de la baisse des taux . . . . .	9
1.3.2 La place des taux dans les compagnies d'assurance . . . . .	10
1.4 La révision de Solvabilité 2 . . . . .	11
1.4.1 Propositions de l'EIOPA . . . . .	11
1.4.2 Premières décisions de la Commission Européenne . . . . .	12
Conclusion du chapitre . . . . .	14
<b>2 Les évolutions méthodologiques liées à la courbe des taux et au sous-module de taux</b>	<b>15</b>
2.1 Méthode actuelle d'obtention de la courbe des taux . . . . .	15
2.1.1 Critères d'existence et de fiabilité . . . . .	15
2.1.2 Cadre des principaux instruments financiers . . . . .	16
2.1.2.1 Instruments financiers utilisés . . . . .	17
2.1.2.2 Les taux de références et ajustements pour risque de crédit . . . . .	18
2.1.3 Principe de construction d'une courbe des taux . . . . .	18
2.1.4 Correction pour volatilité . . . . .	20
2.1.5 Méthode d'extrapolation de Smith Wilson . . . . .	21
2.2 Méthode d'extrapolation alternative proposée par la révision 2020 de Solvabilité 2	24
2.2.1 Construction de la courbe des taux alternative . . . . .	24
2.3 Comparaison des deux méthodes d'extrapolation . . . . .	27
2.3.1 Chronologie des écarts . . . . .	29
2.3.2 L'influence de l'UFR dans la méthode d'extrapolation . . . . .	30
2.3.3 Impact des taux swap 15 et 20 ans . . . . .	32
2.3.4 Adaptation de la vitesse de convergence . . . . .	33
2.3.4.1 Influence du paramètre alpha . . . . .	33
2.3.4.2 Mécanisme transitoire . . . . .	34
2.4 La place de la courbe macroéconomique . . . . .	34
2.5 Courbe de transition vers l'€STR . . . . .	35
2.6 Proposition pour la formule standard dans le cadre du module de taux . . . . .	37
2.6.1 Formule Standard pour le sous-module de taux . . . . .	37
2.6.2 Proposition de l'EIOPA . . . . .	38

2.6.3	Modifications apportées par la Commission Européenne . . . . .	39
	Conclusion du chapitre . . . . .	41
<b>3</b>	<b>Construction des hypothèses générales et des portefeuilles pour le modèle interne ALM</b>	<b>42</b>
3.1	Hypothèses générales pour la modélisation . . . . .	42
3.2	Modélisation ALM avec l’outil interne . . . . .	46
3.2.1	Les générateurs de scénarios économiques . . . . .	47
3.2.2	Les étapes de la modélisation ALM . . . . .	48
3.3	Choix des premiers indicateurs . . . . .	51
	Conclusion du chapitre . . . . .	55
<b>4</b>	<b>Analyse des impacts causés par les évolutions méthodologiques</b>	<b>56</b>
4.1	Impacts du changement de taux de référence . . . . .	56
4.2	Impacts de la nouvelle méthode d’extrapolation . . . . .	57
4.2.1	Évolutions réglementaires . . . . .	58
4.2.2	Études complémentaires sur les paramètres de la nouvelle méthode . . .	60
4.3	Utilisation de la courbe macroéconomique . . . . .	63
4.4	Impacts du changement du module de taux . . . . .	64
4.4.1	Méthode proposée par l’EIOPA . . . . .	65
4.4.2	Méthode annoncée par la Commission Européenne . . . . .	67
	Conclusion du chapitre . . . . .	71
<b>5</b>	<b>Propositions d’axes de pilotage</b>	<b>72</b>
5.1	Hypothèses et projections de portefeuilles . . . . .	72
5.1.1	Principe de projection . . . . .	73
5.1.2	Choix des hypothèses centrales . . . . .	73
5.2	Axes de pilotage . . . . .	75
5.2.1	Leviers sur l’actif . . . . .	76
5.2.1.1	Modification de la composition du portefeuille . . . . .	76
5.2.1.2	Réinvestissement des obligations arrivant à maturité . . . . .	79
5.2.1.3	Ensemble des mesures conservées pour l’actif . . . . .	85
5.2.2	Leviers sur le passif et les model points . . . . .	86
5.2.2.1	Modification des termes de souscription . . . . .	86
5.2.2.2	Modification du public visé . . . . .	92
5.2.2.3	Mesures conservées pour les nouveaux stocks . . . . .	95
5.3	Comportement des portefeuilles face aux chocs . . . . .	96
5.3.1	Chocs sur les actions . . . . .	98
5.3.2	Chocs sur l’immobilier . . . . .	99
5.3.3	Chocs sur la courbe des taux . . . . .	101
	Conclusion du chapitre . . . . .	105
	<b>Conclusion</b>	<b>106</b>
	<b>Références</b>	<b>108</b>
	<b>Liste des figures</b>	<b>110</b>
	<b>Liste des tableaux</b>	<b>114</b>
	<b>Annexes</b>	<b>115</b>

A Données supplémentaires	116
B Précision sur les hypothèses choisies	120
C Précision sur les impacts causés par les modifications	121
D Propositions de pilotage	129

---

## INTRODUCTION

---

L'assurance vie prédomine l'épargne française sur le long terme avec plus de 1789 Mds€ d'encours en 2020, répartie entre les fonds en euros et les placements en unités de compte dans une moindre mesure. En plus des différents risques que les sociétés d'assurance peuvent encourir du fait de leurs activités, elles sont soumises à l'inversion du cycle de production ce qui rend l'évaluation des risques encore plus difficile. Cette gestion des risques s'effectue à travers une modélisation prospective de l'activité future grâce à la Gestion Actif-Passif. Dans un but d'harmonisation et d'unification des indicateurs globaux, la Commission Européenne a installé la directive Solvabilité 2 en 2016. En plus de l'harmonisation européenne, l'objectif principal est d'intégrer des fonds propres, le plus justement calculés, pour éviter la ruine de l'entreprise, le tout dans des soucis de transparence et de communications accrues. Au fil des années, le marché des taux d'intérêt, s'est considérablement dégradé et conduit, par exemple, vers un taux d'emprunt 10 ans nul voire négatif. Face à cela, la Commission Européenne, avec l'aide de l'EIOPA, a pris plusieurs décisions afin de modifier certains aspects de la directive. Les modifications apportées s'inscrivent, d'une part à travers une collecte d'informations tirée de l'expérience acquise par les assureurs, d'autre part, pour favoriser les garanties à long terme. En France, le fonds en euros domine l'épargne et est composé à 80% d'obligations ce qui le rend très dépendant des taux d'intérêt. Les évolutions méthodologiques concernent justement cet aspect. Parmi ces mesures, le changement de méthode de l'extrapolation de la courbe des taux et la modification des chocs effectués sur cette courbe sont les deux plus grands changements pénalisants la solvabilité des assureurs. Ces mesures se couplent avec un changement déjà admis concernant la modification des taux de référence nécessaire à la construction initiale de la courbe.

Du fait de l'évaluation prospective des flux, la place des taux est primordiale au sein de Solvabilité 2. Ainsi, l'objectif de ce mémoire est donc d'étudier ces nouvelles mesures afin de mesurer les impacts en résultant et de trouver des potentielles alternatives pour les contrer. En d'autres termes : **Quels pilotages face aux impacts causés par les évolutions méthodologiques de la courbe des taux pour les assureurs soumis à Solvabilité 2 ?**

Pour tenter de répondre à cela, après avoir présenté dans les grandes lignes la réglementation actuelle, les principaux produits d'assurance vie et l'environnement économique, les nouvelles mesures proposées seront détaillées. Les potentielles évolutions méthodologiques seront étudiées suivant les niveaux des taux afin de comprendre comment appréhender ces évolutions si le marché venait à fluctuer. Ensuite ces aspects seront implémentés au sein des portefeuilles représentant le marché moyen de 2016 et de 2020. Cette action permettra de comparer deux temporalités où l'environnement économique connaît de fortes disparités. Pour terminer, certains axes de pilotage du passif et de l'actif seront présentés dans un but de lisser les impacts causés par les évolutions méthodologiques. Cette dernière étape consistera dans une projection sur 10 ans du portefeuille de 2020 et les leviers seront effectués sur l'arrivée des nouveaux stocks au sein du portefeuille.

---

# CHAPITRE 1

---

---

## CONTEXTE ACTUEL ET RÉGLEMENTATION

---

### 1.1 L'importance de l'assurance vie française

L'assurance vie prend une place importante en France : elle représente 38% de l'épargne avec plus de 2 103 milliards d'euros selon les dernières estimations de 2020 [11]. Afin de faire fructifier une part de leurs économies, les français sont nombreux à détenir ce type d'épargne avec 38 millions de bénéficiaires soit près de 45% des ménages. Ces placements sont généralement détenus sur le long terme, 12 ans en moyenne et demandent donc une bonne gestion. Ainsi, l'ampleur de ces placements dans l'économie demande de connaître avec précision les spécificités des contrats et les risques sous-jacents existants sur l'ensemble de leur durée de vie afin de pouvoir respecter certains engagements.

#### Définition de l'assurance vie

L'assurance vie fait référence aux branches de l'assurance donnant naissance à des engagements dont l'exécution dépend de la durée de vie humaine. Ainsi, le risque de ce type d'assurance repose sur :

- le décès de l'assuré : une rente ou un capital est versé à un ou des bénéficiaires,
- la survie de la personne assurée (longévité) : une rente ou un capital est versé tant que la personne reste en vie,
- la vie et le décès de l'assuré : il s'agit d'un mélange des deux points précédents, où en cas de vie le versement est donné à l'assuré et en cas de décès le versement revient aux bénéficiaires.

En plus du risque portant sur la probabilité de décès de l'assuré, les assureurs doivent étudier minutieusement certaines variables pouvant influencer sur la rentabilité des produits servis, comme l'évaluation des comportements des assurés, le taux garanti, les frais demandés, le placement des actifs alloués. . . Certaines de ces variables et hypothèses sont typiques des contrats existants en France.

Il existe trois grands types de contrats d'assurance vie, offrant chacun un couple rendement risque qui diffère. Les assurés doivent alors faire leur choix selon leur projet et leur aversion au risque.

#### Le fond euro

Le premier type de contrat représente les contrats d'épargne en euros. L'épargne de l'assuré, représentée par les provisions mathématiques, est placée sur un fond et est capitalisée à un certain taux dépendant de la production financière et des allocations de l'assureur.

L'investissement de l'assuré est protégé car la provision mathématique est toujours supérieure ou égale aux investissements de l'assuré. Autrement dit, le risque est porté par l'assureur. Par exemple, en cas de baisse des taux, le rendement de ce fond majoritairement constitué d'obligations diminue et l'assureur doit pouvoir tenir ses engagements, notamment pour servir le Taux Minimum Garanti (TMG) fixé au moment de la souscription du contrat.

L'assuré a la possibilité de rompre à tout moment son contrat, par exemple, quand il a la connaissance de taux servis offrant un meilleur rendement que son contrat actuel. Ce mécanisme correspond aux rachats de contrats qui peuvent représenter tout le contrat ou seulement une partie.

Pendant de longues années, le contrat sur les fonds euros a été le choix préféré des français car il représentait un placement sûr et des rendements convenables (2.8% en moyenne en 2013 par exemple). Au fil des années, les rendements sont devenus de plus en plus faibles pour atteindre un taux de rendement de 1.3% en 2020. Si l'on ajoute à cela la crise sanitaire de la Covid 19, l'encours total du fonds en euros a diminué de 0.7%.

Les assureurs essayent de plus en plus de diriger les assurés vers d'autres types de contrat pour, en partie, pouvoir supporter moins de risques et pour ne plus être tenu de servir un TMG. Ainsi, les assurés commencent à se tourner vers d'autres types d'opportunités, plus risquées mais plus rémunératrices.

## **Les unités de comptes**

Le second type de contrat représente les contrats en Unités de Compte (UC). L'épargne de l'assuré correspond à un portefeuille d'actifs financiers, exprimé en nombre de parts de supports. L'épargne évolue suivant les fluctuations observées sur le marché. Les principales sources d'investissements des UC sont représentées par les actions cotées, les obligations, les valeurs mobilières (Sicav, FCP), l'immobilier (SCPI, SCI) et tous les actifs disponibles présentant quand même une certaine source de protection vis-à-vis de l'épargne de l'assuré (L.131-1 Code des assurances [12])

L'épargne de l'assuré est cette fois dépendante des aléas financiers et n'est plus garantie comme pour le fonds en euros. Ainsi, les provisions mathématiques peuvent être inférieures aux investissements de l'assuré. Pour contrer cet aspect, les assureurs peuvent proposer des garanties supplémentaires comme les garanties planchers afin de limiter les risques portés par les assurés en monnayant ces conditions.

De manière inverse au fonds en euros, les unités de comptes connaissent une hausse considérable avec un gain de 4% des encours totaux avec des rendements de l'ordre de 2,8% lissés sur une moyenne de 10 ans. Néanmoins, du fait des fortes fluctuations pouvant intervenir à la hausse comme à la baisse, les assurés peuvent également choisir de réaliser un compromis entre ces deux contrats.

## **Les contrats multisupports**

Les contrats multisupports représentent un choix de placement intermédiaire entre les fonds en euros et les fonds en UC. Les assurés choisissent de placer dans une certaine proportion une part de leur capital en euros et l'autre en UC, généralement dans une moindre mesure. L'avantage de ce type de contrat est d'une part de garantir une partie de son capital et d'autre part de prendre plus de risques afin d'obtenir des rendements plus importants.

Face à la particularité des types de contrats, à l'ampleur dans l'épargne des Français et à la

capacité de ces contrats à financer l'économie (nationale, les entreprises et l'environnement...), les autorités de contrôles se doivent d'être vigilantes. L'autorité européenne a mis en place en 2016, la directive Solvabilité 2 qui vise à garantir l'aptitude des assureurs à honorer les engagements pris envers les assurés, en instaurant notamment des exigences en capital supérieures au dispositif précédent (Solvabilité 1), afin de pouvoir faire face, en permanence, à n'importe quelle catastrophe.

## 1.2 La réglementation actuelle de Solvabilité 2

Les compagnies exerçant des activités financières comme les banques ou les assurances ont vu leurs activités bouleversées face aux crises financières notamment avec la crise des subprimes. De plus, les sociétés assurantielles font face à l'inversion du cycle de production qui demande une bonne estimation des primes demandées aux assurés afin de constituer un socle suffisant de provisions pour contrer de potentiels aléas.

Face à cela, les autorités du marché européen ont mené des travaux afin d'harmoniser les outils et les mécanismes de contrôle des risques en assurance, aboutissant à la mise en place du cadre prudentiel Solvabilité 2 (ou directive 2009/138/CE).

Le principal objectif de cette réforme est la veille prudentielle des organismes exerçant des activités d'assurance ou de réassurance en s'assurant de l'évaluation accrue de la solvabilité des assureurs par les autorités de contrôle et de garantir la protection des assurés par le respect des engagements qui leur sont dus.

Pour réaliser cela, de la même manière que les exigences de Bâle pour les compagnies bancaires, la gestion des risques de Solvabilité 2 est basée sur trois piliers reposant sur des exigences quantitatives, des exigences qualitatives et une communication accrue fondée sur la transparence (1.1).

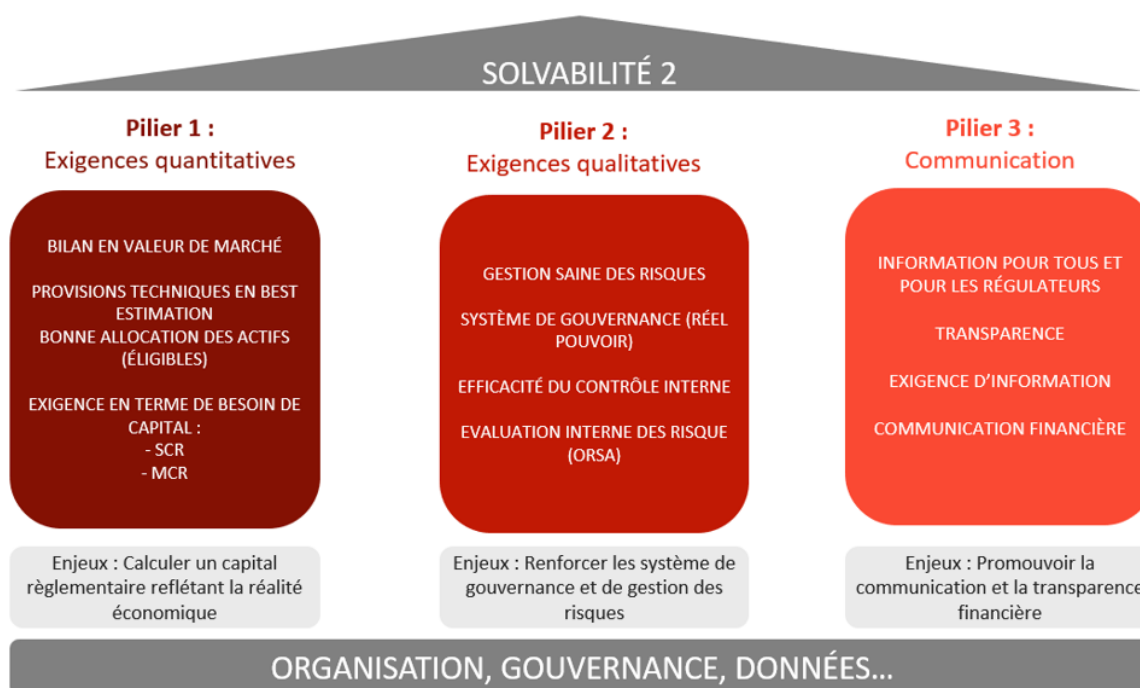


FIGURE 1.1 – Les 3 piliers de Solvabilité 2

De manière synthétique les trois piliers demandent respectivement :



- Des exigences de capital avec le calcul d'un bilan en valeur de marché, une nouvelle méthode d'évaluation des provisions mathématiques, une exigence en capital dans des buts de solvabilité. . .
- Des exigences de gouvernance pour assurer une bonne maîtrise des risques au sein même de la direction de la compagnie d'assurance.
- Des exigences de reporting à la fois pour rendre des comptes aux régulateurs, mais aussi pour être transparent avec le marché.

### 1.2.1 Un bilan prudentiel

Ce mémoire se concentrera sur le premier pilier de cette directive qui intègre désormais un bilan économique au détriment d'un bilan en vision comptable demandé par Solvabilité 1. L'objectif principal d'un bilan en vision prudentielle est de connaître la valeur économique de l'activité de l'entreprise (1.2) Il se compose des actifs d'une part et du passif d'autre part.

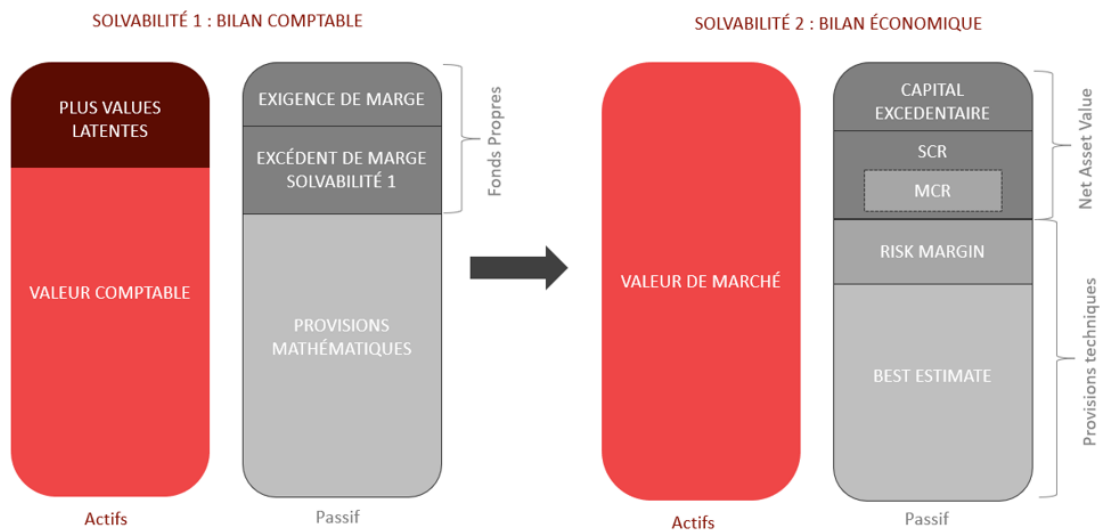


FIGURE 1.2 – Vision du bilan sous Solvabilité 1 et 2

#### Les actifs

Comme pour Solvabilité 1, les actifs sont apparentés aux biens que possède l'entreprise d'assurance. Il est possible de retrouver les investissements (qui représentent la plus grande part de l'actif pour les assureurs), les prêts, l'immobilisation, la trésorerie . . . Dans un bilan prudentiel, les actifs sont estimés en valeur de marché afin de prendre en compte, en plus de la valeur comptable, les plus ou moins values latentes obtenues selon les types d'allocations.

#### Le passif

L'autre partie du bilan concerne le passif qui est constitué des dettes de l'entreprise et des capitaux propres. Dans une vision économique du bilan, le passif est évalué en fair value (juste valeur). Il est essentiellement composé de :

- La Net Asset Value (NAV), obtenue comme la part d'actif diminuée des provisions techniques, elle représente la valeur d'une entreprise. Celle-ci est elle-même composée du

capital excédentaire et des exigences en capitaux propres pour être solvable (Solvency Capital Requirement (SCR) et Minimum Capital Requirement (MCR)).

- L'autre partie correspond aux provisions techniques en "fair value" qui se basent notamment sur l'estimation des flux futurs actualisés, à travers des projections.

Les plus grandes modifications du pilier 1 résident du côté du passif du bilan, composé suivant les années de près de 90% de provisions mathématiques.

## Les provisions techniques

Les provisions mathématiques en Best Estimate (BE) représentent une meilleure estimation des engagements pris par l'assureur, elles correspondent à la valeur actuelle probable des flux de trésorerie futurs suivant des hypothèses réalistes. Quel que soit le secteur d'activité, certains éléments comme les dépenses, les garanties financières et les options contractuelles sont prises en compte. Dans le cadre de l'assurance vie, la méthodologie du calcul du BE doit tenir compte d'un certain nombre de points dont les prestations (rachats, décès, arrérages, maturités...), les frais (acquisition, gestion, sinistres, placements...), les commissions, les primes futures sur l'horizon de projection... Ces éléments permettent d'obtenir une estimation des flux futurs pour le calcul du Best Estimate qui s'obtient comme :

- l'espérance mathématique des flux sortants diminués des flux entrants estimés en utilisant des hypothèses probabilistes (risque neutre) sur les facteurs de risques,
- l'actualisation des flux avec la courbe des taux sans risque, à la date d'évaluation en question.

Finalement, les provisions en BE s'obtiennent par :

$$BE = \sum_{t=1}^{\infty} \mathbb{E}_{\mathbb{Q}} \left( \prod_{s \leq t} \frac{Flux_t^{sortant} - Flux_t^{entrant}}{1 + r_s} \right) \quad (1.1)$$

avec

$\mathbb{Q}$  : La probabilité risque neutre

$r_s$  : Le taux sans risque à la date s

La seconde partie des provisions techniques est représentée par la Risk Margin (RM). Il s'agit d'une meilleure estimation calculée sur la base Solvency Capital Requirement (SCR). Elle est destinée à garantir que la valeur des provisions techniques soit équivalente au montant dont les entreprises auraient besoin pour honorer ou reprendre les engagements, en prenant en compte le coût en capital nécessaire à la reprise de ces engagements. Elle s'obtient comme suit :

$$RM = CoC \times \sum_{t \geq 0} \frac{SCR_t}{(1 + r_{t+1})^{t+1}} \quad (1.2)$$

avec

CoC : Le coût en capital, fixé à 6%

$SCR_t$  : Le capital de solvabilité requis à la date t (SCR projeté)

$r_t$  : Le taux sans risque à la date t

## 1.2.2 Exigence en termes de capital

La directive Solvabilité 2 demande aux assureurs une exigence en termes de capital de solvabilité afin de pouvoir continuer leurs activités.

Il est donc nécessaire de calculer son capital de solvabilité requis SCR ou montant cible que les fonds propres doivent couvrir. Théoriquement, le SCR représente le capital nécessaire pour limiter la probabilité de ruine à 1 an à 0.5% (elle représente la réalisation d'un évènement tous les 200 ans), son calcul s'apparente à une Value at Risk (VaR).

Il existe aussi un seuil "critique", le Minimum Capital Requirement (MCR) qui représente le niveau de fond propre minimal en dessous duquel l'autorisation pour réaliser des activités d'assurance est retirée.

### Le calcul du SCR

Il est possible de calculer le niveau de capital requis par la formule dite standard ou par une approche interne (partielle ou complète). Dans ce mémoire, la formule standard sera utilisée lors des calculs en termes de capital.

En utilisant la méthode standard, le SCR est calculé selon une approche modulaire : le risque global est réparti en plusieurs modules et sous-modules (figure : 1.3).

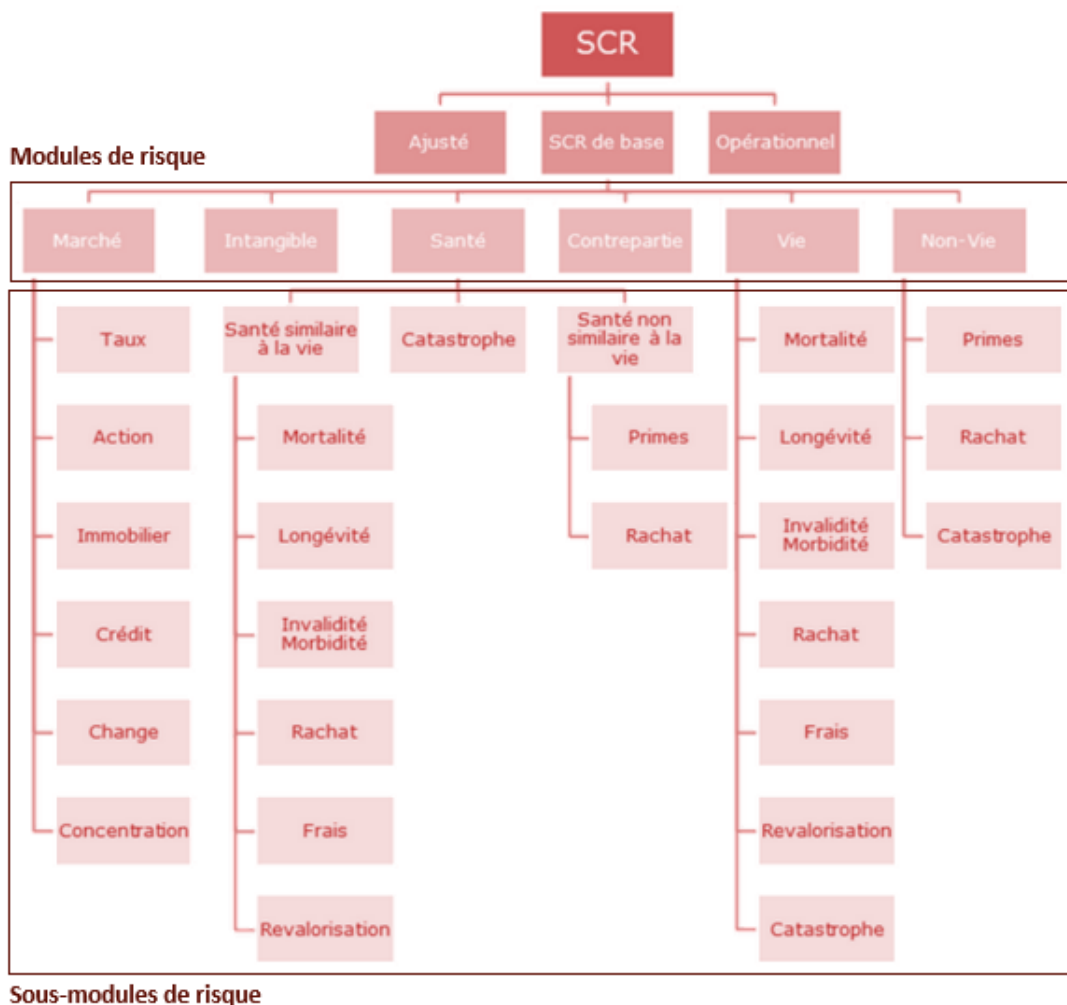


FIGURE 1.3 – Modules et sous modules de risque pour le calcul du SCR

L'assureur doit calculer, pour chaque sous modules de risque, un impact suite à un choc sur le bilan prudentiel. Ainsi, le SCR d'un sous module de risque est mesuré comme la différence de deux NAV projetées, dans le cas central et dans le cas de la réalisation d'un choc.

$$SCR_{\text{sous module}} = NAV_{N+1}(\text{scénario central}) - NAV_{N+1}(\text{scénario après survenance du choc}) \quad (1.3)$$

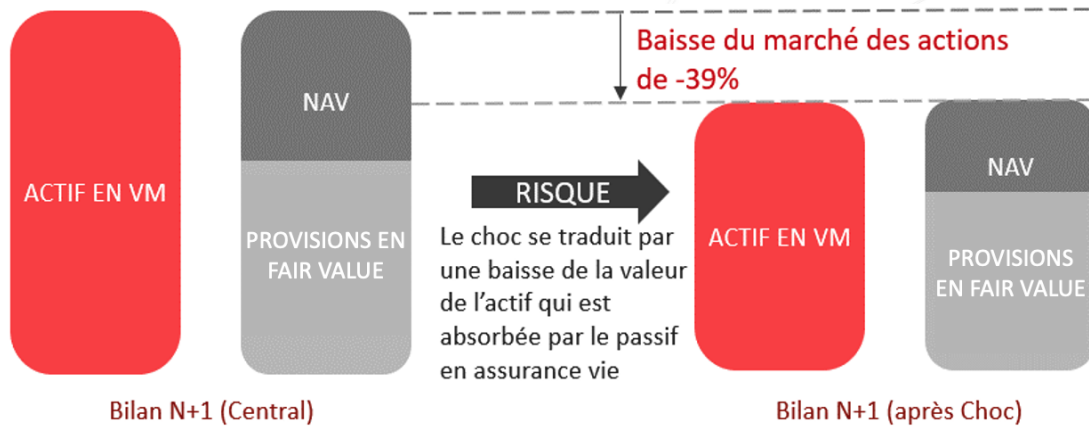


FIGURE 1.4 – Exemple du choc pour le SCR action

L'assureur calcule la perte subie en cas d'évènements défavorables en tenant compte d'une corrélation entre les facteurs de risques. Le risque global d'un module ne correspond donc pas à la somme des risques individuels à cause de la non-additivité de la Value At Risk (cet aspect est notamment remarquable avec l'effet de la diversification). Le SCR de chaque module s'obtient comme :

$$SCR = \sqrt{\sum_{i,j} corr_{i,j} \times SCR_i \times SCR_j} \quad (1.4)$$

avec

- $corr_{i,j}$  : le coefficient de corrélation entre un sous module i et j
- $SCR_i$  : SCR du sous module i

Enfin, pour obtenir le Basic Solvency Capital Requirement (BSCR), on itère une nouvelle fois la formule [1.4] sur les modules de risque en ajoutant le SCR intangible qui capte les risques liés à la perte ou à la volatilité de la valeur des actifs incorporels (marques, brevets...).

Il est important de noter que les modules de risques ayant généralement la plus grande part sur le BSCR d'un assureur exerçant des activités d'assurance vie (A.1) sont :

- Le risque vie qui correspond au risque de l'assureur d'avoir des provisions insuffisantes à cause d'hypothèses inadaptées au portefeuille sur les probabilités de décès des assurés.
- Le risque de marché qui correspond au risque lié à la fluctuation de la valeur des actifs ayant un impact direct sur la gestion ALM d'un assureur.

### 1.3 L'assurance vie face au défi des taux bas

Les produits dépendants des aléas financiers sont soumis à un environnement difficile, car ils doivent faire face à un climat de taux bas et des crises récurrentes sur les marchés.

La mise en place de Solvabilité 2 s'est étalée sur 7 années. À son commencement les taux fluctuaient entre 4% et 5% avant de descendre à moins de 1% en 2016, à son lancement (sur base des OAT 10 ans). Cette tendance de baisse s'est poursuivie depuis et même accentuée. À titre d'exemple, des taux de maturité 20 ans présents dans la courbe des taux sans risque au 31/12/2020, sont encore négatifs.

### 1.3.1 Le contexte de la baisse des taux

En observant l'évolution des OAT 10 ans (1.5) l'une des catégories de taux d'intérêt privilégiées sur le marché français, une tendance à la baisse est remarquable. Il est également possible que les taux moyens annuels apparaissent négatifs comme c'était le cas en 2020 où ils se situaient à  $-0.15\%$  et cette tendance semble se poursuivre en 2021.

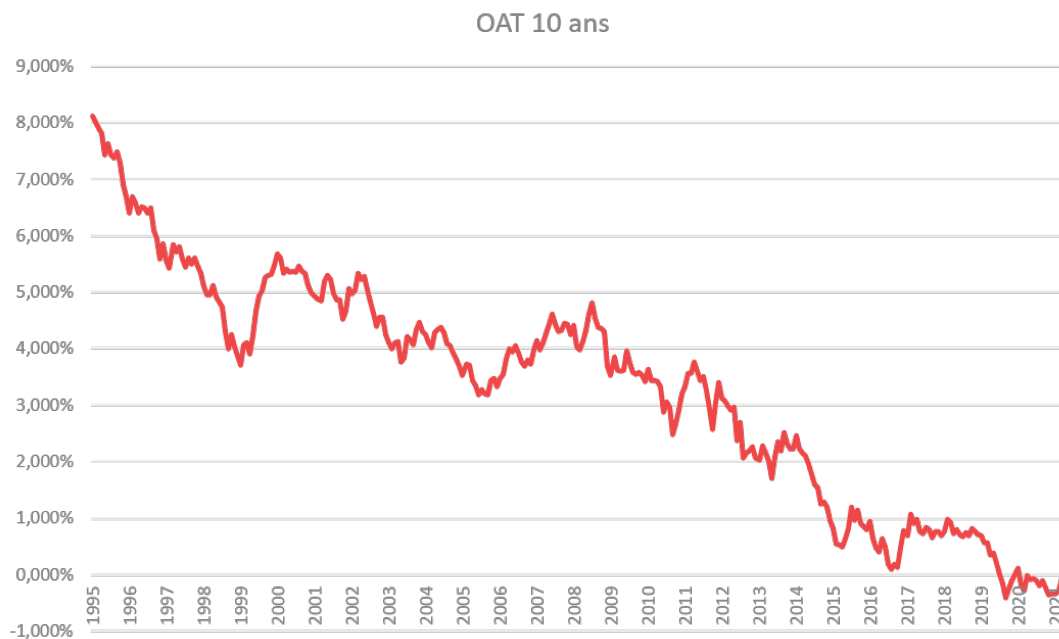


FIGURE 1.5 – *Historique des taux 10 ans en France depuis 1995 [16]*

Le gouverneur de la banque de France a réalisé une conférence expliquant les différentes causes qui ont pu impliquer une baisse des taux réels. <sup>1</sup> [15]

#### Les causes structurelles et conjoncturelles

Pour expliquer cette baisse, il utilise le concept des taux d'intérêt naturel <sup>2</sup>. Ce taux a connu une baisse importante au cours de ces dernières années, une baisse de 150 à 200 points de base. Il en sort trois grandes causes :

- un ralentissement du taux de croissance du PIB causé par une diminution des facteurs de production et une baisse de la population active ce qui explique 25% de la baisse,
- L'excès de l'épargne couplé au vieillissement de la population,

1. Ils représentent les taux nominaux d'un emprunt ou d'un prêt diminué de l'inflation et d'un certain niveau de risque.

2. C'est un taux permettant de maintenir à un niveau stable l'inflation et un niveau de demande convenable sur le marché des emplois.

- La baisse de la demande d'investissement causée par l'émergence des nouvelles technologies.

En plus de ces aspects, la politique des banques centrales joue également un rôle. Une banque centrale se doit d'assurer la stabilité des prix notamment en lissant conjoncturellement le cycle économique, en fixant à court terme les taux d'intérêt. Pour contrôler les marchés et éviter une envolée des prix, ils doivent maintenir une inflation annuelle inférieure, mais proche de 2 % à moyen terme. Le marché nous montre que depuis 2013 l'inflation de la zone euro est pourtant inférieure à 1%.

Par habitude, la présence de taux bas sur le marché pousse les épargnants (particuliers et entreprises) à investir leur épargne du fait du faible rendement et de la possibilité d'emprunter avec des taux favorables afin de dynamiser le marché.

### 1.3.2 La place des taux dans les compagnies d'assurance

Au même titre que les institutions financières les assurances sont impactées par le niveau des taux. En particulier, dans le domaine de l'assurance vie où le rendement est directement lié aux marchés financiers du fait de leur activité, de l'importance de leur encours et de leur engagement sur le moyen et long terme.

Plus spécifiquement, le fonds en euros représente la partie dominante des contrats d'épargne en assurance vie et sont composés majoritairement d'obligations (74% en 2020 d'après les statistiques de l'European Insurance and Occupational Pensions Authority (EIOPA) [6] sur le marché français) qui sont peu coûteuses en termes d'exigence de capital, mais dépendantes des taux. En effet, plus les taux baissent plus le prix ( $P$ ) des obligations de nominal  $N$  montent du fait de l'actualisation avec les taux  $i$  des coupons payables ( $c_n$ ) aux maturités ( $t_n$ ) :

$$P = \sum_{n=1}^N \frac{c_n}{(1+i)^{t_n}} + \frac{c_N}{(1+i)^{t_N}} \cdot N$$

De plus, les fluctuations des taux ont leur importance dans le bilan en vision économique. D'une part, du côté de l'actif, une baisse des taux engendrerait une diminution des gains perçus par les investissements causée par la poche obligataire essentiellement. Les taux bas entraînent l'augmentation du prix des obligations qui rend le réinvestissement dans la poche obligataire plus difficile. En effet, l'assureur devra réinvestir dans des obligations coûteuses et donnant de faible rendement.

D'autre part, le passif sera également impacté. L'actualisation présente au sein des provisions Best Estimate va augmenter leur proportion. Plus largement, pour estimer les prestations que l'on va verser aux assurés dans le futur et la revalorisation de la participation aux bénéfices, il faut estimer le rendement espéré des actifs acquis grâce aux primes reçues. Au fur et à mesure que les maturités finales sont atteintes, le portefeuille projeté aura moins d'obligations achetées que lorsque les taux étaient plus élevés et une plus grande part d'actifs investis dans les conditions de taux bas, réduisant d'autant le résultat financier attendu. Ainsi, une baisse significative de la NAV sera observée.

Cependant, cet écart se ressent différemment suivant le gap de duration pouvant exister entre le passif et l'actif. Plus l'écart est important et positif <sup>1</sup>, plus l'impact des taux bas se fera ressentir et la valeur économique du portefeuille sera plus faible. Le réinvestissement obligataire n'est pas une chose simple en cas de taux bas, car deux cas de figure peuvent se présenter :

---

1. passif - actif

- Les assureurs peuvent être tentés d’investir dans des obligations de maturités plus longues afin de profiter de coupons plus élevés et de réduire le gap de duration actif passif. Néanmoins, en cas de remonté des taux, les obligations venant d’être acquises connaîtront un faible rendement et l’assureur peinera à dégager du capital rapidement.
- Les assureurs peuvent opter pour le choix inverse en investissant dans des obligations avec des maturités plus faibles afin de pouvoir réinvestir rapidement dans des obligations plus rémunératrices et moins couteuses dans le cas d’une hausse des taux. Néanmoins, ce choix viendra creuser encore plus l’écart de duration entre l’actif et le passif. Cet effet pénalisera l’assureur si les taux continuent de baisser.

Déjà primordiale, le rôle de l’ALM prend une place encore plus importante pour faire face à ce type de risque.

## 1.4 La révision de Solvabilité 2

Les autorités ont décidé, après la mise en place de Solvabilité 2, de collecter des informations issues de l’expérience acquise des acteurs de l’assurance et des régulateurs afin d’affiner et d’ajuster leur directive.

En plus de cela, le contexte économique dégradé est au cœur des préoccupations et doit être pris en compte dans les propositions d’amélioration de la réglementation. Dans cette optique, l’European Insurance and Occupational Pensions Authority (EIOPA) a proposé plusieurs propositions de révision à la Commission Européenne.

### 1.4.1 Propositions de l’EIOPA

Lancée en 2019 suite à une demande de la commission Européenne, l’EIOPA a publié trois préconisations couplées aux avis du marché européen pour la révision de Solvabilité 2. L’objectif de ces discussions était de capter les évolutions de l’environnement économique présent sur le marché, suite à la mise en place en 2016 de la directive Solvabilité 2. L’idée principale était de débattre autour des exigences quantitatives (1.1) afin de mesurer les effets sur la solvabilité des assureurs vis-à-vis des taux négatifs, du plan de relance de la Banque Centrale Européenne, d’une croissance faible et plus récemment de la pandémie liée à la Covid-19. Il est important de noter que l’approche réalisée par l’EIOPA est plus proche d’une mise à jour que d’un changement complet.

Pour réaliser ces trois revues, entre 2019 et 2020 (figure : 1.6), l’EIOPA s’est basée sur une analyse du marché européen avec notamment des collectes de données auprès des assureurs permettant d’ajuster les propositions tout en étant à l’écoute des professionnels de l’assurance et des régulateurs.

Les principaux points des modifications proposées par l’EIOPA et pouvant impacter la solvabilité des assureurs sont les suivants :

- Changer la méthode d’extrapolation des taux sans risque pour représenter le marché d’une meilleure manière, éviter une sous estimation des provisions mathématiques et diminuer la volatilité de la courbe des taux d’intérêt. Ces aspects s’inscrivent dans une volonté d’un management des risques plus efficace.
- Proposer une nouvelle formule pour le calcul des chocs des taux, plus adaptée à l’environnement financier actuel, avec la prise en compte des taux négatifs.
- Modifier la formule de calcul du Volatility Adjustment (VA) (ou ajustement pour volatilité) avec prise en compte des données propres à chaque pays et à chaque entreprise permettant

une meilleure représentation du portefeuille de l'assureur. La proposition permettra aussi de compenser les fluctuations des prix des actifs.

- Modifier la matrice des corrélations avec le coefficient spread / taux afin d'être en accord avec les données des marchés financiers.
- Mettre à jour les critères d'éligibilité en actions à long terme (LTEI) afin de faciliter les placements sur la durée.
- Établir un élargissement du Dampener pour le choc action afin d'optimiser l'efficacité de l'ajustement symétrique.
- Modifier la formule pour le calcul de la marge de risque pour tenir compte de la dépendance temporelle des risques et réduire ainsi la sensibilité de la marge aux variations des taux d'intérêt.

### 1.4.2 Premières décisions de la Commission Européenne

La Commission Européenne s'est réunie le 22 septembre 2021 afin de statuer sur les différents points énoncés par l'EIOPA. La majeure partie des propositions de l'EIOPA citées ont été acceptées avec quelques modifications pour certaines.

En particulier, la proposition sur la formule standard pour le choc de taux est modifiée en couplant une première partie proposée par l'EIOPA et une seconde utilisant la nouvelle méthode d'extrapolation pour la courbe des taux vers un Ultimate Forward Rate (UFR) choqué.<sup>1</sup>

Finalement, l'ensemble des mesures adoptées ou non devront encore être en discussion avec le Parlement et le Conseil Européen pour leur validation. Certaines de ces mesures sont donc peut-être sujettes à certaines modifications avant une parution définitive.

Après ces échanges, les points validés seront rédigés par la Commission Européenne avec des actes délégués.

Enfin, la mise en place de la révision est prévue en janvier 2025 (la date reste encore prévisionnelle). La mise en place des termes de la revue sera, dans certains cas, progressive afin de ne pas pénaliser de manière trop importante les assureurs. Une période de transition sera détaillée par la Commission Européenne, on retrouve, par exemple, un assouplissement des nouveaux chocs du sous-module de taux et de la méthode d'extrapolation de la courbe des taux.

---

1. Cette nouvelle méthode de choc de taux dans le cadre de Solvabilité 2 sera détaillée dans une prochaine partie



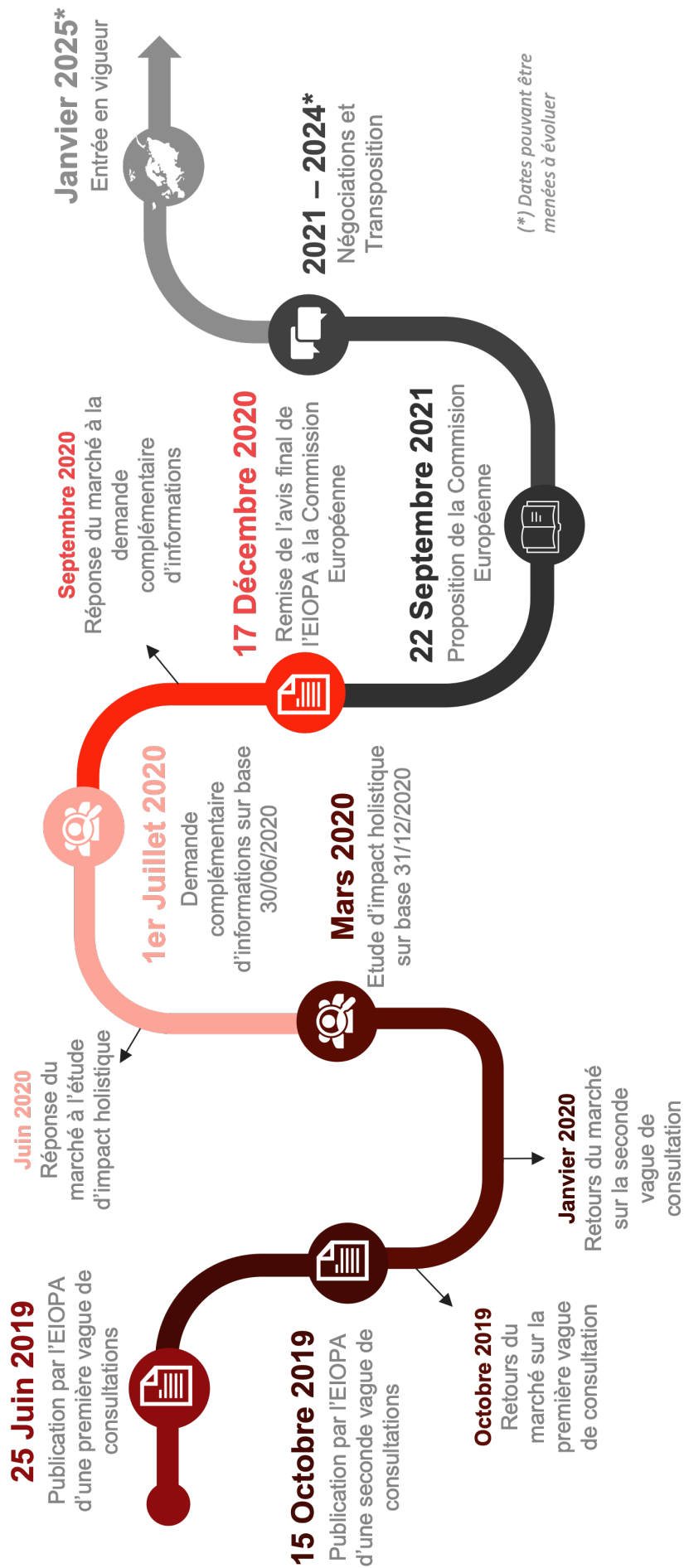


FIGURE 1.6 – Chronologie de la révision de Solvabilité 2

## Conclusion du chapitre

En assurance vie, l'épargne est soumise à certains risques propres aux métiers de l'assurance (inversion du cycle de production, probabilité de décès . . .) mais aussi aux risques financiers. De plus les activités d'assurance prennent une place très importante dans l'économie grâce à sa capacité de financement et d'investissement. C'est pourquoi, le monde assurantiel est soumis à de nombreuses réglementations afin d'assurer sa stabilité avec l'utilisation d'une bonne gestion des risques.

Cependant, le marché peut être fluctuant et la mise en place de Solvabilité 2 nécessite certaines adaptations. Les assureurs se doivent donc d'être vigilants face aux nouvelles directives ou évolutions réglementaires. Ils doivent analyser les variations proposées afin d'avoir une idée de l'impact de certaines mesures dans leur capacité à être solvable, dans la viabilité de leurs portefeuilles, leur future gestion, leurs prises de décisions . . .

Dans le cadre de ce mémoire portant sur la problématique des taux d'intérêts, il est possible de se demander **quels sont actuellement les évolutions méthodologiques autour de la courbe des taux** et surtout **comment mener des analyses d'impacts au sein d'une modélisation ALM ?**

---

## CHAPITRE 2

---

---

### LES ÉVOLUTIONS MÉTHODOLOGIQUES LIÉES À LA COURBE DES TAUX ET AU SOUS-MODULE DE TAUX

---

La courbe des taux a un rôle crucial sur le marché de l'assurance. En effet, elle est utilisée par les assureurs dans le cadre des calculs demandés par Solvabilité 2 pour actualiser les flux futurs, mais également pour déterminer la valeur de marché des actifs obligataires. De plus, cette courbe, sous Solvabilité 2 est aussi utilisée dans le calcul du SCR taux où différents chocs lui sont appliqués. Ainsi toutes évolutions méthodologiques ou réglementaires sur la méthode de construction impacteront la solvabilité de l'assureur de manière plus ou moins significative. L'objectif de ce mémoire sera donc d'étudier tous les potentiels changements que va connaître cette courbe tant au niveau de sa construction (taux de référence, utilisation d'une extrapolation) qu'au niveau de son utilisation (choc de taux, actualisation, bilan économique). Quelques axes de pilotage seront également proposés afin de limiter l'écart de méthode.

Le premier point d'attention portera sur l'obtention de la courbe des taux et la présence d'une extrapolation.

Actuellement, elle est construite sur la base des prix d'instruments financiers échangés sur les marchés, mais il n'existe pas de marché suffisamment profond, liquide et transparent (critère DLT) pour obtenir le niveau des taux de façon pertinente et stabilisée pour les maturités élevées. Le recours à des méthodes d'extrapolation des taux devient donc nécessaire afin d'obtenir les informations ne respectant pas, entre autre, ces critères.

## 2.1 Méthode actuelle d'obtention de la courbe des taux

Dans le cadre de Solvabilité 2, l'EIOPA publie chaque mois une courbe des taux sans risque propre et spécifique selon la zone euro et les pays sous l'autorité de Solvabilité 2. Certains états financiers majeurs comme par exemple les États-Unis, la Chine, le Royaume-Uni... sont également fournis.

L'EIOPA propose également une méthodologie bien précise pour le calcul de la courbe des taux afin de permettre aux acteurs de l'assurance de pouvoir la reproduire s'ils le souhaitent. Dans un but de transparence, ils expliquent également quels sont les critères à respecter avant de pouvoir calculer cette courbe.

### 2.1.1 Critères d'existence et de fiabilité

Certains points doivent être respectés afin d'assurer la fiabilité de la courbe des taux et le bon déroulement des activités d'assurance. L'article 77a de Solvabilité 2 [10] mentionne certaines informations :

- **Reproductibilité** : L'EIOPA souhaite que la courbe des taux d'intérêts puisse être recalculée par les acteurs de l'assurance grâce aux notes techniques qu'ils publient régulièrement. Cet aspect est surtout destiné aux entreprises ayant leur propre gestion des risques.
- **Market consistency** : Les informations du marché utilisées pour construire une courbe des taux doivent être cohérentes et refléter la réalité. Généralement, c'est le critère DLT (Deep, Liquid, Transparent) qui est utilisé.
- **Solvency 2 reporting** : La parution doit se faire régulièrement afin de pouvoir satisfaire les régulateurs sur les surveillances trimestrielles et annuelles. La périodicité choisie par l'EIOPA est mensuelle.
- **Stabilité** : L'EIOPA souhaite que la volatilité des engagements ne soit pas liée aux changements des taux d'intérêts. Ainsi, la variabilité de la courbe des taux ne doit pas être trop importante afin de ne pas générer des changements trop brutaux dans les fonds propres.

Le second point mentionné demande de respecter le critère DLT (en lien avec le Market consistency). Il vérifie qu'un nombre suffisant de transactions peut être réalisé facilement sans pour autant modifier les prix sur les marchés des instruments utilisés pour ces transactions. Chacun des trois points peut se décrire comme suit :

- **Deep** : la transaction s'effectue dans un volume élevé avec peu de différence entre le cours de l'acheteur et du vendeur (autrement dit, un volume important de transaction est nécessaire pour faire varier les prix).
- **Liquid** : le marché permet aux acheteurs/vendeurs d'effectuer leur transaction rapidement et efficacement.
- **Transparent** : les informations du marché sont connues de tous les acteurs présents et sont facilement accessibles.

Il n'existe pas de méthode à proprement parler pour identifier les instruments vérifiant cela. Nous pouvons, néanmoins, grâce à la propriété de reproductibilité, utiliser la documentation technique qui est souvent mis à jour où certaines propriétés vérifiant le critère DLT sont données [7].

Nous pouvons notamment mentionner :

- **Bid-ask spread** qui représente la différence de prix entre le tarif le plus élevé qu'un acheteur serait prêt à payer et le tarif le plus bas qu'un vendeur serait prêt à vendre. Ce critère est donc un bon indicateur pour mesurer l'offre et la demande. Autrement dit, il reflète la liquidité du produit ou d'un marché en question.
- **La fréquence d'échange**, plus cette fréquence est élevée plus le marché est liquide, car les échanges sont facilités.
- **Le volume échangé** qui permet d'identifier la profondeur et la liquidité du marché.
- **La cotation des négociants** peut refléter un critère de transparence.
- Le nombre de devis, le nombre de sources, l'évaluation des transactions et le nombre d'offres qui reflètent les trois critères.

### 2.1.2 Cadre des principaux instruments financiers

Afin d'aborder les notions liées à la construction de la courbe des taux avec la méthode utilisée par l'EIOPA, il est nécessaire de définir certains points (notation, définition...) qui prendront place dans la suite.

### 2.1.2.1 Instruments financiers utilisés

Tout d'abord, les principaux types de taux centraux qui pourront être rencontrés dans les prochaines étapes sont les suivants :

#### Taux zéro coupon

Avant de parler de notion de zéro coupon, les obligations doivent être mentionnées. Une obligation est un titre financier de dette d'une certaine maturité  $T$ . Une obligation donne le droit à des coupons notés  $c$  (versements s'effectuant sur une période avec un pas défini) basés sur un taux d'intérêt  $r$ . La dernière maturité se traduit par un remboursement du capital (ou nominal) noté  $CN$  et du dernier coupon. Mathématiquement, le prix d'une obligation se traduit comme suit :

$$P = \sum_{t=1}^{T-1} \frac{c}{(1+r)^t} + \frac{c \cdot N}{(1+r)^T} \quad (2.1)$$

Il est important de noter que certaines de ces variables ne sont pas forcément fixes, dans ce cas-là la formule est à adapter selon les caractéristiques de l'obligation choisie. Par exemple, les coupons peuvent être variables selon la maturité, les notations seront dans ce cas  $c_t$ .

Un taux zéro coupon est assimilable à une obligation sans flux intermédiaires, d'où sa dénomination.

Il sera le principal taux utilisé et sera noté  $z_{t,T}$ . L'unique flux sera payable à la date  $T$  suivant un taux d'intérêt  $r_{T-t}$  valable pour la période de  $t$  à  $T$ , et s'obtient comme suit :

$$z_{t,T} = \frac{1}{(1+r_{T-t})^{T-t}} \quad (2.2)$$

C'est ce type de taux qui servira dans le cadre de l'actualisation des flux.

#### Taux forward

Un taux forward noté  $f_{T_1, T_2}$  est un taux d'intérêt portant sur une période future. Il permet de fixer les conditions de taux sur une opération évaluée en  $t$ , débutant à la date  $T_1$  de maturité  $T_2$ . Globalement, il désigne le prix à payer en  $T_1$  pour recevoir un euro à la date  $T_2$  (dans ce cas précis le terme de zéro coupon forward est utilisé). Il est possible de montrer que le taux forward s'obtient comme suit :

$$z_{t, T_1, T_2} = \frac{z_{t, T_2}}{z_{t, T_1}} = \frac{(1+r_{T_1-t})^{T_1-t}}{(1+r_{T_2-t})^{T_2-t}} \quad (2.3)$$

où  $z_{t, T_1, T_2} = \frac{1}{(1+f_{t, T_1, T_2})^{(T_2-T_1)}}$  avec  $f_{t, T_1, T_2}$  le taux forward de maturité  $T_2$  débutant en  $T_1$  et évalué en  $t$ .

À partir de ces formules et avec des notations simplifiées, il est possible de déduire le lien de passage entre les taux zéro coupon et les taux forward :

$$(1+r_{T_2})^{T_2-t} = (1+f_{T_1, T_2})^{T_2-T_1} \times (1+r_{T_1})^{T_1-t} \quad (2.4)$$

Cette formule aura une place primordiale dans la construction de la courbe des taux, car elle permet de passer des taux spot au taux forward de manière très simple.

Il est important de souligner que les notations utilisées jusqu'à présent sont en notations actuarielles, les notations continues peuvent aussi être considérées, mais ne seront pas utilisées dans ce mémoire.

Il est donc aussi possible de lier les taux forward au taux zéro coupon de maturité  $T_1$  et  $T_2$  :

$$f(t, T_1, T_2) = \frac{z_{t, T_2}(T_2 - t) - z_{t, T_1}(T_1 - t)}{T_2 - T_1} \quad (2.5)$$

## Taux Swap

Un taux swap est un contrat bilatéral où les deux parties se mettent d'accord pour échanger des flux d'intérêt (généralement du fixe contre du variable). Les deux parties s'engagent donc périodiquement à se verser des flux.

Le marché des swaps est l'un des plus importants au monde (en particulier avec les swaps standards contre les taux IBOR <sup>1</sup>)

### 2.1.2.2 Les taux de références et ajustements pour risque de crédit

Les instruments financiers mentionnés précédemment et privilégiés par l'EIOPA pour calculer la courbe des taux sont basés sur le taux swap contre l'EURIBOR 6 mois pour la devise euro. Actuellement, l'EIOPA utilise le taux swap EONIA qui est un taux de référence des dépôts interbancaires pratiqués au jour le jour dans la zone euro. Il est calculé à partir de la moyenne des taux traités sur le marché monétaire interbancaire de l'euro pour les dépôts/prêts sur la base d'un panel de banques majeures. L'EURIBOR, quant à lui, représente le taux moyen pratiqué par les banques européennes pour le prêt d'argent.

À noter que ces instruments financiers sont ajustés pour risque de crédit afin de le supprimer (sans risque de défaut). Cet ajustement fait référence à l'article 44(1) du règlement délégué de Solvabilité 2. L'ajustement pour risque de crédit est déterminé de manière transparente, prudente et fiable sur la base d'une différence entre le risque de crédit présent dans le taux variable des swaps et les taux swap indexés au jour le jour. Le calcul de l'ajustement est réalisé seulement quand les taux sont disponibles dans un marché respectant le critère DLT. Finalement, l'obtention du Credit Risk Adjustment (CRA) se fait en moyennant 50% de ces différences sur une période d'une année. Cet ajustement doit être compris entre 10 et 35 points de base. Entre décembre 2016 et décembre 2020 le CRA se situe à 10 points de base.

### 2.1.3 Principe de construction d'une courbe des taux

Suivant les devises et afin de respecter les critères évoqués au-dessus, l'EIOPA a fixé des maturités fiables pouvant être utilisées dans la construction de la courbe des taux. A ces maturités-là les taux sont considérés comme étant profonds, liquides et transparents.

Dans le cas de la devise euro, il s'agit des maturités 1 à 10 ans, 12 ans, 15 ans et 20 ans. Entre ces maturités, les taux sont obtenus par interpolation.

Au-delà de 20 ans, le marché n'est plus considéré comme fiable. Les taux sont donc obtenus à partir des taux connus des maturités citées ci-dessus. C'est donc à partir de cette maturité que le besoin d'extrapolation est nécessaire.

Afin de poser le cadre de l'extrapolation, certaines données nécessaires aux inputs des calculs doivent être décrites. Il s'agit de l' Ultimate Forward Rate (UFR), du Last Liquid Point (LLP) et du point de convergence.

---

1. Un point d'attention sur les IBOR sera détaillé dans une prochaine partie (2.5)

- Le LLP correspond au dernier point liquide du marché, il est déterminé suivant les critères du DLT. La méthode est décrite dans le Récital 21 de la régulation déléguée. Pour la devise euro, le LLP se situe à 20 ans, comme indiqué au dessus.
- L'UFR représente le taux à terme des taux forward, il a été fixé dans le but de pouvoir calibrer la construction de la courbe des taux. L'UFR est calculé de sorte à être en accord avec la méthodologie annuelle de base.

$$UFR_t^L = \begin{cases} UFR_{t-1}^L + 15bps & \text{si } UFR_t \geq UFR_{t-1}^L + 15bps \\ UFR_{t-1}^L - 15bps & \text{si } UFR_t \leq UFR_{t-1}^L - 15bps \\ UFR_{t-1}^L & \text{sinon} \end{cases} \quad (2.6)$$

avec,

$UFR_{t-i}^L$  correspond à l'UFR de l'année t-i après la limitation de la charge annuelle.

$UFR_t$  correspond à l'UFR de l'année t avant la limitation de la charge annuelle.

Ensuite, Pour chaque devise, l'UFR avant limitation de la variation annuelle est la somme d'un taux réel attendu et d'un taux d'inflation attendu. Le taux réel attendu est le même pour chaque devise tout comme le taux d'inflation attendu.

Le taux réel attendu est la moyenne des taux réels depuis 1961 jusqu'à la date de regard notée t.

$$R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_{1960+i} \quad (2.7)$$

avec

$R$  est le taux réel attendu

$n$  est le nombre d'année depuis 1960

$r_i$  est le taux annuel réel pour l'année 1960+i

Enfin, le taux annuel réel est calculé sur la base des taux nominaux <sup>1</sup> à court terme et des taux d'inflations <sup>2</sup> :

$$\text{Taux réel} = \frac{\text{taux nominal à court terme} - \text{taux inflation}}{1 + \text{taux inflation}} \quad (2.8)$$

A titre d'exemple, en 2016 l'UFR se situe à 4.2% et à 3.75% en 2020.

- Le point de convergence est placé comme étant le maximum entre 60 ans et  $LLP + 40$  ans. Dans le cadre de la devise euro, la période nécessaire pour atteindre ce point de convergence se situe donc entre 20 et 60 ans.

La période de convergence est contrôlée avec une vitesse de convergence prédéfinie ayant pour plancher 5%.

L'ensemble des informations citées se retrouve dans le graphique suivant :

---

1. Les taux nominaux à court terme sont tirés de la base de données macroéconomiques annuelle de la Commission européenne - AMECO [3]

2. Les taux d'inflations sont tirés de l'OECD [20]

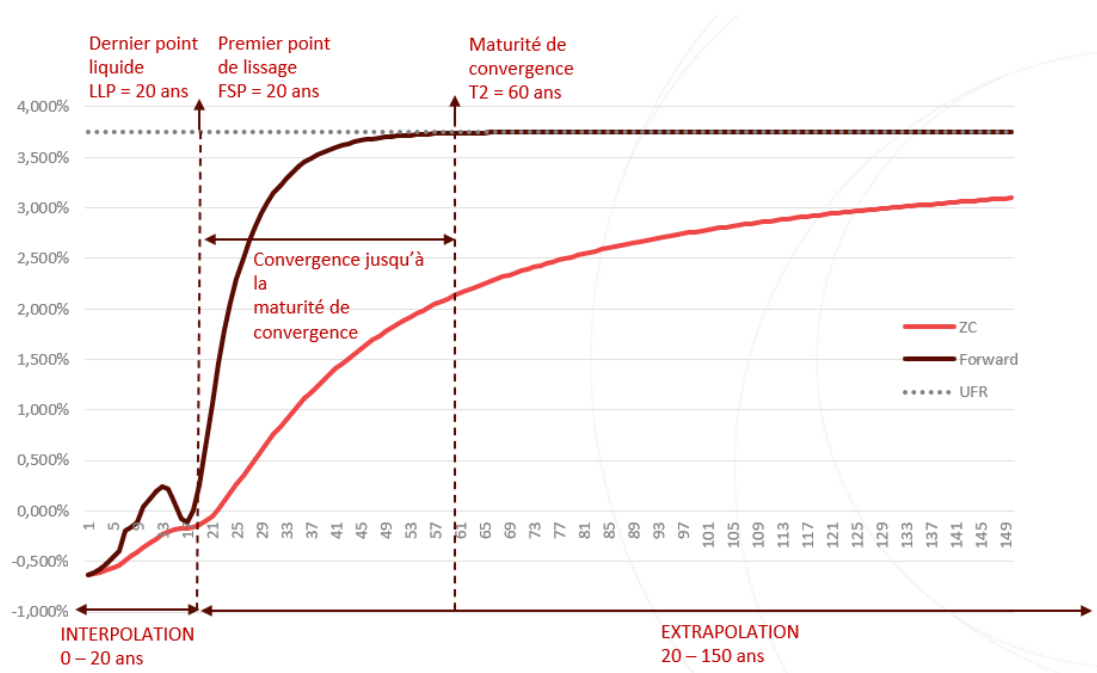


FIGURE 2.1 – Récapitulatif des inputs pour l'extrapolation de la courbe des taux au 31/12/2020

## 2.1.4 Correction pour volatilité

Dans le cadre des longues maturités, le marché des prêts interbancaires peut avoir tendance à se contracter du fait de la diminution des échanges (en termes de volume et de fréquence). À ces mêmes maturités, les taux ont tendance à augmenter à cause de la hausse du risque de liquidité. Ces effets viennent, par le principe de l'actualisation, réduire la valeur de marché des portefeuilles obligataires. Or, cette baisse de valeur n'est pas en lien avec la gestion effectuée sur ce type de produit qui est détenu jusqu'à la maturité de manière à couvrir les engagements de l'assureur envers ces assurés. L'assureur n'a donc pas à vocation de réaliser des actions de vente et d'achat sur les obligations afin d'en tirer des bénéfices.

Pour répondre à cela, l'EIOPA propose d'utiliser un ajustement pour volatilité ou VA directement appliqué à la courbe des taux sans risques. Ainsi, il ajuste la partie liquide de la courbe des taux sans risque utilisée lors du calcul des BE.

Le VA est calculé à partir des spreads moyens de deux portefeuilles de référence (devise et pays). Pour chaque monnaie, l'EIOPA fournit la courbe des taux sans risque ainsi qu'une courbe des taux prenant en compte la correction pour volatilité. Pour chaque monnaie, cette correction est fonction de l'écart entre le taux d'intérêt qu'il serait possible de tirer des actifs inclus dans un portefeuille de référence (dans cette monnaie) et les taux de la courbe des taux d'intérêt sans risque pertinente correspondante (dans cette monnaie).

Le VA a plusieurs objectifs :

- Considérer l'illiquidité des passifs pour améliorer l'estimation des provisions techniques.
- Contrer les mouvements de spreads afin de limiter leur impact sur le bilan des assureurs. Par exemple, le VA va diminuer lorsque le niveau des spreads augmente empêchant ainsi la diminution trop importante de la valeur de marché des actifs. Cet effet aura pour but de ne pas trop affecter la NAV.
- Limiter les investissements procycliques sur les marchés financiers. La hausse des spreads



entraîne une perte de point en termes de ratio de solvabilité pour un assureur. Les assureurs doivent vendre une part de leur actif ce qui a tendance à augmenter encore plus les spreads. Le VA permet de gommer la perte subit par la hausse des spreads.

### 2.1.5 Méthode d'extrapolation de Smith Wilson

Sur le marché européen, la méthode d'extrapolation adoptée par la directive est celle de Smith Wilson. Cette manière d'extrapoler couple l'interpolation et l'extrapolation macroéconomique de la courbe des taux. En effet, l'aspect macroéconomique est apporté avec l'Ultimate Forward Rate (UFR) qui est placé comme une donnée à part entière du modèle de Smith Wilson.

Dans cette méthode, il faut utiliser une fonction de prix afin de pouvoir reconstruire les prix des zéro coupon jusqu'à la maturité souhaitée, généralement 150 ans.

Pour réaliser cette méthode, il faut avoir à disposition des instruments financiers correctement évalués, c'est-à-dire, il faut connaître leur prix, les dates de paiement des coupons, les versements, la maturité . . . Habituellement, ces instruments financiers sont représentés par des swaps de taux ou des obligations zéro coupon par exemple.

#### Notations

La méthode de Smith Wilson demande de poser un certain cadre de notation :

$N$  : le nombre d'instruments financiers

$u_j$  : les dates de payement pour  $j$  dates données

$m_i$  : la valeur de marché d'un instrument  $i$

$c_{i,j}$  : le versement effectué pour l'instrument financier  $i$  à la date  $u_j$

$P(t)$  : le prix du zéro coupon au temps  $t$

#### Étapes de calculs

La valeur de marché de l'instrument  $m_i$  sera obtenue comme suit :

$$m_i = \sum_{j=1}^J c_{i,j} P(u_j) \quad (2.9)$$

Dans cette équation,  $m_i$  et  $c_{i,j}$  sont déjà connus, la clé sera d'obtenir la valeur de  $P(u_j)$ . Pour ce faire, la fonction de prix en  $t$  est définie comme la somme du terme prenant en compte les conditions asymptotiques de l'UFR grâce à  $\exp(-UFR \times t)$  et une combinaison linéaire de  $N$  noyaux donnée par la fonction notée  $K_i(t)$ .

$$P(t) = e^{-UFR \times t} + \sum_{i=1}^N \lambda_i \times K_i(t) \quad (2.10)$$

Avec

$\lambda_i$  : les paramètres à ajuster

$N$  : le nombre d'instruments financiers observés

De plus, les noyaux mentionnés sont donnés par la fonction de Smith Wilson de sorte que :

$$K_i(t) = \sum_{j=1}^J c_{i,j} W(t, u_j) \quad (2.11)$$

avec,

$$W(t, u_j) = e^{-UFR \times (t+u_j)} \cdot \left( \alpha \cdot \min(t, u_j) - 0.5 \cdot e^{-\alpha \cdot \max(t, u_j)} \cdot (e^{\alpha \cdot \min(t, u_j)} - e^{-\alpha \min(t, u_j)}) \right) \quad (2.12)$$

où,

$\alpha$  : mesure la vitesse de convergence vers l'UFR

Finalement, en injectant [2.11] et [2.10] dans le système d'équation à résoudre [2.9], le problème de résolution devient :

$$m_i = \sum_{j=1}^J c_{i,j} \cdot \left( e^{-UFR \times u_j} + \sum_{i=1}^N \lambda_i \cdot \sum_{k=1}^J c_{i,k} W(u_k, u_j) \right) \quad (2.13)$$

Pour faciliter la résolution, le passage en écriture matricielle s'impose :

$$m = C \cdot P = C \cdot \mu + (C \cdot W \cdot C^t) \cdot \lambda \quad (2.14)$$

Avec,

$$m = \begin{pmatrix} m_1 \\ \vdots \\ m_N \end{pmatrix}; P = \begin{pmatrix} p(u_1) \\ \vdots \\ p(u_J) \end{pmatrix}; \lambda = \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \vdots \\ \lambda_N \end{pmatrix}; \mu = \begin{pmatrix} e^{-UFR \times u_1} \\ \vdots \\ e^{-UFR \times u_J} \end{pmatrix}$$

$$C = (c_{i,j})_{0 \leq i \leq N, 0 \leq j \leq J}$$

$$W = (w_{i,j})_{0 \leq i \leq J, 0 \leq j \leq J}$$

Les paramètres d'ajustements s'obtiennent donc en inversant le système matricielle :

$$\lambda = (C \cdot W \cdot C^t)^{-1} \cdot (m - C \cdot \mu)$$

Une fois les  $\lambda_i$  obtenus il suffit de les utiliser dans la formule du prix général (2.10) pour obtenir les prix souhaités.

Ensuite, pour chaque maturité  $t$  et prix  $P(t)$  nous pouvons obtenir le taux associé de manière habituelle :

$$ZC_t = \left( \frac{1}{P(t)} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \quad (2.15)$$

L'ensemble des taux zéro-coupon  $ZC_t$ , obtenu pour chaque maturité  $t$ , permet de construire la courbe des taux souhaitée.

## Obtention de la courbe sur des données réelles

En utilisant cette méthode de calcul, l'obtention de la courbe est réalisable. Il est possible d'obtenir au 31/12/2020 la courbe extrapolée suivant la méthode de Smith Wilson avec une erreur de 0,0003% en la comparant avec celle donnée directement par l'EIOPA.

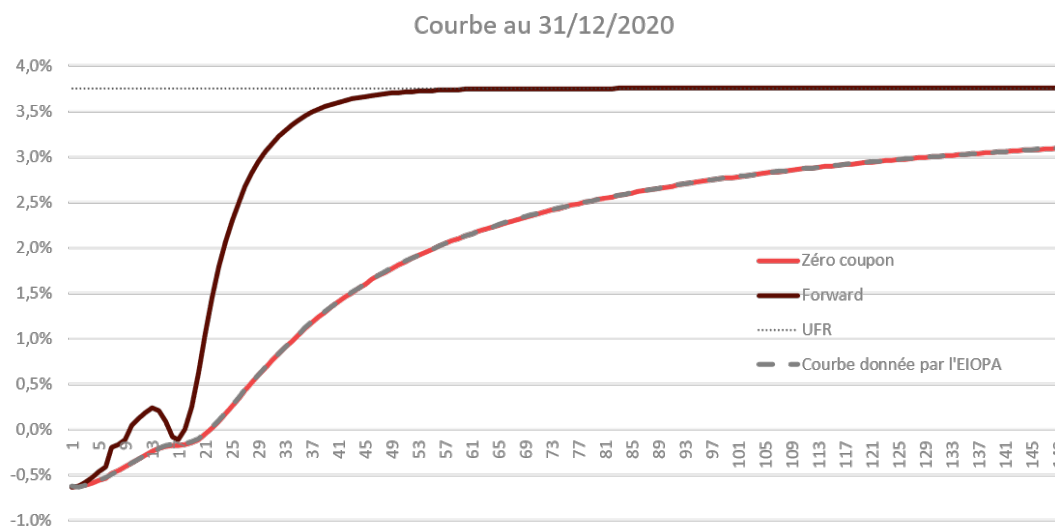


FIGURE 2.2 – Reconstruction de la méthode de Smith Wilson au 31/12/2020

## Critiques du modèle

Pour vérifier qu'une extrapolation se déroule dans les meilleures conditions, il existe certains critères pouvant être pris comme hypothèses [22].

De manière non exhaustive, il faut s'assurer :

- d'avoir des données de marché fiables pouvant être mises en place rapidement,
- de pouvoir générer des taux forward non négatifs,
- de pouvoir générer des taux forward stables (un impact faible sur le marché devra se faire ressentir par une faible variation des taux forward et inversement)
- ...

Tous ces critères ne sont plus forcément respectés notamment à cause de l'environnement financier défavorable. Les taux sont négatifs et le restent durant de longues périodes comme au 31/12/2020 où au bout de 20 années (LLP) un taux de -0,102% est observé.

De plus, la fonction de Smith Wilson fait appel à des inputs qui dépendent de l'utilisateur comme le paramètre de vitesse  $\alpha$ . De ce fait, avant l'implémentation, il faut se poser la question des paramètres choisis afin de réaliser une extrapolation, l'EIOPA propose une vitesse de convergence souvent fixée à 5% (le plancher) qui sera ajustée si besoin.

Il est souvent possible d'avoir des données disponibles sur le marché liquide avec de fortes disparités. Ce phénomène est observé le plus souvent pour les maturités 15 et 20 ans. Dans un environnement de taux négatifs sur les premières maturités, il est possible d'avoir un taux négatif pour 15 ans et positif pour 20 ans ce qui augmente la vitesse de convergence vers l'UFR et surestime les taux lors de l'extrapolation.

Tous ces points montrent que la méthode de Smith Wilson a tendance à surestimer les taux entraînant une mauvaise gestion des risques avec la sous-évaluation des provisions techniques.

## 2.2 Méthode d'extrapolation alternative proposée par la révision 2020 de Solvabilité 2

Dans la dernière version de sa revue, l'EIOPA propose une modification de la méthode d'extrapolation dans le but de gommer les potentielles variations pouvant être causées par la méthode de Smith Wilson. Elle a pour but d'estimer de façon réaliste la valeur temps de l'argent de manière consistante avec une application en adéquation avec une bonne maîtrise des risques qui limite les aspects procycliques.

Comme vu précédemment, dans un contexte où les taux sont bas ou négatifs, la méthode d'extrapolation de Smith Wilson sous estime le passif des assureurs en appliquant des taux sensiblement plus élevés que les taux swaps entre les maturités 20 et 50 ans à cause de la forte sensibilité des maturités 15 et 20 ans. Ainsi, la méthode actuelle n'est pas toujours la meilleure en termes de gestion des risques.

Après avoir proposé deux méthodes vouées à décaler le LLP à 30 ou 50 ans, l'EIOPA préconise de remplacer la méthode de Smith Wilson par une méthode d'extrapolation "alternative" basée sur une fonction analytique plutôt qu'un système d'optimisation. L'EIOPA fournit une fonction analytique qui donne, pour une maturité et des paramètres de marché fixés, le taux forward associé. La méthode d'extrapolation alternative se découpe en plusieurs grandes étapes [7]. Les résultats obtenus avec cette nouvelle méthode sont liés au First Smoothing Point (FSP), nouvelle variable mesurant la liquidité présente, le niveau de l'UFR et la vitesse de convergence.

### 2.2.1 Construction de la courbe des taux alternative

La suite présentera les étapes successives de cette nouvelle méthode. Tout d'abord, la méthode d'extrapolation proposée ne fait plus appel au LLP comme limite de taux liquide et opte pour une vision inverse en regardant le premier point qu'elle devra extrapoler.

#### FSP

Le First Smoothing Point (FSP) correspond au premier point à partir duquel l'extrapolation débutera. Le FSP est déterminé à partir des informations du marché. De manière générale, il est déterminé à partir du critère du volume résiduel obligatoire, on obtient 22 ans pour l'euro. Cependant, si cette valeur n'est pas une maturité DLT, le FSP est rapporté à la maturité DLT la plus proche. Dans la devise euro, le FSP est placé à 20 ans, c'est-à-dire à la même maturité que le Last Liquid Point (LLP) de la méthode de Smith Wilson.

#### Notations

Comme pour Smith Wilson la mise en place de certaines notations sont nécessaires pour la suite :

$z_t$  : les taux zéro coupon à la date  $t$

$r_t$  : les taux swap à la date  $t$

$f_{t_i;t_j}$  : les taux forward entre les maturités  $t_i$  et  $t_j$

#### Etapes d'obtention des zéro coupon

La première étape nécessite d'utiliser un bootstrap sur les taux swap.

Pour  $t = 1$ , le taux zéro coupon correspond au taux swap de même maturité, c'est-à-dire  $z_1 = r_1$ . Ensuite, pour les maturités se trouvant après 2 ans, la formule de bootstrap est appliquée pour obtenir les taux zéro coupon

$$z_n = \left( \frac{1 + r_n}{1 - r_n \times \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{1+z_i}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \quad (2.16)$$

L'obtention des taux forward se fait par l'inversion de la formule liant taux spot (ou zéro coupon) et taux forward (déjà mentionnée précédemment (2.1.2.1)) :

$$(1 + z_{n+1})^{n+1} = (1 + z_n)^n \times (1 + f_{n,n+1}) \quad (2.17)$$

Avant la maturité 20 ans, les maturités non DLT (11, 13 et 14 ans) sont interpolées linéairement. De 16 à 19 ans, la méthode d'interpolation diffère, elle consiste à rendre constant les taux forward en faisant l'hypothèse que :

$$f_{15,16} = f_{16,17} = \dots = f_{19,20} = f_{15,20}$$

Cette hypothèse permet de trouver les zéros coupons manquants en obtenant :

$$\begin{aligned} (1 + z_{16})^{16} &= (1 + z_{15})^{15} \times (1 + f_{15,16}) \\ &= (1 + z_{15})^{15} \times (1 + f_{15,20}) \\ (1 + z_{17})^{17} &= (1 + z_{16})^{16} \times (1 + f_{16,17}) \\ &= (1 + z_{15})^{15} \times (1 + f_{15,16}) \times (1 + f_{16,17}) \\ &= (1 + z_{15})^{15} \times (1 + f_{15,20})^2 \\ &\vdots \\ (1 + z_{20})^{20} &= (1 + z_{19})^{19} \times (1 + f_{19,20}) \\ &= (1 + z_{15})^{15} \times (1 + f_{15,16}) \times \dots \times (1 + f_{19,20}) \\ &= (1 + z_{15})^{15} \times (1 + f_{15,20})^5 \end{aligned}$$

A cette étape l'ensemble des taux spot et forward de maturité maximale 20 ans sont connus. Dans la nouvelle méthode d'extrapolation, nous avons besoin de 4 taux forward supplémentaires associés aux maturités des taux swap disponibles pour la devise concernée (dans le cadre de l'euro, il s'agit des maturités 25 - 30 - 40 - 50 ans).

En utilisant la même formule que précédemment, il est possible d'obtenir les taux forward qui seront nécessaires pour le calcul du Last Liquid Forward Rate (LLFR) :  $f_{15,20}$  (déjà calculé),  $f_{20,25}$ ,  $f_{20,30}$ ,  $f_{20,40}$  et  $f_{20,50}$ . Le LLFR s'obtient en pondérant les taux forward mentionnés :

$$LLFR = f_{15,20} \times w_{20} + f_{20,25} \times w_{25} + f_{20,30} \times w_{30} + f_{20,40} \times w_{40} + f_{20,50} \times w_{50} \quad (2.18)$$

où,

$w_i$  est un poids représentant l'évaluation de la liquidité du marché des swaps à la date  $i$

Les pondérations sont fournies par l'EIOPA annuellement.

avec par exemple,

$$w_{20} = \frac{V_{20}}{V_{20} + V_{25} + V_{30} + V_{40} + V_{50}} \quad (2.19)$$

où,

$V_i$  représente le montant notionnel moyen annuel négocié pour un point de maturité  $i$

Finalement, le nouveau paramètre (LLFR) a pour but de prendre en considération une plus grande partie des informations disponibles sur le marché. La prise en compte de ces données est lissée avec la pondération qui se veut plus forte pour les maturités avoisinant le FSP afin de limiter certains effets de bord.

L'EIOPA fournit la nouvelle méthode d'extrapolation par une formule permettant d'obtenir les taux forward jusqu'à la maturité 150 ans :

$$f_{FSP, FSP+h} = \ln(1 + UFR) + (LLFR - \ln(1 + UFR)) \times \frac{1 - e^{-a \times h}}{a \times h} \quad (2.20)$$

avec,

$h$  la maturité de regard

$a$  la vitesse de convergence souhaité fixé à 10%

On notera pour la suite  $B(a, h) = \frac{1 - e^{-a \times h}}{a \times h}$  la fonction de décroissance exponentielle responsable de la vitesse de convergence de la courbe.

Enfin, les taux zéros coupons souhaités s'obtiennent avec les taux forward dûment calculés :

$$z_{FSP+h} = \exp\left(\frac{FSP * z_{FSP} + h \times f_{FSP, FSP+h}}{FSP + h}\right) - 1 \quad (2.21)$$

### Particularité d'une courbe avec de la correction pour volatilité

Dans le cas des courbes de taux avec de la correction pour volatilité, la méthode est semblable à celle de Smith Wilson. Il y a tout de même un point de nuance, plutôt que d'extrapoler la structure de base des taux sans risque après avoir sommé la VA, la VA est ajoutée aux taux à terme. Ainsi, le VA est directement associé au taux forward :

$$f_{n, n+1}^{VA} = f_{n, n+1} + VA \quad (2.22)$$

Le LLFR est modifié en prenant le premier taux forward avec le VA et les autres sans :

$$LLFR^{VA} = f_{15, 20}^{VA} \times w_{20} + f_{20, 25} \times w_{25} + f_{20, 30} \times w_{30} + f_{20, 40} \times w_{40} + f_{20, 50} \times w_{50} \quad (2.23)$$

Ensuite, le reste de la méthode est semblable à celle sans VA.

### Obtention de la courbe sur des données réelles

Il est possible de recalculer la courbe des taux avec cette nouvelle méthode. Pour l'instant deux courbes de référence sont données par l'EIOPA contrairement à la méthode de Smith Wilson où chaque mois les courbes sont à disposition. Par conséquent, la courbe a été construite et comparée avec les données de marché au 31/12/2019 avec un UFR fixé à 3.9%.

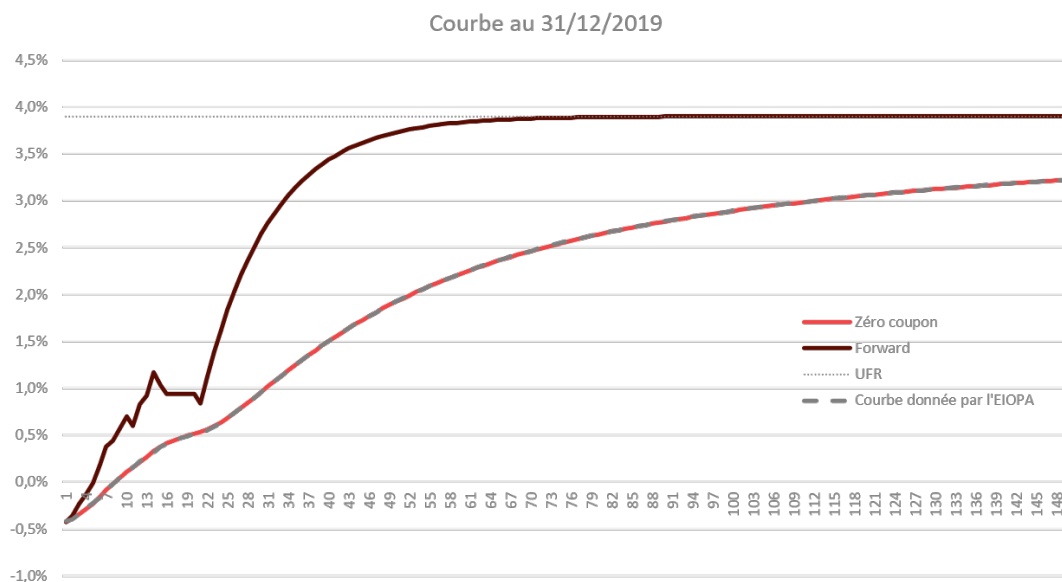


FIGURE 2.3 – *Reconstruction de la méthode Alternative au 31/12/2019*

Une nouvelle fois la courbe construite coïncide presque parfaitement avec celle donnée par l'EIOPA avec un écart moyen de 0,0007%.

## 2.3 Comparaison des deux méthodes d'extrapolation

Dans la suite de ce mémoire deux temporalités seront choisies l'une en 2016 lors de l'installation de Solvabilité 2, l'autre en 2020 lors de l'avis final de la revue de Solvabilité 2. Cet aspect sera développé dans une prochaine partie.

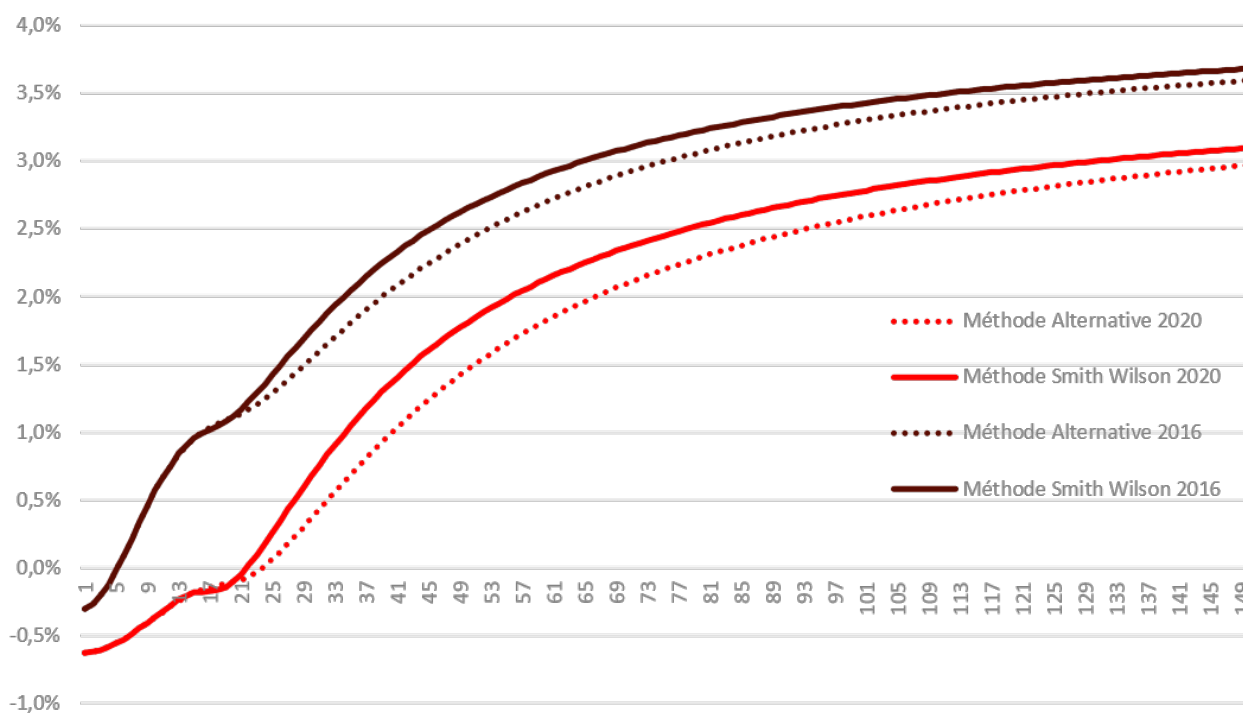


FIGURE 2.4 – Comparaison des deux méthodes d'extrapolation au 31 décembre 2016 et 2020

En superposant les deux méthodes d'extrapolation, il est possible de faire quelques premiers constats :

- De manière générale, la méthode d'extrapolation alternative a tendance à abaisser la courbe à partir de 20 ans. Cet effet coïncide avec la volonté de corriger la sous-estimation des provisions techniques et donc de la mauvaise gestion des risques qui en découle. En effet, les taux appliqués seront plus bas ce qui entrainera une actualisation plus faible.
- La nouvelle manière d'interpoler les taux entre les maturités 15 et 20 ans semble rehausser très légèrement les zéros coupons concernés.
- L'écart de méthode semble plus important quand les taux sont faibles. Par exemple, pour une maturité de 40 ans, l'écart est de 0.371 point en 2016 contre 0.248 point en 2020, pour la maturité finale l'écart obtenu est de 0.086 point en 2016 contre 0.128 point en 2020.

Dans la suite de ce chapitre, certaines manipulations seront appliquées afin d'observer les changements pouvant opérer avec l'utilisation des méthodes d'extrapolation. Pour répondre à cela, certains paramètres seront modifiés afin d'observer l'importance de leur rôle lors de la construction des courbes de taux. De plus, plusieurs temporalités, en plus des taux observés au 31/12/2016 et 31/12/2020, seront appliquées afin de suivre l'évolution des courbes de taux selon l'environnement économique en vigueur.



### 2.3.1 Chronologie des écarts

Afin de vérifier ces premières observations, des courbes sont construites suivant les deux méthodes (Smith Wilson et Alternative) débutant le 31/12/2014 jusqu'en mai 2021 lorsque les données du dernier jour du mois étaient disponibles.

Ensuite, pour chaque courbe construite, une différence a été calculée entre la courbe obtenue par la méthode de Smith Wilson et celle par la méthode d'extrapolation alternative pour chaque maturité disponible. Cet écart permet de cibler rapidement les maturités présentant de fortes disparités en gardant à l'esprit le niveau des taux existant à l'époque de regard.

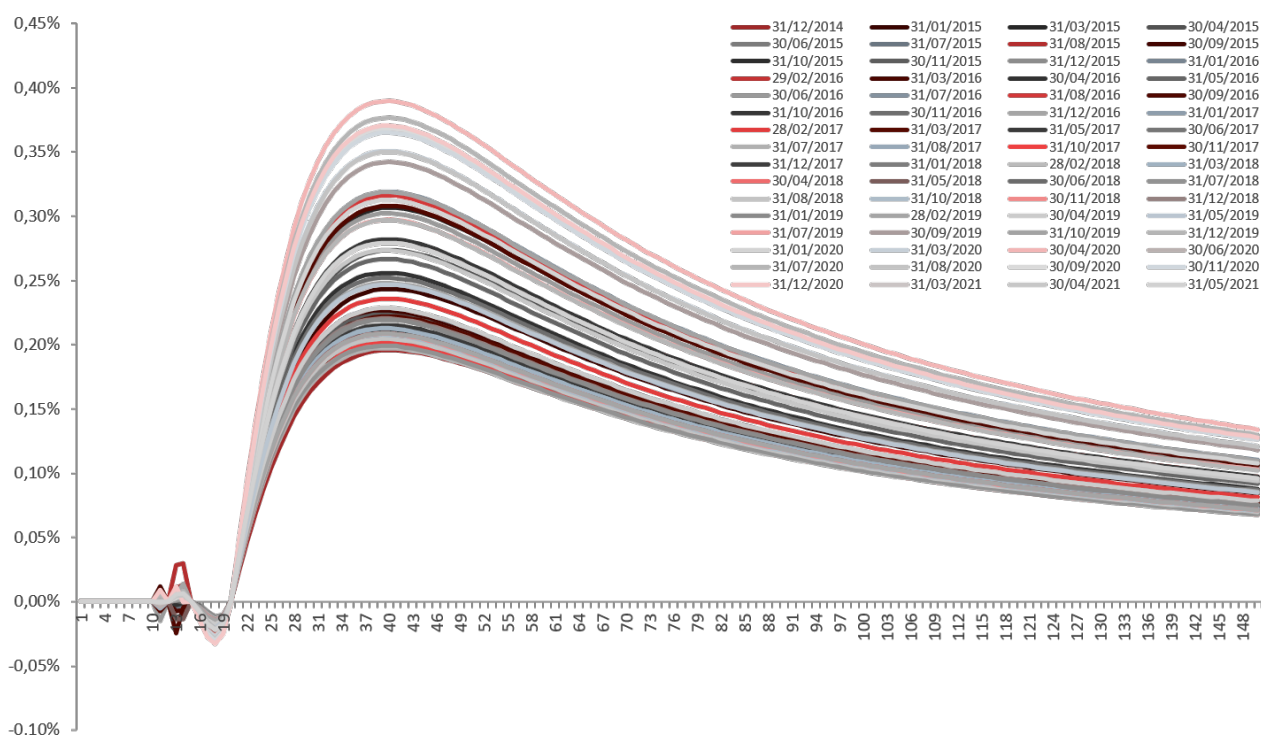


FIGURE 2.5 – Différence entre la méthode de Smith Wilson et la méthode alternative au cours des années 2014 à 2021

La chronique des écarts montre que le coût de méthode le plus important se trouve dans les maturités 20 à 60 ans et se résorbe jusqu'à la maturité finale. On retrouve la surestimation des taux par Smith Wilson qui est toujours plus élevée que la méthode alternative après 20 ans. L'écart maximal a lieu au bout de la 40<sup>ème</sup> année pour 70.3% de l'effectif pour une valeur de 0,390 point en avril 2020 et au bout de la 39<sup>ème</sup> pour 29.7% pour 0.196 point en décembre 2014. À l'inverse, la nouvelle version de l'interpolation élève les taux entre les maturités 15 et 20 ans et est variable aux autres maturités non considérées comme liquides avant 20 ans. Néanmoins, l'écart est minime avec moins de 0.04 point dans les deux cas de figure.

Ces variations semblent d'autant plus importantes lorsque les taux de marché sont bas (1.5). En se concentrant sur la période où les écarts semblent les plus élevés (périodes 30 à 50 ans), l'effet se confirme. <sup>1</sup>

1. La période 30 à 50 ans est également choisie, car les maturités restent convenables et non trop éloignées du LLP et du FSP

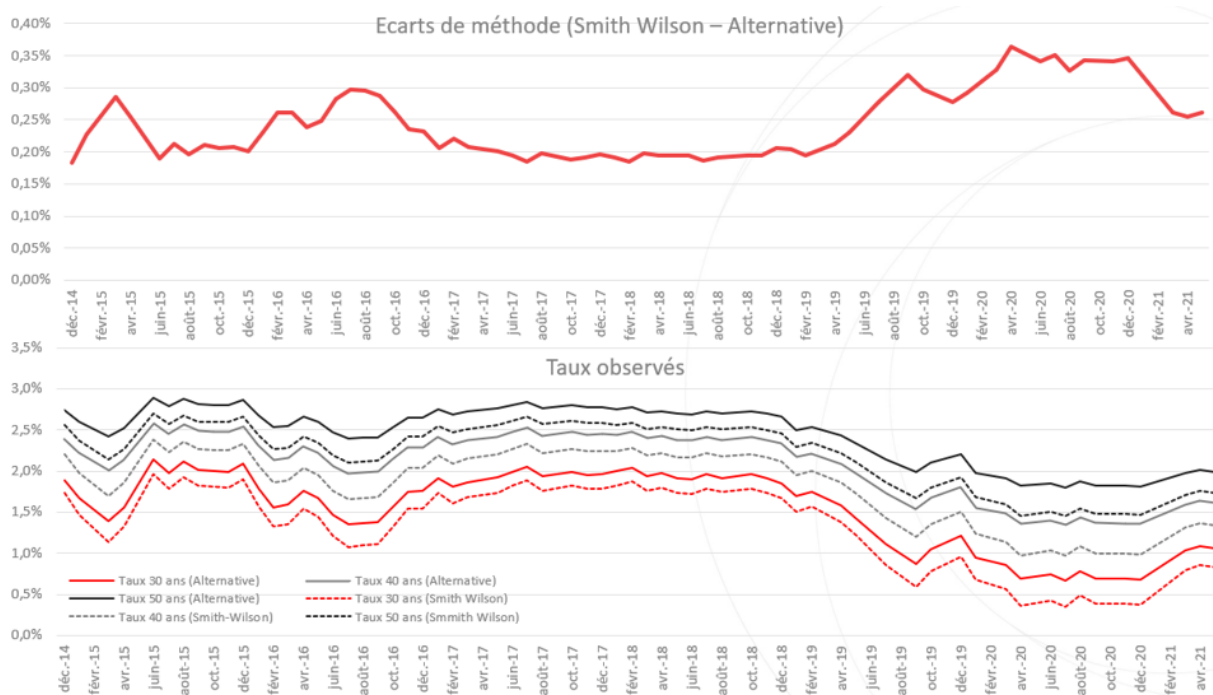


FIGURE 2.6 – Moyenne des écarts entre 30 et 50 ans et niveaux des taux aux maturités 30, 40 et 50

L'écart semble être inversement corrélé avec le niveau des taux de marché : plus les taux sont bas, plus l'écart se creuse, et inversement. En effet, en prenant la moyenne des taux et des écarts sur la période 30-50 ans, quand les taux sont au plus bas, durant l'année 2020 alors l'écart dépasse 0.3 point en moyenne.

Afin de capter différents paramètres pouvant influencer sur ces écarts de méthode, il peut être intéressant de réaliser certaines sensibilités sur les variables existantes dans les deux méthodes notamment avec l'UFR mais aussi de modifier certaines hypothèses choisies comme la vitesse de convergence de la nouvelle méthode.

### 2.3.2 L'influence de l'UFR dans la méthode d'extrapolation

Présent dans les deux méthodes d'extrapolation, l'UFR est l'une des variables d'influence, car il permet la convergence des taux forward vers sa valeur afin de stabiliser l'estimation des provisions, valeurs de marché... des assureurs d'une maturité à l'autre. Pour mesurer son influence sur les courbes zéro coupon, différents UFR vont être fixés de manière fictive avec des translations (de 15 points de base) à la hausse et à la baisse sur base du 31/12/2020. Ensuite, les deux méthodes d'extrapolation seront appliquées sur ces nouvelles hypothèses.

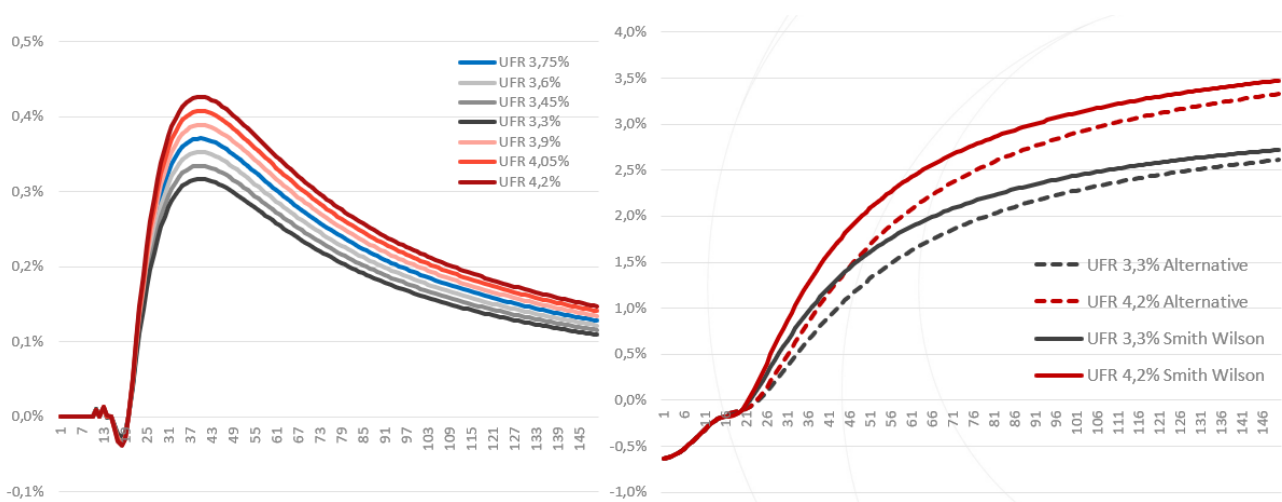


FIGURE 2.7 – Influence de l'UFR suivant les méthodes d'extrapolation

L'impact semble proportionnel au niveau de l'UFR en question, plus celui-ci est élevé plus l'écart de méthode est important. En effet, en se plaçant à la maturité où les disparités sont les plus importantes, en plaçant l'UFR à 4,20% l'écart de méthode est de 0,426 point contre 0,371 point dans le cas central et seulement 0,317 point quand l'UFR est de 3.60%.

De plus, l'impact de l'UFR est d'autant plus important avec la méthode de Smith Wilson, cet effet est causé en partie par l'exigence d'une période de convergence entre 20 et 60 ans. Par conséquent, à niveau de taux semblable, plus l'UFR est élevé plus la convergence vers celui-ci sera rapide durant la période de convergence.

Ainsi, la comparaison de la moyenne des taux sur une période de 40 ans (en choisissant les maturités allant de 20 à 60 ans qui représentent la période de convergence de Smith Wilson) des courbes obtenues avec la modification de l'UFR avec la courbe centrale donne :

	Extrapolation Smith Wilson		Extrapolation Alternative	
	Moyenne des taux	Écart avec le central	Moyenne des taux	Écart avec le central
UFR 3,30%	1,90%	-0,16%	1,77%	-0,12%
UFR 4,20%	2,22%	0,16%	2,02%	0,12%
Écart point	<b>0,33</b>		<b>0,25</b>	

TABLE 2.1 – Écart causé par l'utilisation d'UFR extrêmes

La première observation, qui se retrouve également dans le premier graphique (2.7), montre que la modification de l'UFR semble symétrique tant à la hausse qu'à la baisse, avec un effet plus important dans la méthode de Smith Wilson avec 0.16% d'écart pour une translation de 45bps.

En s'appuyant sur la comparaison des deux courbes zéro coupon "extrêmes", l'UFR semble avoir une nouvelle fois une plus grande influence dans la méthode de Smith Wilson avec un écart moyen de 0.33 point contre 0.25 point.

Cette différence peut en partie s'expliquer du fait de l'éloignement entre la maturité 20 ans et l'UFR. La maturité 20 ans est le dernier point liquide disponible dans le cas de Smith Wilson plus celui-ci est proche de l'UFR moins la convergence sera rapide et inversement. La méthode alternative intègre une nouvelle donnée le LLFR qui permet de réduire cette variation en pondérant et en prenant en compte certaine maturité après 20 ans. La valeur du LLFR n'est pas modifiée, mais la fonction de décroissance exponentielle est en partie "absorbée" par cette don-

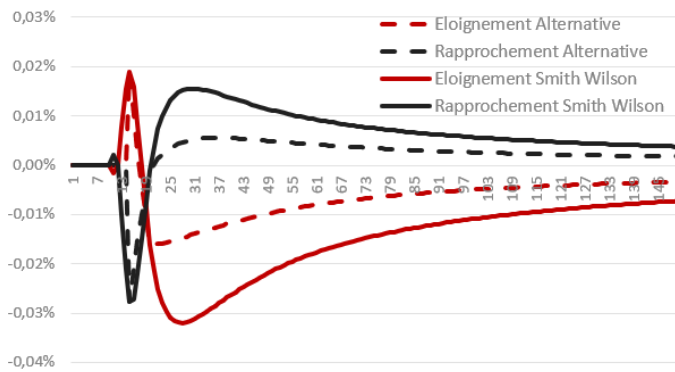
née.

Ce même effet d'éloignement est perçu entre les maturités 15 et 20 ans.

### 2.3.3 Impact des taux swap 15 et 20 ans

Un inconvénient souligné dans la méthode de Smith Wilson concerne la variation causée par les maturités 15 et 20 ans (dernières maturités considérées comme liquides dans ce modèle). Un des avantages de la méthode d'extrapolation alternative pour contrer ce problème réside dans la nouvelle variable du LLFR. La pondération effectuée lors de son calcul (2.2.1) vient gommer l'importance portée par les maturités 15 et 20 ans grâce à la prise en compte des taux présents aux maturités allant jusqu'à 50 ans.

En prenant la courbe du 31/12/2020, il est possible de modifier les taux swap initiaux pour les maturités 15 et 20 ans en les rapprochant ou les éloignant l'une de l'autre <sup>1</sup>. La modification des taux swap a été réalisée en forçant les taux présents à la maturité 15 ans à 16 ans et 20 ans à 19 ans dans le cadre du rapprochement (et les taux présents à la maturité 15 ans à 14 ans et 20 ans à 21 ans pour l'éloignement).



	Ecart des maturités 15 et 20 ans	Ecart avec le central	Ecart taux 40 ans Alternative	Ecart taux 40 ans Smith Wilson
Eloignement	0,115	0,035	-0,012	-0,026
Rapprochement	0,053	-0,027	0,005	0,014
Central	0,080			

TABLE 2.2 – Écart remarquable à la maturité 40 ans

FIGURE 2.8 – Écart causé par les maturités 15 et 20 ans

Dans les deux cas, la méthode de Smith Wilson semble beaucoup plus sensible au niveau des taux 15 et 20 ans. En effet, il y a un écart important entre les maturités 20 et 30 ans, d'autant plus quand la disparité est importante avec un écart de 0.026 point pour une variation initiale de 0.035 point pour la maturité 40 ans.

Dans les deux méthodes, plus les données 15 et 20 ans sont rapprochées moins l'écart avec les données initiales est important après extrapolation. En effet, proportionnellement à la variation dans le cadre de l'éloignement la variation en valeur absolue est de 10% pour la méthode alternative (contre 23% avec Smith Wilson).

Comme mentionné ci-dessus, ces écarts proviennent notamment de la nouvelle variable LLFR qui absorbe en partie les variations présentes dans ces maturités du fait de la pondération avec les autres maturités liquides. La convergence de la courbe des taux est donc modifiée et devient moins rapide.

1. Deux autres études ont été réalisées, l'une consistant à modifier seulement la maturité 15 ans afin de conserver le même éloignement de la maturité 20 ans avec l'UFR, l'autre consiste à prendre le même éloignement que dans cette partie avec un décalage de l'UFR permettant de conserver le même écart que le cas central.

### 2.3.4 Adaptation de la vitesse de convergence

Du fait de l'abaissement important de la courbe lorsque les taux sont bas et négatifs, l'EIOPA a laissé la possibilité aux assureurs d'opter pour un mécanisme transitoire afin de limiter le changement pouvant être trop brutal.

L'idée principale est de faire varier la vitesse de convergence dictée par le paramètre alpha  $\alpha$  dans la fonction de décroissance exponentielle (2.2.1). Il est possible de remarquer deux cas de figure pour une maturité  $h$  fixée :

$$B(\alpha, h) \xrightarrow{\alpha \rightarrow \infty} 0$$

et

$$B(\alpha, h) \xrightarrow{\alpha \rightarrow 0^+} 1$$

Autrement dit, plus la vitesse de convergence est grande moins la valeur d'alpha est importante.

#### 2.3.4.1 Influence du paramètre alpha

Pour mesurer cet effet, il est possible de tracer une grille qui en variable vient fixer le paramètre de la maturité  $h$  et en ligne prend différent niveau de vitesse de convergence allant de 0+% à 100%.

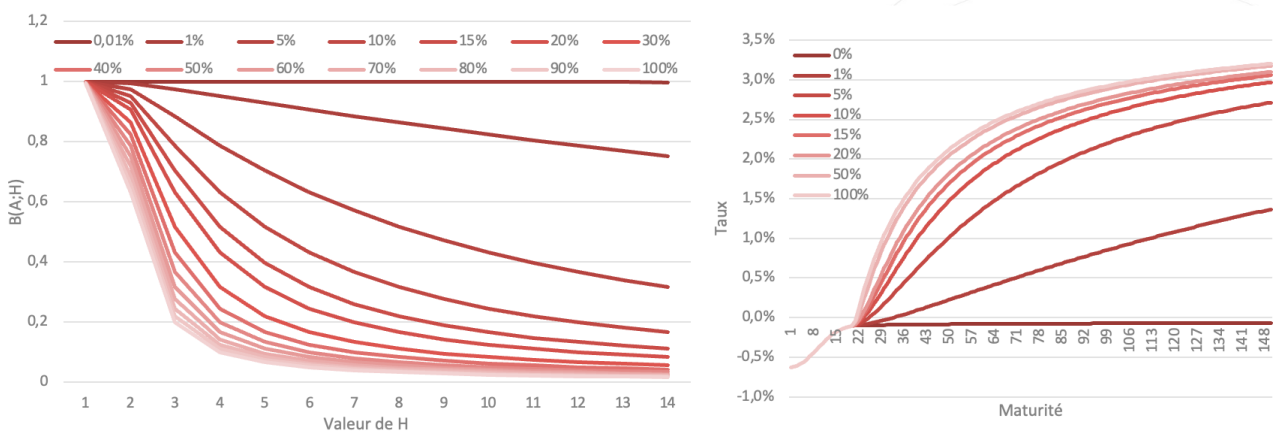


FIGURE 2.9 – Influence du paramètre de convergence alpha sur la fonction de décroissance exponentielle (gauche) et son impact sur la courbe zéro coupon (droite) au 31/12/2020

La vérification de la convergence est rapidement obtenue (2.3.4), si le paramètre alpha est placé à 100% la fonction  $B(a, h)$  est réduite de moitié au bout de 3 maturités alors qu'elle est quasiment stable pour une vitesse de 1%.

Au niveau de la courbe des taux zéro coupon, on retrouve l'influence directe de la fonction  $B(a, h)$ . En effet, les taux forward extrapolés convergeront plus rapidement vers l'UFR augmentant ainsi les taux zéro coupon. Ainsi pour des valeurs très élevées de la vitesse de convergence, la courbe extrapolée peut même dépasser celle de Smith Wilson.

Dans l'exemple ci-dessus, des valeurs théoriques du paramètre alpha ont été choisies afin d'observer plus aisément son influence. Les valeurs admissibles données par l'EIOPA se situent entre 10% et 20%. Dans cet intervalle, il est possible de remarquer que plus le paramètre de vitesse est proche de 20% moins une variation de ce paramètre aura d'importance. Cet effet est observable entre les vitesses de 10% à 15% et de 15% à 20%.

### 2.3.4.2 Mécanisme transitoire

C'est grâce à la sensibilité du paramètre de convergence alpha qu'un mécanisme transitoire est mis en place afin de limiter les effets trop soudain de ce changement de méthode d'extrapolation.

Il est proposé dans une période allant jusqu'en 2032 d'avoir à disposition un mécanisme transitoire suivant les valeurs que peut prendre la maturité liquide 20 ans. L'idée est de prendre :

- 10% si le taux observé à la vingtième maturité est supérieure à 0.5%
- X si le taux observé à la vingtième maturité est inférieure à -0.5%
- une vitesse interpolée linéairement entre 10% et X dans les autres cas

Sachant que X débute à 20% et est réduit progressivement de manière linéaire chaque année pour atteindre 10% en 2032. Ensuite, sauf éventuelle prolongation ou modification nécessaire pour faire face aux marchés, la vitesse de convergence sera fixée à 10%.

À titre d'exemple, en prenant la courbe du 31/12/2020, le taux sans risque 20 ans (FSP) après bootstrap est de l'ordre de -0,104%, par conséquent en prenant l'hypothèse que X est pour l'instant à 20%, la nouvelle vitesse de convergence s'obtient de la sorte :

$$\begin{aligned}\alpha_{transitoire} &= 10\% + (20\% - 10\%) \times \frac{FSP - (-0.5\%)}{0.5\% - (-0.5\%)} \\ &= 16,04\%\end{aligned}$$

Grâce à cette vitesse transitoire, la nouvelle méthode d'extrapolation peut être calculée comme lors des tests réalisés sur les différentes valeurs de vitesse de convergence. La vitesse transitoire permet de se rapprocher grandement de la courbe des taux extrapolés avec la méthode de Smith Wilson. Ce changement aura donc un impact bien plus faible sur les provisions techniques placées sur le long terme, sur la valeur des actifs ...

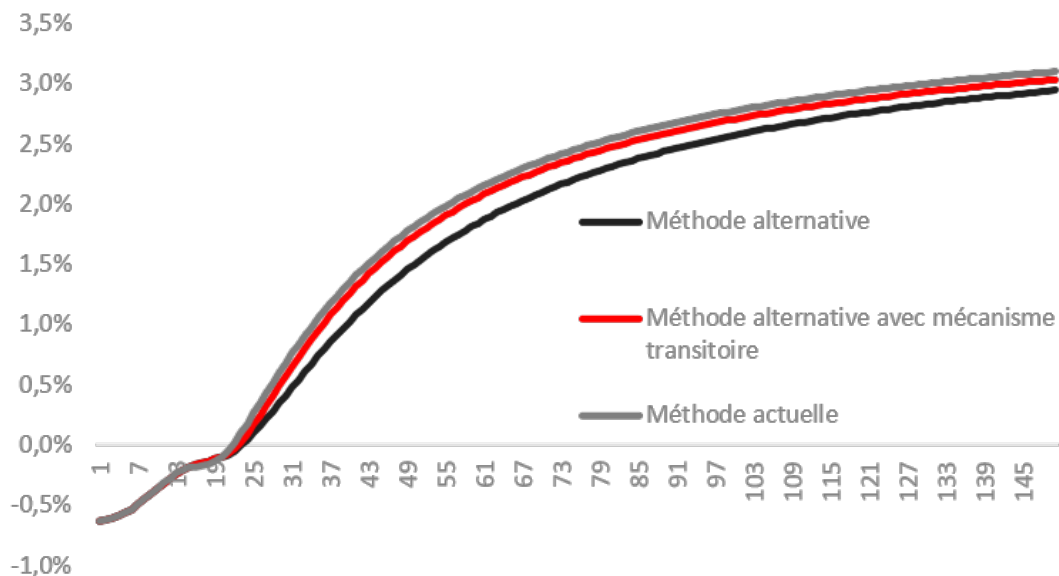


FIGURE 2.10 – Courbe d'extrapolation alternative avec le mécanisme transitoire au 31/12/2020

## 2.4 La place de la courbe macroéconomique

À première vue, la méthode d'extrapolation de Smith Wilson avait tendance à converger de manière rapide. De plus, du fait de la convergence des taux forward vers l'UFR, les taux zéro

coupon sont rapidement élevés. La méthode alternative qui semble avoir des taux forward avec une convergence moins rapide vers l'UFR et donc des taux zéro coupon plus faibles pouvaient gommer cet effet.

Cependant, au regard de la courbe des taux initiale donnée mensuellement par les Banques centrales issue des taux swap, les deux méthodes sont considérablement avantageuses à partir de l'extrapolation.

En prenant par exemple les courbes de taux brutes données par la Banque de France avec l'aide du CNO (Comité de normalisation obligataire), l'écart est considérable. En effet, en réalisant une interpolation entre les points de maturité liquides donnés (toutes les années avant 20 ans et tous les 5 ans ensuite) afin de lisser la courbe, la rehausse de taux causée par l'extrapolation est immédiatement observable.

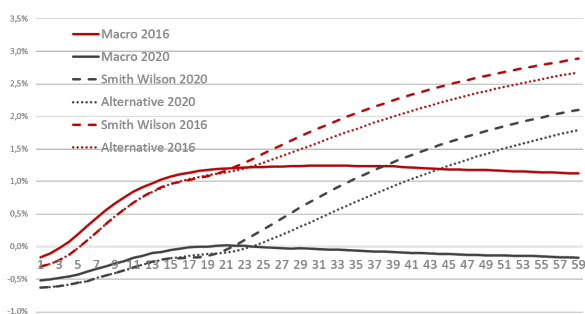


FIGURE 2.11 – Place de la courbe macroéconomique face aux courbes extrapolées

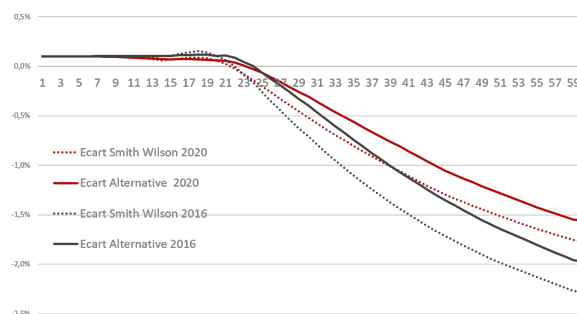


FIGURE 2.12 – Différence entre les méthodes d'extrapolation et la courbe de taux brute

Deux sources d'écarts sont observables. La première se situe lors des premières maturités, un écart de 10bps est présent. Cet écart est causé par l'ajustement pour risque de crédit qui est ajouté aux taux swap et qui est non présent de base.

La seconde est causée par l'extrapolation après 20 ans, hormis le fait du rehaussement de taux déjà mentionné, l'écart semble se comporter différemment selon le niveau des taux. En effet, quand les taux sont plus élevés de base (comme en 2016) alors l'écart se creuse avec une différence supérieure de 0.02 point en 2016 contre 0.018 point.

## 2.5 Courbe de transition vers l'€STR

A ce stade, seule la méthode d'extrapolation a été étudiée dans ce mémoire et a montré l'impact existant sur les taux à long terme. Cependant, l'extrapolation se base sur les taux swap interbancaire au jour le jour de référence : Euro OverNight Index Average (EONIA). L'EONIA appartient à la famille des InterBank Offered Rates (IBOR) qui représente les taux interbancaires mesurant le coût d'emprunt des banques auprès d'autres institutions financières. Ces taux varient selon les pays ou les zones géographiques, on retrouve, par exemple, les LIBOR pour le Royaume-Uni, l'EURIBOR pour la zone Euro. Plus spécifiquement, pour la zone Euro, on distingue :

- l'EONIA représentant les dépôts interbancaires au jour le jour,
- l'EURIBOR qui est un équivalent à l'EONIA mais pour de plus grande période de traitement (3 mois, 6 mois ...).

Comme mentionné précédemment, l'estimation de ces taux a une importance particulière, du fait de leur utilisation lors de la construction de la courbe des taux sans risque. D'une part,

une mauvaise estimation entrainerait une modification des résultats obtenus par le bootstrap, modifiant ainsi les premières maturités. D'autre part, le mécanisme d'extrapolation serait également impacté à cause de l'erreur reportée sur les maturités 15 et 20 ans pour la méthode de Smith Wilson et pour toutes les autres maturités utilisées dans le LLFR pour la méthode d'extrapolation alternative.

C'est à cause de cela que les IBOR devaient être estimés sur une base réelle et représentative des marchés financiers selon une devise donnée. Cependant, au fil des années, des crises financières sont survenues diminuant ainsi les échanges entre les différentes institutions financières. L'estimation des IBOR devient donc plus difficile et est de plus en plus souvent "approximée". Ces estimations réalisées par les institutions financières ont connu diverses manipulations lors des périodes de 2005-2009 (quand les échanges étaient encore nombreux) et de 2013 notamment [5].

Face à cela, en janvier 2018, la Commission Européenne a décidé d'ajuster l'évaluation des taux servant à construire la courbe des taux sans risque en se basant directement sur les dépôts des banques au jour le jour afin d'être au plus représentatif de la réalité. [8]. Dès la mise en place de l'€STR sur les marchés en octobre 2019, l'EONIA est remplacé par l'€STR de manière progressive. <sup>1</sup>

En mars 2021 [9], l'EIOPA a donné ses dernières indications pour le calcul d'une courbe des taux sans risque utilisée sous Solvabilité 2 sur la base de l'€STR afin de mesurer les premiers impacts en résultant.

Ils proposent, suivant les devises, un abaissement de la courbe des taux initiales et une modification du Last Liquid Point.

Dans le cadre spécifique de l'Euro :

- la courbe initiale est abaissée de 10 points de base,
- le LLP reste inchangé à 20 ans. <sup>2</sup>

Ce procédé a été utilisé sur la base des courbes de 2016 et 2020 (avec l'exemple utilisé par l'EIOPA au 31 mars 2021)

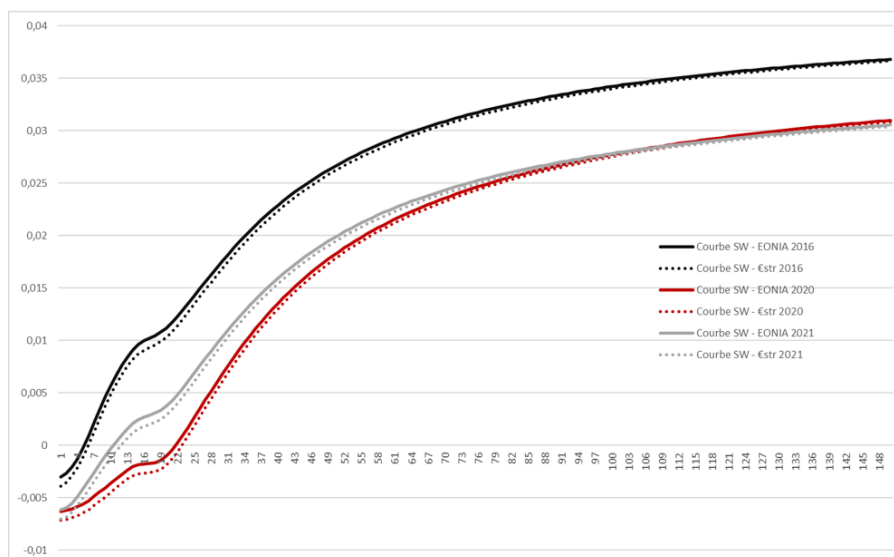


FIGURE 2.13 – Courbe des taux sans risque sur base de l'€STR

1. c'est une mesure progressive, l'EONIA est toujours donnée de manière recalibrée jusqu'en janvier 2022 sur la base de l'€STR. Concrètement,  $EONIA = \text{€STR} + 8.5\text{bps}$

2. Dans le cadre de la méthode alternative on conserve également le FSP à 20 ans ( $FSP = LLP$ )



Il est possible de remarquer que l'écart le plus important sera sur les premières maturités, du fait de la convergence exigée vers l'UFR, l'effet est gommé au fil du temps. L'impact étant présent sur les premières maturités se fera ressentir chez les assureurs, ce mémoire détaillera en plus les impacts causés par la mise en place de l'€STR par l'abaissement de la courbe initiale de 10bps.

Finalement, ce remplacement s'opérera dès 2022 pour une majeure partie des devises concernées.

Il est important de noter que la méthode qui est préconisée dans cette partie respecte la méthode préconisée de l'EIOPA dans la mesure d'impact employée (la translation de -10bps des swaps initiaux). En réalité, le taux €STR est voué à tendre vers l'EONIA, une fois qu'il sera stabilisé. Cependant, il y a de forte chance qu'il reste plus faible que les taux actuels.

## 2.6 Proposition pour la formule standard dans le cadre du module de taux

La courbe des taux est également utilisée lors du calcul du SCR du module de marché dans le cadre de la formule standard. Pour rappel, le risque de marché reflète le risque lié au niveau ou à la volatilité de la valeur de marché des instruments financiers ayant un impact sur la valeur des actifs et des passifs de l'entreprise concernée. Les taux appartiennent aux instruments financiers qui fluctuent et qui peuvent générer un risque. Le sous module du risque de taux correspond à la sensibilité de la valeur des actifs et passifs aux changements affectant la courbe des taux d'intérêt. Ce module vient quantifier le besoin en capital nécessaire pour faire face à l'impact d'une évolution de la courbe des taux sur la valeur du bilan économique. Le calibrage actuel (2.24) présent dès les premières soumissions de Solvabilité 2, sous-estime le risque de taux et ne tient pas compte de l'existence des taux négatifs de plus en plus présents sur les marchés.

### 2.6.1 Formule Standard pour le sous-module de taux

Ce mémoire se concentrera seulement sur le sous module de taux. Sous Solvabilité 2, le choc des taux d'intérêts est décomposé en deux étapes. La première consiste à partir de la courbe des taux étudiée (appelé scénario central), de choquer les taux en les augmentant (scénario à la hausse) et la seconde de les choquer en les diminuant (scénario à la baisse). En réalisant cela, nous obtenons la NAV choquée (1.3) qui correspond à une diminution/augmentation liée à la perte/gain suite au choc.

Enfin, l'exigence liée au niveau des taux correspond à l'exigence maximale entre celle correspondant aux chocs à la baisse et celle aux chocs à la hausse.

Pour une maturité  $m$  donnée les taux choqués  $r^{up}(m)$  et  $r^{down}(m)$  s'obtiennent en multipliant le taux central  $r(m)$  par les facteurs de chocs associés que nous retrouvons en annexes [A.2]. Ces facteurs de chocs sont donnés pour les maturités 1 à 20 ans et fixés à 26% dans le cadre de la hausse et à 29% dans le cadre de la baisse pour la maturité 20 ans. Entre ces maturités les facteurs sont interpolés et au-delà de 90 ans ils sont fixés à 20% (A.2).

Deux particularités sont propres à la hausse et la baisse des taux. Dans le premier cas si le choc appliqué au taux central est inférieur à 1% alors le taux central sera choqué au plancher 1%. Dans le cas de la baisse des taux, les taux négatifs ne sont pas choqués et conservés sans modifications.

$$r^{up}(m) = \begin{cases} r(m) \times (1 + up(m)) & \text{si } r(m) \times up(m) \geq 1 \\ r(m) + 1\% & \text{sinon} \end{cases} \quad (2.24)$$

$$r^{down}(m) = \begin{cases} r(m) \times (1 - down(m)) & \text{si } r(m) \geq 0 \\ r(m) & \text{sinon} \end{cases} \quad (2.25)$$

## 2.6.2 Proposition de l'EIOPA

Dans le contexte actuel des taux bas et durables, la méthode de choc existante présente quelques limites notamment dans la gestion des taux négatifs. Les courbes actuelles sont souvent négatives pour les maturités inférieures à 10 ans (parfois même dans des maturités supérieures). Par conséquent, il n'y a pas de choc effectué aux taux présents à ces maturités. Cet aspect, sous estime considérablement le besoin en capital dans le cas d'une baisse des taux.

Pour répondre à cela, l'EIOPA propose une modification dans le calcul du SCR taux :

- Modification de la formule purement multiplicative avec l'ajout d'un coefficient de choc additif
- Modification des coefficients de chocs
- Suppression du choc minimale dans le cadre du choc à la hausse
- Autorisation de choquer les taux négatifs
- Mise en place d'un plancher à  $-1.25\%$  pour les chocs à la baisse (A.3)

La formule standard pour le choc de taux devient donc :

$$r^{up}(m) = r(m) \times (1 + s(m)^{up}) + b(m)^{up} \quad (2.26)$$

$$r^{down}(m) = \max(-1.25\%, r(m) \times (1 - s(m)^{down}) - b(m)^{down}) \quad (2.27)$$

Les nouveaux chocs obtenus sont les suivants :

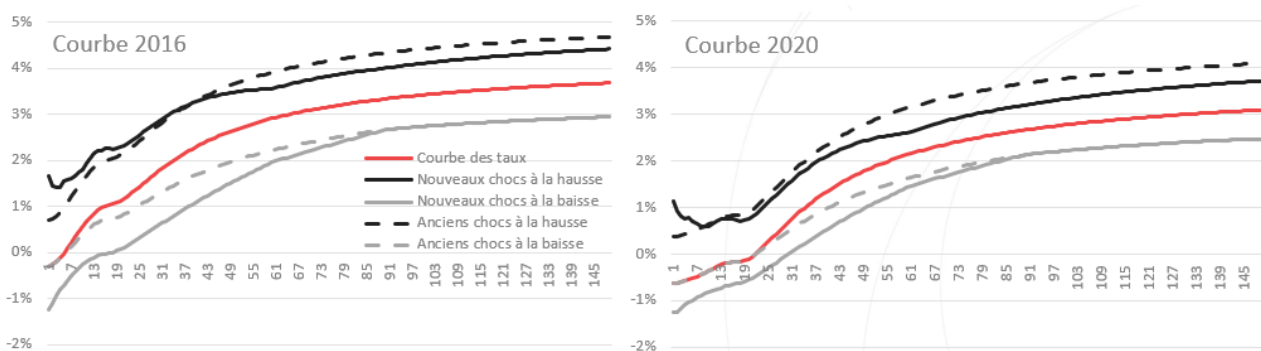


FIGURE 2.14 – Comparaison des anciens et nouveaux chocs au 31/12/2016 et 31/12/2020

Au vu de ces deux courbes plusieurs observations sont déjà possibles, d'une part pour le choc à la baisse :

- il est nettement plus coûteux avec les nouveaux chocs jusqu'à des maturités élevées (supérieures à 50 ans) et identique ensuite,
- l'écart semble moins important lorsque les taux sont déjà bas (le plancher de  $-1.25\%$  s'applique une seule fois en 2016 contre 2 en 2020).

D'autre part pour le choc à la hausse :

- il est dans un premier temps, plus couteux pour les assureurs et avantageux sur le long terme,
- plus les taux sont bas moins, plus les nouveaux chocs sont rapidement moins élevés que les anciens.

Ayant conscience de l'impact important que peut causer cette nouvelle mesure, l'EIOPA propose de l'installer sur une période progressive de 5 ans.

### 2.6.3 Modifications apportées par la Commission Européenne

Dans sa publication réalisée le 22 septembre 2021, la commission Européenne n'a pas validé la nouvelle formule et propose une alternative. Cette modification permet de pouvoir choquer les taux négatifs, mais de limiter les chocs à long terme.

Le choc de taux se déroulera en deux temps :

- Pour les maturités inférieures à 20 ans le choc proposé par l'EIOPA est conservé tel quel (nouvelle formule et autorisation de choquer les taux négatifs dans une limite de  $-1.25\%$ ).
- À partir de la maturité 20 ans, correspondant au FSP, une extrapolation s'ensuivra pour converger vers un UFR choqué.

Pour préciser ce dernier point, il faut se rappeler que la méthode d'extrapolation a été conservée pour calculer la courbe des taux sans risque centrale.

Ensuite, il y a une distinction si le choc est à la hausse (respectivement à la baisse) un nouveau UFR est fixé après choc de  $+15$  points de base (respectivement  $-15$  points de base) :

$$UFR_{up} = UFR + 15bps$$

$$UFR_{down} = UFR - 15bps$$

Pour avoir un ordre d'idée, en 2020 l' $UFR_{up}$  sera de  $3.90\%$  et l' $UFR_{down}$  sera de  $3.60\%$ .

L'étape suivante consistera de choquer la courbe centrale comme le propose l'EIOPA pour obtenir deux courbes choquées jusqu'au FSP notées courbe<sub>up</sub> pour le choc à la hausse (respectivement courbe<sub>down</sub> pour le choc à la baisse).

La suite de la courbe<sub>up</sub> (respectivement de la courbe<sub>down</sub>) sera extrapolée en utilisant la nouvelle méthode d'extrapolation avec les mêmes paramètres pris pour la courbe centrale avec deux modifications :

- La convergence avec l' $UFR_{up}$  à la hausse (respectivement  $UFR_{down}$  à la baisse).
- La modification du LLFR avec les nouveaux taux obtenus lors de l'étape de bootstrap.

Ces étapes permettent d'obtenir pour le portefeuille au 31/12/2016 (à gauche) et au 31/12/2020 (à droite) :

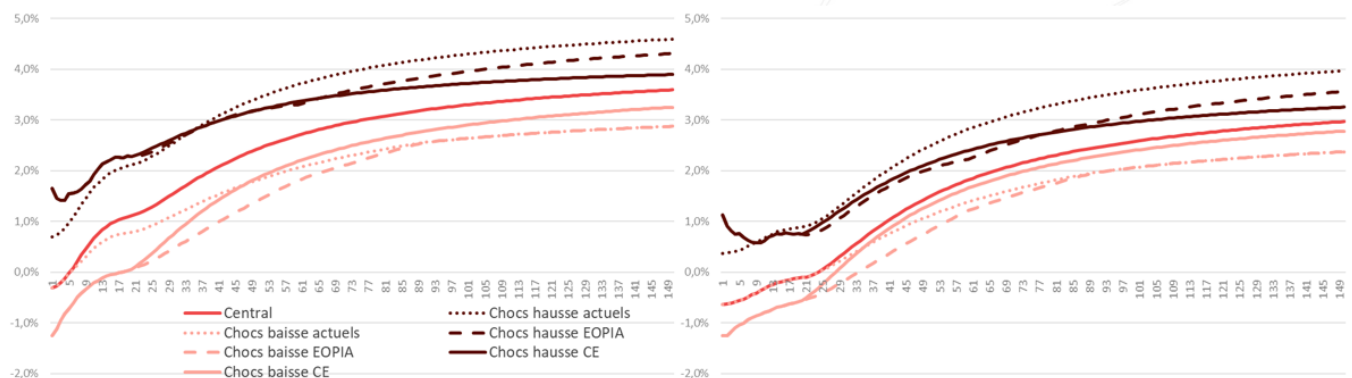


FIGURE 2.15 – Trois types de chocs de taux sous Solvabilité 2

Après 20 ans, la méthode proposée par la Commission Européenne semble beaucoup plus avantageuse envers les assureurs. Dans le cadre du choc à la baisse le choc reste plus important que l'ancienne méthode (méthode actuelle), mais du fait de la convergence vers l' $UFR_{down}$  devient moins coûteux (méthode de l'EIOPA) pour les très longues maturités. Pour le choc à la hausse, déjà avantageuse avec la méthode proposée par l'EIOPA, la méthode de la commission européenne l'est encore plus, une nouvelle fois grâce à la convergence rapide vers l'UFR choqué.

Il est possible de penser que cette nouvelle manière de choquer les taux est en lien avec les attentes de l'EIOPA et de la Commission, car pour de faibles maturités les chocs sont importants et prennent en compte les taux négatifs afin de respecter le marché. De plus, une volonté d'investir sur le long terme se fait ressentir avec la baisse du coût des chocs sur ces maturités.

Cependant, cette méthode présente un désavantage au niveau de la gestion : elle est bien plus complexe à mettre en place. Il ne s'agit pas d'appliquer directement des coefficients sur la courbe des taux centrale extrapolée, mais d'en plus, réaliser deux extrapolations. Cet aspect demandera une refonte de certain périmètre dans la modélisation ALM notamment à travers des générateurs de scénarios économiques.

## Conclusion du chapitre

L'ensemble des mesures adoptées pour le calcul de la courbe des taux et son utilisation rejoignent la volonté de respecter au mieux le marché économique. En effet :

- Le taux €STR permet d'obtenir les taux de marché avec une meilleure adéquation et son impact est surtout observable lors des premières maturités. L'écart semble se creuser légèrement lorsque les taux sont bas ou négatifs vis-à-vis d'un contexte plus favorable. Pour rappel, l'écart obtenu est réalisé avec la directive de l'EIOPA et non avec le taux €STR réel qui est voué à tendre vers l'EONIA.
- La nouvelle méthode d'extrapolation vient abaisser les taux extrapolés réduisant ainsi l'écart avec les taux swap de même maturité (limitation de la surestimation) et elle semble aussi réduire la volatilité de la courbe suivant les inputs utilisés (UFR, dernier niveau des taux liquides ...). Elle reste, néanmoins, bien supérieure à la courbe des taux macroéconomique (équivalent des taux swap du marché). Il est important de noter qu'elle est plus simple à mettre en place grâce à une utilisation d'une fonction donnant directement les taux forward, plutôt que la mise en place d'un système d'optimisation comme pour Smith Wilson. Enfin, la méthode semble abaisser la courbe de manière plus importante lorsque l'environnement économique des taux est plus dégradé.
- La dernière version de chocs de taux proposée par la Commission Européenne permet d'une part de prendre en compte le niveau des taux négatifs dans le calcul du SCR mais limite les impacts sur le long terme grâce à une courbe ayant de plus faibles chocs que la méthode actuelle. Cette nouvelle méthode est plus compliquée à mettre en place. Après la vingtième maturité, il n'y a plus des coefficients uniques permettant de calculer pour chaque courbe les chocs associés. L'utilisation de deux extrapolations est nécessaire pour obtenir les maturités après le FSP. Cette méthode semble plus favorable à long terme car les chocs sont moins importants mais l'écart des premières maturités est significatif vis à vis de la méthode actuelle. Enfin, les chocs semblent moins importants lorsque les taux sont faibles ou négatifs.

L'ensemble de ces résultats a directement été observé à partir des courbes de taux préalablement construites.

Cependant, **comment, après l'implémentation de ces nouvelles méthodes au sein des modélisations ALM, un assureur sera impacté face à ces changements ?**

---

# CONSTRUCTION DES HYPOTHÈSES GÉNÉRALES ET DES PORTEFEUILLES POUR LE MODÈLE INTERNE ALM

---

La gestion actif passif (ALM) en assurance est primordiale afin de pouvoir évaluer les risques et coordonner la composition et l'adéquation de l'ensemble des actifs et des passifs. L'objectif principal est de maximiser la valeur économique de l'assureur tout en respectant ses engagements. Cela permet donc d'optimiser la rentabilité des fonds propres tout en minimisant l'exposition aux risques (taux, action...) dans le cadre d'une gestion des risques accrue.

## 3.1 Hypothèses générales pour la modélisation

Afin de pouvoir évaluer les différents impacts sur la solvabilité des assureurs apportés par les évolutions méthodologiques autour de la problématique des taux d'intérêt, des portefeuilles fictifs ont été construits avec la prise en compte de certaines hypothèses.

### Construction globale des portefeuilles

La construction des portefeuilles fait appel à quelques premières considérations :

- Les contrats étudiés seront des contrats d'épargne multisupport (portant sur l'euro et sur l'UC).
- Afin d'être le plus représentatif du marché français, les portefeuilles ont été construits sur la base de statistiques portant sur l'assurance vie française. La majeure partie du portefeuille (allocation d'actifs, proportion d'UC, montants des fonds propres, montant des provisions BE) est issue d'une collecte de données réalisée trimestriellement par l'EIOPA [6]. Afin de compléter les données du passif comme le montant de capital, de réserve de capitalisation et de part de provision pour participation aux bénéfices, des statistiques données par l'ACPR [2] sont également considérées.
- Dans un premier temps deux horizons temporels ont été choisis pour les portefeuilles. Un premier portefeuille placé au 31/12/2016 au moment du lancement officiel de la directive de Solvabilité 2. Un second portefeuille placé en 31/12/2020 lors de l'annonce de la dernière parution de la révision 2020 de Solvabilité 2 traitant de la majeure partie des modifications traitées dans ce mémoire. Le choix de ces deux horizons permet de mesurer les impacts vis-à-vis des allocations d'actifs et de capital qui diffèrent et de mesurer l'influence du niveau des taux sur les portefeuilles. L'environnement économique n'est pas semblable dans ces deux temporalités, en 2016 les taux sont plus hauts et peu négatifs contrairement à la dégradation du marché observée en 2020.

Il est ainsi possible de construire les deux parties d'un bilan d'un assureur.

## Actifs

Les allocations d'actifs ainsi obtenues, grâce à la collecte de données, sont :

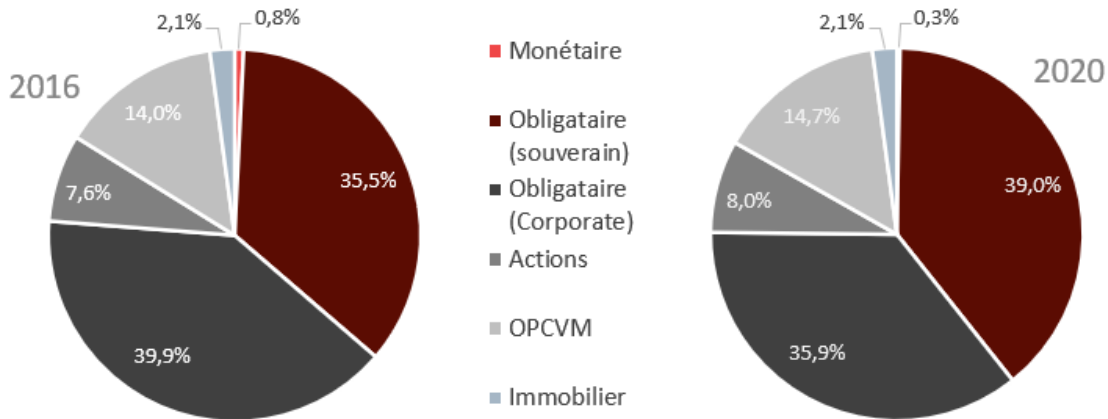


FIGURE 3.1 – Allocation des actifs en valeur comptable en 2016 et 2020

Globalement, les portefeuilles sont majoritairement composés d'obligations avec une part plus importante d'obligations d'entreprise en 2016. La durée obligataire de 2016 est de 6.97 ans contre 6.94 ans en 2020. Le rating moyen de la poche obligataire est de A+ en 2016 et de A en 2020 [18]. La notation des obligations est répartie de la sorte :

Rating	2016	2020
AAA	7%	7%
AA	40%	31%
A	25%	40%
BBB	24%	18%
BB	3%	2%
B	2%	2%
Moyenne	A+	A

TABLE 3.1 – Rating de la poche obligataire

La part d'UC conservée est de 15% en 2016 contre 22% en 2020 (toujours sur la base de l'EIOPA). La composition d'UC est simplifiée et elle est identique sur les deux années avec 60% d'actions globales et 40% d'OPCVM obligataire afin de ne pas créer des disparités supplémentaires entre les deux portefeuilles.

Enfin, les plus-values latentes considérées sont basées sur des informations de Good Value for Money pour la partie euro et sont fixées à :

Type d'actifs	2016	2020
Monétaire	0%	0%
Obligataire (Souverain)	17%	16%
Obligataire (Corporate)	17%	16%
Actions	14%	17%
OPCVM	14%	20%
Immobilier	15%	25%

TABLE 3.2 – *Plus-values latentes utilisées*

Certaines de ces valeurs ont été estimées en respectant la tendance de l'évolution observée au cours des diverses collectes de données (les informations de GVFM sont exprimées en proportion des provisions mathématiques).

## Passif

Contrairement à l'actif (hormis la part d'UC qui varie considérablement entre les deux années), le passif connaît de plus fortes disparités sur l'ensemble de sa composition au fil des années.

Passif	2016	2020
Fonds propres	6.3%	10.0%
Capital	85.0%	90.0%
Risque de capitalisation	15.0%	10.0%
Provisions Mathématiques	90.3%	85.5%
Hors UC	83.4%	74,3%
UC	16.6%	25.7%
PPB	3.4%	4.5%

TABLE 3.3 – *Composition du passif*

La part de fonds propres en 2020 est plus importante qu'en 2016 et la part allouée au capital est également supérieure. La même observation est faite sur la provision pour participation aux bénéfices. À l'inverse, la part de provision mathématiques est à la baisse avec une diminution de la part d'euro. Ce dernier point est en lien avec l'augmentation des supports en UC pour l'actif.

## Model points

Afin de faciliter les calculs effectués dans la modélisation ALM, les individus (ou les contrats) constituant le portefeuille sont regroupés dans des model points s'ils possèdent les mêmes caractéristiques. Le regroupement peut s'effectuer selon les âges des individus, leur ancienneté dans le contrat, leur taux garantis. . .

Compte tenu des informations données par l'ACPR [2], l'âge moyen et le Taux Minimum Garanti (TMG) brut sont quasiment semblables, le choix a donc été d'utiliser le même model points pour les deux portefeuilles. Néanmoins, il y a une particularité sur les contrats possédant un TMG à 0% pour l'année 2020, 50 % de ces contrats sont, en réalité, en TMG brut. La spécificité de ces contrats réside dans le fait que leur TMG indiqué peuvent être en réalité plus faible selon les résultats de l'assureur, certains chargements sont déduits.



Part du portefeuille	Age de l'assuré	Ancienneté de l'assuré	Taux minimum garanti
60%	55	3	0%
25%	65	3	0,5%
10%	70	3	1%
3%	75	3	1,5%
2%	75	3	2%

TABLE 3.4 – *Model Points des portefeuilles*

## Hypothèses générales

La mise en place d'hypothèses financières et actuarielles terminent les inputs nécessaires pour commencer la modélisation. Une nouvelle fois les hypothèses choisies sont pour la grande majorité issues d'un bilan annuel de l'ACPR.

- Les frais de gestion sont fixés à 0.5% et les chargements sur encours à 0.8% donnant ainsi une marge de 0.3% à l'assureur pour le fond en euro. Pour l'UC les frais sont identiques, mais les chargements sont plus élevés et sont fixés à 0.9% donnant ainsi une marge de 0.4%.
- Le taux servi de 2016 est de 1.9% et celui de 2020 est de 1.3%.
- La table de mortalité choisie est la TF0002 (B.1), une table plus prudente que la TH0002 du fait de la mortalité moins élevée.
- Les frais de gestions financières sont placés à 0.100%
- les taux de participation aux bénéfices contractuels sont à 85% pour les deux années. Le taux de participation aux bénéfices sur le résultat technique est à 100% pour 2016 et 90% pour 2020.
- Les rachats structurels sont issus des rachats partiels à 5.4% et de rachats totaux à 0.6%. Le fait qu'un seul contrat est considéré cela revient à avoir des rachats de l'ordre de 6%. Le modèle préconisé pour les rachats conjoncturels est un modèle dynamique basé sur la moyenne (3.2). Ce modèle représente la moyenne entre les deux lois limites données par Quantitative Impact Studies (QIS). Pour rappel, les rachats structurels sont observés toutes choses égales par ailleurs. Les rachats conjoncturels sont dépendants de la conjoncture économique actuelle, notamment, ils sont influencés par la différence de niveau entre les taux accordés par le contrat d'assurance et les taux de référence présents sur le marché. [1]

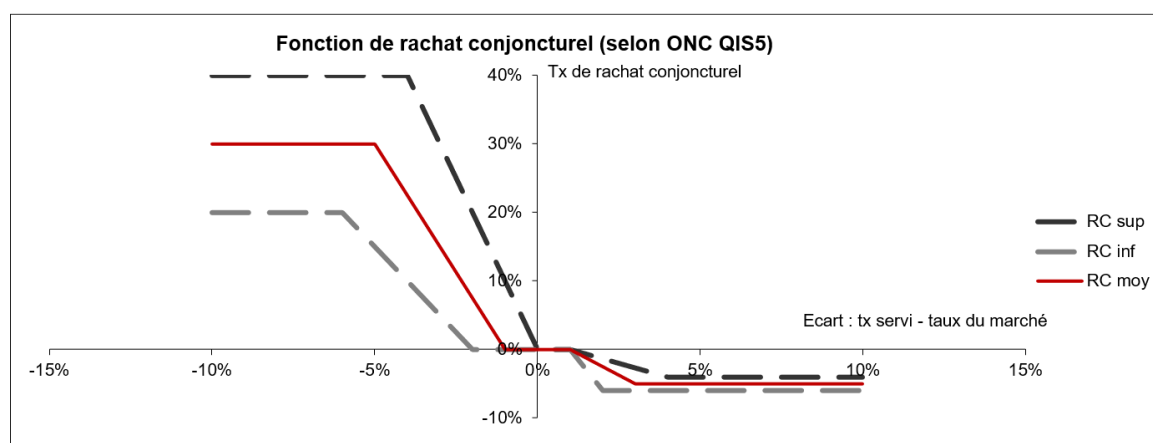


FIGURE 3.2 – *Lois des rachats conjoncturels*

L'ensemble de ces données et hypothèses permet de modéliser une étude ALM sur les portefeuilles construits.

### 3.2 Modélisation ALM avec l'outil interne

Forsides a programmé en  $C\sharp$  un outil interne afin de pouvoir modéliser la gestion actif passif des compagnies d'assurance : Solvency Assets Liabilities Life Tool (SALLTO). L'outil permet de réaliser des projections des divers états financiers des assureurs et de réaliser les calculs exigés sous Solvabilité 2. Ces lancements peuvent se réaliser sur les différents types de contrats existant en assurance vie : support euro, support UC, eurocroissance...

La procédure de calcul de SALLTO se déroule de la manière suivante :

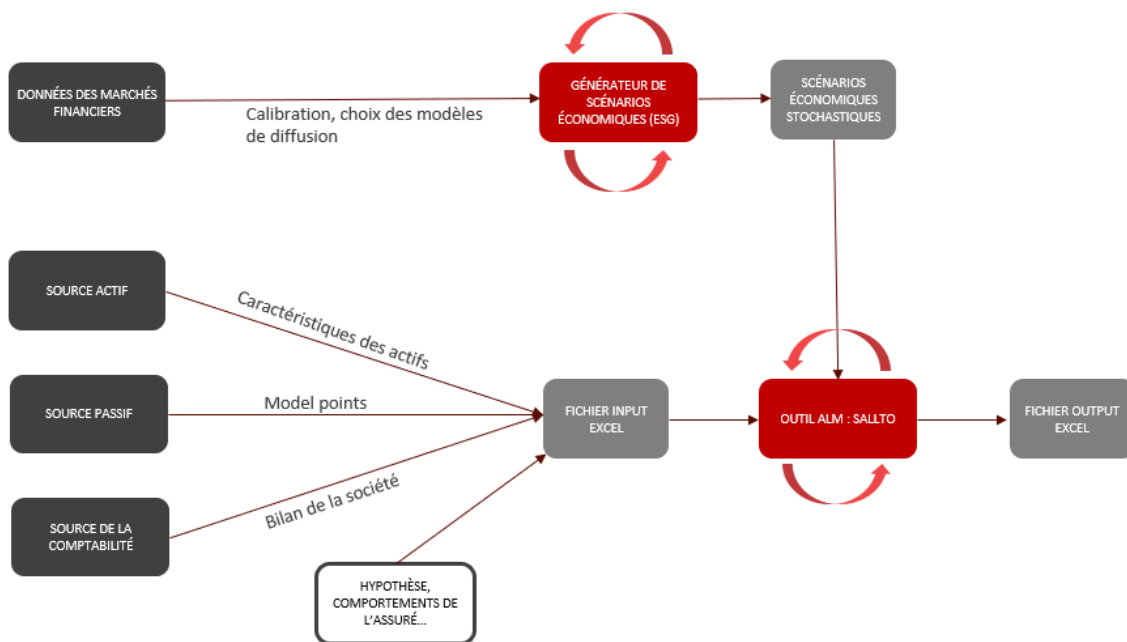


FIGURE 3.3 – Processus de l'outil interne SALLTO

Pour son fonctionnement, SALLTO prend en argument les inputs de base d'un assureur concernant sa gestion financière (ses allocations d'actifs, la gestion de son capital, l'état de ses fonds propres...), des hypothèses actuarielles (niveau de rachat, table de mortalité, individus composant le portefeuille) et des scénarios économiques utilisés lors de certaines projections notamment dans le cadre de Solvabilité 2.

Il existe deux types de calculs sous SALLTO :

- La vision directe ou instantanée qui permet, à partir d'un scénario économique, de retourner l'ensemble des calculs demandés par Solvabilité 2 dont la décomposition du SCR. Dans ce mémoire les lancements seront réalisés de manière stochastique issue des générateurs de scénario économique où les calculs seront réalisés en risque neutre. Cette première vision sera utilisée lors de la mesure des impacts causés par les modifications méthodologiques relatives à la courbe des taux. Les résultats seront basés sur 1000 simulations avec 60 ans de projections.
- La vision projetée <sup>1</sup> qui permet d'obtenir un ensemble de bilans projetés en monde réel

1. Cette méthode sera plus amplement décrite dans la dernière partie (5)

suyant des hypothèses demandées comme le chiffre d'affaires, la valorisation des actions, l'inflation . . . Ces bilans sont ensuite calculés de la même manière qu'en vision instantanée pour obtenir les résultats sous Solvabilité 2. Cette manière de calculer sera utilisée pour établir des projections dans le cadre d'une proposition de pilotage relative aux impacts apportés par les nouvelles mesures. Cet aspect sera détaillé dans une prochaine partie (5.1).

### 3.2.1 Les générateurs de scénarios économiques

Du fait du mode de calcul, l'élaboration de scénarios économiques a une importance primordiale.

Les assureurs utilisent un Générateur de Scénario Economique (GSE), c'est un outil permettant la diffusion de variables économiques à travers un horizon donné. Il existe deux types de GSE dans l'outil interne :

- Un GSE en monde réel qui reproduit le plus possible la réalité en se basant sur les valeurs historiques du marché.
- Un GSE en risque neutre qui calcul des scénarios économiques dit "Market Consistent" où les engagements des assureurs sont évalués en l'absence d'opportunité d'arbitrage.

Les différentes variables financières projetées sur l'horizon souhaitées sont dans le cas de l'outil interne :

- les taux nominaux et réels des zéro coupon,
- l'indice action,
- l'indice immobilier,
- l'indice d'inflation,
- certain événement de défauts comme les spreads de crédit.

La place des GSE en gestion actif passif des compagnies d'assurance a un intérêt particulier, il permet l'obtention de la valeur projetée de l'actif (obligation, action...) et l'estimation du passif (notamment avec les provisions en best estimate).

Dans le cas du risque neutre, il est nécessaire de réaliser un choix de modèle servant à calculer les diverses projections préalablement citées.

Étant donné que l'enjeu de ce mémoire ne concerne pas les GSE, les modèles habituels ont été utilisés en grande partie pour leur simplicité de calibrage.

### Risque action et risque immobilier

Les indices financiers de type action et immobilier seront modélisés avec le modèle de Black and Scholes (BS) :

$$\frac{dS(t)}{S(t)} = \mu dt + \sigma dW(t) \quad (3.1)$$

avec,

$S(t)$  : le cours de l'indice financier,  $A(t)$  pour les actions et  $I(t)$  pour l'immobilier

$\mu$  : la tendance de l'indice financier (espérance du rendement)

$\sigma$  : la volatilité de l'action

$W(t)$  : le mouvement brownien standard

Ce modèle est simple à calibrer, car il dépend de deux variables qui sont constantes dans le temps  $\mu$  et  $\sigma$ . Il possède également la solution particulière :

$$S(t) = S(0) \exp\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)t + \sigma W(t) = S(t + dt) = S(0) \exp\left(R(t, t + dt) - \frac{\sigma^2}{2}\right)t + \sigma\sqrt{dt}\mathcal{N}$$

La seconde partie de cette équation est obtenue en risque neutre, les agents sont indifférents face au risque, par conséquent le rendement de tous les actifs est représenté par le taux sans risque (il n'y a pas d'attente de compensation). On note  $R(t, t + dt)$  le taux sans risque entre  $t$  et  $t + dt$  et  $\mathcal{N}$  une loi normale standard. [13]

Avec ces hypothèses pour calibrer la volatilité du modèle, il faut utiliser la relation de parité Call-Put. Les prix des Call et des Put sont issus du marché (EUROSTOXX ou CAC40) et permettent d'obtenir le taux de dividendes estimé. Ensuite, la volatilité implicite est déduite en minimisant la distance entre le prix d'un Call du marché et le prix d'un Call obtenu avec la formule de BS.

Dans le cadre de l'immobilier, la calibration de la volatilité est plus difficile à cause du manque de données. Le modèle utilise l'indice des prix du Logement Ancien.

### Risque des taux nominaux et des taux réels

Pour calibrer les taux nominaux et réels, le modèle de Hull and White a été choisi avec un facteur de volatilité pour sa simplicité et sa capacité à générer les taux négatifs. Il a la particularité de répliquer les structures de la courbe initiale, il se présente comme suit :

$$dr(t) = (\sigma(t) - a \times r(t))dt + \sigma dW(t) \quad (3.2)$$

avec

$\sigma$  : la volatilité des taux courts

$a$  : la vitesse de retour à la moyenne des taux courts

$r(t)$  : le drift du taux court

$W(t)$  : le mouvement brownien standard

Les modèles de taux d'un GSE sont évalués en risque neutre et se doivent d'être Market Consistent. Dans l'outil interne, les modèles sont calibrés avec les swaptions à la monnaie. Les informations sont issues de Bloomberg. Une swaption est une option donnant le droit, mais non l'obligation, de rentrer dans un swap. On distingue les swaptions payeuses des swaptions receveuses. Une swaption payeuse (respectivement receveuse) donne le droit de rentrer dans un swap et de payer (respectivement de recevoir) le taux fixe contre le taux flottant.

$$(\hat{a}, \hat{\sigma}) = \underset{(a, \sigma)}{\operatorname{Argmin}} \sum_i (\text{Prix des Swaptions Modèle}(i) - \text{Prix des Swaptions Marché}(i))^2 \quad (3.3)$$

La calibration des paramètres  $a$  et  $\sigma$  se fait en minimisant l'écart quadratique entre les prix des swaptions calculés par le modèle et les prix de marché.

### 3.2.2 Les étapes de la modélisation ALM

L'outil interne SALLTO passe par plusieurs étapes (3.4) afin de pouvoir réaliser les calculs exigés par Solvabilité 2 et les diverses projections :

1. Après initialisation du bilan, les éventuels nouveaux entrants sont ajoutés au portefeuille initial tout comme d'éventuelles informations de chiffre d'affaires. Les portefeuilles utilisés présenteront du nouveau stock dans le cadre des projections.
2. Afin d'être projeté l'ensemble des allocations d'actifs est vieilli. Les valeurs de marchés sont recalculées en fonction de leur performance et les dividendes perçus sont déterminés. De manière générale, la valeur de l'actif  $S_t$  avec un taux d'évolution  $r$  en fin d'année vaut  $S_{t+1} = S_t \times (1+r)$  cette valeur est ensuite diminuée du dividende  $taux_{dividende} \times S_{t+1}$ <sup>1</sup>. De plus, en prenant un point d'attention sur les actifs portant sur les taux du portefeuille :
  - La formule de passage des taux forward aux taux zéro coupon (2.1.2.1) est utilisée afin de faire vieillir la courbe des taux et pour obtenir les nouveaux zéro coupon de maturité  $m$  quelconque.
  - Les OPCVM obligataires sont modélisés avec des obligations zéro coupon. Ainsi en notant le  $P_{t,t+T}$  le pris en  $t$  du zéro coupon d'une durée  $T$ , son vieillissement s'obtient de la sorte :

$$S_{t+1} = S_t \times \frac{P_{t+1,t+1+T}}{P_{t,t+T}}$$

La part d'UC est simulée suivant les chargements, frais, rachat...

3. Après l'actif, c'est le passif qui est vieilli : les model points sont vieillis, ils sont recalculés suivant leur éventuelle sortie comme les fins de contrats, la possibilité de rachat ou suivant le taux de décès effectif. La provision mathématique évolue suivant le nombre de contrats restants et les prestations servies sont recalculées.
4. La différence entre les encaissements et les décaissements est calculée, si cette différence est négative alors l'assureur doit obtenir des liquidités en vendant des actifs. L'assureur doit, dans l'ordre, dégager la part d'actif monétaire, actions, OPCVM obligataire et obligations, immobilier et dans un cas extrême à réaliser un emprunt.
5. Les actifs sont également réalloués suivant les hypothèses demandées en input de SALLTO afin de suivre la stratégie d'investissement de l'assureur.
6. Le calcul de la participation aux bénéfiques est réalisé afin de calculer le montant global que l'assureur va servir aux assurés vis-à-vis des produits financiers réalisés et des contraintes financières existantes. Les grandes étapes consistent à :
  - mettre à jour la réserve de capitalisation à partir de la plus-value obligataire,
  - déterminer pour chaque model points un taux de PB cible et adapté aux marchés,
  - déduire des produits financiers la part de Provisions pour Participation aux Bénéfices (PPB),
  - établir le compte de PB et la répartir sous forme de dotation à la Provisions pour Participation aux Excédants (PPE) ou d'attribution aux PM.

---

1. Dans cette modélisation le dividende correspond au taux forward 1 an, il est donc basé sur le taux sans risque) [14]

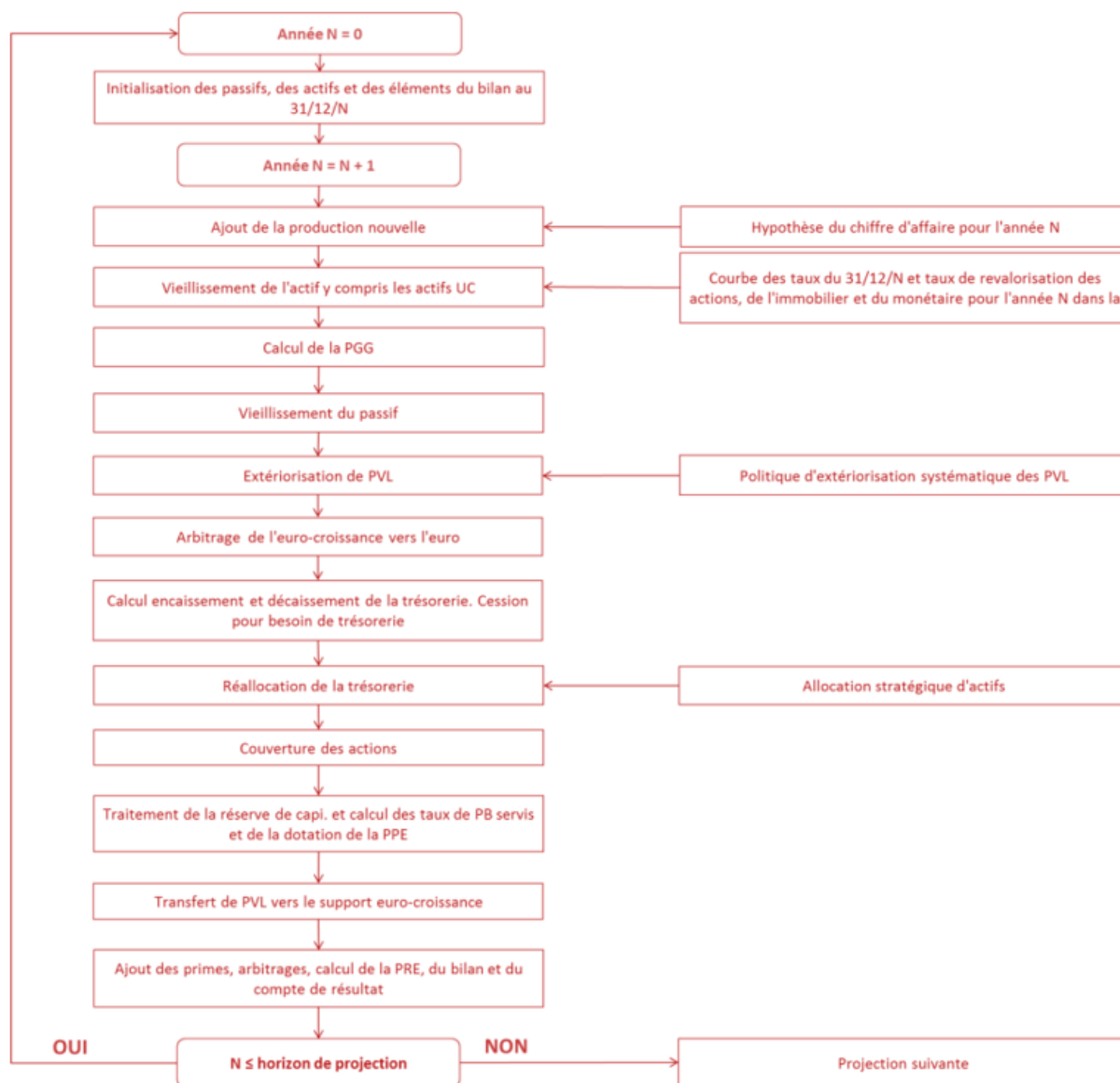


FIGURE 3.4 – *Processus du modèle interne*

Le sujet central de ce mémoire réside dans la construction de la courbe des taux. Les obligations sont directement soumises à ce type de modifications. Finalement, il est donc intéressant de comprendre comment sont calculés les valeurs des obligations au cours des diverses projections effectuées par l’outil interne.

### Calcul des obligations sous SALLTO

Avant d’étudier les diverses projections effectuées sur certains arbitrages du réinvestissement obligataire, il est nécessaire d’expliquer la méthode utilisée lors des simulations.

Premièrement, le taux actuariel est calculé une unique fois lors de l’initialisation et est utilisé dans la suite pour faire converger la valeur comptable des obligations vers la valeur de remboursement. La valeur comptable est la valeur de l’obligation au moment de son acquisition :

$$VC = VA_{\text{piéddecoupon}} + \text{decote} - \text{surcote} - \text{PDD} + \text{coupon couru} \quad (3.4)$$

Une Provision pour Dépréciation Durable (PDD) permet d’observer une dépréciation d’un actif. Elle est constituée si la valeur de marché baisse de plus de 20% au regard de sa valeur au bilan

et peut être reprise lorsque les titres associés regagnent de la valeur.

Le taux actuariel est le taux  $A$  constant permettant de retrouver la valeur d'achat  $VA$  de l'obligation, tel que :

$$VA = \sum_{t=t_1}^T \frac{c \times N}{(1+A)^t} + \frac{N}{(1+A)^T} \quad (3.5)$$

ou  $c$  est le taux de coupon,  $N$  le nominal,  $t_1$  la première maturité et  $T$  l'échéance de l'obligation. La convergence de la valeur nette vers la valeur de remboursement se réalise par le biais d'un mécanisme de surcote/décote (SD) dépendant seulement du taux actuariel précédemment calculé :

$$SD = \sum_{i=1}^n \frac{c}{(1+A)} \quad (3.6)$$

Ensuite, le spread de chaque obligation est calculée une nouvelle fois à l'initialisation et est constant ensuite. Il est obtenu comme étant la valeur  $s$  vérifiant :

$$VM = \sum_{t=t_1}^T c \frac{N}{(1+R(0,t))(1+s)^t} + \frac{N}{(1+R(0,T))(1+s)^T} \quad (3.7)$$

Avec,  $R(0,t)$  qui correspond aux zéro coupon de maturité  $t$  et valable à la date d'aujourd'hui. Cette valeur est corrigée de sorte à éviter une surestimation des flux futurs. Un risque de défaut est donc calculé comme étant :  $d = \frac{1}{1+s}$ . En considérant les taux forward vu en 0 pour les maturités  $U$  et  $t$ , la valeur de marché devient :

$$\begin{aligned} VM = & \sum_{t=t_1}^U d^t \times c \times \frac{N}{(1+R(0,t))^t} \\ & + \frac{1}{(A+R(0,t))^t} \times \left[ d^U \times c \times \frac{N}{[(1+F(0,U,t))(1+s)]^{t-U}} \right. \\ & \left. + d^U \times \frac{N}{[(1+F(0,U,t))(1+s)]^{T-U}} \right] \end{aligned}$$

Chaque année, les obligations sont évaluées avec les méthodes suivantes : La maturité est calculée avec une année de moins (durée entre  $t$  et l'échéance).

Le nominal prend en compte la probabilité de défaut  $Nominal$  avec  $Nominal_t = Nominal_{t-1} \times d$ . Les valeurs comptables et de marché sont calculés avec les formules ci-dessus

### 3.3 Choix des premiers indicateurs

Dans le but de mesurer les impacts causés par la révision des exigences réglementaires sur la solvabilité des assureurs. Certains indicateurs de risques en vision assureur et typiques de Solvabilité 2 ont pu être choisis :

- Les provisions Best Estimate (BE) afin d'observer l'évolution la plus importante en termes de volume) du passif. De plus le BE est directement lié aux taux d'intérêt du fait de l'actualisation, l'impact sera donc immédiat.
- La Net Asset Value (NAV) qui est l'un des composants nécessaires pour le calcul du ratio de solvabilité et qui représente la seconde partie la plus importante du passif. Sa valeur reflète l'excès de l'actif sur le passif et donc la capacité de l'assureur à obtenir des rendements financiers.

- Le Solvency Capital Requirement (SCR) qui est le second constituant du ratio de solvabilité pourra montrer la part de risque que possède l'assureur suivant son type. Après une observation du SCR global, une analyse sur ses constituants sera également réalisée. Un point d'attention sera porté sur le SCR de marché (en particulier le SCR taux et spread) et sur le SCR de souscription (en particulier avec le SCR rachat et le SCR de longévité). Ces deux constituants sont par nature ceux qui comprennent la plus grande part dans le BSCR d'un assureur vie et sont directement liés aux variations de taux.
- Le ratio de solvabilité qui peut être obtenu comme le rapport des deux indicateurs précédents qui montre directement la capacité d'un assureur à être solvable.

$$\text{Ratio de Solvabilité} = \frac{NAV}{SCR}$$

### Calibration du modèle

Le modèle de taux Hull-White, décrit dans la partie sur le GSE (3.2.1), a la particularité d'avoir uniquement un paramètre exogène non calibré, la graine d'aléa. La graine des aléas permet de construire des aléas primitifs. En changeant cette graine, il est possible de construire différents jeux de scénarios économiques stochastiques équivalents [4]. L'avantage de la graine d'aléa est qu'elle garantit la réplcation de l'aléa et par conséquence des scénarios produits. Pour choisir cette graine certaines conditions doivent être respectés :

- Les écarts de fuite doivent être faibles (compris entre -0.2% et 0.2%). Un taux de fuite représente l'écart entre la valeur probable projetée et la valeur de marché des flux.
- Un taux de couverture suffisant, représentatif du portefeuille et admissible par la directive Solvabilité 2.

Pour réaliser ce test, le portefeuille central de 2020 a été choisi dans un premier temps (il servira lors des projections et aura donc une importance particulière). Six graines ont été choisies pour faire les tests où des scénarios économiques ont été construits sur cette base et le portefeuille a ensuite été modélisé sous cette graine.

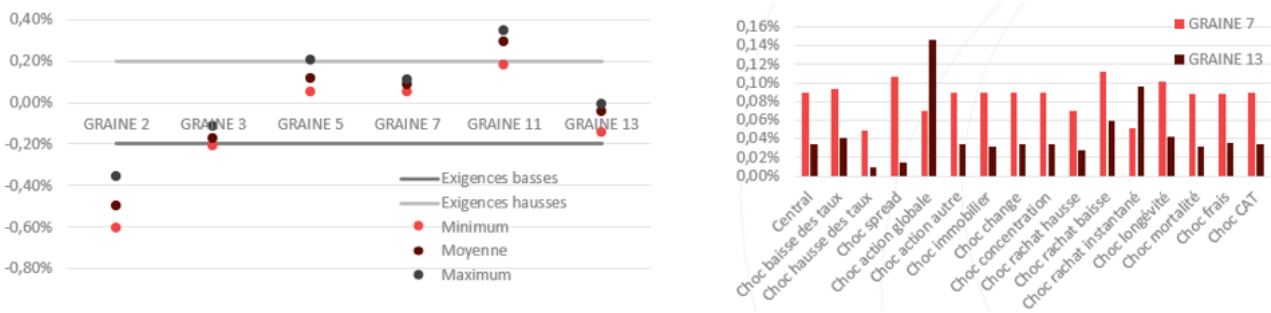


FIGURE 3.5 – Calibration de la graine d'aléas sur le portefeuille de 2020

Graine 2	Graine 3	Graine 5	Graine 7	Graine 11	Graine 13
162%	143%	139%	149%	143%	168%

TABLE 3.5 – Ratio de solvabilité en fonction de la graine d'aléa au 31/12/2020

Compte tenu des deux graphiques, seule la graine 7 et la graine 13 respectent les écarts VAP-VM admissibles. En valeur absolue la graine 13 possède un faible taux de fuite, mais le fait que ce taux est toujours négatif ce qui sous-estime la valeur actuelle probable et que le



ratio de solvabilité obtenu est de l'ordre de 168% sont désavantageux. En effet, sur la base de l'ACPR, en 2020, les assureurs exerçant des activités vie en France possédaient un ratio de solvabilité de l'ordre de 150% sans prise en compte de la PPE <sup>1</sup>. Le portefeuille reflétant le marché doit avoir un ratio de solvabilité de cet ordre-là, ainsi, la graine 7 sera choisie. <sup>2</sup>

## Résultats des deux portefeuilles

Dans la suite, l'ensemble des résultats seront exprimés en pourcentage de PM afin de faciliter la lecture et de gommer les variations des montants existant entre les portefeuilles, ils seront donc affichés de la sorte :

$$\frac{\text{Indicateur}}{\text{PM euro} + \text{PM UC}} \quad (3.8)$$

Avec toutes les hypothèses considérées, la modélisation ALM donne ces premiers résultats :

Portefeuilles	BE	NAV	SCR	Ratio
2016	118,7%	12,1%	5,9%	203,8%
2020	119,3%	10,7%	7,2%	149,0%

TABLE 3.6 – Premiers résultats avec les indicateurs choisis

D'après ces premiers résultats le ratio de solvabilité de 2016 est très proche de celui du marché à cette même époque (202% d'après l'ACPR). En 2020, les assureurs sont mis à mal par le niveau des taux très bas, en particulier lors de l'évaluation au 31/12/2020 (2.3) avec une perte de 50 points par rapport à 2016. Le niveau bas des taux peut se retrouver par une hausse des provisions BE et une diminution de la NAV.

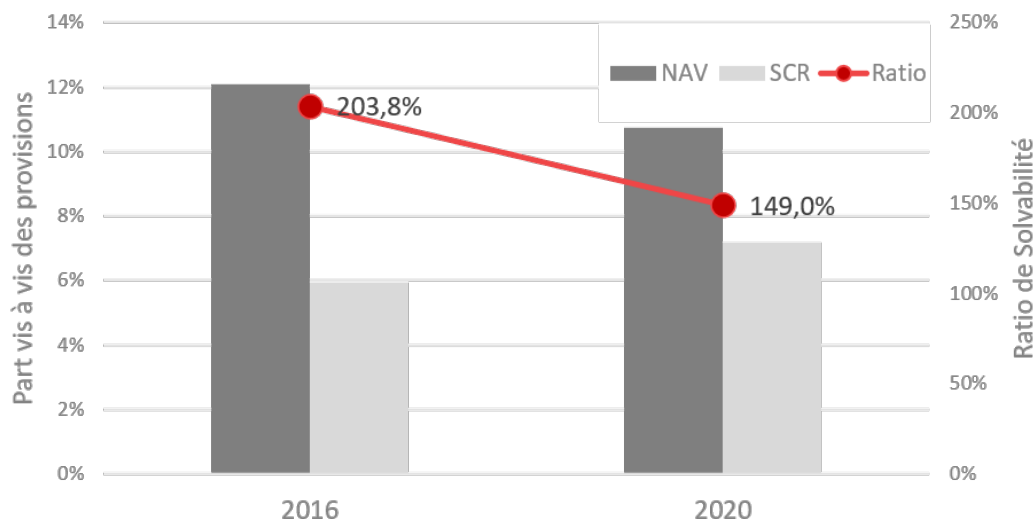


FIGURE 3.6 – Résultats de solvabilité dans le cas central

Dans la suite, l'ensemble des résultats d'impacts causés par les changements de méthodes réglementaires seront présentés comme ci-dessus afin d'observer rapidement l'évolution du ratio de solvabilité avec ces deux composants.

1. Une nouvelle directive qui permet aux assureurs d'allouer une certaine partie de la PPE dans le calcul du ratio de solvabilité, ce procédé permet de le rehausser

2. Une étude similaire pour le portefeuille de 2016 montre également que la graine 7 est la plus adaptée

Cette approche sera complétée avec une étude plus détaillée qui consiste à observer plus en détails la composition du SCR pour comprendre les changements opérés. Ainsi, le scénario central qui utilise les méthodes réglementaires actuels possède la décomposition de SCR suivante :

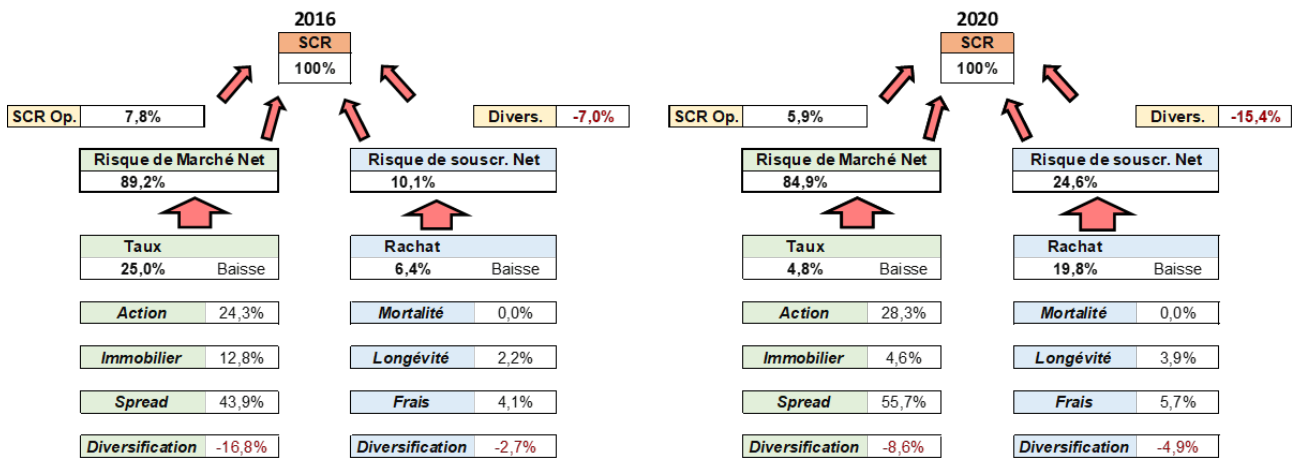


FIGURE 3.7 – Décomposition du SCR dans le cas central

Dans le cas central, les premières observations montrent, comme attendu, que le SCR de marché est prépondérant. En 2020, le SCR de souscription (Vie) représente une plus grande part dans le SCR. La présence de taux bas est responsable de cela, car le risque que les assureurs doivent servir un taux plus élevé que ce qu'ils ne peuvent s'agrandir (module de rachat à la baisse et module de longévité). Finalement, les points d'attention majeure dans le cadre des évolutions méthodologique autour de la courbe des taux se situent dans les modules de :

- taux, car il est directement calculé à travers la courbe des taux,
- spread, car il dépend en partie de la valeur obligataire et donc des taux de marché,
- rachat, car il représente le volume du portefeuille qui restera au fil du temps et donc la capacité de l'assureur à répondre de ses engagements
- longévité pour les mêmes raisons que le risque de rachat.

## Conclusion du chapitre

La construction des portefeuilles à deux dates différentes, à savoir à fin 2016 (mise en place de Solvabilité 2) et 2020 (parution des revues de Solvabilité 2), montrent déjà un changement important dans leur composition, notamment, avec la part plus élevée des UC en 2020 vis-à-vis de 2016. Cette modification répond à un besoin plus important de rendement et un allègement des engagements pour répondre à un environnement de taux très bas pénalisant ainsi le fonds en euros. La diminution du rating moyen et la part plus faible d'obligations au sein du portefeuille est aussi en lien avec cet aspect.

Les premières modélisations ALM des deux portefeuilles permettent de montrer l'importance de la courbe des taux au sein de la solvabilité de l'assureur. En effet, même avec une composition bénéfique face aux taux bas que l'on retrouve en 2020, le portefeuille est mis à mal dans un tel climat où près de 50 points d'écart sont observés en termes de ratio de solvabilité (203% pour 2016 et 149% pour 2020). En 2020, la NAV se voit bien plus faible qu'en 2016 et le SCR augmente.

La décomposition du SCR montre d'une part que le SCR Spread prend de plus en plus de place au sein du SCR Taux. D'autre part, la part liée au SCR vie devient de plus en plus importante et le besoin d'avoir un point d'attention sur les nouvelles souscriptions qui composeront le portefeuille sera essentiel pour une bonne viabilité.

Finalement, en lien avec le chapitre précédent, il est possible de se demander **comment ces portefeuilles réagiront, en particulier celui de 2020, dans un climat où les taux sont bas avec la mise en place des évolutions réglementaires**

## CHAPITRE 4

### ANALYSE DES IMPACTS CAUSÉS PAR LES ÉVOLUTIONS MÉTHODOLOGIQUES

Ce chapitre se concentrera sur les impacts causés au regard des différents indicateurs choisis par l'ensemble des évolutions méthodologiques de la courbe des taux.

Les points seront traités par ordre d'utilisation <sup>2</sup> et de sorte à obtenir l'impact de chaque modification en relation ou non avec les autres changements en vigueur. L'ensemble des détails de la décomposition du SCR et les tableaux de comparaison avec les données exactes seront disponibles en annexe (C.1).

#### 4.1 Impacts du changement de taux de référence

La première mesure qui rentrera en vigueur concerne le changement de taux de référence utilisé pour la construction de la courbe. La modification consiste à faire évoluer le taux de référence EONIA pour le remplacer par le taux €STR. Le décalage de 10 points de base sur les taux swap (2.13) est effectué comme le préconise l'EIOPA. Les variations de la courbe des taux existent donc dès les premières maturités du fait du décalage et se dissipent à terme. L'impact se concrétisera pour tous les portefeuilles, en particulier, pour ceux qui ont une durée faible tant au passif qu'à l'actif. Les premiers résultats obtenus sur la base des deux portefeuilles construits en 2016 et 2020 sont les suivants :

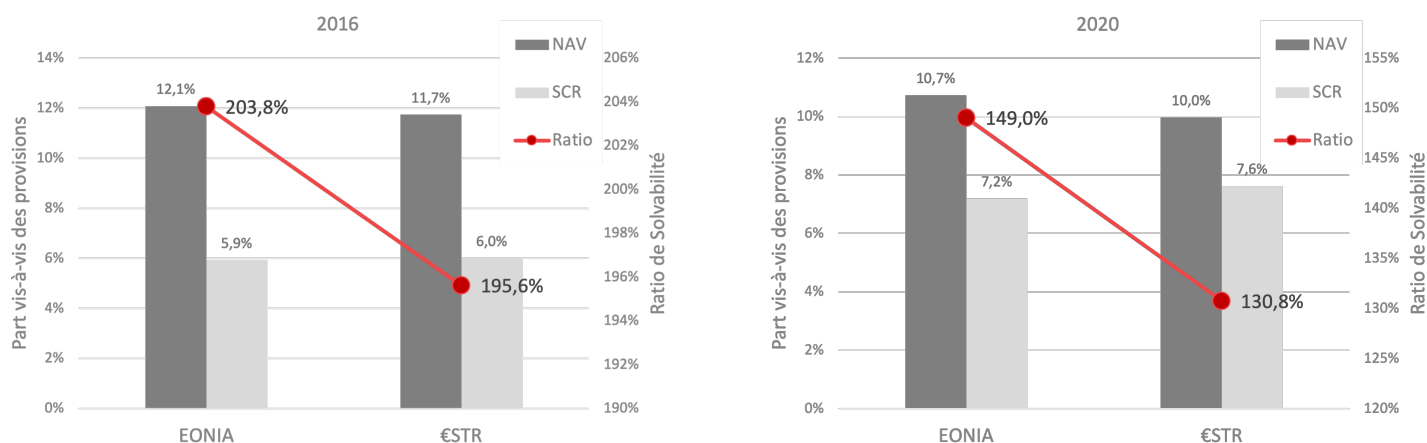


FIGURE 4.1 – Impact sur la solvabilité causé par le changement de taux de référence

Du fait que les taux soient abaissés et une durée du passif de 12.44 ans en 2020 (12.65 ans en 2016) les provisions en BE augmentent à cause de l'actualisation des flux (C.1). Les

2. ordre d'utilisation : taux de référence, extrapolation puis chocs de taux

taux diminuent et la composition majoritairement obligataire de l'actif peine à dégager des rendements intéressants pour les obligations arrivant à terme, ce qui entraîne une baisse de la NAV. Enfin, le passage à l'€STR augmente le besoin général de capital requis. Ces modifications impactent le ratio de solvabilité de l'assureur à la baisse de 8 points pour 2016 et de 18 points pour 2020.

Pris séparément, les deux portefeuilles ne sont pas impactés avec la même intensité. En effet, en 2020 l'ensemble des variations est plus important. Les variations sont notamment causées par l'utilisation de la courbe des taux de 31/12/2020 qui est déjà très basse.

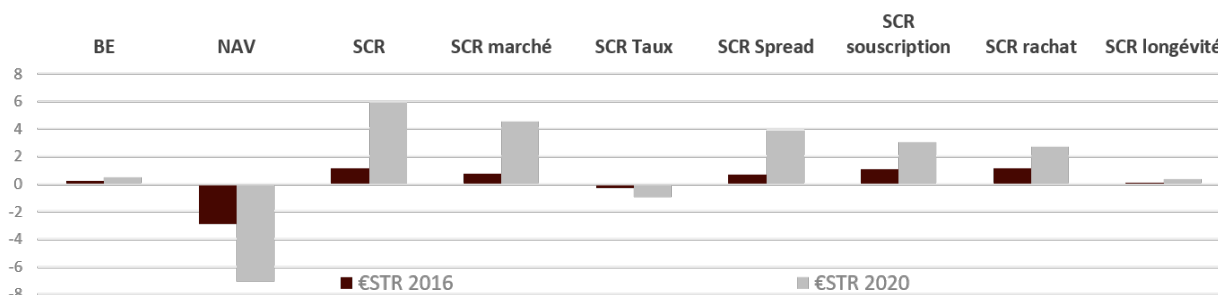


FIGURE 4.2 – Comparaison des indicateurs de références vis-à-vis du central pour la mise en place de l'€STR

Concernant le SCR, par rapport à la décomposition centrale, on observe une hausse du SCR globale de 1.2 points en 2016 contre 6 points en 2020. Cette hausse est causée par les variations des différents sous-modules dont celui de marché qui possède les mêmes variations en termes de points. Il est intéressant de noter qu'en 2020 le SCR taux est moins important avec une perte de 1 point venant du fait que le choc conservé est à la baisse, mais comme la courbe utilisée au 31/12/2020 est déjà négative sur les 20 premières maturités, l'€STR accentue encore plus cela et la courbe choquée reste identique à la courbe initiale dans un premier temps. La seconde raison majeure vient de l'augmentation du SCR spread avec une hausse de 0.7 point en 2016 et 3.9 en 2020. Cette augmentation est causée par la hausse du prix des obligations qui accentue l'écart avec des emprunts au taux sans risque. Le risque de souscription coûte entre 1 et 3 points pour les deux années. La hausse est causée par une augmentation légère du SCR longévité et un risque de rachat à la baisse. Ces deux aspects sont expliqués par la présence de taux bas, les assureurs ont plus de difficultés à pouvoir honorer les taux garantis lors de la souscription des contrats. L'assureur est donc pénalisé, si les assurés n'effectuent plus de rachat ou ont tendance à rester plus longtemps dans le portefeuille (diminution de la mortalité). Ainsi, ces derniers aspects coûtent encore plus de points de ratio de solvabilité en 2020 avec la présence de taux déjà très bas. Cet aspect se retranscrit à la NAV avec une perte de 7 points par rapport au central pour cette même année.

Il est important de rappeler que le décalage effectué n'est qu'une méthodologie donnée par l'EIOPA afin d'être le plus prudent possible dans la mise en place de ce nouveau taux. En réalité, les écarts de solvabilité seront plus faibles, car le taux €STR se rapproche de l'EONIA et non de l'abaissement des 10bps effectué.

## 4.2 Impacts de la nouvelle méthode d'extrapolation

Cette partie se concentrera sur les évolutions liées à la méthode alternative d'extrapolation de la courbe des taux. Deux axes seront abordés : d'une part les modifications au niveau

de l'adoption des nouvelles mesures et d'autre part des impacts résultant de la variabilité des paramètres mentionnés lors de la partie étudiant les variables d'influences de la nouvelle extrapolation (2.3).

#### 4.2.1 Évolutions réglementaires

Contrairement aux changements de taux de référence, la modification de la manière d'extrapoler affecte les maturités à partir de 20 ans. La problématique principale sera donc les engagements à long terme des assureurs. En effet, plus les assureurs posséderont un passif avec une durée élevée ou des actifs avec une échéance tardive plus les assureurs seront impactés par cette mesure. Enfin, le réinvestissement de la partie obligataire sera également impacté, car il prend pour base cette nouvelle courbe des taux.

Année	Méthode d'extrapolation	BE	NAV	SCR	Ratio
2016	Smith Wilson	118,7%	12,1%	5,9%	203,8%
	Alternative	119,0%	11,7%	5,9%	196,0%
	Ecart Relatif au central <b>Ecart en points</b>	0,2%	-3,6%	0,3%	<b>-3,8%</b>
2020	Smith Wilson	119,3%	10,7%	7,2%	149,0%
	Alternative	119,9%	9,8%	7,3%	134,0%
	Ecart Relatif au central <b>Ecart en points</b>	0,5%	-8,7%	1,5%	<b>-10,1%</b>

TABLE 4.1 – *Écarts causés par la nouvelle méthode d'extrapolation dans le cas central*

Pour les mêmes raisons que précédemment, les impacts s'effectuent dans le même sens et les modifications observables causent une hausse des provisions BE, une baisse de la NAV et une hausse du SCR entraînant ainsi une baisse générale du ratio de Solvabilité 2.

Cependant, l'impact de la NAV est plus important avec la nouvelle méthode d'extrapolation. Ceci s'explique en partie par la présence du réinvestissement des obligations qui vont évoluer dans un climat de taux plus défavorables, leur prix va donc augmenter et leur rendement diminuer. En ce qui concerne les variations dans le SCR, l'effet qui en résulte est faible. Le module du SCR taux est plus coûteux en 2016 de 2.4 points et baisse considérablement en 2020. La plus grosse évolution provient du risque de souscription, avec une nouvelle fois, une hausse du SCR longévité 0.7 point en 2016 (1.3 points en 2020) et un SCR des rachats à la baisse qui "explose" 3.1 points en 2016 (6.2 points en 2020). Le coût du SCR de rachats est important à cause du fort écart des taux à partir de 20 ans. Si les assurés maintiennent leur contrat (ou vivent plus longtemps ce qui impactera le module de longévité) les assureurs auront plus de mal à respecter leur engagement, une nouvelle fois. De la même manière que précédemment, l'impact est plus fort en 2020 à cause de la courbe des taux qui est plus basse.

L'application de cette nouvelle méthode d'extrapolation va s'effectuer sur la base €STR, à cause de son entrée en vigueur en 2022. Il est donc nécessaire de regarder l'impact causé par l'application de ces deux nouvelles méthodes.

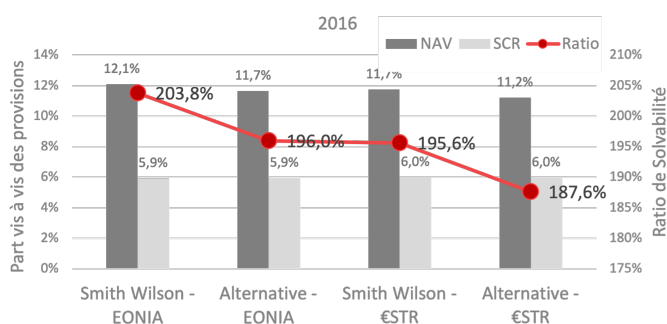


FIGURE 4.3 – Impacts sur la solvabilité causés par la nouvelle méthode d'extrapolation sur le portefeuille de 2016

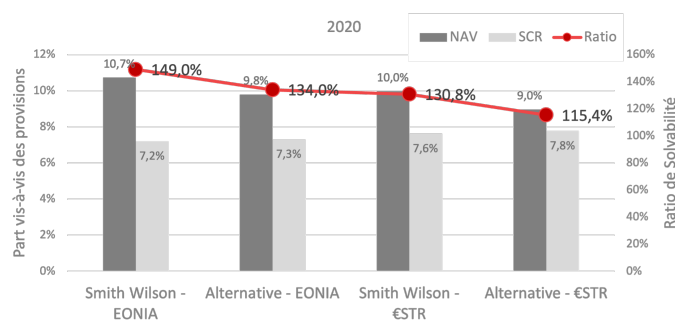


FIGURE 4.4 – Impacts sur la solvabilité causés par la nouvelle méthode d'extrapolation sur le portefeuille de 2020

La première observation montre qu'avec l'utilisation de la méthode d'extrapolation alternative le coût de changement de taux de référence est significatif vis-à-vis de la méthode de Smith Wilson causant globalement 8 points en 2016 et 18 points en 2020.

De manière inverse en se basant sur l'€STR, le coût causé par le changement de méthode d'extrapolation est significatif (au regard de la méthode de Smith Wilson) avec toujours 8 points pour 2016 et 15 points pour 2020.

Finalement, l'effet du taux de référence n'est pas accentué vis-à-vis d'une des méthodes d'extrapolation.

Néanmoins, la perte totale est de 16.2 points en 2016 et de 33.7 points en 2020, ce qui n'est pas négligeable pour un assureur.

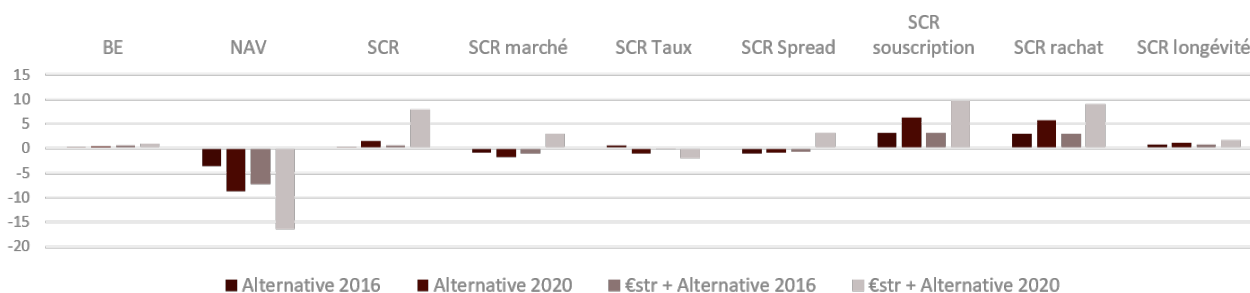


FIGURE 4.5 – Comparaison des indicateurs de références vis-à-vis du central pour la mise en place de l'extrapolation alternative

Les écarts causés par la mise en place de ces deux pratiques sont majoritairement issus de la baisse considérable de la NAV avec 7 points de moins en 2016 et 16.4 points en 2020. On retrouve ensuite les mêmes impacts qu'avec les cas précédents. Un point remarquable se situe dans le SCR souscription, la baisse des taux à la fois dans les premières maturités et lors de l'extrapolation augmente considérablement le risque de rachat à la baisse.

### Cas du mécanisme transitoire

L'écart important constaté en 2020 avec l'usage de cette nouvelle méthode d'extrapolation est à relativiser grâce à la méthode transitoire qui permet l'usage d'une modification de la vitesse de convergence (2.10).

Pour rappel, en 2020, grâce à une interpolation, la vitesse de convergence est de 16,04% à la place de celle fixée à 10%. Sous cette hypothèse, l'écart avec la méthode centrale est diminué :

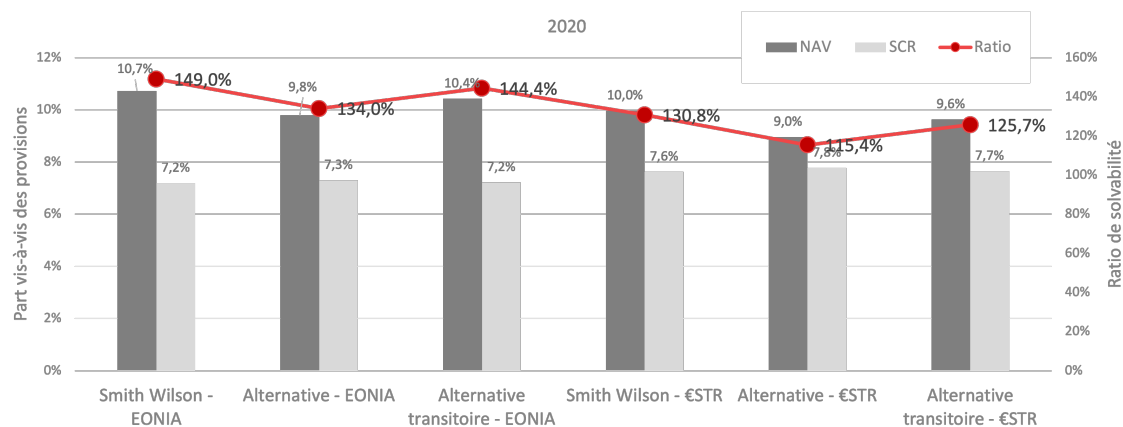


FIGURE 4.6 – Impacts sur la solvabilité causés par la nouvelle méthode d'extrapolation sur le portefeuille de 2020 avec la méthode transitoire

En effet, la courbe étant rehaussée et elle est plus proche de celle de Smith Wilson, seulement 4.6 points d'écart sont observés améliorant ainsi le ratio de solvabilité de 10 points, au vu de la méthode alternative "complète". Cette amélioration est essentiellement causée par l'augmentation de la NAV.

Il y a la même observation avec le taux de référence de l'€STR avec une amélioration de 10 points de ratio de solvabilité.

Cette méthode de convergence va progressivement diminuer, de manière linéaire, pour atteindre en 2032 10%, laissant ainsi le temps aux assureurs de prendre certaines mesures pour contrer les effets de l'extrapolation.

## 4.2.2 Études complémentaires sur les paramètres de la nouvelle méthode

Après l'étude des comportements de la courbe des taux sous la modification des divers paramètres composant la nouvelle méthode (2.3), il peut être intéressant de montrer le réel impact chez un assureur si ces cas de figure se présentaient.

### Vitesse de convergence

Cette modification a déjà été aperçue lors de la prise en compte du mécanisme transitoire. Pour réaliser les impacts des vitesses de convergence admissibles par la commission seront choisies (10%, 15% et 20%), ainsi que deux cas de vitesse extrêmes (5%, 50% et 100%). L'ensemble de ces vitesses seront appliquées sur la courbe de 2020 avec le portefeuille associé.



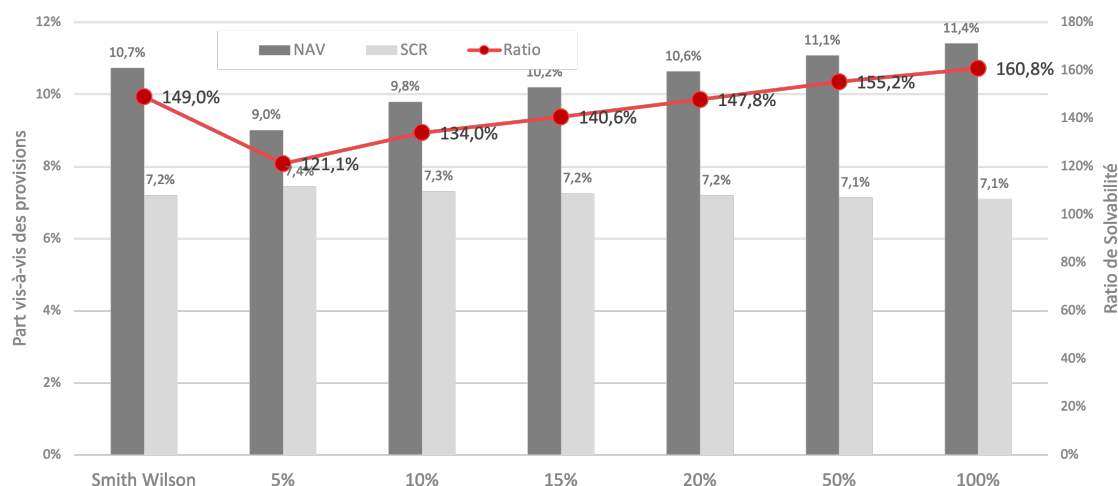


FIGURE 4.7 – Impacts sur la solvabilité causés par la méthode vitesse de convergence de la nouvelle méthode d'extrapolation sur le portefeuille de 2020

Déjà remarquable lors de la construction de la courbe des taux, la vitesse de convergence utilisée dans la fonction de décroissance exponentielle impacte fortement la solvabilité d'un assureur. Entre la vitesse 10% et 20%, l'impact est quasiment linéaire et une translation de 5% cause une variation d'environ 7%. Au-delà des valeurs admissibles par l'EIOPA, deux cas de figure sont remarquables :

- une faible vitesse de convergence impactera beaucoup la solvabilité d'un assureur,
- une vitesse élevée de convergence augmentera le ratio de solvabilité, mais de manière moins rapide.

Ces aspects confirment la forme que prenait la courbe des taux suivant les valeurs de la vitesse de convergence (2.9).

À noter que pour atteindre le même ratio de solvabilité que celui de la méthode de Smith Wilson il faudrait une vitesse de convergence supérieure à 20% (plafond admissible avec la nouvelle méthode d'extrapolation) dans le cas du 31/12/2020. Autrement dit, avec les valeurs de vitesse de convergence admissibles, la nouvelle courbe sera toujours plus pénalisante que la méthode de Smith Wilson en présence de taux faibles.

## Enjeux de l'UFR

Ayant un impact important dans la construction de la courbe selon les deux méthodes des sensibilités seront calculées avec des UFR fixés à 3.3% (baisse de 45 bps par rapport à 2020), 3.75% et 4.2% (hausse de 45 bps par rapport à 2020). Les résultats obtenus sont les suivants :

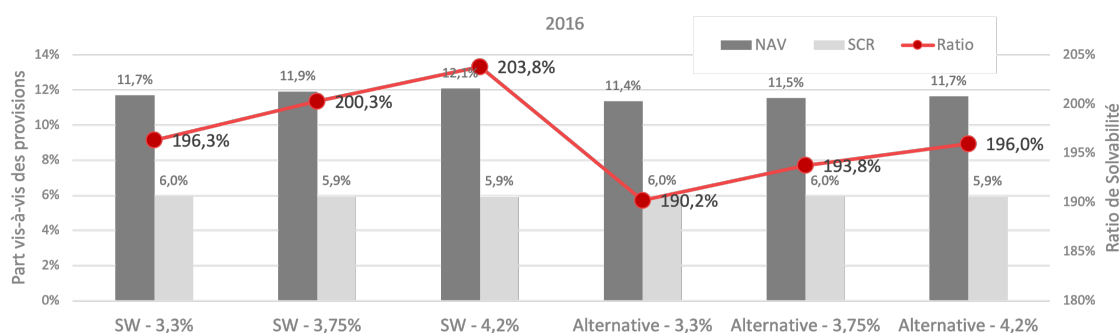


FIGURE 4.8 – Impacts sur la solvabilité causés par le niveau de l'UFR selon les méthodes d'extrapolation sur le portefeuille de 2016

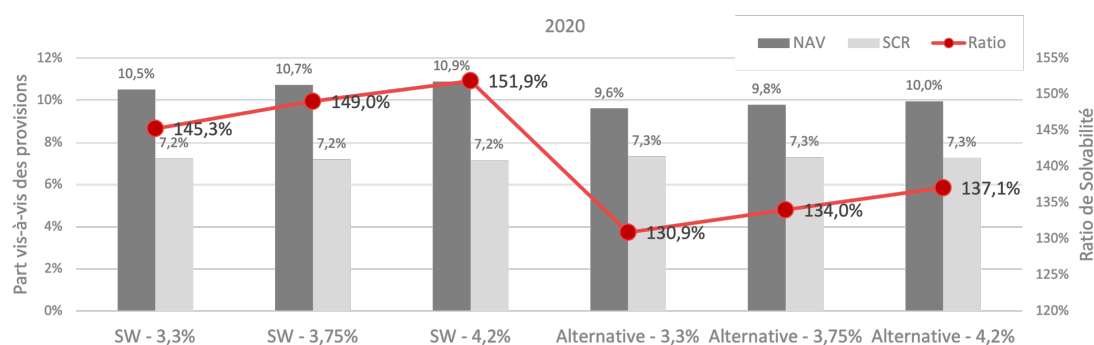


FIGURE 4.9 – Impacts sur la solvabilité causés par le niveau de l'UFR selon les méthodes d'extrapolation sur le portefeuille de 2020

Comme attendu, l'effet est symétrique avec de faibles disparités pour les deux méthodes. Plus l'UFR est élevé, plus la convergence est importante rehaussant ainsi la courbe des taux et améliorant le ratio de solvabilité grâce à des rendements plus importants (hausse de la NAV). Bien que quasiment similaire d'une méthode à l'autre, l'UFR se comporte différemment entre les deux méthodes d'extrapolation. En prenant comme point de comparaison l'année 2020, 6.6 points d'écart de ratio de solvabilité sont observés entre les deux UFR extrêmes contre 6.2 points avec la méthode alternative. Cette variation est causée par un léger écartement de la NAV résultant de la convergence plus ou moins rapide de la courbe.

### Impact des taux 15 et 20 ans

Pour terminer, une légère variation sera effectuée sur les taux 15 et 20 ans afin de mesurer la variabilité causée par leur position lors de l'extrapolation sur la solvabilité d'un assureur. Pour rappel (2.3.3) :

- les données réelles représentent les taux swap du marché (avec une distance initiale de 0.08 point)
- les données éloignées sont issues des données du marché avec la maturité 15 ans fixée à celle de 14 ans et la maturité de 20 ans à celle de 21 ans (causant une distance de 0.115 point en 2020, soit une hausse de 0.035 point)
- les données éloignées sont issues des données du marché avec la maturité 15 ans fixée à celle de 16 ans et la maturité de 20 ans à celle de 19 ans (causant ainsi une distance de 0.053 point en 2020, soit une diminution de 0.027)

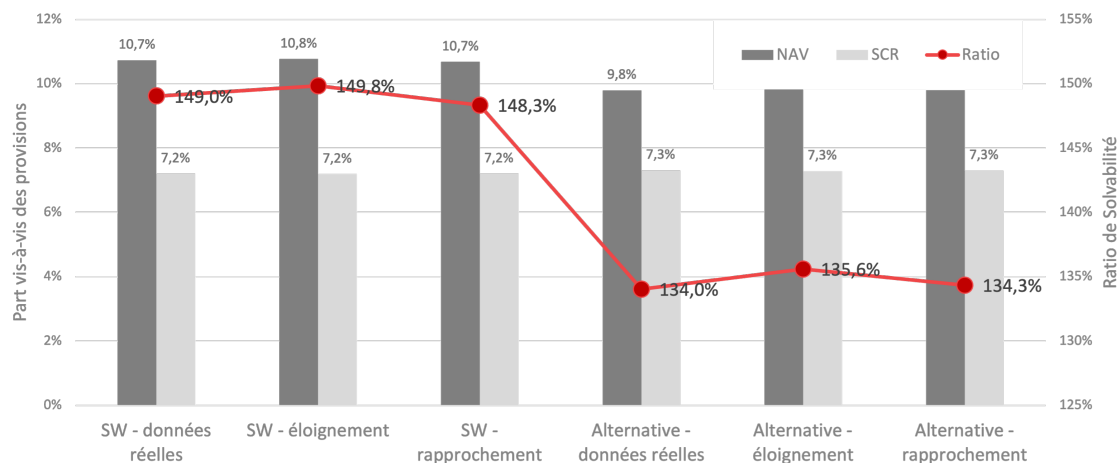


FIGURE 4.10 – Impacts sur la solvabilité causés par la position des taux swap 15 et 20 ans selon la méthode d'extrapolation sur le portefeuille de 2020

L'effet sur la solvabilité est difficilement observable à cause de la trop faible variation effectuée. Cependant, même avec cette modification il est possible de voir un écart de 1.3% pour la méthode alternative entre le rapprochement et l'éloignement contre 1.5% avec l'ancienne méthode. En comparaison avec les données réelles, contrairement à ce qui est attendu, la volatilité est plus importante avec la méthode alternative.

### 4.3 Utilisation de la courbe macroéconomique

La courbe macroéconomique est issue des taux swap du marché (2.11), la courbe utilisée pour cette modélisation a, néanmoins, connu deux modifications :

- les taux pour maturités 1 à 30 sont données directement, ensuite ils sont connus avec un pas de 5 ans jusqu'à la maturité 60 ans. Entre ces maturités, une interpolation est réalisée pour obtenir les données manquantes.
- après la maturité 60 ans les taux sont prolongés de manière constante selon la dernière maturité afin de pouvoir utiliser ces informations dans l'outil interne.

Ces deux points permettent d'obtenir :

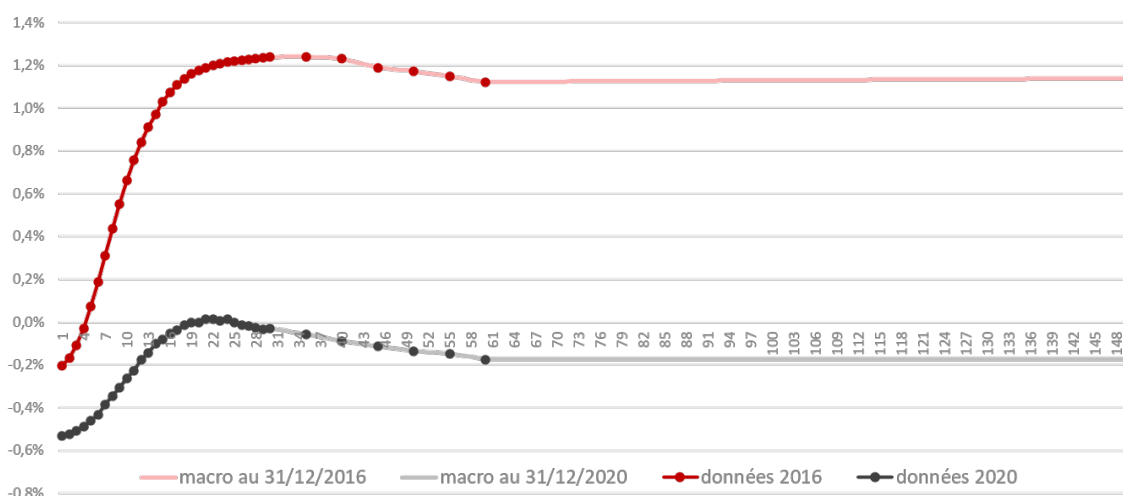


FIGURE 4.11 – Courbes macroéconomiques utilisées pour la modélisation

Le fait que la courbe ne soit pas extrapolée provoque, comme attendu, de lourds impacts sur la solvabilité des assureurs notamment sur le long terme :

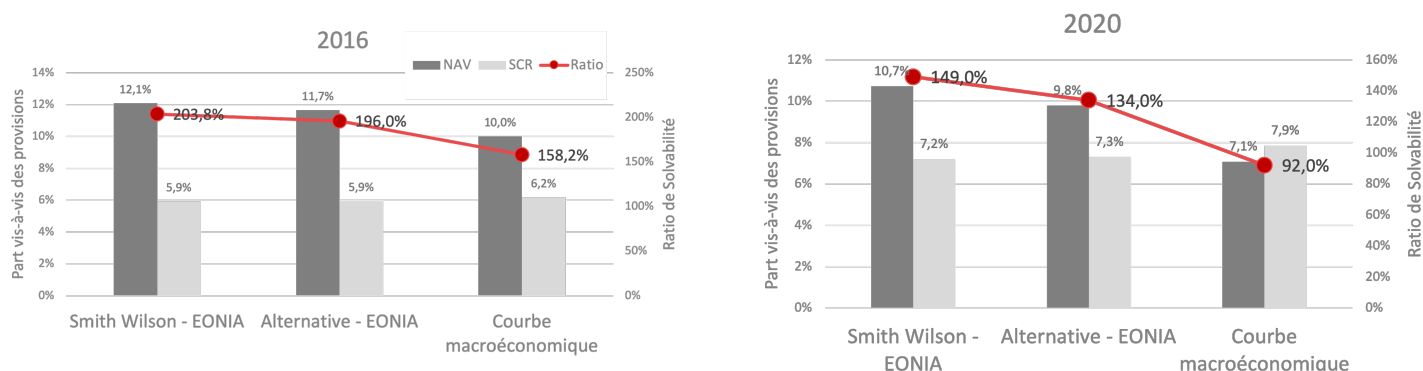


FIGURE 4.12 – Impact sur la solvabilité d'une courbe macroéconomique

Dans ce scénario, la NAV est considérablement impactée par l'utilisation des courbes macroéconomique, d'autant plus en 2020 lorsque les taux sont très bas. En effet, la courbe est le plus souvent négative sauf entre les maturités 21-25 ans ce qui ne facilite pas les rendements de la partie obligataire. Cet aspect est transcrit dans la part de SCR de souscription (C.9) qui occupe une place importante du BSCR (49.6% hors processus de diversification). L'augmentation du SCR rachat (à la baisse) et du SCR longévité sont en liens avec cet aspect.

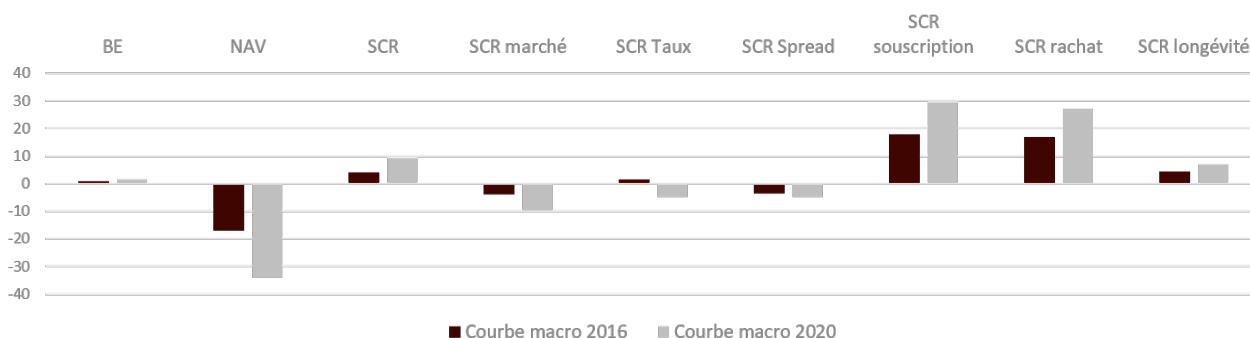


FIGURE 4.13 – Comparaison des indicateurs de références vis-à-vis du central avec l'utilisation d'une courbe macroéconomique

Avec une analyse plus fine, il est remarquable que les effets observés lors du changement de taux de référence et lors de la nouvelle méthode d'extrapolation sont les mêmes qu'avec la courbe macroéconomique, mais cette fois-ci, l'intensité est bien supérieure pour les raisons citées ci-dessus.

## 4.4 Impacts du changement du module de taux

Dans cette partie, les impacts causés par les deux méthodes de chocs de taux seront regardés. La méthode préconisée par l'EIOPA ne sera finalement pas conservée, au profit d'une nouvelle méthode demandée par la Commission Européenne.

Cependant, la dernière méthode de choc proposée se déroule en deux temps dont une première étape identique à celle proposée par l'EIOPA. Il est donc intéressant de regarder le comportement de cette première méthode sur les portefeuilles.

### 4.4.1 Méthode proposée par l'EIOPA

La première méthode de chocs est celle préconisée par l'EIOPA. Elle se réfère à un choc additif et multiplicatif propre à chaque maturité, elle a la particularité de pouvoir choquer les taux négatifs dans une limite de  $-1.25\%$ .

N'agissant que sur le calcul du SCR (précisément sur le SCR taux), la méthode de chocs préconisée par l'EIOPA n'a donc aucune influence sur les provisions BE et sur la NAV.

A contrario, le SCR est fortement impacté avec une hausse relative de  $31.4\%$  en 2016 et  $20.1\%$  en 2020 entraînant une baisse respective du ratio de solvabilité de 64.05 points et de 30.02 points (4.15).

Un tel impact peut se comprendre en comparant la courbe choquée au central pour les deux maturités :

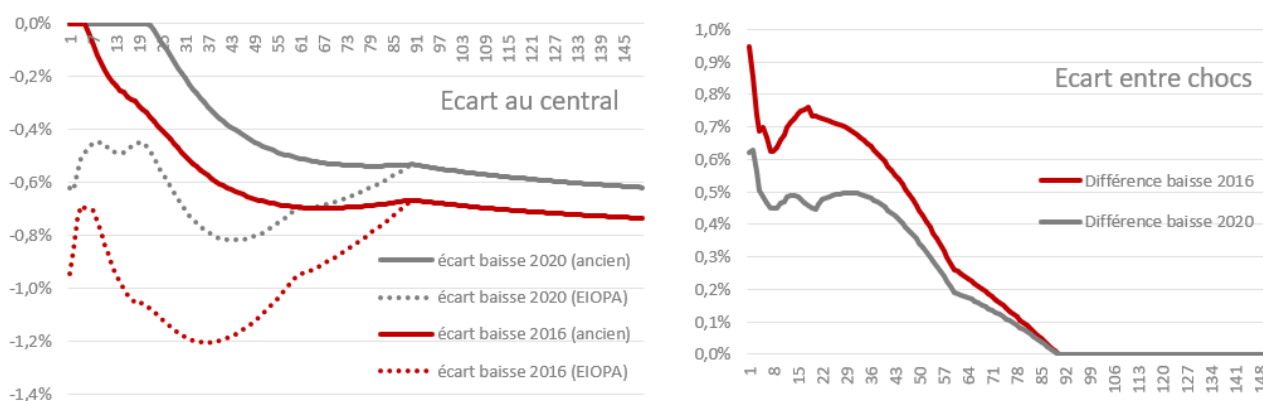


FIGURE 4.14 – Différence de choc entre le central et les deux méthodes de chocs

En effet, en comparant les chocs à la baisse au central (l'ensemble des courbes testées sont choquées à la baisse), les nouveaux chocs diminuent de manière beaucoup plus importante la courbe, entraînant ainsi cette différence en termes de solvabilité.

De plus, en 2016, la différence entre les nouveaux chocs et les anciens est plus importante avec un écart moyen de  $0.2\%$  sur les premières maturités. Cette différence impacte donc encore plus le portefeuille 2016 avec une hausse du SCR taux de 55 points vis-à-vis du central contre 37 points en 2020 (C.5).

À l'inverse des taux de référence et de la modification de la méthode d'extrapolation, cette méthode semble plus onéreuse quand les taux sont élevés.

Jusqu'à présent cette modification est la plus couteuse en termes de ratio de solvabilité pour un assureur.

Les deux graphiques suivants présentent le détail de l'ensemble des modifications successives avec la prise en compte des chocs de l'EIOPA.

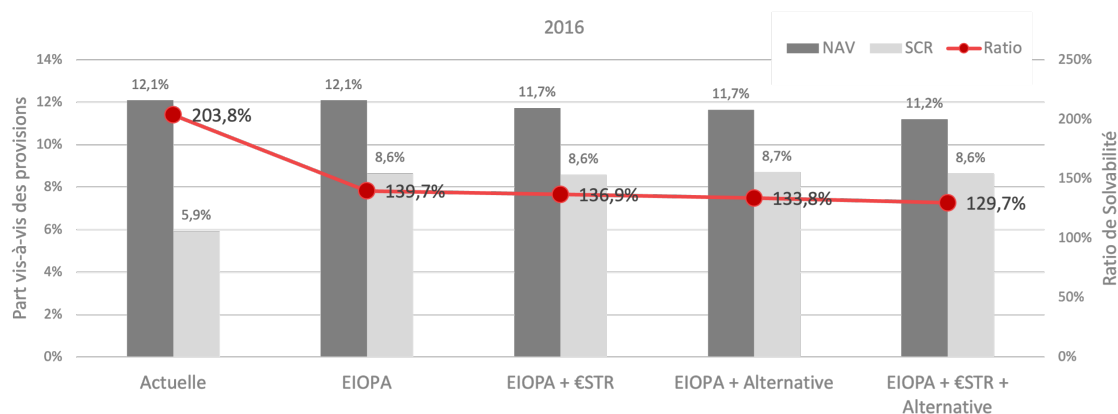


FIGURE 4.15 – Impacts sur la solvabilité causés par la méthode de chocs préconisée par l'EIOPA sur le portefeuille de 2016

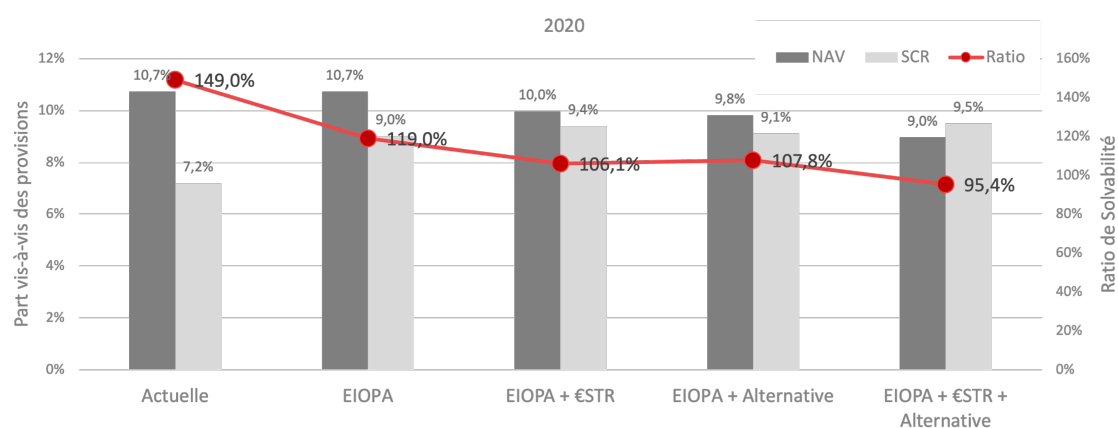


FIGURE 4.16 – Impacts sur la solvabilité causés par la méthode de chocs préconisée par l'EIOPA sur le portefeuille de 2020

## Taux de référence

Sur la base de l'€STR, la méthode de chocs de l'EIOPA cause également des écarts importants, mais relativement plus faibles qu'avec le cas central avec une baisse de 58 points en 2016 (soit 6 points de moins) et 24 points en 2020 (soit 6 points de moins également). Cette baisse est en partie causée par l'abaissement de la courbe des taux central avec l'€STR. Comme mentionné, l'effet des chocs est moins important lorsque les taux sont plus bas. Le coût total de ces deux mesures est de 67 points avec le standard en 2016 et 47 points en 2020.

## Méthode d'extrapolation

Sur la base de la nouvelle méthode d'extrapolation, la méthode de chocs préconisée par l'EIOPA provoque des écarts plus faibles qu'avec la méthode d'extrapolation alternative avec une baisse de 62 points (soit 2 points de moins) et de 26 points (soit 4 points de moins). Cette baisse est en partie expliquée par l'abaissement de la courbe centrale à partir de 20 ans. La baisse est moins importante à cause de la maturité plutôt tardive de l'abaissement. Enfin, l'effet

est plus remarquable en 2020 plutôt qu'en 2016, car la méthode alternative abaisse d'autant plus les taux quand ils sont bas (2.6).

Le coût de ces deux méthodes combinées vis-à-vis du scénario central est de 70 points en 2016 et 41 points en 2020.

### Utilisation des deux premières mesures

En utilisant la nouvelle méthode d'extrapolation et le taux de référence €STR, la méthode préconisée par l'EIOPA est légèrement moins coûteuse, mais reste, néanmoins, conséquente. Pour 2016, une baisse de 57 points est observé contre 20 points en 2020. Ce changement est résulte des mêmes raisons que celles mentionnées précédemment (baisse de la courbe des taux).

### Coût total

Finalement, le coût total de ces trois méthodes placées bout à bout entraînent une baisse du ratio de 74 points en 2016 et de 53 points en 2020. Pour cette dernière année, le ratio de solvabilité, initialement très bas, n'est plus respecté.

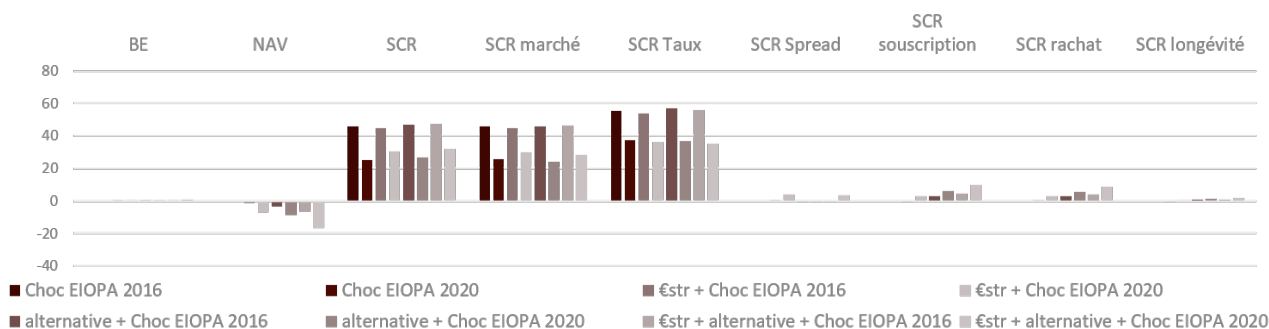


FIGURE 4.17 – Comparaison des indicateurs de références vis-à-vis du central avec l'utilisation des chocs de taux EIOPA

### 4.4.2 Méthode annoncée par la Commission Européenne

Dans le cadre des chocs de taux demandés par la modification de la Commission Européenne, l'utilisation de la méthode d'extrapolation alternative est approuvée et celle-ci est utilisée à la fois pour le calcul de la courbe centrale, mais aussi pour les courbes choquées. Par conséquent, les impacts ci-dessous prennent pour référence les résultats avec la courbe alternative. <sup>1</sup>

1. Une autre approche sera développée en annexe et se basera sur la méthode d'extrapolation de Smith Wilson d'obtenir de manière plus concrète l'écart causé par cette méthode de taux (C.7)

Année	Méthode de chocs	BE	NAV	SCR	Ratio
2016	Extrapolation Alternative	119,0%	11,7%	5,9%	196,0%
	Proposition de la CE	119,0%	11,7%	7,6%	152,5%
	Écart Relatif	0,0%	0,0%	28,6%	-22,2%
	<b>Écart en points</b>				<b>-43,51</b>
	Écart en points (Avec le central)				-51,34
2020	Extrapolation Alternative	119,9%	9,8%	7,3%	134,0%
	Proposition de la CE	119,9%	9,8%	8,2%	119,7%
	Écart Relatif	0,0%	0,0%	12,0%	-10,7%
	<b>Écart en points</b>				<b>-14,31</b>
	Écart en points (Avec le central)				-29,33

TABLE 4.2 – Écarts causés par la méthode de chocs de taux choisie par la CE

En comparant avec le central une amélioration de 19 points est observée en 2016 et d'une dizaine de points en 2020 grâce à l'amélioration du module de taux de 18 points en 2016 et de 14.92 points en 2020.

Ces différences s'expliquent du fait des deux étapes nécessaires afin d'obtenir les nouveaux chocs de la Commission Européenne.

- La première partie des chocs est aussi pénalisante que la méthode proposée par l'EIOPA jusqu'à la maturité 20 ans. En grande partie à cause de la maturité du portefeuille qui se situe dans cette période, l'impact sera donc élevé.
- La seconde partie des chocs est moins pénalisante du fait d'une convergence rapide vers l'UFR choqué.

Ces deux points sont observables en comparant les évolutions des écarts entre les chocs et avec le central.

En distinguant, les deux dates d'évaluation, les écarts de méthodes suivant le niveau des taux existant est toujours présent, mais il est réduit.

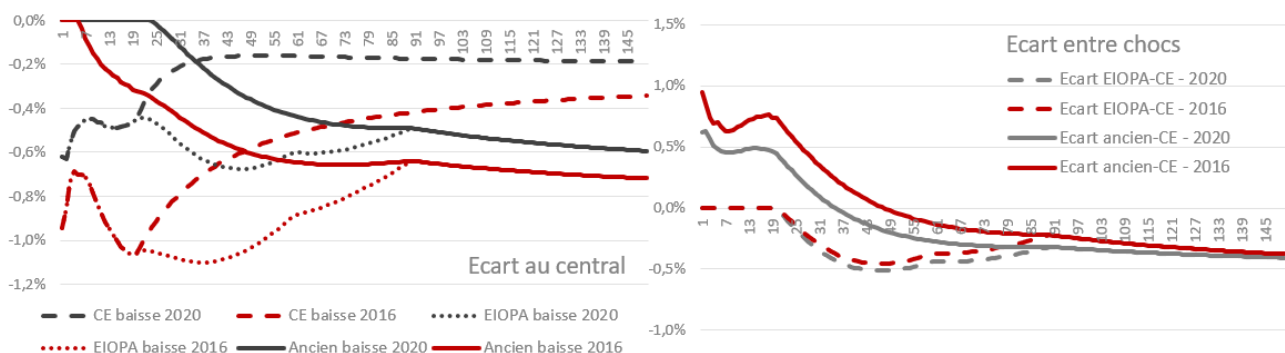


FIGURE 4.18 – Différence de choc entre le central et les deux méthodes de chocs

De la même manière que les parties précédentes, il est nécessaire de passer au taux de référence €STR. Sur cette base, les écarts obtenus sont les suivants :



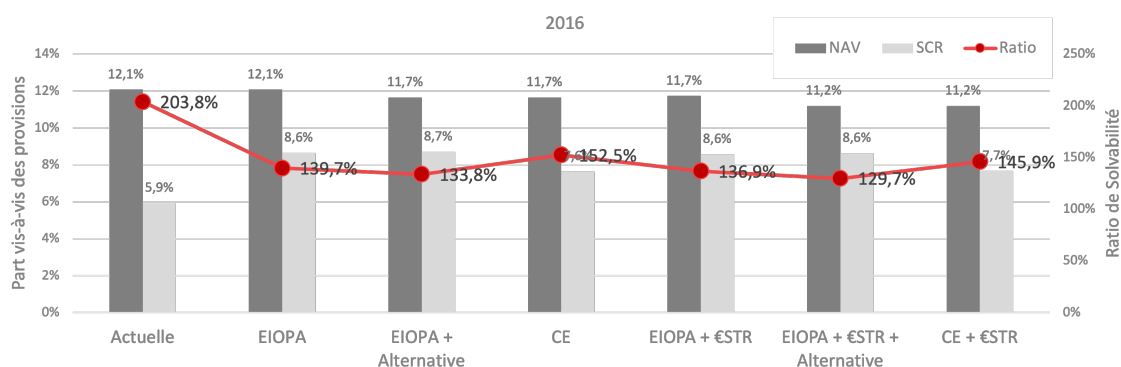


FIGURE 4.19 – Impacts sur la solvabilité causés par la méthode de chocs de la commission Européenne sur le portefeuille de 2016

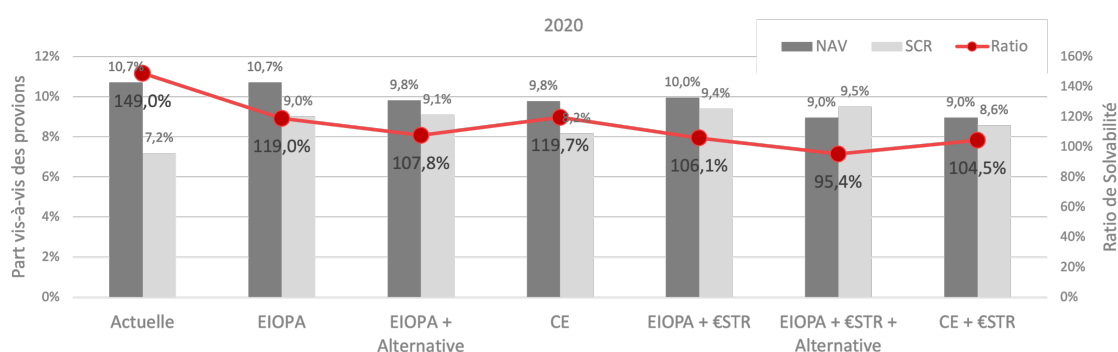


FIGURE 4.20 – Impacts sur la solvabilité causés par la méthode de chocs de la commission Européenne sur le portefeuille de 2020

La baisse constatée par les chocs de la Commission entraîne une perte de 41 points en 2016 et 11 points en 2020. De la même manière que pour les anciens, l'utilisation des taux de référence €STR réduit la variabilité causée par la nouvelle méthode de chocs (Car les taux sont plus bas et les chocs sont moins importants).

### Méthode transitoire

L'ensemble de ces coûts sera présent à terme, mais la mise en place fait appel à un mécanisme transitoire qui sera décrit prochainement par la commission et restera en place pendant une période de 5 ans.

À titre d'exemple, la méthode transitoire proposée par l'EIOPA dans le cadre de sa méthode de choc des taux est utilisée. Par exemple, une pondération entre les nouveaux chocs et les anciens peut être mise en place afin de réduire les écarts. Les pondérations étaient de plus en plus fortes envers les nouveaux au fil des 5 années.

### Coût total

Finalement, la modification par le changement du taux de référence, par la méthode d'extrapolation et les chocs préconisés par la Commission Européenne crée une baisse du ratio de solvabilité de :

- 57 points pour un portefeuille de type 2016 avec un environnement économique proche de cette période et un portefeuille semblable,
- 44 points pour un portefeuille de type 2020 avec un environnement économique proche de cette période et un portefeuille semblable.

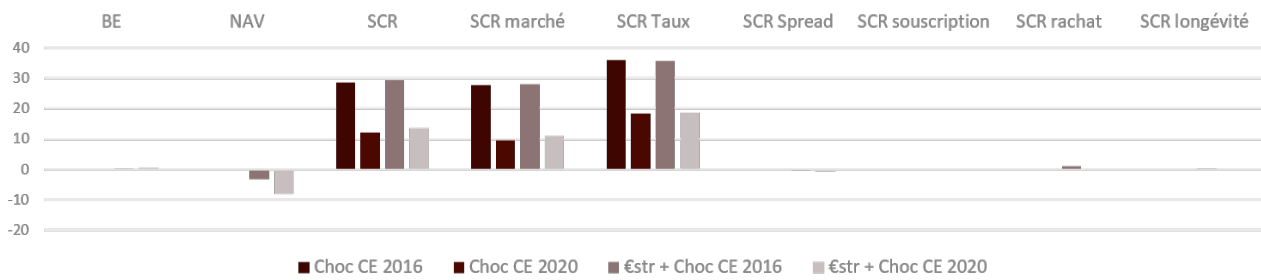


FIGURE 4.21 – Comparaison des indicateurs de références vis-à-vis du central avec l'utilisation des chocs CE

## Conclusion du chapitre

Comme attendu, l'ensemble des mesures, concernant les taux, apportées par l'approbation de la Commission Européenne suite aux suggestions de l'EIOPA et la prise en considération du taux €STR ont un impact non négligeable sur la solvabilité d'un assureur (avoisinant 50 points selon le niveau des taux). Les effets observés ne sont pas sommables du fait de l'interdépendance existante lors des calculs de chacun des points cités. Séparément, sur la base du portefeuille de 2020 ayant un ratio de solvabilité à 149%, les impacts observables et conservés dans la suite montrent les variations suivantes :

Évolution	Méthode	Pertes	Pertes cumulées <sup>a</sup>
Taux de référence	€STR	-18	-18
Extrapolation	Alternative	-15	-34
Chocs	CE	-18	-45
Chocs	EOIPA <sup>b</sup>	-30	-53

TABLE 4.3 – Récapitulatif des impacts sur la solvabilité causés par les évolutions méthodologiques de la courbe des taux

Dès lors, la comparaison entre les deux portefeuilles de 2020 et de 2016 montrent qu'une disparité existe ayant pour cause l'environnement économique présent (notamment avec le niveau des taux sur les marchés). Le changement de taux de référence et la nouvelle méthode d'extrapolation ont tendance à avoir moins d'influence quand les taux sont importants. A contrario, lorsque l'environnement économique des taux est dégradé, la nouvelle méthode de choc à pour avantage d'être légèrement plus favorable. Enfin, à travers les études traitées, les méthodes connaissant de plus grandes variations face aux niveaux des taux sont de manière croissante : La méthode d'extrapolation, le changement de taux de référence et la méthode de choc.

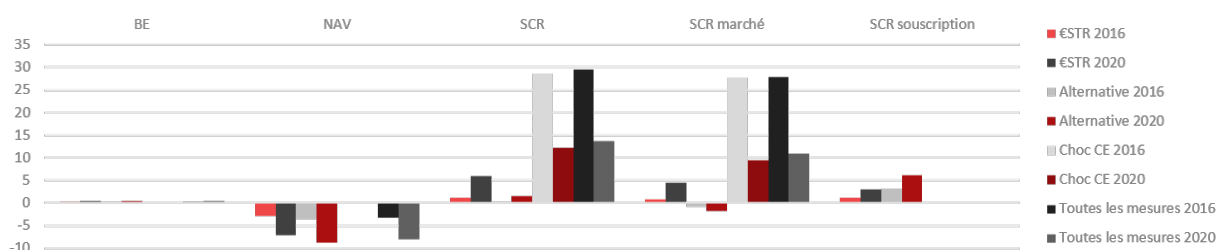


FIGURE 4.22 – Résumé des impacts vis-à-vis du central

De la même manière que l'installation des taux bas et durables, les assureurs vont devoir trouver des solutions pour contrer la perte de points de solvabilité causée par les évolutions autour de la courbe des taux.

**Quels sont les leviers d'influences pour un assureur afin de répondre à cette perte en termes de points de solvabilité ?**

<sup>a</sup>. Le cumul n'est pas une somme directe, mais résulte des calculs des SCR avec l'ajout progressif des méthodes lors des simulations, cet aspect est surtout remarquable lors de la méthode de choc de taux, car les écarts de points de solvabilité sont plus importants

<sup>b</sup>. Non conservé dans la suite

---

## CHAPITRE 5

---

---

### PROPOSITIONS D'AXES DE PILOTAGE

---

Combinés, les écarts apportés par les évolutions de méthodes, précédemment citées, causent des impacts non négligeables sur la solvabilité des assureurs.

Il est donc nécessaire de réfléchir à d'éventuelles adaptations modifiant le passif par le biais des nouvelles souscriptions, mais aussi pour l'actif, notamment avec les diverses allocations choisies par l'assureur.

L'objectif de ce chapitre est de trouver des solutions pour tenter d'atténuer les effets des nouvelles méthodes autour de la courbe des taux pour des fins de solvabilités. Dans la même idée, l'autre point d'attention sera également de réduire l'écart de méthode causé par les évolutions méthodologiques autour de la courbe des taux afin de retrouver progressivement son niveau initial.

#### 5.1 Hypothèses et projections de portefeuilles

Les propositions de pilotages apportées seront réalisées grâce à l'apparition de nouveaux stocks entrants dans le portefeuille initial de 2020 au fil des diverses projections suivantes. Leurs contrats connaîtront, au fil du temps, des modifications en lien avec le pilotage accordé. Cette action permettra de regarder l'influence de ces nouveaux contrats sur la solvabilité d'un assureur. Le portefeuille sera projeté sur un horizon de 10 années, le plaçant à terme en 2030<sup>2</sup>. La manœuvre effectuée reflétera les mesures pouvant être prises par un assureur, car une fois qu'un contrat est souscrit, il n'aura plus la possibilité de modifier les termes qui le composent sans accord de l'assuré (dans le cas de l'assurance vie). De plus, cette étude n'intégrera pas la mise en place finale qui devrait voir le jour en janvier 2025 et les éventuelles périodes transitoires venant lisser les impacts ne seront pas considérées. Les évolutions méthodologiques seront appliquées dans leur intégralité, telles qu'elles ont été annoncées, dès la première année de projection. L'objectif est de regarder directement l'étude d'impact et l'influence des leviers sur le nouveau portefeuille<sup>3</sup>. Ainsi, les prochains chiffres d'impacts annoncés seraient en réalité moins pénalisants dans la pratique, car les portefeuilles, dans un premier temps, bénéficieraient d'un cadre réglementaire grandement allégé.

---

2. En date de dernière publication de l'EIOPA, la date d'installation avec toutes les mesures sera en 2032

3. Les leviers apportés auront un effet symétrique avec un portefeuille utilisant la méthode actuelle, c'est pourquoi l'ensemble des propositions de pilotage sera effectué sur le portefeuille avec les nouvelles méthodes (Nouveau central)

### 5.1.1 Principe de projection

La réalisation des dix projections du portefeuille initial sera réalisée grâce aux calculs de SCR projetés qu'intègre l'outil interne SALLTO. (3).

Pour rappel, dans un but de gain d'optimisation de temps de calculs, les différents bilans constitués au fil des projections sont obtenus sur la base d'une évolution suivant des hypothèses déterministes fixées (Simulation en monde réel). Les bilans simulés sont ensuite projetés en risque neutre de la même sorte que les calculs de SCR obtenus dans les parties précédentes.

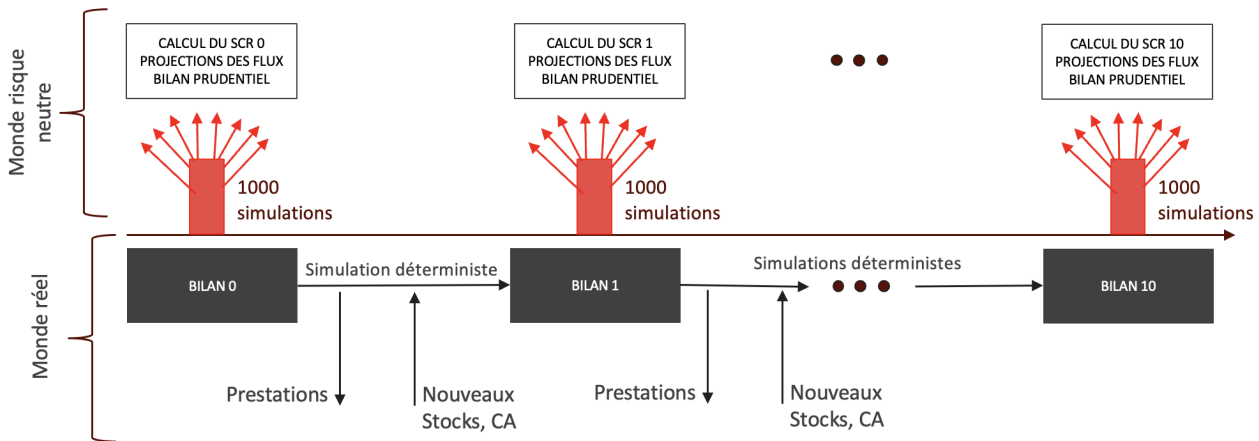


FIGURE 5.1 – Principe de calcul d'un SCR projeté

Les scénarios financiers déterministes choisis à travers les projections sont les suivants :

- la partie monétaire sera basée sur le taux à une année,
- revalorisation des actions : 5% par année de projection,
- revalorisation de l'immobilier : 5% par année de projection,
- les taux seront considérés constants durant les projections et c'est la courbe du 31/12/2020 qui sera utilisée (une courbe relativement basse encore négative à la maturité 20 ans),
- le coefficient d'actualisation sera  $t_1 = \frac{1}{1+\text{taux monétaire}}$  pour la première année puis  $t_{n+1} = t_n \cdot \frac{1}{1+\text{taux monétaire}}$  pour les années suivantes,
- l'inflation sera fixée à 0.9%.

### 5.1.2 Choix des hypothèses centrales

Pour mesurer les comportements du portefeuille au fil des projections suivant les hypothèses de pilotages choisies, le portefeuille de 2020 sera conservé sous deux formes, représentant les deux scénarios centraux utilisés dans la suite :

- Le premier scénario utilisé sera le portefeuille de 2020 avec l'ensemble des méthodes actuellement utilisées. Le taux de référence sera l'EIONA, la courbe des taux est extrapolée suivant la méthode de Smith Wilson et les chocs actuels sont conservés. Par la suite, ce portefeuille sera nommé : **Ancien central**. Ce portefeuille représentera une approche de la solvabilité qu'un assureur aurait eu sans la mise en place des nouvelles mesures.
- Le second scénario sera toujours basé sur le portefeuille de 2020, mais avec l'ensemble des méthodes proposées par la Commission Européenne et celle rentrant en vigueur en 2022 (taux de référence). Ainsi, le taux de référence sera basé sur l'€STR, la courbe des taux sera extrapolée avec la méthode alternative et les chocs appliqués seront ceux

mentionnés par la Commission Européenne. Dans la suite, ce portefeuille sera nommé : **Nouveau central**. Les axes de pilotages seront effectués sur ce portefeuille. L'objectif sera, au fil des projections, de se rapprocher de l'Ancien central (sans les pilotages, car ceux-ci n'auraient pas été tous pris sous cette forme sans la mise en place des évolutions méthodologiques).

Ensuite, pour chaque projection de portefeuilles, des nouveaux entrants (nouveaux stocks) seront considérés. Les affaires nouvelles représenteront 3% de la part de provisions mathématiques initiale de 2020 (avec et hors UC).

Ils seront, en grande partie, basés sur les model points ayant 0% de TMG de 2020, et auront donc les caractéristiques suivantes :

- le TMG sera fixé à 0%,
- la part de TMG brut occupera 50% des nouveaux entrants,
- la proportion d'UC souscrite sera de 22% de l'encours,
- le taux servis N-1 sera de 1%,
- la table de mortalité sera la TF0002,
- l'âge moyen sera fixé à 60 ans (âge moyen de l'ensemble du portefeuille),
- les frais de gestion seront de 0.5% pour l'euro et l'UC,
- les chargements seront de 0.8% pour l'euro et 0.9% pour l'UC.

Sous ces hypothèses et après projection sans pilotage, les deux portefeuilles donnent les ratios de solvabilité suivants :

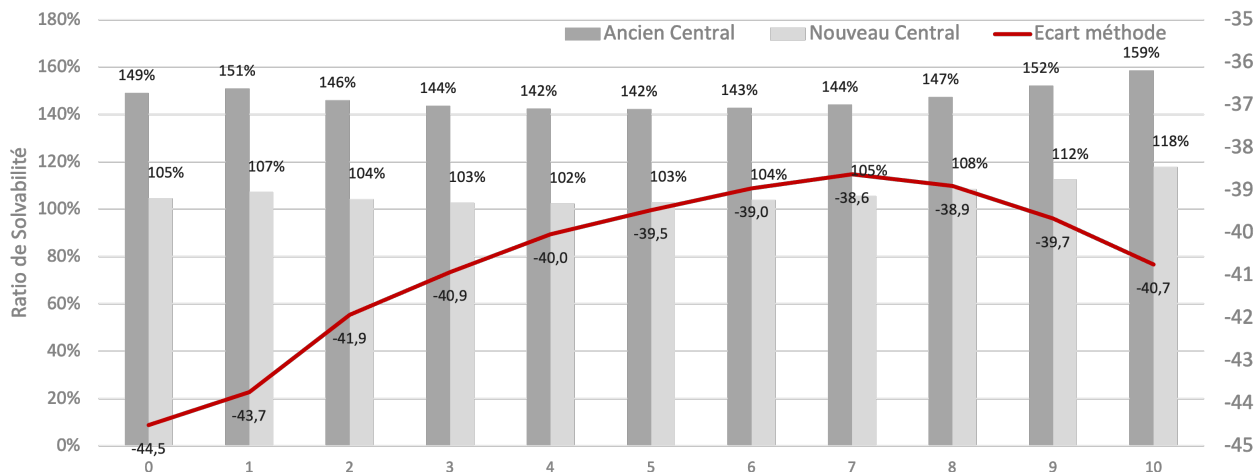


FIGURE 5.2 – Comparaison des deux portefeuilles centraux projetés sur 10 années

Au fil des projections, l'arrivée des nouveaux stocks permet à l'assureur de gagner 9 points pour l'ancienne méthode et 13 dans l'autre cas, après dix années de projection. L'écart entre les deux projections est donc réduit avec le temps. Les nouveaux stocks permettent d'ores et déjà de gagner quelques points en termes de solvabilité. Cet aspect s'explique par le climat actuel des taux bas qui s'installe. Les assureurs étaient déjà poussés à prendre certaines mesures, notamment avec la part grandissante d'UC et de TMG brut en 2020 vis-à-vis de 2016. L'ancien portefeuille semble mettre plus de temps avant de voir les impacts apportés par les nouveaux contrats. Cependant, une fois que la part des nouveaux contrats est assez conséquente au sein du portefeuille, l'importance de celle-ci devient plus observable.

## 5.2 Axes de pilotage

Au vu des résultats, sans aucune mise en place de pilotage et dans un climat économique semblable, la politique de gestion et d'investissement actuelle permet d'atteindre une dizaine de points supplémentaires en termes de ratio de solvabilité avec le Nouveau Central après 10 ans de projection.

Le ratio de solvabilité projeté à dix ans reste très bas (117%), certaines mesures nécessitent d'être prises afin de permettre de rehausser ce ratio et de se rapprocher de la projection de l'ancien central (158%).

Pour contrer ce phénomène, l'assureur doit trouver le juste milieu entre l'amélioration de ses marges et la conservation d'une certaine rentabilité pour les assurés. Pour cela, l'assureur peut effectuer certaines modifications sur la composition de ses allocations d'actifs afin d'améliorer son rendement sans prendre trop de risque, toujours dans un but d'exigence réglementaire afin de respecter ses engagements. Il peut également jouer sur certaines particularités des nouveaux contrats qui entreront dans son portefeuille au fil des années, en modifiant sa politique commerciale et marketing, par exemple. Dans le cadre de ce mémoire, seule la solvabilité est étudiée, le point de vue sera donc celui de l'assureur uniquement.

Dans un premier temps, divers changements seront effectués sur les hypothèses choisies pour l'investissement et les nouveaux entrants à travers des sensibilités, afin d'observer l'impact des nouvelles politiques de l'assurance au cours des dix années de projection. Ces observations permettront simplement d'avoir un point de vue sur des potentiels leviers choisis, mais n'indiqueront pas avec précision lesquels choisir ni avec quelle intensité. L'idée de ce mémoire est d'orienter vers certaines pistes, les pilotages proposés peuvent être très variables d'un portefeuille assureur à un autre et être en désaccord avec certaines prises de décisions politiques ou marketing des compagnies.

Les prochains graphiques représentent la valeur de certains indicateurs de solvabilité issus du cas central lors de la projection 1<sup>1</sup> et 10 sur les différents leviers considérés. Ainsi, les prochains histogrammes, présentant les évolutions de la décomposition des SCR suivant les mesures choisies, permettront de comprendre plus en détails les raisons des variations. Le graphique suivant concerne le cas central projeté à une année et dix années. Comme pour la partie précédente, les résultats de la décomposition du SCR sont exprimés vis-à-vis du SCR global. La NAV et le BE seront comparés à leurs valeurs initiales respectives dans le cas central.

---

1. seulement quand le ratio de solvabilité n'est plus acceptable

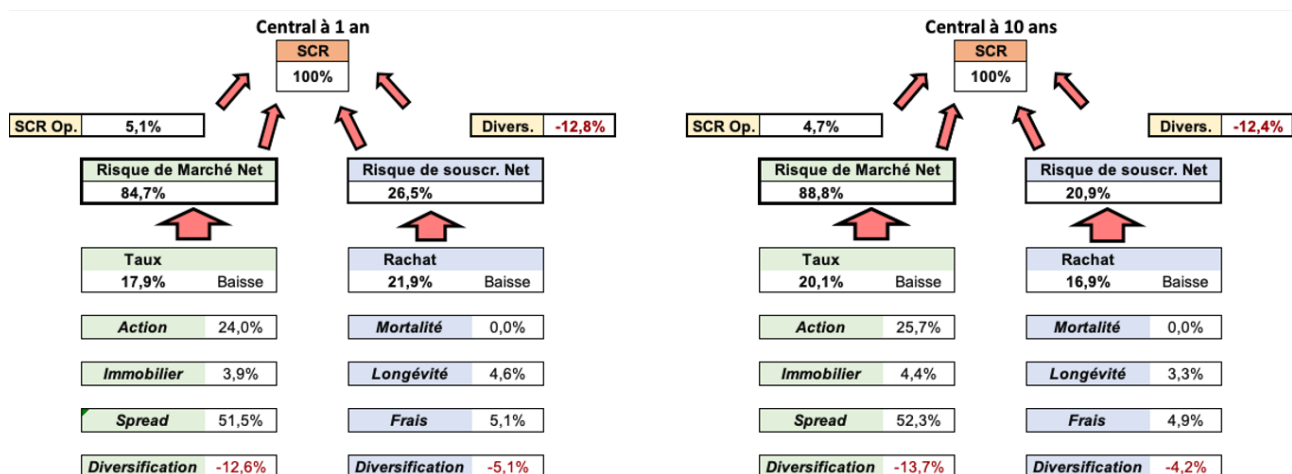


FIGURE 5.3 – Décomposition du SCR dans le cas du scénario central pour les projections 1 et 10

La décomposition montre que dans les deux cas, la part du SCR actions et du SCR spread dominant le SCR marché. Du côté du SCR de souscription et au vu des résultats des impacts du précédent chapitre, un point d'attention sur le SCR de rachat et le SCR de longévité seront apportés. Globalement et comme pour le chapitre précédent, la part accordée dans le SCR au module de marché est considérable, avec plus de 80% hors diversification dans les deux cas. Ainsi, une faible variation aura des effets conséquents dans le calcul du SCR global. En comparant les deux projections, une baisse du SCR de souscription est remarquable. Cet aspect s'explique, en partie, par une baisse du SCR accordé au module de rachat. L'arrivée des nouveaux contrats est bénéfique à l'assureur par la forte part de TMG brut accordé (50%), les engagements sont donc diminués. De plus, les nouveaux rentrants sont fixés de manière constante dès l'année 0 de projection, il n'y a pas de réajustement réalisé pour stabiliser la quantité d'encours. Cet aspect peut aussi mener vers une baisse des engagements si au fil des projections la part d'entrants n'est pas assez importante.

## 5.2.1 Leviers sur l'actif

Les premières mesures pouvant être prises sont celles concernant les actifs du bilan des assureurs. Sous la directive de Solvabilité 2, un assureur se doit de pouvoir dégager des rendements suffisants afin de respecter les engagements qu'il s'est fixé en acceptant certains contrats. Il doit donc ne pas prendre trop de risque et être certain de pouvoir dégager un montant suffisant de cash pour répondre à son exercice. La composition de ces allocations a une importance particulière dans le cadre de la gestion ALM.

### 5.2.1.1 Modification de la composition du portefeuille

La première possibilité pour un assureur peut être d'essayer de prendre légèrement plus de risques, tout en conservant un coussin d'amortissement suffisant par le biais d'obligations. Dans un premier temps, une hausse de la part des actifs risqués sera prise pour observer le comportement du portefeuille face à une telle allocation.

#### Hausse des actions

À l'instar des placements en UC, une plus grande part d'investissement en actions (bien diversifiées) peut permettre d'obtenir des rendements plus intéressants que les placements en obligations. Cependant, cette possibilité d'investissement est très fluctuante, du fait de la forte



volatilité des actifs présents sur ce marché. Ainsi, le besoin en capital pour couvrir les éventuelles pertes subies par le placement des actions est important. En d'autres termes, plus la part d'actions est importante au sein d'une allocation d'actifs, plus la part de besoins en capital sera importante pour couvrir les fluctuations et donc le SCR action pèsera sur la solvabilité d'un assureur.

Dans le portefeuille initial (3.1), la part d'actions est relativement faible, elle se situe à 8% de l'allocation totale, ce qui laisse ainsi une petite marge de manœuvre. De ce fait, le premier levier choisi sera de diminuer la part d'obligations de 5 points afin de l'ajouter aux actions. La nouvelle part accordée aux actions sera donc de 13% de l'allocation totale.

### Hausse des actions et de l'immobilier

L'autre possibilité procurant un fort rendement concerne la part en immobilier de l'allocation. Cependant, de la même manière que pour le risque action, l'immobilier présente certaines fluctuations pouvant impacter le SCR immobilier de manière importante. Les gains apportés par la prise de risque peuvent donc être absorbé par le besoin en capital nécessaire pour répondre à ce type de risque. Une première sensibilité avec une hausse de 5 points sera réalisée comme pour les actions.

Ensuite, un mélange présentant 2 points d'actions et 3 points d'immobilier sera également étudié. La part d'immobilier de 1 point supplémentaire est choisie, car les actions demandent un capital requis plus important.

### Récapitulatif des modifications effectuées sur le portefeuille initial

Les premiers tests seront donc basés sur la composition initiale et les allocations conservées sont les suivantes :

Investissement	Initial	Initial 1 (actions)	Initial 2 (combiné)	Initial 3 (immobilier)
Actions	8,0%	13,0%	10,0%	8,0%
Immobilier	2,0%	2,0%	4,0%	7,0%
OPCVM	15,0%	15,0%	15,0%	15,0%
Obligations	74,7%	69,7%	69,7%	69,7%
Monétaire	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%

TABLE 5.1 – Modifications effectuées sur le portefeuille initial dans le cadre des investissements

### Investissements alternatifs

Afin de modifier les investissements initiaux de manière moins soudaine, un investissement alternatif a été réalisé en augmentant la part d'action de 1 point et d'immobilier de 2.5 points <sup>1</sup>. La part monétaire est placée à 0 et le reste des modifications de points sont piochées dans la poche obligataire.

Ensuite, d'autres investissements sont réalisés à partir de l'investissement alternatif en effectuant des modifications sur les parties les plus influentes (hors obligations) du portefeuille. La première possibilité est une nouvelle fois la légère hausse de la part d'action en ajoutant

1. Cette approche permet de rejoindre les statistiques réalisées par Good Value for Money [19] qui diffèrent légèrement de celles réalisées par l'EIOPA et qui étaient disponibles que tardivement

1 point. La seconde est de gonfler l'immobilier en ajoutant de nouveau 1 point. Enfin, la dernière possibilité sera d'utiliser une part importante des obligations 5 points dans les OPCVM possédant le même rating et la même maturité que la moyenne de la poche obligataire.

Investissements	Alternatif	Alternatif 1 (actions)	Alternatif 2 (immobilier)	Alternatif 3 (OPCVM)
Actions	9,0%	10,0%	9,0%	9,0%
Immobilier	4,5%	4,5%	5,5%	4,5%
OPCVM	15,0%	15,0%	15,0%	20,0%
Obligations	71,5%	70,5%	70,5%	66,5%
Monétaire	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

TABLE 5.2 – Modifications effectuées sur le portefeuille alternatif dans le cadre des investissements

L'ensemble de ces scénarios a été projeté sur 10 ans, ce qui a permis d'obtenir les ratios de solvabilité suivants :

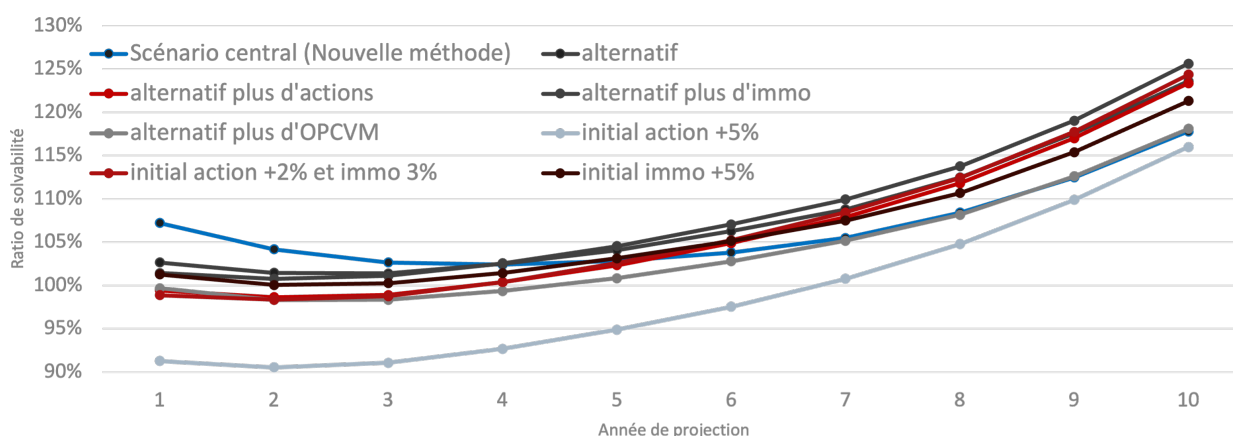


FIGURE 5.4 – Influence causée par les choix d'investissement sur la solvabilité

Ces projections montrent que dans un climat où les taux sont faibles, la marche de manœuvre est délicate, du fait du fort besoin en capital exigé par certains actifs. En conservant l'investissement initial, un transfert de 5% des obligations vers des actifs risqués (actions, immobilier) provoque une perte en termes de solvabilité. Cette perte s'explique par une absorption complète de la NAV par le SCR. Le besoin en capital a augmenté de treize points, en partie causé par la hausse considérable du SCR action qui a un poids important dans le cadre du SCR de marché. Le même cas est observé pour la version avec plus d'actions couplées à de l'immobilier, mais dans une moindre mesure avec une hausse maximale de 9 points. Finalement, pour les cas initiaux, seul la hausse de l'immobilier est acceptable, l'assureur présente une solvabilité admissible pour l'ensemble des projections.

Pour les méthodes alternatives, le cas central semble bien se comporter, l'assureur reste toujours solvable et gagne 5 points à terme. En prenant des allocations plus risquées, le portefeuille retrouve le même cas de figure que le portefeuille Initial 2 quand la part d'actions augmente. Cependant, en rehaussant l'immobilier plutôt que les actions, le gain apporté par ces nouveaux placements sont suffisants pour contrer le besoin de capital exigé. Sous cette hypothèse, l'assureur gagne près de 8 points au bout des dix années de projections. Enfin, le dernier cas concerne la hausse de la part d'OPCVM de 5%. L'effet immédiat est la hausse du spread qui pour la

première fois lors de ces tests d’allocations, surpasse le cas central. Le SCR spread a une part dominante au sein du portefeuille, ainsi le SCR spread qui gagne plus de 2 points provoque une hausse importante du SCR global ce qui coute la solvabilité de l’assureur.

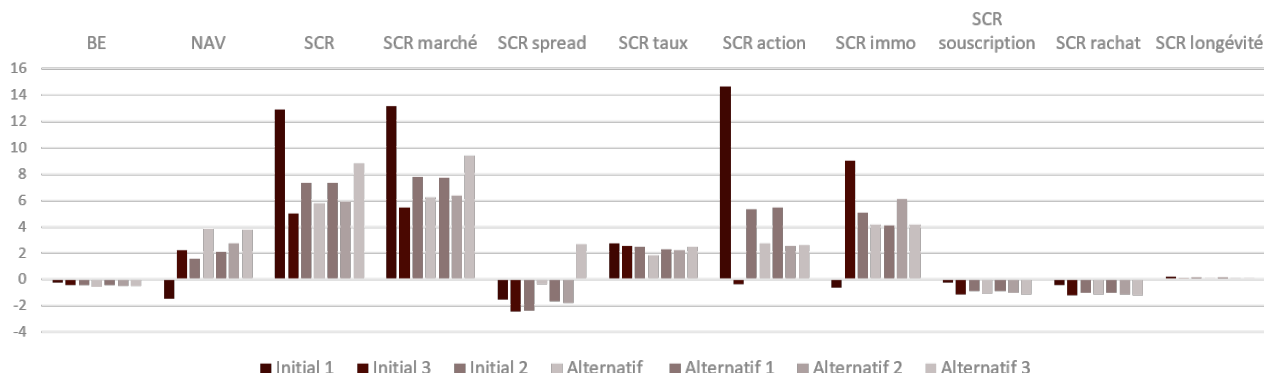


FIGURE 5.5 – Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central pour l’investissement

Finalement, les scénarios admissibles sont l’alternatif, l’alternatif 2 (avec plus d’immobilier), l’initial (le cas central) et l’initial 3 (le cas central avec une hausse de 5% d’immobilier). Étant donné, que l’objectif concerne la solvabilité seul, les deux premiers cités seront conservés, car ils présentent les meilleurs gains avec respectivement 5% et 8%.

### 5.2.1.2 Réinvestissement des obligations arrivant à maturité

Hormis la part d’allocation considérée dans le portefeuille d’actif d’un assureur, la forme que prend la composition de la poche obligataire est primordiale. En effet, cette part répond directement aux respects des engagements d’un assureur. C’est pourquoi, un assureur n’est pas voué à dégager des bénéfices par des achats et des ventes sur les obligations qu’il détient dans un but d’augmenter sa profitabilité. L’assureur effectue, la plupart du temps, des réinvestissements sur ces obligations arrivant à maturité, il investit les bénéfices dégagés dans de nouvelles obligations afin de prolonger son portefeuille. Par définition, une obligation est définie par ses coupons, sa maturité, sa périodicité <sup>1</sup> et sa notation. C’est donc sur ces points que les sensibilités seront effectuées afin de choisir les leviers les plus bénéfiques toujours en vision assureur uniquement.

### Modification de la maturité des obligations

Déjà mentionné, la maturité des obligations, qui influencera directement la duration d’un portefeuille, est un levier délicat. En effet, d’une part, un assureur se doit de réduire le plus possible le gap de duration actif passif. Généralement, la duration du passif est supérieure à celle de l’actif, pour réduire cet écart, l’investissement dans des obligations de plus grandes maturités est une solution. L’augmentation de la maturité implique une hausse des coupons, car la courbe des taux sans risque de l’EIOPA est croissante, ainsi, les taux de marché sont plus élevés. Cet effet semble donc favorable, néanmoins, en cas de remonté des taux, les obligations achetées verront leur valeur diminuer et auront des rendements plus faibles que les nouvelles obligations du marché. Dans ce cas-là, l’assureur peinera à dégager rapidement des bénéfices. Il ne pourra donc pas servir des taux plus hauts ce qui entraînera potentiellement de nombreux rachats face

1. par simplicité ce mémoire considère des obligations dont les coupons sont payables annuellement

à la concurrence. D'autre part, la diminution de la maturité aura un effet inverse. Le gap de duration sera encore plus important ce qui en cas de baisse des taux pénalisera d'autant plus le bilan des assureurs. En effet, les obligations achetées seront vite réinvesties, mais n'auront pas dégagées de fort rendement et ce réinvestissement s'effectuera dans une obligation avec un prix élevé procurant de faibles rendements. Cet aspect viendra donc impacter directement la NAV et une diminution sera observée.

Le module du risque de marché sera aussi impacté par le sous-module de spread en plus du sous-module de taux. Le spread se traduit comme la différence entre le bid (offre) et l'ask (prix de vente) d'un titre ou d'un actif (2.1.1). Dans le cas où l'actif financier est une obligation alors le spread sera représenté comme la différence entre le rendement actuariel de l'obligation et celui d'un emprunt sans risque de durée équivalente. La hausse de la valeur du spread augmente le module associé, pour rappel, le SCR spread ce calcul comme suit :

$$SCR_{spread} = SCR_{bonds} + SCR_{securisation} + SCR_{cd} \quad (5.1)$$

Le SCR bonds correspond aux obligations et est obtenu comme la somme des valeurs de marché des obligations avec un coefficient dépendant de la notation, duration ... Ce coefficient a tendance à augmenter si la duration augmente ou si la notation se dégrade. Les deux autres termes correspondent respectivement au SCR associés à la titrisation et aux dérivés de crédit.

Afin de tester ces leviers quatre possibilités autour de la maturité de référence de 10 ans seront choisies : 5 ans (pour effectuer un écart important à la baisse), 8 ans (pour baisser la maturité tout en affectant le gap actif passif du moins possible), 12 ans <sup>1</sup> (pour avoir une duration des obligations égales à celle du passif), 15 ans et 20 ans (afin d'observer les leviers en rehaussant grandement les échéances).

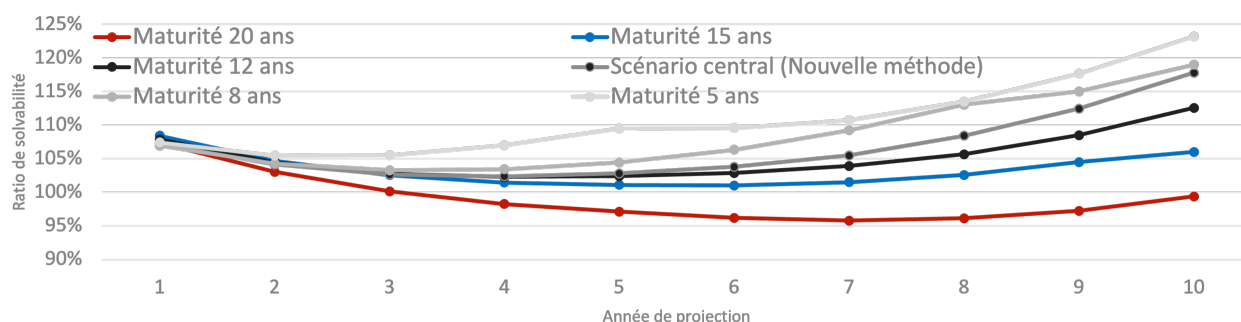


FIGURE 5.6 – Influence causée par la maturité lors du réinvestissement d'obligations sur la solvabilité

La première idée qui consistait à augmenter la maturité des obligations pour obtenir des coupons plus avantageux et à réduire le gap de duration actif passif n'est pas viable. En effet, en réalisant cela, la NAV augmente plus que dans le cas des maturités faibles, mais le SCR connaît lui aussi une augmentation importante. La hausse de la maturité (et donc la hausse des coupons) implique une hausse de la valeur des obligations concernées. Ainsi, le niveau de spread augmente car l'obligation s'éloigne du prix exercé dans le cas d'un emprunt sans risque. Le SCR spread augmente donc considérablement (plus de 20 points pour le cas 15 ans) et est déjà prépondérant de base.

À l'inverse des investissements courts provoquent comme attendu de plus faible rendement, mais la baisse du SCR entraîne un gain de solvabilité. Ce gain résulte une nouvelle fois des

1. la duration du passif se situe à 12.5 ans, mais l'outil accepte seulement des nombres entiers

spread. La diminution de la valeur obligataire les rapproche de la valeur des emprunts sans risque et donc le spread diminue. Le SCR associé est donc mécaniquement plus bas.

Il est aussi remarquable que le SCR taux évolue de manière inverse au SCR Spread, avec une ampleur plus réduite (écart maximal en valeur absolue de 15 points).

Dans le cas d'une diminution de la maturité, il est possible d'observer les "ruptures" associées aux maturités investies (5 et 8 ans). L'assureur pendant un certain temps doit investir en plus grande quantité, car plusieurs obligations sont arrivées à maturités, à la fois celles déjà possédées et celles réinvesties.

Enfin, dans le cas de la hausse des maturités, il est remarquable qu'une hausse importante provoque une hausse plus importante du SCR vis-à-vis de la NAV expliquant ainsi la perte de profitabilité. Cet aspect montre qu'un changement important n'est pas nécessaire pour induire des modifications importantes.

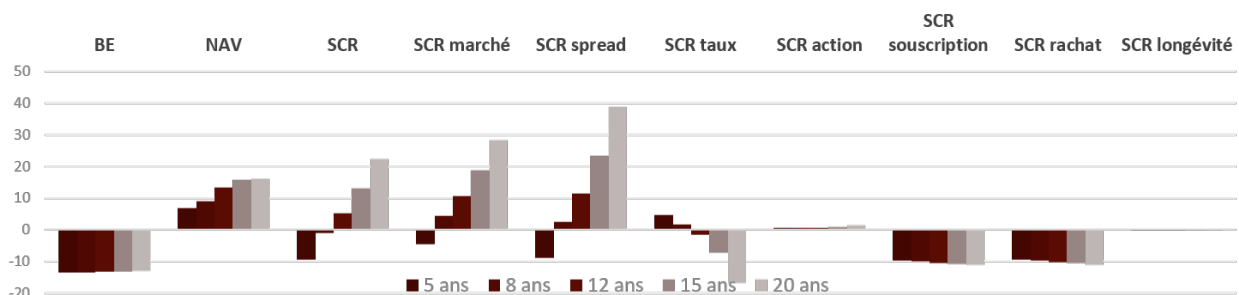


FIGURE 5.7 – Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central pour la maturité des obligations

En termes de solvabilité, les maturités 5 ans et 8 ans offrent le meilleur gain en termes de solvabilité et pourront être conservées dans la suite. Il faut garder à l'esprit que ce choix-là est défavorable en cas de baisse des taux. Le gap actif passif sera également augmenté.

Il est important de rappeler que les points obtenus précédemment sont issus de la présence d'obligations souveraines et d'obligations corporates dans le réinvestissement. Ces dernières sont, en effet, soumises au risque spread contrairement aux obligations d'état. Si l'investissement se focalisait sur des nouvelles obligations souveraines seulement, alors dans ce cas de figure, les résultats mentionnés seraient modifiés et même inversés. Ainsi un réinvestissement total dans des obligations d'état conduirait vers des résultats inversés avec une hausse de la maturité et la NAV serait donc aussi améliorée. La hausse de la maturité conduirait donc à une amélioration progressive du ratio de solvabilité.

Finalement, ce levier est à prendre avec précaution et sera donc lié de manière importante aux types d'obligations que va choisir l'entreprise d'assurance. De plus, il faudra toujours être vigilant vis-à-vis de la capacité à pouvoir s'adapter en cas de hausse des taux.

## Modification du rating

L'autre aspect important des obligations réside dans la notation qu'elles leur sont accordées. Le rating donné décrit la dimension de risque et donc le niveau de sécurité (plus ou moins élevé) existant pour une obligation.

De manière générale, le rating d'une obligation aura donc une importance sur le rendement des obligations. Plus l'obligation est faiblement notée plus celle-ci est supposée risquée, le coupon

distribué est donc plus élevé afin de prévenir les potentiels aléas pouvant survenir. De la même manière qu’avec la maturité, la notation influera directement sur le sous-module du risque spread. Plus la notation sera élevée plus le spread sera important car la valeur de l’obligation augmentera ce qui rehaussera le SCR spread.

Le rating utilisé lors des simulations est celui de Standard and Poor’s (D.1)

Pour rappel, le rating initialement choisi pour le réinvestissement en 2020 était celui du rating moyen du portefeuille soit A. Une grille de trois notations a été choisie afin de voir l’impact du rating sur la solvabilité de l’assureur au cours des dix projections :

- AA, amélioration importante,
- A, cas central,
- BBB, diminution importante

L’objectif était de rehausser et d’abaisser la notation centrale A afin d’observer les éventuels bénéfices d’une certaine prise de risque sur la solvabilité.

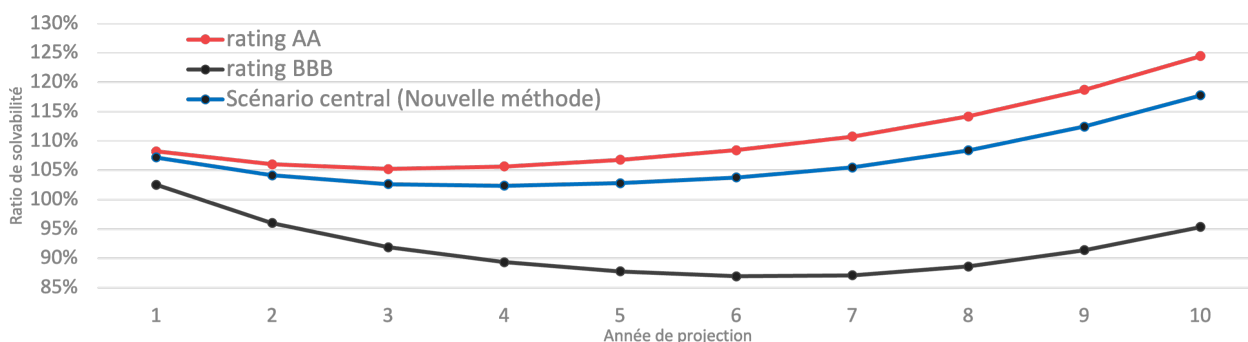


FIGURE 5.8 – Influence causée par le rating lors du réinvestissement d’obligations sur la solvabilité

De la même manière que les leviers pris sur les maturités, la dégradation du rating obligataire entraîne une hausse considérable du SCR spread, dans le cas où le rating est BBB le SCR associé au spread gagne 27 points vis-à-vis du central. L’augmentation qui en résulte est une hausse importante du SCR de 22 points. À l’inverse, si l’assureur choisit de réaliser un investissement moins risqué alors son besoin en capital réduit pour des raisons inverses. L’impact est plus remarquable quand la translation de rating est à la baisse.

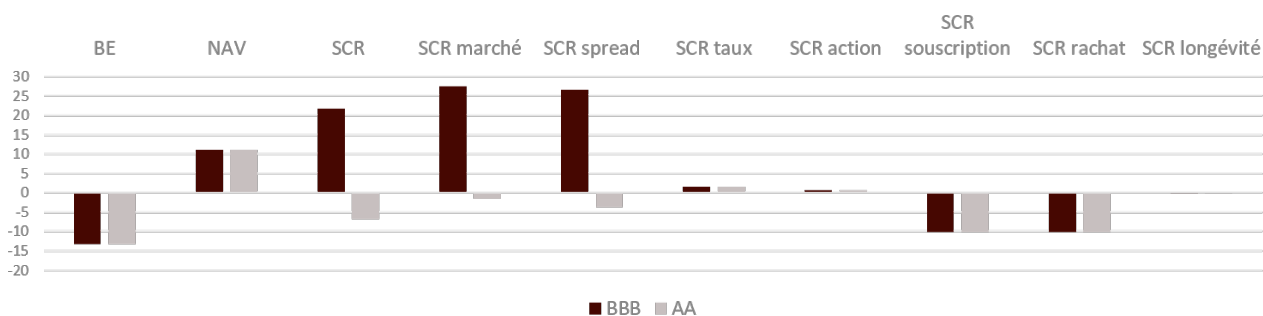


FIGURE 5.9 – Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central pour le rating des obligations

Dans ce cas, le choix d'obligations avec une meilleure notation est préférable, la notation AA sera donc conservée pour la suite. À noter que ce type d'obligation n'est plus vraiment présente sur les marchés, la notation est globalement dégradée depuis quelques années.

### Ajustement de la surperformance

Un autre levier envisageable est le niveau de surperformance obligataire <sup>1</sup> lors des réinvestissements. L'achat d'obligations à taux fixe est caractérisé par le rating, la maturité (deux leviers déjà envisagés) et la surperformance par rapport aux taux sans risque. Dans la modélisation, l'obligation est caractérisée par un spread continu  $s$  tel que :

$$\delta = \exp(-s) = \frac{1}{1 + \text{surperformance obligataire}} \quad (5.2)$$

Si on considère que la date de réinvestissement est noté  $t$  et  $T$  la maturité de l'obligation, le taux de coupon  $\tau$  est calculé comme le taux swap de maturité  $T$  associé à la courbe des taux sans risque augmentée de la surperformance obligataire et défini par les zéro coupon :

$$P_1(t, T) = P(t, T)\delta^{T-t} \quad (5.3)$$

Avec  $P(t, T)$  le prix à la date  $t$  du zéro coupon de maturité  $T$ , finalement le taux de coupons devient :

$$\tau = \frac{1 - P_1(t, s)}{\sum_{s=t+1}^T P_1(t, s)} \quad (5.4)$$

Ainsi, l'intérêt de la surperformance est remarquable, plus celui-ci sera élevé plus  $\delta$  sera faible et inversement. La valeur de  $\delta$  influencera directement le taux de coupons.

Une chronique des prix des obligations (5.10) <sup>2</sup> issus du réinvestissement avec la prise en compte de la surperformance a été réalisée sur la base des formules ci-dessus. La même chronique sur les taux de coupons associés est également disponible.

---

1. Globalement, il s'agit de définir une surperformance des obligations réinvestit vis-à-vis des obligations sans risque, dans l'outil interne. Cet aspect réside dans le fait que les obligations comprennent une part de risque, par conséquent leur rendement est censé être plus intéressant que le taux sans risque

2. Le prix des obligations correspond aux prix des zéro coupon basés sur la courbe des taux sans risque avec un facteur dépendant du niveau de surplus et de la maturité de l'obligation (voir la formule au-dessus)

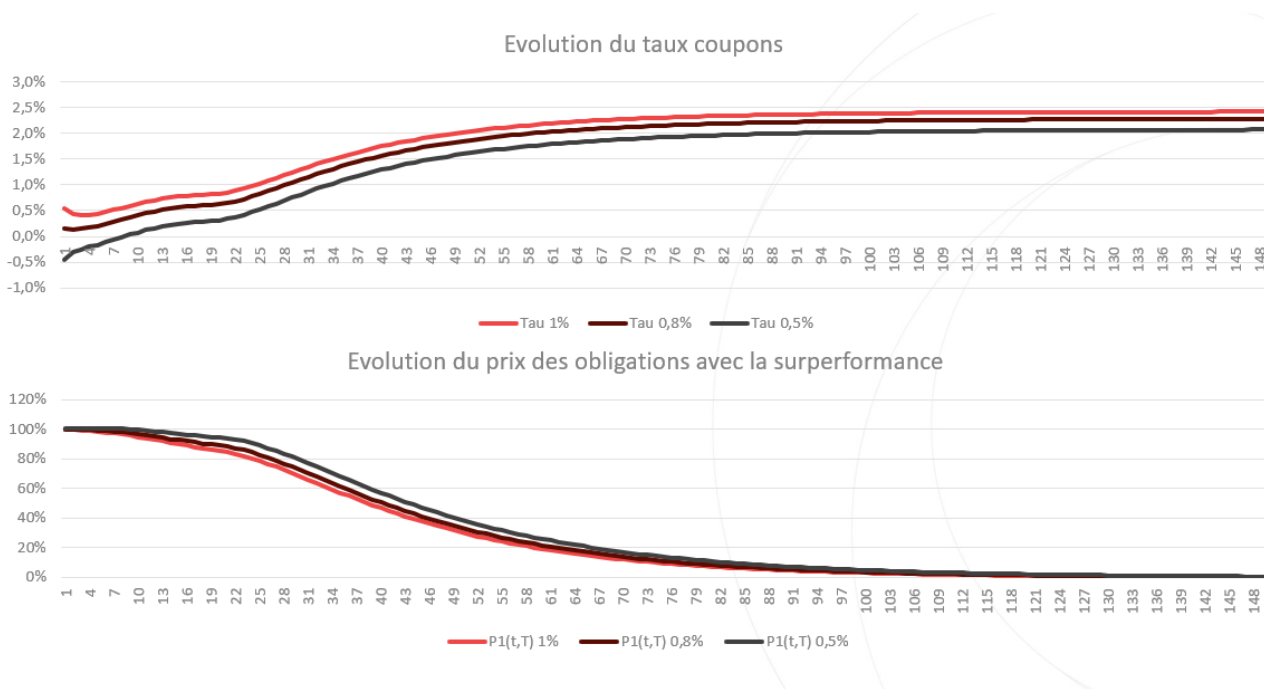


FIGURE 5.10 – Chronique des taux de coupons ( $\tau$ ) et des prix des obligations dans le cadre de la surperformance des obligations lors du réinvestissement

L'application des formules précédentes permet de vérifier, à travers des exemples, que plus la surperformance est élevée plus le prix du coupon associé est fort avec un prix peu élevé suivant les maturités associées à la courbe des taux au 31/12/2020.

Par défaut, la surperformance des obligations est fixée à 0.8% lors des modélisations précédentes. Les sensibilités dans le cas des surperformances des obligations seront de :

- 1% représentant le cas à la hausse,
- 0.8% le cas central, présentant dans les projections initiales,
- 0.5% représentant le cas à la baisse.

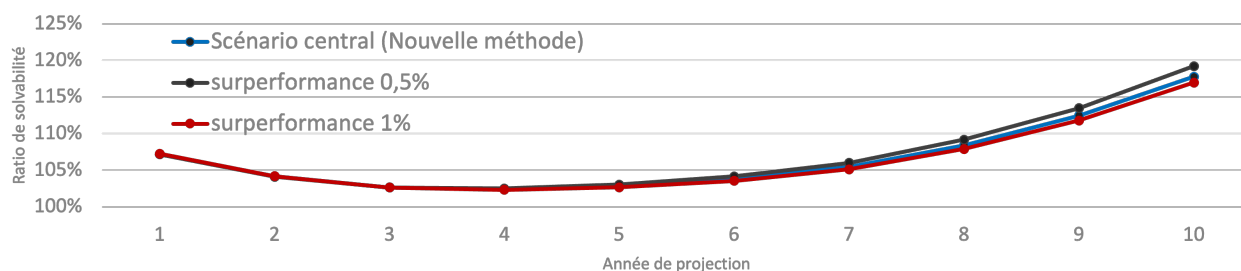


FIGURE 5.11 – Influence causée par la surperformance lors du réinvestissement d'obligations sur la solvabilité

Les effets sur le niveau de coupon n'est pas symétrique à travers la solvabilité d'un assureur. Contrairement à ce qui a été laissé penser, moins la surperformance obligataire par rapport à la courbe des taux sans risque est importante plus celui-ci bénéficiera d'une meilleure solvabilité. Ces effets restent très faibles, ils apportent au maximum une variation de 1.4 points au bout de 10 années de projections. La hausse des surperformances cause une baisse de la NAV de 0.2



point. Cette diminution résulte d'une hausse du prix d'achat à cause de la hausse des coupons servis offrant plus de rendement. Cependant, le gain apporté est absorbé par la hausse de la demande de capital avec une augmentation du SCR spread de 0.15 point et du SCR taux de 0.35 point. (5.12). Ces augmentations s'expliquent en partie par la valeur de marché qui augmente et se répercute sur le spread obligataire.

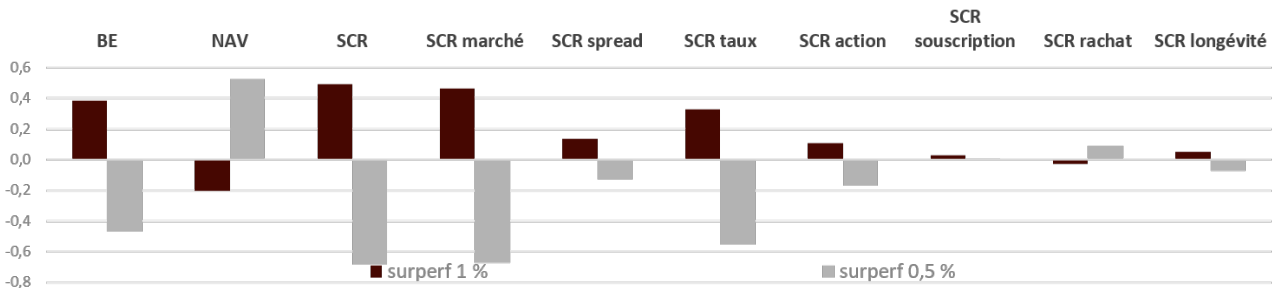


FIGURE 5.12 – Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central pour la surperformance des obligations

Les effets sont quasiment négligeables en termes de solvabilité, mais une baisse de la surperformance peut être envisageable en conservant 0.5%, par exemple, si le but n'est qu'au regard du gain de solvabilité.

### 5.2.1.3 Ensemble des mesures conservées pour l'actif

Les mesures préalablement observées vont maintenant être couplées afin d'observer leur interaction. L'association se réalisera suivant deux axes :

1. choix standard : utilisant les mesures moyennes apportant un gain de solvabilité sans trop de modifications concernant les hypothèses initiales tout en apportant un gain de solvabilité intéressant,
2. choix extrême : utilisant les mesures extrêmes apportant le meilleur gain de solvabilité.

Dans le cas de l'actif les hypothèses concernées seront les suivantes :

Modifications	ACTIF STANDARD	ACTIF EXTRÊME
Investissement	alternatif	alternatif 2 (immobilier)
Rating	AA	AA
Maturité	8 ans	5 ans
Surperformance	0,8%	0,5%

TABLE 5.3 – Nouvelles hypothèses pour le portefeuille d'actifs

Sous ces hypothèses, les solvabilités, obtenues en comparaison des résultats centraux, sont les suivantes :

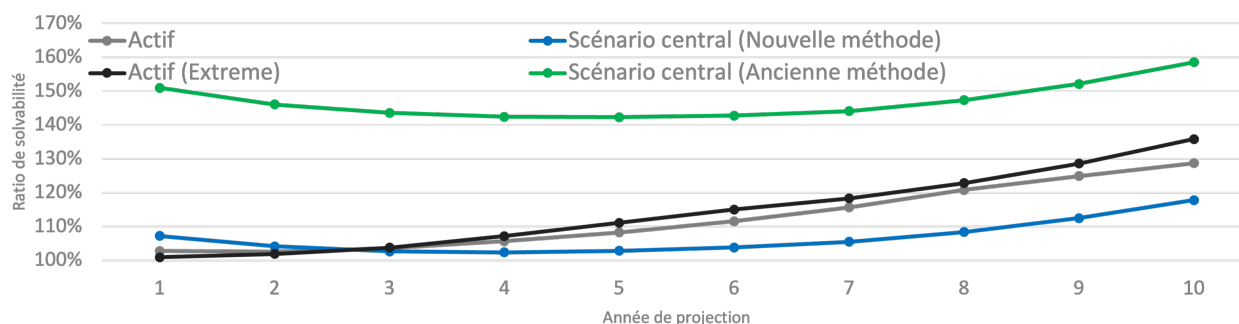


FIGURE 5.13 – Évolution de la solvabilité avec les mesures prises sur l'actif

Les évolutions au niveau de l'actif font gagner jusqu'à 10 points dans le cas standard et 18 points dans le cas extrême au bout de la dernière projection. Les nouvelles allocations et réinvestissement permettent donc de rehausser efficacement la baisse du ratio de solvabilité entraînée par les évolutions réglementaires. Cependant, à elles seules, les actions réalisées sur l'actif ne sont pas suffisantes pour rattraper l'ancien scénario. Une modification des nouveaux modèles points doit donc être envisagée.

## 5.2.2 Leviers sur le passif et les model points

Au-delà de l'investissement au niveau de l'actif, la composition des nouveaux entrants peut avoir un rôle crucial sur la solvabilité de l'assureur. En effet, c'est avec leurs caractéristiques, tant au niveau de leurs attributs qu'au niveau des options de leur contrat d'assurance vie, qu'un model points est utilisé dans les simulations ALM. L'importance du choix des nouveaux encours viendra se placer aux niveaux des provisions mathématiques. Comme déjà mentionné, le respect et la bonne évaluation des engagements sont des points clés demandés par les exigences de Solvabilité 2.

### 5.2.2.1 Modification des termes de souscription

La manière la plus simple en termes de mise en œuvre chez un assureur est de modifier les dispositions des nouveaux contrats afin d'inclure ou de modifier les termes souhaités. Dans cette partie, il est important de rappeler que les modifications apportées sont effectuées dans un but de gain de solvabilité pour répondre aux impacts causés par les évolutions méthodologiques apportées sur les taux. Néanmoins, une compagnie d'assurance n'est pas unilatérale et se doit de respecter et de quantifier les indicateurs de rentabilité pour les assurés. Dans le cas où la compagnie d'assurance n'est pas en phase avec ce point, elle risque de perdre en crédibilité à cause de la perte de potentiels clients lors des nouvelles souscriptions. Ce mémoire se place du côté assureur et le but principal est d'étudier l'importance des leviers attribués pour gagner en solvabilité uniquement. Ainsi, la vision assurée ne sera pas considérée de manière quantitative.

### Hausse de la part d'UC

Majoritairement composé avec des fonds en euros, le portefeuille précédemment construit et représentatif du marché doit pouvoir respecter les TMG des contrats présents. Les contrats en unités de compte ne demandent plus cette contrainte, car les risques sont portés par les assurés. En conséquence, ils peuvent être plus rémunérateurs ce qui est bénéfique pour la profitabilité d'un assureur, mais aussi pour l'assuré. Cependant, l'épargne de l'assuré n'est plus garantie

créant ainsi une part de risque. Cet aspect peut être diminué avec des notions de plancher par exemple.

La hausse de la part d'UC au sein d'un portefeuille est donc une alternative intéressante et devient un levier potentiel pour les nouveaux contrats.

Pour tester cette hypothèse plusieurs simulations seront réalisées. Pour rappel, la part d'UC initiale du portefeuille est de 22%. Dans les trois premiers cas, les UC connaîtront une hausse de 3% par année de projection (pour rappel la part d'UC au sein d'un portefeuille est passée de 15 à 22% en quatre ans) et avec un plafond variable :

- de 30% ce qui représente une hausse convenable par rapport à 2020 et qui existe déjà dans certain portefeuille,
- de 40% permettant ainsi une hausse plus élevée et qui montre réellement le potentiel intérêt de basculer progressivement vers l'UC,
- de 50% afin d'arriver progressivement vers une part égale entre le fonds en euro et l'UC.

Le dernier cas sera un scénario extrême où les nouveaux contrats connaîtront une hausse de 5% par année de projection et sans plafond.

Les diverses projections ainsi obtenues sont les suivantes :

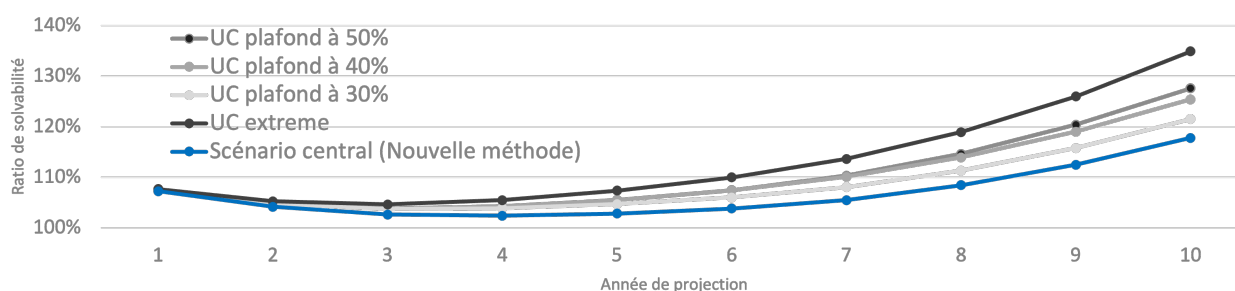


FIGURE 5.14 – Influence causée par le niveau d'UC des nouveaux stocks sur la solvabilité

Les leviers effectués sur le portefeuille montrent que la hausse de la part d'UC des nouveaux stocks a tendance à rehausser, à terme, le ratio de solvabilité d'un assureur. En effet, une faible augmentation (cas du plafond à 30%) permet de gagner 3.7 points de ratio. Il y a peu d'écart entre les deux autres méthodes plafonnées (7.6 et 9.8 points de gain). Dans le cas extrême, au bout de 10 années de projection, une hausse de 17.1 points est observée. Ces variations sont issues essentiellement d'une diminution du SCR allant jusqu'à 8 points dans le cas extrême. Cette diminution est, elle-même, due à une baisse de l'ensemble des modules de risque de marché. Le SCR de souscription est, lui aussi, réduit, jusqu'à -3 points dans le cadre des rachats à la baisse. L'ensemble de ces baisses résulte de l'allègement des engagements de l'assureur par rapport aux nouveaux contrats. La NAV, quant à elle, vient augmenter légèrement et profite du rendement plus intéressant obtenus par les UC, avec une hausse de 6 points.

Finalement, les résultats montrent qu'une légère hausse de la part d'UC chez les nouveaux contrats entraîne une hausse significative de la solvabilité. En effet, pour la hausse de 3% d'UC lors d'une projection entraîne un gain de 0.3 point de solvabilité. Enfin, la hausse de l'UC peut se faire progressivement et avoir un plafond raisonnable. Bien que, le cas du plafond à 40% et 50% ne sont pas entièrement comparables, le gain causé par le changement peut être sujet à une interrogation. Enfin, l'usage d'une plus grande part d'UC peut répondre à la fois aux problématiques de gain de rentabilité (hausse de la NAV) que de la baisse de capital de solvabilité requis (baisse du SCR global).

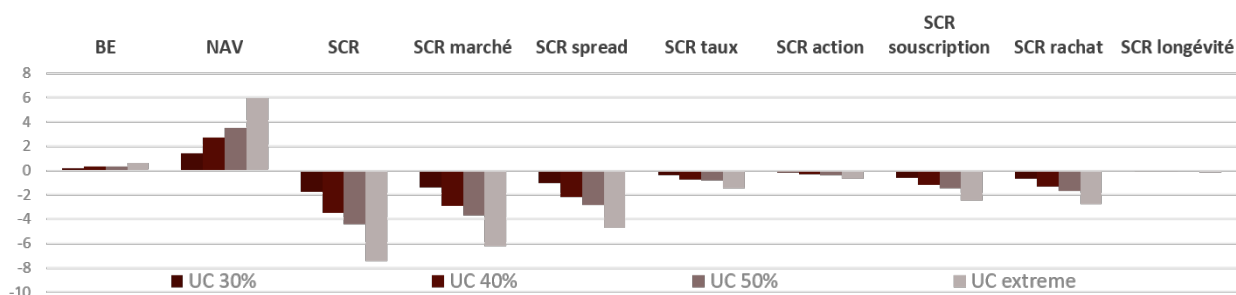


FIGURE 5.15 – Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central pour la part d'UC

Un passage progressif à 40% d'unités de comptes au sein du portefeuille semble être une bonne option en termes de solvabilité. Cette modification permettrait un changement peu important vis-à-vis de la réalité et permettrait un gain relativement suffisant à la vue des autres résultats. Ce changement pourrait s'opérer dans le cas où l'assureur souhaite à la fois réduire son exigence en termes de capital et augmenter sa NAV. Les modifications obtenues sont quasiment symétriques en vision assureur pour ces deux indicateurs.

### Hausse de la part accordée aux TMG brut

La part de TMG brut au sein d'un portefeuille possède deux intérêts non négligeables pour la solvabilité d'un assureur. Plus la part accordée au TMG brut est importante plus l'assureur dégagera des bénéfices avec des effectifs équivalents. En effet, l'allègement des taux servis permettra, d'une part, de respecter ses engagements et, d'autre part, d'optimiser sa rentabilité (sa NAV aura tendance à augmenter).

L'autre avantage est une nouvelle fois dans la baisse de ses engagements. La part de TMG brut allouée influera directement sur le SCR par le biais de la diminution du SCR de souscription (les taux servis seront, dans certain cas, moins avantageux pour les assurés).

Pour tester ce levier, une hausse de la part de TMG brut dans les nouveaux contrats sera effectuée. La part de TMG brut dans le portefeuille initial réside dans les TMG à 0% à la hauteur de 50% (soit 30% du portefeuille total), c'est donc la valeur de 50% qui sera utilisée comme point de référence dans la suite des projections. Comme pour l'UC, trois cas de figure centrale seront réalisés avec un scénario extrême de sorte à choisir :

- une hausse de 5% par année de projection afin de rehausser très progressivement la part allouée tout en étant proche de la valeur initiale (lent),
- une hausse de 10% par année de projection pour rehausser plus rapidement la part de TMG (normale),
- une hausse de 15% par année de projection afin d'obtenir rapidement 100% de TMG dans les dernières projections pour les contrats rentrants (rapide),
- installer 100% de TMG brut dès la première année de projection, ce dernier cas sera le cas extrême (extrême).

Sous ces hypothèses les simulations permettent d'obtenir les ratios de solvabilité suivants :

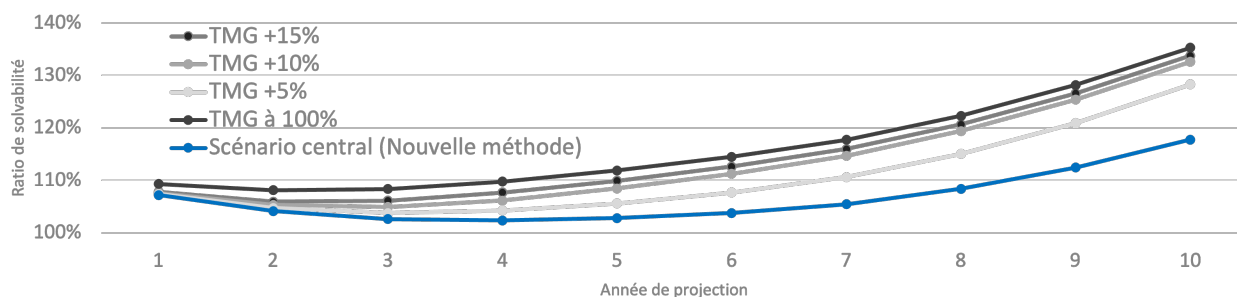


FIGURE 5.16 – Influence causée par le niveau de TMG brut des nouveaux stocks sur la solvabilité

La hausse de la proportion de TMG brut est bénéfique en termes de solvabilité, plus la part de TMG brut est haute, plus le ratio de solvabilité est important. Cependant, le gain observé n'évolue pas de manière linéaire en effet, une légère hausse des TMG à travers le temps (+5% par année) entraîne un gain proportionnel important vis-à-vis d'une hausse trop brutale (TMG à 100% dès les premières projections). Le gain maximal obtenu est de 17 points et le minimum de 10 points. Le gain en termes de solvabilité provient essentiellement de la hausse de la NAV (jusqu'à 9 points dans le cas extrême (5.17)) plutôt que la baisse du SCR (jusqu'à 4 points). Il est intéressant de noter que la baisse de SCR est partiellement causée par la diminution du poids des engagements de l'assureur ce qui allège le SCR de rachat et de longévité. Finalement, l'usage des TMG brut est une solution pour répondre à un gain de rentabilité et il permet, ainsi, de contrer le poids des engagements quand l'environnement économique n'aide pas les assureurs.

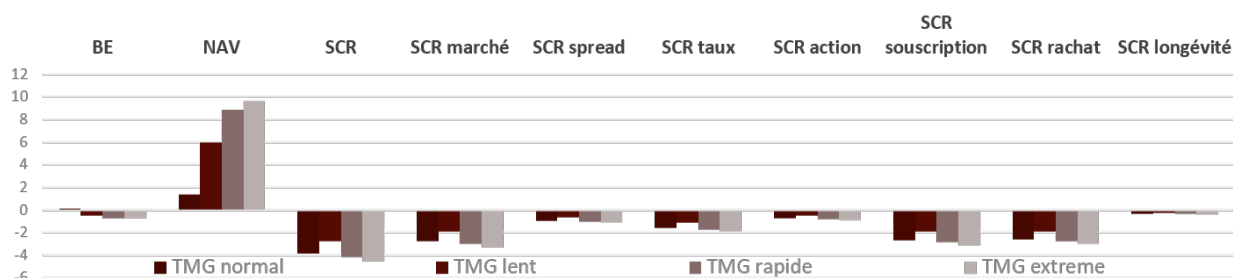


FIGURE 5.17 – Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central pour la part de TMG brut

Finalement, une hausse de la part des nouveaux entrants avec des TMG brut de 10% par an semble être une bonne option. Un assureur pourra se diriger vers un tel changement si son but principal est d'augmenter sa NAV. La baisse du SCR est bien présente, mais moins conséquente.

### Hausse des chargements sur la partie euro

Pour rehausser de manière rapide la rentabilité des produits servis, un assureur peut amplifier les chargements qu'il effectue sur ses contrats. En réalisant ce point, plus les contrats seront nombreux ou avec un encours important plus le gain issu des chargements sera important. Cette méthode présente néanmoins des limites, notamment, au moment de la souscription et des rachats. D'une part, plus les chargements seront importants, plus les assurés réfléchiront à souscrire ou non et seront tentés par une assurance présentant des chargements moins élevés. D'autre part, dans un cas d'une remontée des taux, le besoin de chargement demandé par

l'assureur n'aura plus d'utilité à proprement parler et sera injustifié. L'assureur demandera des chargements plus faibles et les anciens assurés auront tendance à résilier leur contrat.

Dans notre cas et pour être en lien avec les hypothèses précédentes, la pénalisation sera effectuée sur la partie des fonds en euros uniquement. Ce choix s'explique en partie par la volonté de diriger progressivement, lors de la souscription, les nouveaux assurés vers d'autres types de contrat que les fonds en euros, en l'occurrence les unités de comptes.

Contrairement aux précédents points, la hausse ne sera pas linéaire, mais dès la première année. Il y aura une hausse de quelques points de base qui s'installera et la valeur sera conservée durant l'ensemble des projections sauf pour le cas extrême. Pour rappel, les chargements sur la partie euro sont de 0.8%, les cas considérés seront les suivants :

- 0.9% soit autant de chargement que les unités de comptes dans le cas initial,
- 1% soit 0.2% de plus que le cas initial et dépassant ainsi les chargements effectués sur les fonds en UC,
- 1.1% afin d'avoir une hausse plus importante encore,
- un cas extrême débutant à 1.1% la première année de projection (soit autant que l'hypothèse la plus élevée) et qui se rehausse de 10 bps par année de projection pour atteindre un plafond 1.5%, doublant quasiment la valeur initiale des chargements.

Les projections permettent de montrer l'influence des chargements sur le ratio de solvabilité :

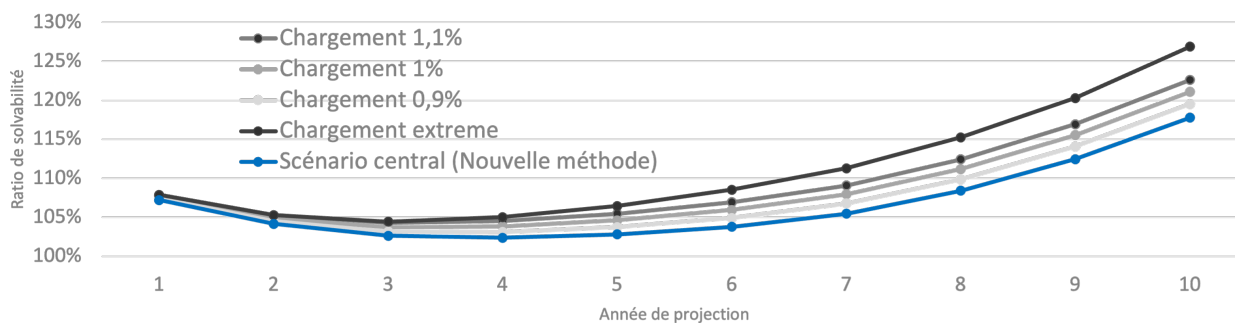


FIGURE 5.18 – Influence causée par le niveau de chargement euro des nouveaux stocks sur la solvabilité

La mise en place de chargements plus importants entraîne une hausse du ratio de solvabilité (5.19). Globalement une hausse 0.1% de chargement sur la partie euro permet de gagner 1.5 points de ratio de solvabilité. Dans le cas où la variation effectuée est la plus faible (0.9%) le gain est de 2 points, tandis que dans le cas extrême le gain est de 9.1 points. L'influence la plus remarquable est située dans la hausse de la NAV (gain de maximal de 6 points dans le cas extrême (5.19)), ceci s'explique par la rentabilité des gains directement issue des chargements (c'est proportionnel aux encours). Le SCR de souscription conserve les mêmes variations que les précédents leviers.

Finalement, la hausse de la NAV pourra être utilisée dans le cas où les assureurs recherchent un certain gain de rentabilité, mais ce levier n'aidera pas dans l'allègement du besoin de capital.

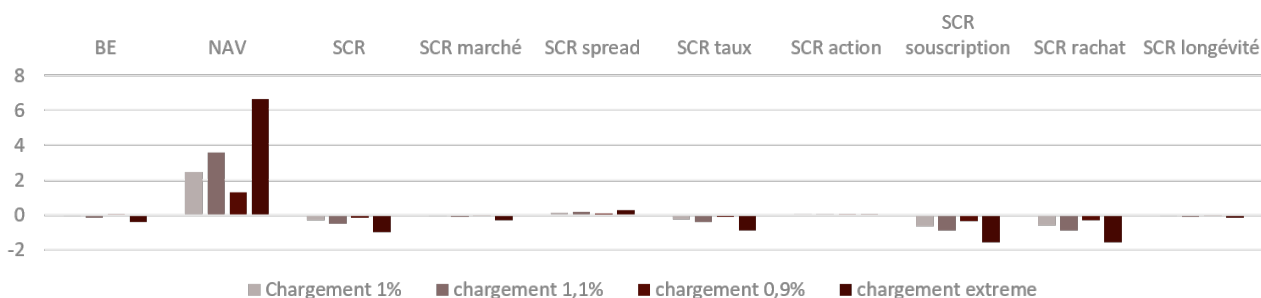


FIGURE 5.19 – Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central pour les taux de chargement

Finalement, des chargements de 1% permettent un gain de solvabilité et surpassent les chargements d'unités de comptes fixés. Cette opération aura pour unique but d'augmenter la NAV et n'aura pas de réel intérêt pour réduire le besoin en capital.

Jusqu'à présent, l'ensemble des mesures convergeait vers le même objectif : favoriser les UC vis-à-vis des fonds en euro. L'objectif est de pénaliser les paramètres des fonds en euros afin que les assurés soient plus attirés par des alternatives (l'UC en l'occurrence). Cette redirection entrainera un allègement des engagements portés par l'assureur et pourra faciliter sa solvabilité. D'autres mesures, autres que les leviers sur la part d'UC, sont aussi possibles et seront l'objet des prochaines études.

### Mise en place des pénalités de rachat

Cette mesure vient pénaliser les assurés présents dans le portefeuille souhaitant résilier leur contrat. Un certain pourcentage de pénalité est appliqué au montant de leur encours. Cette action viendra réduire la volonté de rachat pour certains contrats. Cette clause peut également être un frein au moment de la souscription, car les assurés seront privés de liberté totale de rachat et devront monnayer cet acte.

En considérant, à première vue, les résultats d'impacts obtenus (4) la longévité du portefeuille et le fait que les assurés ne rachètent pas leur contrat pose problème. Cependant, les nouveaux contrats sont tous issus de TMG à 0% et la moitié d'entre eux sont en TMG brut. Ces aspects sont plutôt bénéfiques pour les assureurs, car ils auront plus de facilité pour pouvoir servir les taux initialement promis. Les engagements seront donc plus facilement respectés. Un autre point qui sera accentué dans la suite quand les potentiels leviers seront assemblés. La hausse de la part de TMG brut et autres hypothèses seront bénéfiques pour les assureurs, la conservation de ces contrats sera donc importante et bénéfique surtout en cas de remonté des taux.

Pour mesurer l'influence des pénalités de rachats, au même titre que les chargements, un taux sera placé de manière constante dès la première année de projection et sera conservé tout du long. Elles se situeront à la hauteur de 1%, 2%, 3% et 5% dans le cas extrême.

Les pénalités de rachat permettent d'obtenir les ratios suivants, au fil des projections :

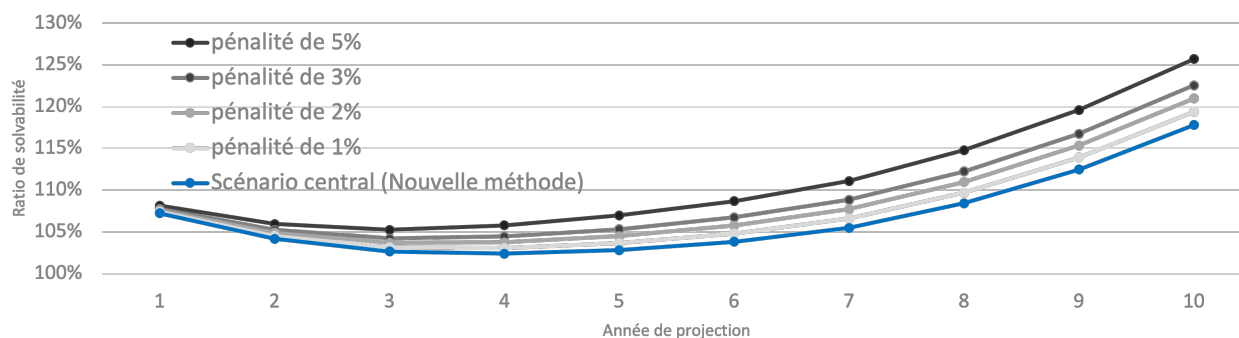


FIGURE 5.20 – Influence causée par le niveau des pénalités de rachat des nouveaux stocks sur la solvabilité

Mécaniquement, l’augmentation des pénalités de rachat entraîne une hausse de la solvabilité, celle-ci semble symétrique. Une hausse de 1% de pénalité de rachat entraîne un gain de 0.2 point par projection. L’augmentation du ratio de solvabilité résulte de la hausse de la NAV générée par les pénalités (gain maximal de 7 points dans le cas extrême). Le besoin en capital augmente également, mais dans une moindre mesure (gain maximal de 2 points dans le cas extrême). Cette mesure doit être utilisée avec minutie, car dans le cas où les taux ne viendraient pas à remonter, les assurés seraient d’autant plus incités à rester dans le portefeuille et ne rachèteraient pas leur contrat. L’assureur devra donc continuer à servir les taux promis dans un contexte difficile tout en ne bénéficiant pas des gains issus des pénalités. Cet effet s’observe dans le cas des projections avec l’utilisation de la courbe du 31/12/2020. Au bout de 10 ans, dans le cas extrême, le SCR de souscription explose avec une hausse de 10 points (5.21).

Au même titre que les chargements sur l’euro, les pénalités de rachat seront utilisées pour un assureur qui souhaite augmenter sa rentabilité dans un contexte où il souhaite conserver ses stocks.

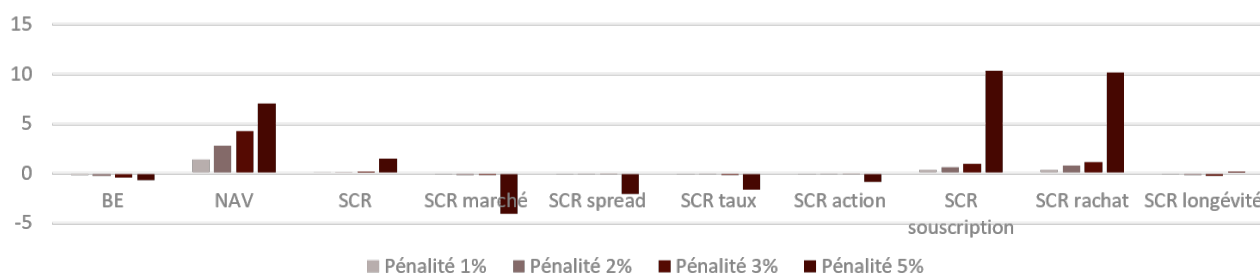


FIGURE 5.21 – Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central pour la part de pénalité de rachat

Les pénalités de rachat de l’ordre de 2% semble être un choix intéressant. Un changement trop important peu freiner la souscription d’une part et s’avérer dangereuse pour le SCR de rachat à la baisse d’autre part.

### 5.2.2.2 Modification du public visé

Jusqu’à présent, seulement les aspects des contrats ont été modifiés. Il peut être intéressant d’avoir la main sur la politique de gestion de la souscription des contrats, en influant sur les nouveaux arrivants de manière qualitative. Ces leviers doivent être étudiés avec une grande



précaution, car ils influent directement sur la collecte réalisée dans un portefeuille, mais aussi sur sa durée de vie. Les caractéristiques des nouveaux assurés peuvent donc être un axe d'étude pouvant s'avérer intéressant dans ce cadre.

## Augmentation de l'âge

Le premier point est en lien avec le sous module de risque de longévité et donc le respect des engagements sur le long terme. Le risque de longévité est directement lié à la probabilité de survie préexistante au sein du portefeuille d'assurés. Ainsi un portefeuille avec des assurés plus jeunes sera plus susceptible de durer, car la probabilité de décès est plus faible sur cette population. À l'inverse plus une population est âgée, plus celle-ci aura tendance à se diluer, car la probabilité de décès des individus sera plus importante. Un autre aspect vient du fait que les populations plus âgées ont tendance à apporter un capital plus important lors de la souscription, cet aspect ne sera pas développé dans ce mémoire.

Ainsi pour gagner en solvabilité par le biais d'une diminution du SCR de longévité notamment, une hausse de l'âge moyen des personnes souscrivant des contrats sera effectuée lors des projections. Pour rappel l'âge moyen initial du portefeuille est de 60 ans. La hausse de l'âge moyen se fera d'une année par projection et se stabilisera de sorte à atteindre un plafond de :

- 62 ans, l'âge moyen est quasiment semblable avec 2 années d'écart,
- 65 ans, une hausse plus importante est considérée tout en restant acceptable,
- 70 ans, cette hausse sera beaucoup plus importante et semble déjà plus compliquée à mettre en place,
- placé à 70 ans dès la première projection sans aucune évolution pour le cas extrême.

Les résultats obtenus sont les suivants :

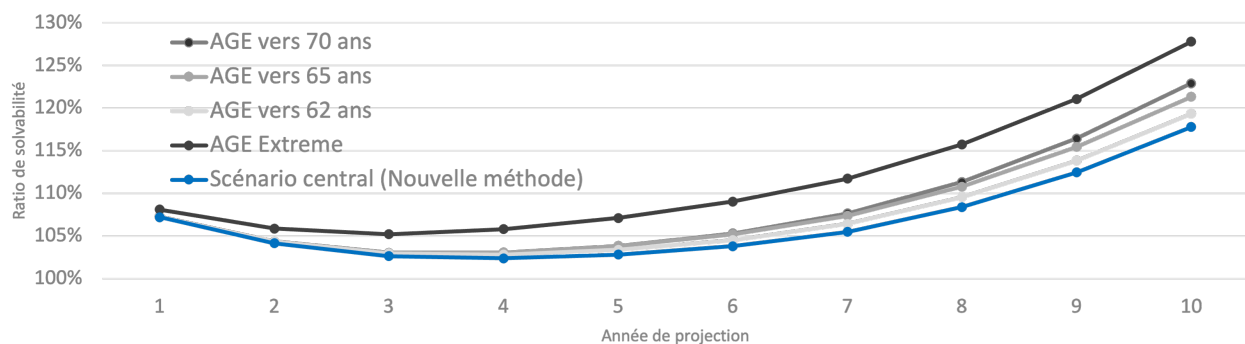


FIGURE 5.22 – Influence causée par le niveau d'âge moyen des nouveaux stocks sur la solvabilité

Le vieillissement du portefeuille permet un gain de solvabilité à travers les projections. L'ajout au portefeuille d'un nouveau stock avec un âge moyen d'une année supplémentaire vis-à-vis de l'âge moyen du portefeuille, un gain de 0.1 point est observé au bout d'un an de projection. Cependant, au vu de ces résultats, il n'est pas nécessaire de choisir une population de nouveaux entrants avec un âge considérablement plus élevé. Ce levier influe sur le SCR par une baisse légère (une perte maximale de 3 points dans le cas extrême) mais aussi sur un gain de rentabilité (un gain maximal de 5 points). L'allègement du besoin de capital requis est dû en partie à la baisse des engagements et donc à la diminution du SCR souscription avec 2 points dans le cas extrême. Une symétrie, du fait des corrélations, est observée pour le SCR de marché.

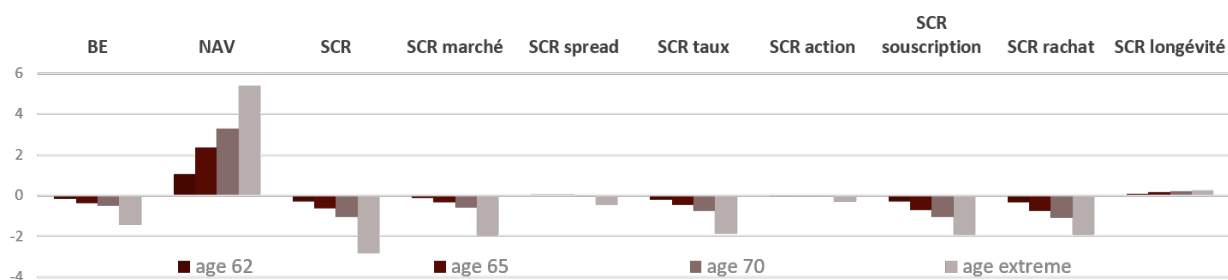


FIGURE 5.23 – Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central pour l'âge moyen de souscription

Finalement, une légère hausse de l'âge moyen semble suffisante pour gagner en solvabilité. Ainsi, une hausse progressive vers 62 ou 65 ans semble convenir. Un assureur pourra opérer ce changement à la fois pour rehausser la NAV et pour optimiser son SCR. Néanmoins, cette possibilité reste très difficile à mettre en place et peu s'avérer risquée avec par exemple la hausse des probabilités de décès.

### Modification des nouveaux stocks

Le dernier levier présenté est certainement celui impactant le plus sur le long terme le portefeuille d'un assureur. Dans les hypothèses initiales, les nouveaux stocks représentent environ 3% des encours par rapport à la moyenne du marché français. Cependant, l'acceptation de nouveaux contrats se répercute sur la prise d'engagement de l'assureur, par conséquent, plus il a d'encours à traiter, plus celui-ci devra être en mesure de donner les taux promis. La diminution du nombre de souscriptions des nouveaux stocks réduira les engagements sur le long terme et donc un assureur gagnera en solvabilité <sup>1</sup>.

Pour répondre à cela, une convergence linéaire sera effectuée sur la proportion de nouveaux stocks / new business (NB) pour atteindre un seuil fixé :

- 5% afin d'étudier l'influence de manière symétrique par rapport aux autres points ci-dessous,
- 2% afin de diminuer légèrement la part de la nouvelle collecte,
- 0.5% afin de diminuer très nettement le poids de la nouvelle collecte,
- un cas extrême sans nouveaux stocks dès la première année de projection.

Les écarts de solvabilité qui s'ensuivent sont les suivants :

1. Il est important de rappeler que cet aspect est présent seulement pour présenter l'impact de ce levier, car les modifications effectuées sur les nouveaux contrats auront un impact qui peut en plus de la baisse de la collecte, provoquer une perte de rentabilité aux yeux des assurés à cause des refus de souscriptions

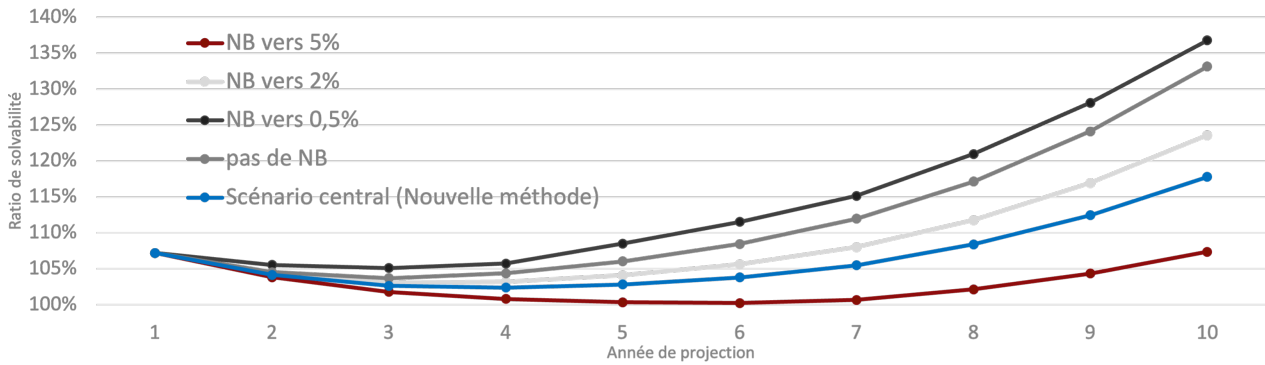


FIGURE 5.24 – Influence causée par le niveau de nouveaux stocks sur la solvabilité

L'effet sur la proportion de nouveaux entrants au fil des projections est confirmé par ces simulations. Plus les nouveaux entrants sont nombreux, plus l'assureur sera pénalisé en termes de ratio de solvabilité. Le levier possède, néanmoins, certaines limites. Dans le cas extrême, où l'assureur décide de stopper les nouveaux entrants, alors au fil des années, le portefeuille se dilue et l'assureur recevra moins de primes. À l'inverse si l'assureur augmente sa proportion de nouveaux entrants, il aura plus de primes, mais il devra répondre de ses engagements envers les nouveaux entrants.

Le poids de la proportion de nouveaux stocks sur la NAV est négligeable, le gain maximal observé est de 1 point (5.25). L'effet se situe au niveau du SCR où l'ensemble de ses composants sont à la baisse d'une dizaine de points dans le meilleur des cas (0.5%).

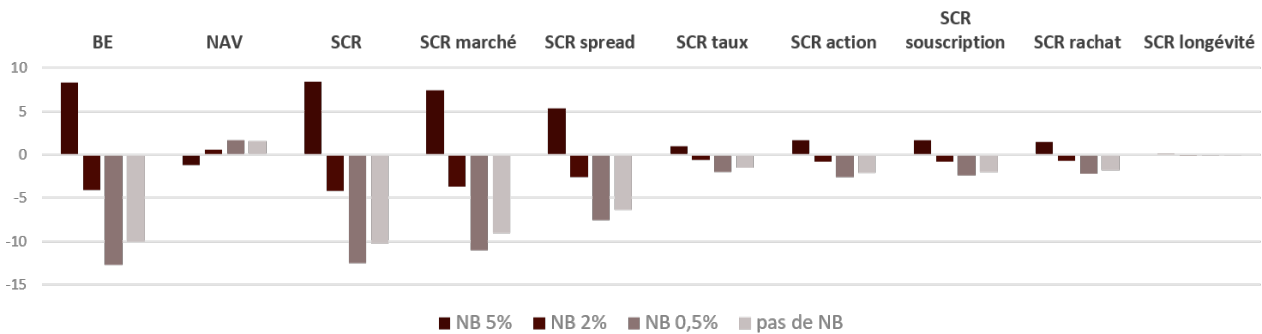


FIGURE 5.25 – Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central pour la part de nouveaux contrats entrants

Étant donné, que la hausse de la part des nouveaux business a une influence négative sur la solvabilité et que le fait de ne pas considérer de nouveaux business n'est pas un choix optimal et peut s'avérer dangereux, les choix d'une convergence vers 2% et de 0.5% semblent être une bonne option. À ce stade, il faut également rappeler que cette manœuvre peut être dangereuse. Dans la pratique, seule une légère modification peut être considérée.

### 5.2.2.3 Mesures conservées pour les nouveaux stocks

De la même manière que l'actif, un couplage de certaines mesures sera effectué afin d'observer la solvabilité d'un assureur sous ces nouvelles hypothèses. Il y aura toujours deux types de portefeuilles :

1. avec choix standard qui utilisera des hypothèses encore réalistes, progressives et peu éloignées de 2020,

2. avec un choix extrême qui prendra les hypothèses offrant le meilleur choix possible en termes de solvabilité pour toutes les mesures observées séparément.

Les choix conservés pour le nouveau business dans le cadre des deux types de portefeuilles seront de :

Modifications	PASSIF STANDARD	PASSIF EXTRÊME
Part d'UC	+3%/an et plafond à 40%	+5%/an sans plafond
Part de TMG brut	+10%/an	100% dès la première année
Chargement	1%	croissance linéaire de 1,1% à 1,5%
Rachat	2%	5%
Age Moyen	+1 par an avec un plafond à 65 ans	70 ans dès la première année
Nouveaux stocks	Décroissance linéaire vers 2%	Décroissance linéaire vers 0,5%

TABLE 5.4 – *Nouvelles hypothèses pour le portefeuille de passif*

Sous ces conditions, l'évolution de la solvabilité suivant les projections est comme suit :

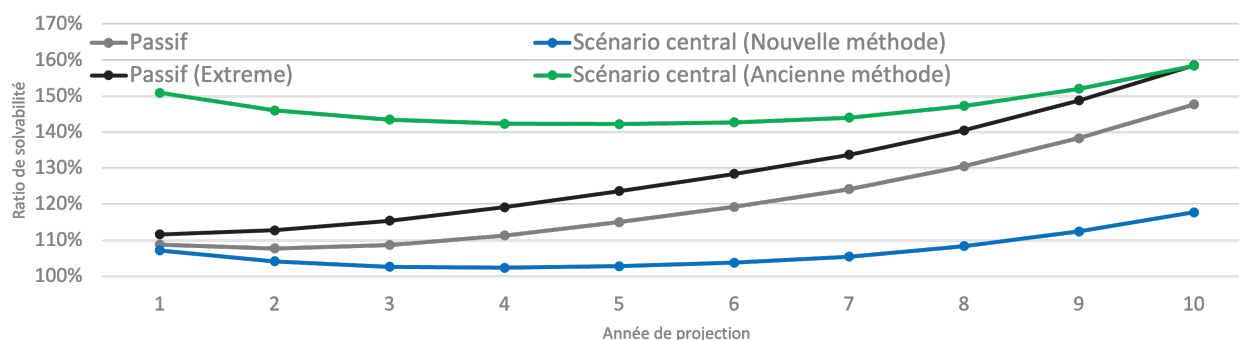


FIGURE 5.26 – *Évolution de la solvabilité avec les mesures prises sur le passif*

Contrairement à l'actif, les effets sur la solvabilité d'un assureur sont très importants, au bout de la dixième projection, un gain de 30 points dans le cas standard et 41 points dans le cas extrême sont observés. Dans ce dernier cas, les mesures prises sur le passif dépassent même le scénario central de l'ancienne méthode.

Les gains obtenus ne sont pas sommables directement, car certaines mesures viennent réduire les impacts. À titre d'exemple, une hausse de la part d'UC au sein des nouveaux arrivants vient diminuer l'effet apporté par les TMG brut. Cependant, la part restante qui est basée sur les fonds en euros bénéficie de la mesure de TMG brut. Le but de ce mémoire n'est pas de donner la proportion optimale à accorder pour chaque mesure étant donné la disparité entre les portefeuilles assureurs, mais simplement d'observer les interactions de ces mesures.

### 5.3 Comportement des portefeuilles face aux chocs

Après avoir considéré les leviers sur les passifs et les actifs de manière séparée, deux portefeuilles seront étudiés et seront construits sur la base des hypothèses dites standards d'une part et les hypothèses extrêmes d'autre part.

L'association de l'ensemble des hypothèses de l'actif (5.3) et du passif (5.4) permettent d'obtenir les projections suivantes :

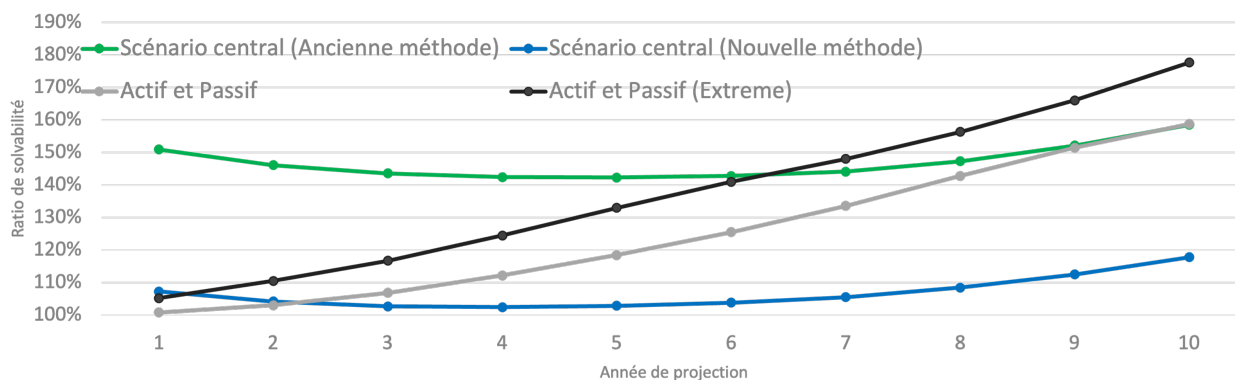


FIGURE 5.27 – Évolution de la solvabilité avec les mesures prises sur l'actif et sur le passif

Le couplage des cas standards permet d'avoisiner l'ancien standard et gomme ainsi l'ensemble des impacts causés par les évolutions méthodologiques autour de la courbe des taux d'intérêts, avec un ratio final de 159.2%. Dans le cas extrême, l'envolée est rapide et dépasse l'ancien central après la sixième année de projection et atteint 177.8%. Finalement, l'écart entre ces deux valeurs ne paraît pas si important en sachant que les évolutions apportées sur le passif et l'actif sont considérables. Cet aspect laisse à penser que de petites modifications peuvent être suffisantes afin de réduire les effets indésirables des nouvelles mesures. Cependant, il est possible de se demander comment va réagir le portefeuille si des fluctuations de marchés apparaissent.

Pour observer le comportement des portefeuilles face aux fluctuations existantes sur le marché, divers chocs seront appliqués. Ces actions permettront de rompre avec le fait que jusqu'à lors, l'environnement économique était stable et identique durant l'ensemble des projections. Pour permettre l'aperçu des mesures réalisées, les chocs seront appliqués au bout de la septième année. Cette maturité est choisie pour avoir suffisamment de nouveaux stocks au sein du portefeuille. En effet, dans un cas où le portefeuille initial ne connaîtrait aucun départ (décès, fin de contrat ou rachat) alors l'ajout de 3% de nouveaux stocks vis-à-vis du montant de PM permettrait d'avoir 21% des contrats issus du nouveau business. Dans la réalité, ce chiffre n'est pas égal à cette valeur, en raison des sorties progressives des anciens contrats, mais aussi des nouveaux contrats entrants (dans une moindre mesure). Cette maturité permettra aussi d'observer comment le portefeuille réagira après le choc survenu jusqu'à la maturité 10. Enfin, pour observer les potentielles réductions d'impacts grâce aux pilotages effectués, les portefeuilles Ancien central et Nouveau central seront également choqués <sup>1</sup>. Les analyses des SCR qui suivront seront comparées au cas central à la septième année afin d'observer immédiatement les changements sur la décomposition du SCR :

1. Pour rappel, ces deux portefeuilles représentent respectivement le portefeuille actuel projeté sans aucune évolution méthodologique de la courbe des taux et le portefeuille actuel avec toutes les mesures réglementaires adoptées (5.1.2)

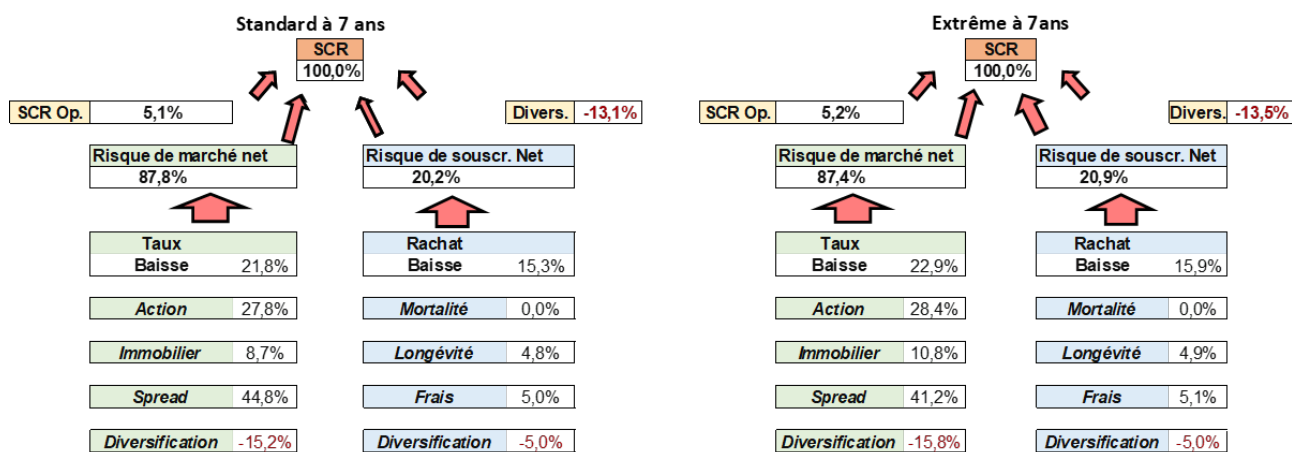


FIGURE 5.28 – Décomposition du SCR selon la projection du central dans le cas standard et extrême pour l'année 7 de projection

La décomposition du SCR à la septième année de projection montre une part des modules et sous-modules quasiment semblable entre les deux portefeuilles. On observe la part plus importante du module d'immobilier dans le cas extrême du fait des allocations choisies. La proportion entre le module de marché et de souscription reste dans le même ordre de grandeur que les points précédents, avec une prépondérance pour le module de marché.

### 5.3.1 Chocs sur les actions

Avec les conditions initiales, la revalorisation des actions est constante et de l'ordre de 5% par année de projection. Deux types de chocs seront effectués avec deux intensités différentes, le premier sera de -20% et le second sera plus important avec -30% de revalorisation sur la septième année de projection. Ces variations permettent d'obtenir les impacts suivants :

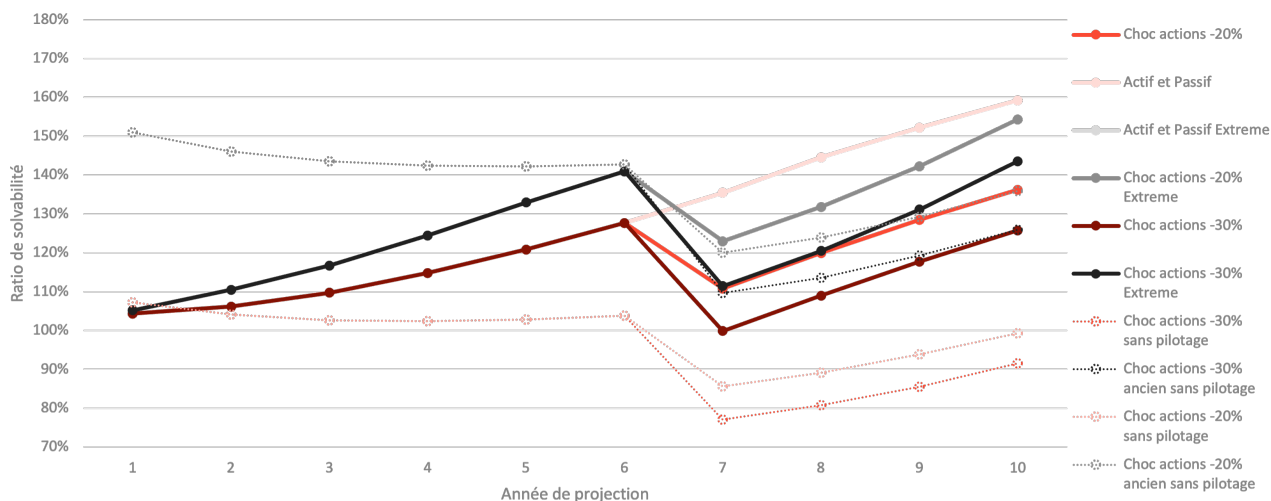


FIGURE 5.29 – Comportement des portefeuilles face aux chocs actions après la mise en place des leviers

Il est remarquable que si aucun pilotage n'est choisi alors avec l'installation des évolutions réglementaires, le portefeuille n'est plus solvable pour les deux chocs effectués. Avec les mesures standards, lors de la septième maturité, le portefeuille est en dessous de la norme exigée pour la revalorisation à -30%. Cette baisse est essentiellement causée par une perte de rentabilité (baisse

de la NAV de 19 points) et une hausse du SCR de 10 points. Dans les autres cas de figure, les portefeuilles résistent aux chocs effectués et permettent à l'assureur de rester solvable tout au long des projections. Enfin, les prises de position effectuées en termes de pilotage permettent même de rester plus efficace que le portefeuille avec les anciennes méthodes sans pilotage.

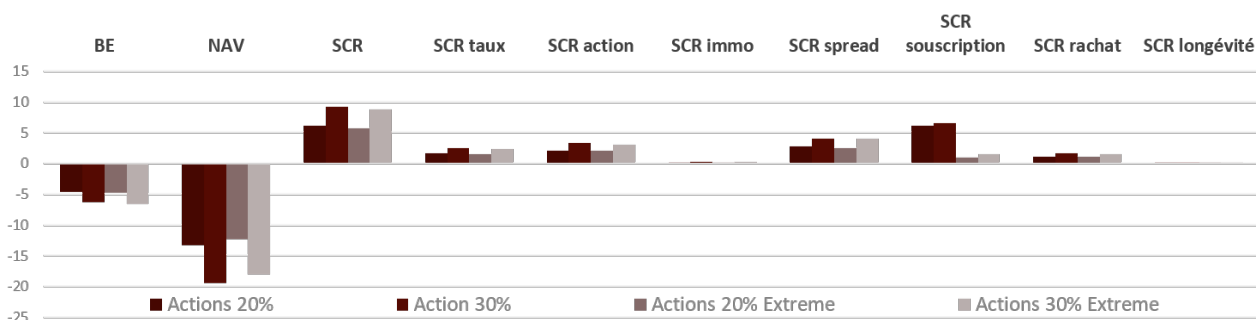


FIGURE 5.30 – Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central avec les chocs réalisés sur les actions

En comparant la NAV et les décompositions des SCR, le portefeuille extrême semble moins volatile vis-à-vis des chocs actions. En effet, l'écart du choc est de 10 points, mais la variation n'est pas la même entre les deux portefeuilles, 6.5 points d'écart sont observés avec la méthode standard contre 5.8 points avec la méthode extrême. Du côté du SCR les mêmes aspects sont observés, mais de manière inverse (le coût de capital augmente).

### 5.3.2 Chocs sur l'immobilier

Les nouveaux investissements considèrent une plus grande part d'immobilier (en particulier dans le portefeuille utilisant les pilotages extrêmes), le portefeuille est donc plus facilement soumis aux chocs présents sur le marché de l'immobilier. Le portefeuille sera donc soumis à un choc au bout de la septième année de projection afin d'observer son comportement et sa capacité d'absorption. Comme pour les actions deux chocs seront considérés, un premier de -20% et un second plus important de -30%. Sous ces critères, les variations observées sont les suivantes :

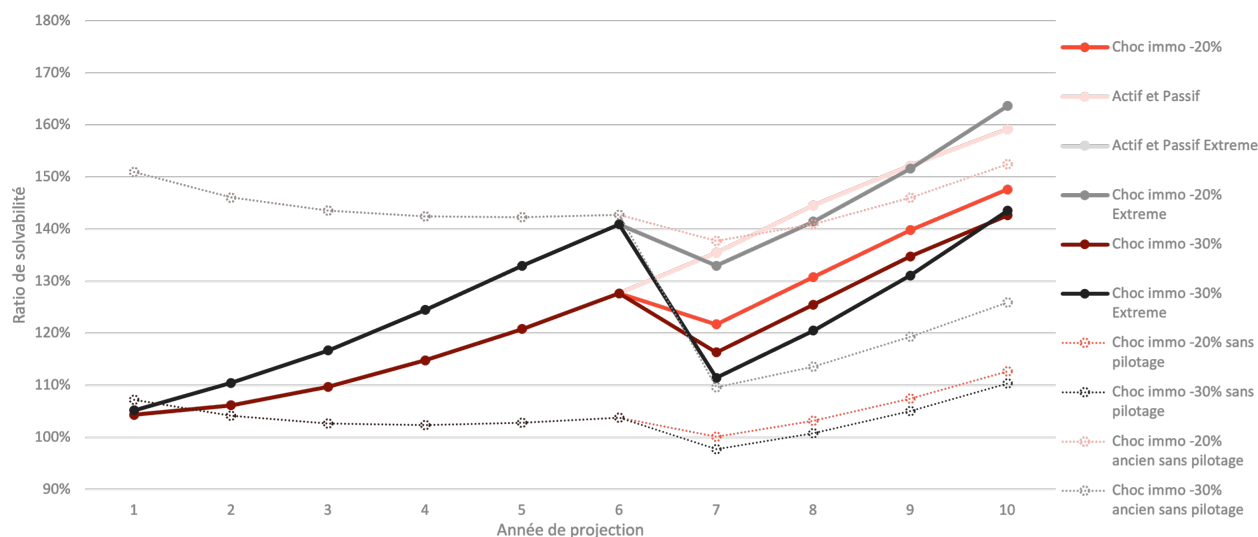


FIGURE 5.31 – Comportement des portefeuilles face aux chocs immobilier après la mise en place des leviers

Le choc immobilier semble avoir moins d'influence sur la volatilité du ratio de solvabilité. Sans la prise en compte des pilotages, le ratio obtenu lors du choc est de 100% (pour -20% de revalorisation) et de 97.7% (pour -30% de revalorisation). La nécessité d'améliorer la solvabilité d'un assureur est donc bien visible dans ce cas-ci. L'immobilier représente une faible part du portefeuille (de 3% à 5.5% suivant les portefeuilles considérés). La variation de la part d'allocation concernant l'immobilier se fait ressentir. En effet, bien que dans tous les cas la NAV diminue et le SCR augmente, des disparités sont observées. En comparant le portefeuille extrême et le portefeuille standard, il est possible de tirer des informations vis-à-vis des allocations sous-jacentes. La NAV est plus faible dans le cas extrême d'environ 1.5 points vis-à-vis du cas standard (5.32). La part de l'immobilier dans le portefeuille extrême est d'un point supérieur au portefeuille standard. Ainsi, la baisse de la revalorisation effectuée influence plus en conséquence le portefeuille extrême. Cet aspect se répercute aussi au passif dans la hausse du SCR immobilier du fait de la plus grande part de capital requis.

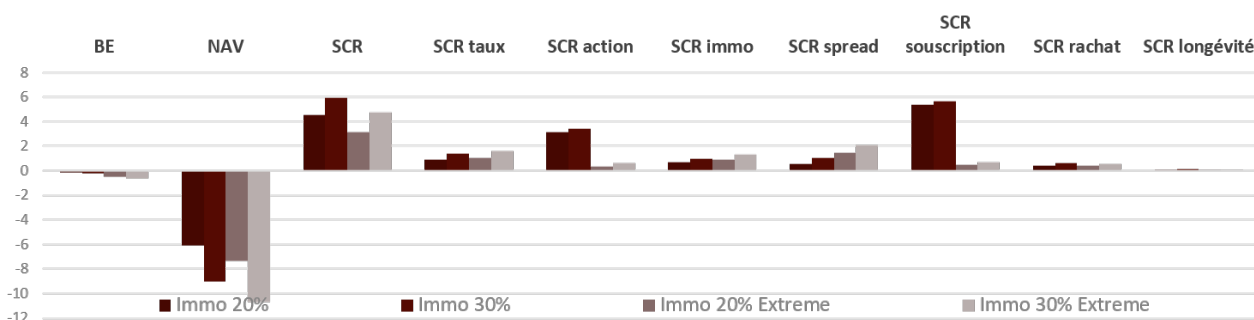


FIGURE 5.32 – Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central avec les chocs réalisés sur l'immobilier

Au regard de ces décompositions, la NAV diminue de manière moins importante que pour le choc action (pour rappel le choc effectué est de 25% à la baisse contre 39% pour les actions de type 1). Le SCR et la NAV semblent plus volatiles dans le cas extrême. La composition du portefeuille extrême possède plus d'immobilier, il est donc plus soumis aux chocs sur l'immobilier.



### 5.3.3 Chocs sur la courbe des taux

L'environnement des taux a été considéré comme constant durant les 10 années de projection. Cependant, cet aspect ne reflète pas la réalité, car l'évolution des taux est fluctuante avec une tendance à la baisse ces dernières années. Pour étudier, l'influence du niveau des taux sur le portefeuille, une translation des taux swap <sup>1</sup> a été réalisé vis-à-vis des données du 31/12/2020. Pour réaliser cette étape, 50 points de base sont ajoutés (respectivement enlevés) dans le cadre de la hausse (respectivement de la baisse) lors de la septième année. Les mêmes translations seront effectuées avec 20 points de base afin d'observer un effet moins brutal sur la courbe des taux. Les nouvelles courbes de taux utilisées prendront cette forme :

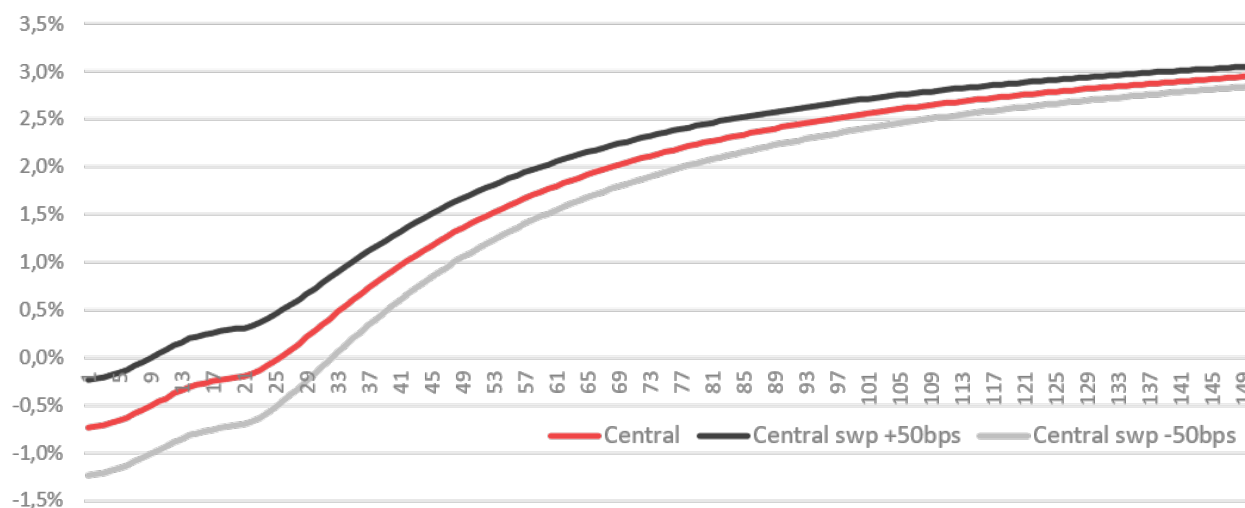


FIGURE 5.33 – Translation des taux swap de 50 points de base

Comme le montre le graphique ci-dessus, dans le cadre de la translation des taux swaps à la baisse, les taux sont extrêmement bas. Ils restent négatifs au-delà de trente ans et sont extrêmement bas à moins de -1% pendant près de 10 ans. De plus, les taux zéro coupon ainsi obtenus convergent vers un taux plus faible (à cause de la vitesse transitoire fixée à 10% notamment) pour atteindre 2,8% contre 2,9% dans le cas central. Ces observations peuvent déjà indiquer que la solvabilité de l'assureur sera difficile à respecter sachant que la courbe au 31/12/2020 est déjà très pénalisante (quand on compare avec le niveau des taux de 2016 lors de l'analyse d'impact). Toutes ces observations sont aussi vraies pour le cas de la hausse des taux, mais avec des répercussions inverses. Il est possible de réaliser une analogie avec la mise en place du taux €STR où les mêmes effets étaient observés. Dans ce cas-ci, l'assureur devra être vigilant face aux potentiels rachats pouvant surgir.

#### Baisse des taux

Dans le premier cas de figure, les chocs seront effectués par le biais d'une translation à la baisse de la courbe des taux. Les écarts obtenus pour les deux chocs sont les suivants :

1. Une simple translation des taux zéro coupon a été exclue. Une telle translation est a priori simple à mettre en place, mais les nouveaux chocs de taux de Solvabilité dépendent de la courbe initiale à cause de la translation vers l'UFR choqué. Par conséquent, une modification des UFR s'imposent si l'on souhaite réaliser cette méthode. Les étapes seraient les suivantes : tradaté les taux forward initiaux de x bps ainsi que l'UFR initial, appliquer les chocs sur les 20 premières maturités puis extrapoler la courbe vers l'UFR décalé puis le choquer de +/- 15 bps pour réaliser la dernière étape des chocs de taux de la CE

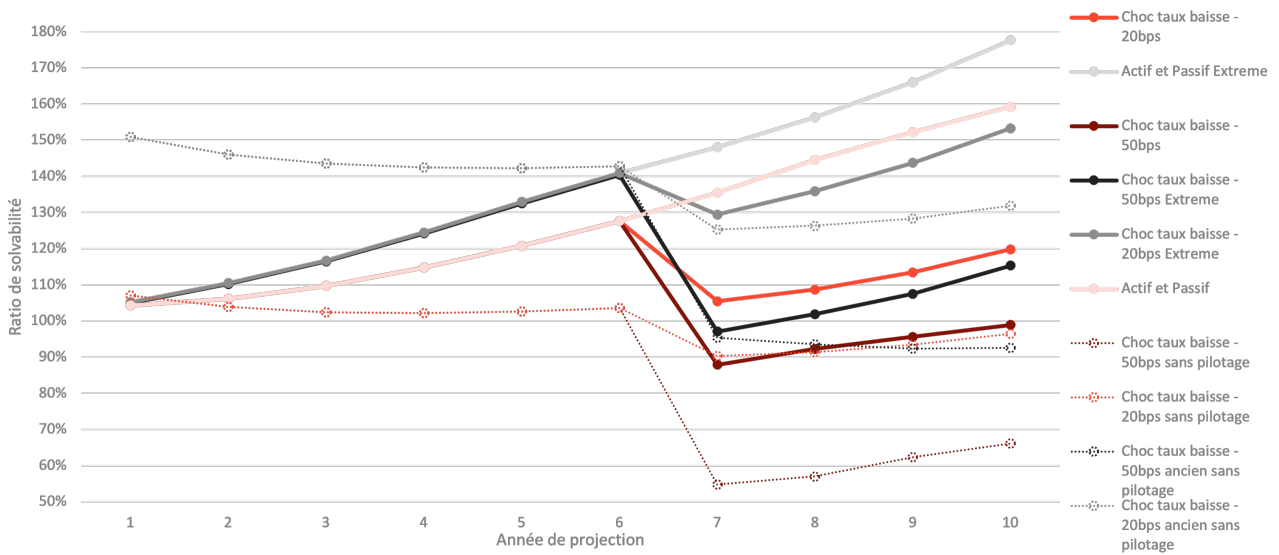


FIGURE 5.34 – Comportement des portefeuilles face aux chocs des taux à la baisse après la mise en place des leviers

Une baisse des taux brutale entraîne dans une grande partie des cas, une rupture dans la capacité d'un assureur à être solvable. Sans prise en compte de pilotage, l'assureur possède un ratio de solvabilité qui est en dessous de 100%, même dans le cas d'une faible translation (20 bps). Avec l'utilisation des pilotages, les portefeuilles standard ou extrême résistent plus facilement à la diminution des taux d'intérêt quand celle-ci est faible avec le cas de 20 points de base. Cependant, si le choc effectué est plus brutal avec une diminution de 50 points de base alors les deux portefeuilles n'absorbent plus le choc qui en résulte. Le portefeuille standard passe sous la barre des 90% de solvabilité et le portefeuille extrême atteint 97% de solvabilité lors de la première année du choc. Ces résultats montrent la nécessité d'opter pour des changements plus radicaux dans un climat de taux comme celui-ci pour pouvoir rester solvable. Avec les nouvelles mesures affectant la méthodologie de calculs de la courbe des taux, le portefeuille semble mieux réagir avec une baisse.

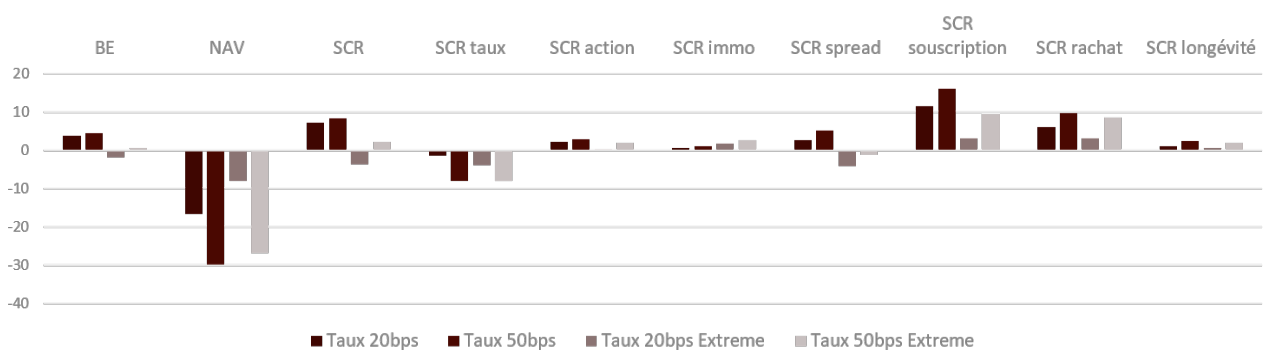


FIGURE 5.35 – Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central avec les chocs réalisés sur la courbe des taux dans le cas à la baisse

Les effets de la baisse de taux, sont les mêmes que ceux observés lors des études sur le changement de taux de référence. Du fait de l'abaissement des courbes, les obligations voient leur prix augmenter et leur rentabilité baisser (à cause du réinvestissement déjà expliqué), la NAV est donc réduite ce qui abaisse le ratio de solvabilité. En analysant, plus en détail la réaction des deux portefeuilles, la NAV semble moins volatile dans le cadre du portefeuille

standard tout comme le SCR. Ce dernier, connaît des variations importantes notamment avec une hausse des spread, des actions et des souscriptions.

## Hausse des taux

Dans le cas opposé, si les taux venaient à se rehausser, les pilotages effectués mèneraient à ce type de ratios de solvabilité lors des 10 années de projection :

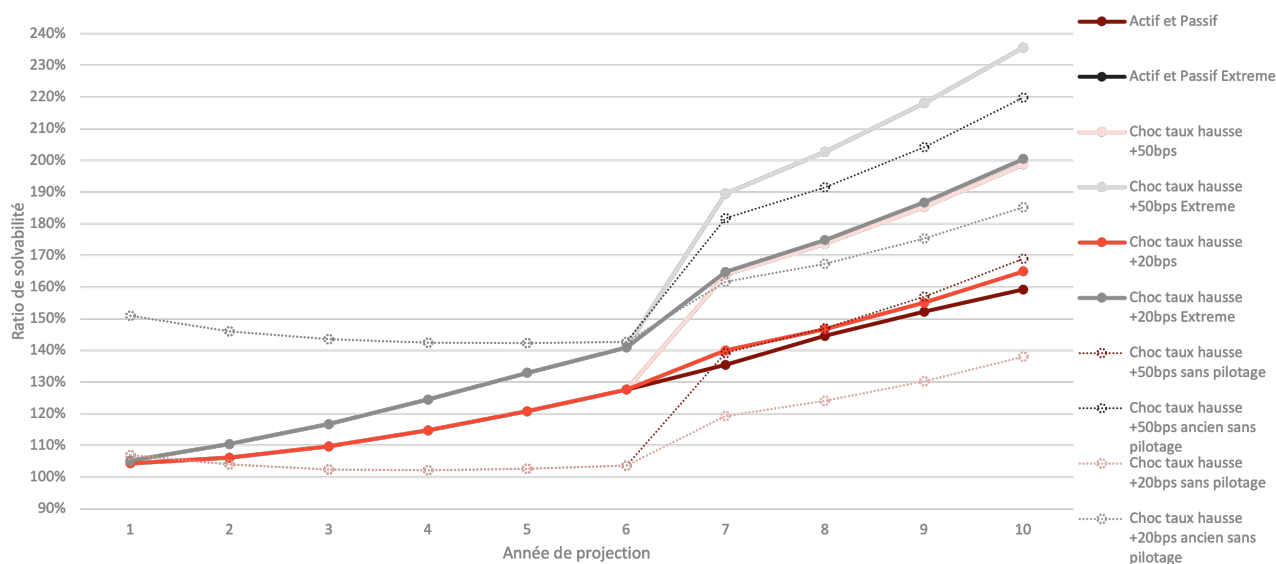


FIGURE 5.36 – Comportement des portefeuilles face aux chocs des taux à la hausse après la mise en place des leviers

La hausse des taux d'intérêt de 50 points de base permet, sans pilotage, un gain symétrique de 50 points amenant le ratio à 168 points la dixième année (lors du choc le ratio gagne 30 points). Dans ce cas, il est remarquable que la hausse des taux d'intérêt aura un effet légèrement moins important avec les évolutions méthodologiques, sans ces changements le gain auraient été de 60 points (et de 37 points l'année du choc). De plus les pilotages ont aussi un effet sur la variabilité des gains. Dans le cas standard, une hausse de 50 bps entraîne un gain de 28 points l'année du choc rehaussant le ratio à 198 l'année 10 contre une hausse directe de 41 points au moment du choc, amenant le ratio à 235 points lors de la dernière projection. Ces variations sont essentiellement causées par une hausse importante de la NAV dans le cas extrême (50 points de gain pour une translation de 50 bps). La baisse du SCR est essentiellement causée par une diminution du SCR de souscription vie.

L'analyse de la NAV montre que le cas Standard est moins volatile. En effet, 30 points de base d'écart sur les taux swap causent un écart de 4 points dans le cas standard contre 6 points dans le cas extrême.

Au niveau du SCR, la hausse des taux qui vient diminuer le SCR spread a encore plus d'effet sur le cas extrême. De plus la diminution du SCR souscription et rachat est considérable dans le cas extrême. Ces effets sont en partie causés par la part d'engagement restreinte du fait de la hausse de la proportion d'UC au sein du portefeuille. Enfin, la hausse du SCR taux est causée par la nouvelle méthode de choc qui a plus d'influence sur les courbes élevées.

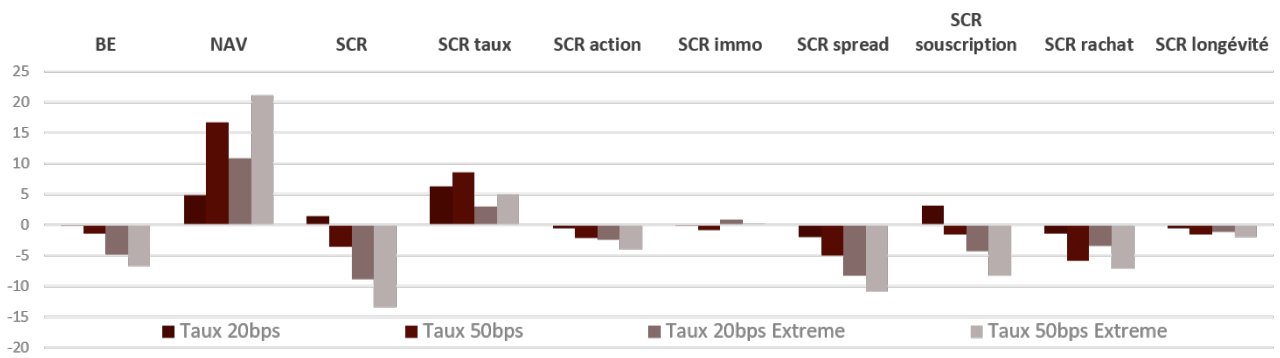


FIGURE 5.37 – *Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central avec les chocs réalisés sur la courbe des taux dans le cas à la hausse*

La comparaison des deux chocs montre que le portefeuille standard est plus sensible à la baisse de taux (perte instantanée de 47 points) qu'à la hausse (gain instantané de 28 points). À l'inverse, le portefeuille extrême est plus volatile quand les taux augmentent (gain instantané de 68 points) qu'à la baisse (perte instantanée de 24 points). Le même ordre de grandeur est observable pour le choc de 20 points de base.

## Conclusion du chapitre

Au vu, des évolutions réglementaires, si les assurances n'avaient pas d'actions sur les nouveaux stocks entrants alors ils ne pourraient pas répondre aux exigences en terme de solvabilité si des chocs survenaient. La mise en place de certains pilotages est donc nécessaire. En considérant les actions prises sur le cas standard qui semble le plus réaliste en vision assureur, les gains obtenus au bout de la dixième maturité sont les suivants :

Axe considéré	Modifications	Gains
Part d'UC	Hausse progressive avec un plafond à 40%	7.6
Part de TMG Brut	Hausse progressive de 10% par année	14.8
Chargements Euro	Fixé à 1%	3.3
Age Moyen	Hausse progressive vers 65 ans	3.5
New business	Diminution progressive vers 2% des PM initiales	5.8
Pénalité de rachat	Installation de pénalité de 2% de l'encours	3.2
<b>Total des actions au Passif</b>		<b>30.0</b>
Réallocation	Placement alternatif <sup>a</sup>	5.8
Maturité obligation	Baisse de la maturité obligataire	5.4
Rating Obligation	Choix d'un meilleur rating	6.7
Surperformance	Baisse légère	1.4
<b>Total des actions à l'Actif</b>		<b>10.9</b>
<b>Total des actions <sup>b</sup></b>		<b>41.5</b>

Finally, the gain of profitability is more easily achievable with the hypotheses on the passive side of an insurer (new model points). However, the new measures can be delicate, notably in curbing adherence and in increasing future penalties. The insurer must therefore study the behavior of its portfolio of insureds, probe the market in order to take realistic and not too extreme measures. These measures must, nevertheless, be capable of absorbing disastrous and brutal market fluctuations as this has been tested at the end of this chapter.

Type de choc	Intensité	Ecart avec central	Ecart avec T-1
Action	-30%	-36%	-28%
Immobilier	-30%	-19%	-6%
Baisse taux	50 pbs	-48%	-40%
Hausse taux	50 pbs	28%	36%

These shocks show that in the case of a rate cut, the need to take drastic measures is felt. The place of funds in euros in the portfolios poses a question because of the mandatory commitments. **Quels sont les types de contrats que les assureurs vont devoir promouvoir afin de consolider leur solvabilité ?**

This memo puts forward the importance of the proportion of UC which can be a first alternative.

<sup>a</sup>. 9% d'actions, 4.5% d'immobilier, 15% d'OPCVM, 71.5% d'obligations avec la même répartition souveraine et entreprise qu'en 2020 et 0% de monétaire

<sup>b</sup>. Comme pour Total actif et Total passif, les sommes obtenues ne sont pas calculées directement mais en rassemblant les divers pilotages qui peuvent d'une part avoir une interdépendance au sein d'un côté du bilan (ex : UC et TMG brut) mais aussi à cause de l'interactivité actif passif lors calcul du Total final

---

## CONCLUSION

---

Les évolutions méthodologiques autour de la courbe des taux, s'inscrivant dans le cadre de la revue 2020 de Solvabilité 2 et de travaux annexes, menées par la Commission Européenne avec l'aide de l'EIOPA peuvent causer certains impacts chez un assureur. Dans un premier temps, ce mémoire tente de comprendre les nouvelles mesures mises en place et d'étudier les impacts qui en résultent sur le bilan économique d'un assureur.

La première mesure annoncée sera mise en place courant 2022, elle concerne le changement de taux de référence venant remplacer l'EIONA par l'€STR pour obtenir une représentation fiable et sécurisée des échanges sur le marché. Cette modification abaisse la courbe des taux swap de 10 bps et vient réduire la solvabilité de 8 à 18 points selon les deux portefeuilles testés.

La seconde mesure étudiée concerne le remplacement de la méthode d'extrapolation de Smith Wilson par une méthode alternative qui abaisse la courbe à partir de 20 ans. Cette méthode a pour but de limiter la sous-estimation des provisions mathématiques et réduit la volatilité lors de la construction. Elle coûte 8 à 15 points de solvabilité selon le niveau de la courbe testée.

La dernière mesure change le module de taux de Solvabilité 2. La méthode opte pour une approche multiplicative et additive pour les premières maturités permettant ainsi de considérer les taux négatifs dans une limite de  $-1.25\%$ . Après 20 ans, les courbes choquées sont extrapolées vers un UFR translaté. Cette méthode est la plus pénalisante avec une perte de 30 à 50 points selon les taux présents.

L'obtention de ces impacts non négligeables couplée à un environnement financier très pénalisant pour le fonds en euros chez les assureurs réduit considérablement leur capacité à être solvable. Ils doivent se montrer innovants et prendre plus de risque afin de contrer cela. Ainsi, la dernière partie s'est concentrée sur des pilotages pouvant être réalisés. Il a été montré que la prise de risque concernant les allocations pour le fonds en euros était limitée du fait de l'exigence réglementaire, mais une hausse de la part d'immobilier avec une légère augmentation des actions était possible. Les poches obligataires doivent se montrer moins risquées et réduire leur maturité afin de diminuer le risque spread. Ces actions permettent de gagner une dizaine de points.

Enfin, à travers l'arrivée des nouveaux stocks, il a été montré qu'un passage vers l'UC serait une alternative. Les nouveaux stocks se verraient attribués une part plus importante de TMG brut et de chargements pour la partie en euro. De plus, le changement de population visée avec une hausse de l'âge moyen de souscription avec des effectifs plus bas pourrait aussi aider dans un but de solvabilité. Ces actions permettraient, à termes, un gain d'une trentaine de points. Ces évolutions pourraient même lutter contre certains chocs pouvant se réaliser, comme une baisse importante du cours des actions, de l'immobilier ou une modification à la hausse et à la baisse des taux d'intérêt.

Cependant, la mise en place de telles mesures peut s'avérer risquée, car les assurés ne vont pas forcément souhaiter soit prendre plus de risque (avec de l'UC), soit avoir plus de contrainte (avec les charges) lors des souscriptions. L'assureur devra donc trouver des alternatives comme proposer des UC moins risqués ou promettre certains placements en lien avec les problématiques actuelles tournées vers le social et l'environnement. Ces placements permettraient de faire accepter, pour certains assurés, la perte de rendement ou la prise de risque par le biais de fonds labellisés comme récemment avec le Finansol [17].

Enfin, il est important de souligner que l'ensemble des résultats est à temporiser. Les évolutions considérées concernent seulement la courbe des taux d'intérêts où l'ensemble des points est pénalisant pour l'assureur. Or, la révision 2020 fournit également des aspects bénéfiques en termes de solvabilité comme la réduction des corrélations entre le module de marché et le module de risque de crédit ou l'allègement des contraintes pour les LTEI. Les mesures ne vont pas s'appliquer avant 2025 et seront très lissées dans un premier temps ce qui laisse du temps aux assureurs dans leur gestion. Enfin les résultats sont purement économiques et ne prennent pas en compte de la PPE qui permet, généralement, une hausse de 30 à 50 points.

---

## BIBLIOGRAPHIE

---

- [1] ACPR. *Préparation à Solvabilité II*. URL : [https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/20140318\\_enseignements\\_annexes\\_techniques\\_vie\\_2013\\_\\_0.pdf](https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/20140318_enseignements_annexes_techniques_vie_2013__0.pdf).
- [2] ACPR. *Rapport des assureurs soumis à Solvabilité 2 en 2016*. URL : <https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/medias/documents/201705-as81-assureurs-soumis-solvabilite-ii-t4-2016.pdf>.
- [3] AMECO. URL : [http://ec.europa.eu/economy\\_finance/ameco/user/serie/ResultSerie.cfm](http://ec.europa.eu/economy_finance/ameco/user/serie/ResultSerie.cfm).
- [4] Antoine CHANCEL. *Impact des modèles de taux sur les évaluations Solvabilité 2 en assurance vie*. URL : <https://www.institutdesactulaires.com/docs/mem/59000bd2691f0221313b3e00.pdf>.
- [5] European COMMISSION. *AT.39914 Euro Interest Rate Derivatives*. URL : [https://ec.europa.eu/competition/elojade/isef/case\\_details.cfm?proc\\_code=1\\_39914](https://ec.europa.eu/competition/elojade/isef/case_details.cfm?proc_code=1_39914).
- [6] EIOPA. *Insurance statistics*. URL : [https://www.eiopa.europa.eu/tools-and-data/insurance-statistics\\_en](https://www.eiopa.europa.eu/tools-and-data/insurance-statistics_en).
- [7] EIOPA. *Technical documentation of the methodology to derive EIOPA's risk-free interest rate term structures - 31/05/2021*. URL : [https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/risk\\_free\\_interest\\_rate/eiopa-bos-21-250-technical-documentation\\_cl.pdf](https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/risk_free_interest_rate/eiopa-bos-21-250-technical-documentation_cl.pdf).
- [8] EOPIA. *Discussion Paper on IBOR transitions*. URL : <https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/publications/consultations/eiopa-bos-20-009-discussion-paper-on-ibor-transitions.pdf>.
- [9] EOPIA. *Technical Specification of the Information Request on the impact of IBOR transitions*. URL : <https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/publications/consultations/technical-specification-on-ir-on-ibor-transitions.pdf>.
- [10] Commission EUROPÉENNE. *DIRECTIVE 2009/138/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 25 novembre 2009*. URL : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0138&from=sv>.
- [11] FFA. *Les chiffres de l'assurance en 2020*. URL : <https://www.ffa-assurance.fr/file/3763/download?token=i8suBsHC>.
- [12] République FRANÇAISE. *Code des assurances*. URL : [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/texte\\_lc/LEGITEXT000006073984/2021-10-25](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/texte_lc/LEGITEXT000006073984/2021-10-25).
- [13] Forsides FRANCE. *Document interne : NOTE TECHNIQUE ESG FORSIDES*.
- [14] Forsides FRANCE. *Document interne : SALLTO (SOLVENCY ASSETS LIABILITIES LIFE TOOL) MODELISATION ET PRESENTATION DU CODE C#*.



- [15] François Villeroy de GALHAU. *François Villeroy de Galhau*. URL : [https://www.banque-france.fr/sites/default/files/medias/documents/20200109\\_dauphine\\_mise\\_en\\_ligne\\_fr.pdf](https://www.banque-france.fr/sites/default/files/medias/documents/20200109_dauphine_mise_en_ligne_fr.pdf).
- [16] INVESTING.COM. *Graphique 10*. URL : <https://fr.investing.com/rates-bonds/france-10-year-bond-yield-historical-data>.
- [17] Argus de L'ASSURANCE. *Assurance vie : le premier fonds euros entre dans le label Finansol*. URL : <https://www.argusdelassurance.com/les-assureurs/assurance-vie-le-premier-fonds-euros-entre-dans-le-label-finansol.189977>.
- [18] Good Value for MONEY. *Composition des fonds en euros*. URL : <https://www.goodvalueformoney.eu/espace-documentaire/composition-de-fonds-en-euros>.
- [19] Good Value for MONEY. *Fonds en euros Classiques en 2020*. URL : <https://www.goodvalueformoney.eu/documentation/composition-moyenne-des-fonds-en-euros-classiques-a-fin-2020>.
- [20] OECD. URL : [http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MEI\\_PRICES](http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MEI_PRICES).
- [21] Sia PARTNERS. *Mise en place opérationnelle du projet : Le Pilier 1*. URL : [https://www.sia-partners.com/system/files/document\\_download/file/2020-06/Sia-Conseil-Solvency-II-Pilier-11.pdf](https://www.sia-partners.com/system/files/document_download/file/2020-06/Sia-Conseil-Solvency-II-Pilier-11.pdf).
- [22] GRAEME WEST PATRICK S.HAGAN. *Interpolation Methods for Curve Construction*. URL : [https://www.researchgate.net/publication/24071726\\_Interpolation\\_Methods\\_for\\_Curve\\_Construction](https://www.researchgate.net/publication/24071726_Interpolation_Methods_for_Curve_Construction).

---

## TABLE DES FIGURES

---

1	Étapes de l’extrapolation alternative et comparaison avec Smith Wilson au 31/12/2020	4
2	Mise en place de l’€STR dans la construction de la courbe des taux . . . . .	4
3	Évolution du module de choc de taux sous Solvabilité 2 au 31/12/2020 . . . . .	5
4	Évolution de la solvabilité avec et sans les mesures prises sur l’actif et sur le passif	7
5	Steps of the alternative extrapolation and comparison with Smith Wilson . . . . .	10
6	Implementation of the €STR in the construction of the yield curve . . . . .	10
7	Evolution of the rate shock module under Solvency 2 . . . . .	11
8	Evolution of solvency with and without the measures taken on assets and liabilities	13
1.1	Les 3 piliers de Solvabilité 2 . . . . .	4
1.2	Vision du bilan sous Solvabilité 1 et 2 . . . . .	5
1.3	Modules et sous modules de risque pour le calcul du SCR . . . . .	7
1.4	Exemple du choc pour le SCR action . . . . .	8
1.5	Historique des taux 10 ans en France depuis 1995 [16] . . . . .	9
1.6	Chronologie de la révision de Solvabilité 2 . . . . .	13
2.1	Récapitulatif des inputs pour l’extrapolation de la courbe des taux au 31/12/2020	20
2.2	Reconstruction de la méthode de Smith Wilson au 31/12/2020 . . . . .	23
2.3	Reconstruction de la méthode Alternative au 31/12/2019 . . . . .	27
2.4	Comparaison des deux méthodes d’extrapolation au 31 décembre 2016 et 2020 .	28
2.5	Différence entre la méthode de Smith Wilson et la méthode alternative au cours des années 2014 à 2021 . . . . .	29
2.6	Moyenne des écarts entre 30 et 50 ans et niveaux des taux aux maturités 30, 40 et 50 . . . . .	30
2.7	Influence de l’UFR suivant les méthodes d’extrapolation . . . . .	31
2.8	Écart causé par les maturités 15 et 20 ans . . . . .	32
2.9	Influence du paramètre de convergence alpha sur la fonction de décroissance ex- ponentielle (gauche) et son impact sur la courbe zéro coupon (droite) au 31/12/2020	33
2.10	Courbe d’extrapolation alternative avec le mécanisme transitoire au 31/12/2020	34
2.11	Place de la courbe macroéconomique face aux courbes extrapolées . . . . .	35
2.12	Différence entre les méthodes d’extrapolation et la courbe de taux brute . . . . .	35
2.13	Courbe des taux sans risque sur base de l’€STR . . . . .	36
2.14	Comparaison des anciens et nouveaux chocs au 31/12/2016 et 31/12/2020 . . .	38
2.15	Trois types de chocs de taux sous Solvabilité 2 . . . . .	39
3.1	Allocation des actifs en valeur comptable en 2016 et 2020 . . . . .	43
3.2	Lois des rachats conjoncturels . . . . .	45
3.3	Processus de l’outil interne SALLTO . . . . .	46
3.4	Processus du modèle interne . . . . .	50
3.5	Calibrage de la graine d’aléas sur le portefeuille de 2020 . . . . .	52

3.6	Résultats de solvabilité dans le cas central . . . . .	53
3.7	Décomposition du SCR dans le cas central . . . . .	54
4.1	Impact sur la solvabilité causé par le changement de taux de référence . . . . .	56
4.2	Comparaison des indicateurs de références vis-à-vis du central pour la mise en place de l'€STR . . . . .	57
4.3	Impacts sur la solvabilité causés par la nouvelle méthode d'extrapolation sur le portefeuille de 2016 . . . . .	59
4.4	Impacts sur la solvabilité causés par la nouvelle méthode d'extrapolation sur le portefeuille de 2020 . . . . .	59
4.5	Comparaison des indicateurs de références vis-à-vis du central pour la mise en place de l'extrapolation alternative . . . . .	59
4.6	Impacts sur la solvabilité causés par la nouvelle méthode d'extrapolation sur le portefeuille de 2020 avec la méthode transitoire . . . . .	60
4.7	Impacts sur la solvabilité causés par la méthode vitesse de convergence de la nouvelle méthode d'extrapolation sur le portefeuille de 2020 . . . . .	61
4.8	Impacts sur la solvabilité causés par le niveau de l'UFR selon les méthodes d'extrapolation sur le portefeuille de 2016 . . . . .	62
4.9	Impacts sur la solvabilité causés par le niveau de l'UFR selon les méthodes d'extrapolation sur le portefeuille de 2020 . . . . .	62
4.10	Impacts sur la solvabilité causés par la position des taux swap 15 et 20 ans selon la méthode d'extrapolation sur le portefeuille de 2020 . . . . .	63
4.11	Courbes macroéconomiques utilisées pour la modélisation . . . . .	63
4.12	Impact sur la solvabilité d'une courbe macroéconomique . . . . .	64
4.13	Comparaison des indicateurs de références vis-à-vis du central avec l'utilisation d'une courbe macroéconomique . . . . .	64
4.14	Différence de choc entre le central et les deux méthodes de chocs . . . . .	65
4.15	Impacts sur la solvabilité causés par la méthode de chocs préconisée par l'EIOPA sur le portefeuille de 2016 . . . . .	66
4.16	Impacts sur la solvabilité causés par la méthode de chocs préconisée par l'EIOPA sur le portefeuille de 2020 . . . . .	66
4.17	Comparaison des indicateurs de références vis-à-vis du central avec l'utilisation des chocs de taux EIOPA . . . . .	67
4.18	Différence de choc entre le central et les deux méthodes de chocs . . . . .	68
4.19	Impacts sur la solvabilité causés par la méthode de chocs de la commission Européenne sur le portefeuille de 2016 . . . . .	69
4.20	Impacts sur la solvabilité causés par la méthode de chocs de la commission Européenne sur le portefeuille de 2020 . . . . .	69
4.21	Comparaison des indicateurs de références vis-à-vis du central avec l'utilisation des chocs CE . . . . .	70
4.22	Résumé des impacts vis-à-vis du central . . . . .	71
5.1	Principe de calcul d'un SCR projeté . . . . .	73
5.2	Comparaison des deux portefeuilles centraux projetés sur 10 années . . . . .	74
5.3	Décomposition du SCR dans le cas du scénario central pour les projections 1 et 10 . . . . .	76
5.4	Influence causée par les choix d'investissement sur la solvabilité . . . . .	78
5.5	Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central pour l'investissement . . . . .	79
5.6	Influence causée par la maturité lors du réinvestissement d'obligations sur la solvabilité . . . . .	80

5.7	Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central pour la maturité des obligations . . . . .	81
5.8	Influence causée par le rating lors du réinvestissement d'obligations sur la solvabilité	82
5.9	Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central pour le rating des obligations . . . . .	82
5.10	Chronique des taux de coupons (Tau) et des prix des obligations dans le cadre de la surperformance des obligations lors du réinvestissement . . . . .	84
5.11	Influence causée par la surperformance lors du réinvestissement d'obligations sur la solvabilité . . . . .	84
5.12	Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central pour la surperformance des obligations . . . . .	85
5.13	Évolution de la solvabilité avec les mesures prises sur l'actif . . . . .	86
5.14	Influence causée par le niveau d'UC des nouveaux stocks sur la solvabilité . . . .	87
5.15	Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central pour la part d'UC . . . . .	88
5.16	Influence causée par le niveau de TMG brut des nouveaux stocks sur la solvabilité	89
5.17	Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central pour la part de TMG brut . . . . .	89
5.18	Influence causée par le niveau de chargement euro des nouveaux stocks sur la solvabilité . . . . .	90
5.19	Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central pour les taux de chargement . . . . .	91
5.20	Influence causée par le niveau des pénalités de rachat des nouveaux stocks sur la solvabilité . . . . .	92
5.21	Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central pour la part de pénalité de rachat . . . . .	92
5.22	Influence causée par le niveau d'âge moyen des nouveaux stocks sur la solvabilité	93
5.23	Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central pour l'âge moyen de souscription . . . . .	94
5.24	Influence causée par le niveau de nouveaux stocks sur la solvabilité . . . . .	95
5.25	Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central pour la part de nouveaux contrats entrants . . . . .	95
5.26	Évolution de la solvabilité avec les mesures prises sur le passif . . . . .	96
5.27	Évolution de la solvabilité avec les mesures prises sur l'actif et sur le passif . . .	97
5.28	Décomposition du SCR selon la projection du central dans le cas standard et extrême pour l'année 7 de projection . . . . .	98
5.29	Comportement des portefeuilles face aux chocs actions après la mise en place des leviers . . . . .	98
5.30	Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central avec les chocs réalisés sur les actions . . . . .	99
5.31	Comportement des portefeuilles face aux chocs immobilier après la mise en place des leviers . . . . .	100
5.32	Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central avec les chocs réalisés sur l'immobilier . . . . .	100
5.33	Translation des taux swap de 50 points de base . . . . .	101
5.34	Comportement des portefeuilles face aux chocs des taux à la baisse après la mise en place des leviers . . . . .	102
5.35	Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central avec les chocs réalisés sur la courbe des taux dans le cas à la baisse . . . . .	102

5.36	Comportement des portefeuilles face aux chocs des taux à la hausse après la mise en place des leviers . . . . .	103
5.37	Comparaison en points des indicateurs de référence vis-à-vis du central avec les chocs réalisés sur la courbe des taux dans le cas à la hausse . . . . .	104
A.1	Part moyenne des différents modules de risques dans le BSCR [21] . . . . .	116
A.2	Anciens facteurs de chocs de taux . . . . .	117
A.3	Facteurs de chocs préconisés par l'EIOPA . . . . .	118
A.4	Écarts causés par le décalage des maturités 15 et 20 ans avec le même éloignement que le cas central . . . . .	118
A.5	Écarts causés par le décalage des maturités 15 le cas central . . . . .	119
C.1	Décomposition du SCR dans le cas central . . . . .	121
C.2	Décomposition du SCR avec l'utilisation de l'€STR comme taux référence . . . . .	122
C.3	Décomposition du SCR avec l'utilisation de la méthode d'extrapolation alternative . . . . .	122
C.4	Décomposition du SCR avec l'utilisation de l'€STR et de la méthode d'extrapolation alternative . . . . .	123
C.5	Décomposition du SCR avec l'utilisation des chocs de l'EIOPA . . . . .	124
C.6	Décomposition du SCR avec l'utilisation des chocs CE . . . . .	125
C.7	Évolution de la solvabilité suivant les méthodes de chocs employées en 2016 . . . . .	126
C.8	Évolution de la solvabilité suivant les méthodes de chocs employées en 2020 . . . . .	126
C.9	Décomposition du SCR avec l'utilisation des courbes macroéconomiques . . . . .	127
D.1	Part de la NAV et du SCR en fonction des provisions mathématiques selon la projection du central à l'année 1 et 10 dans le cas extrême . . . . .	130
D.2	Part de la NAV et du SCR en fonction des provisions mathématiques selon la projection du central à l'année 7 du portefeuille standard . . . . .	130
D.3	Part de la NAV et du SCR en fonction des provisions mathématiques selon la projection du central à l'année 7 du portefeuille extrême . . . . .	131

---

## LISTE DES TABLEAUX

---

1	Principaux impacts causés par les évolutions réglementaires en termes de points de solvabilité . . . . .	5
2	Leviers conservés sur les actifs . . . . .	6
3	Leviers conservés sur le passif avec les model points . . . . .	7
4	Main impacts caused by regulatory changes . . . . .	11
5	Leverages on assets . . . . .	12
6	Leverages on liabilities . . . . .	13
2.1	Écart causé par l'utilisation d'UFR extrémaux . . . . .	31
2.2	Écart remarquable à la maturité 40 ans . . . . .	32
3.1	Rating de la poche obligataire . . . . .	43
3.2	Plus-values latentes utilisées . . . . .	44
3.3	Composition du passif . . . . .	44
3.4	Model Points des portefeuilles . . . . .	45
3.5	Ratio de solvabilité en fonction de la graine d'aléa au 31/12/2020 . . . . .	52
3.6	Premiers résultats avec les indicateurs choisis . . . . .	53
4.1	Écarts causés par la nouvelle méthode d'extrapolation dans le cas central . . . . .	58
4.2	Écarts causés par la méthode de chocs de taux choisie par la CE . . . . .	68
4.3	Récapitulatif des impacts sur la solvabilité causés par les évolutions méthodologiques de la courbe des taux . . . . .	71
5.1	Modifications effectuées sur le portefeuille initial dans le cadre des investissements	77
5.2	Modifications effectuées sur le portefeuille alternatif dans le cadre des investissements . . . . .	78
5.3	Nouvelles hypothèses pour le portefeuille d'actifs . . . . .	85
5.4	Nouvelles hypothèses pour le portefeuille de passif . . . . .	96
B.1	Table de mortalité TF0002 . . . . .	120
C.1	Écarts causés par le changement de taux de référence (transition vers l'€STR) .	121
C.2	Écarts causés par la nouvelle méthode d'extrapolation avec la prise en compte du changement de taux de référence . . . . .	122
C.3	Modifications apportées sur la solvabilité d'un assureur par l'utilisation d'une courbe macroéconomique . . . . .	123
C.4	Écarts causés par la nouvelle méthode d'extrapolation avec la prise en compte du mécanisme transitoire . . . . .	123
C.5	Modifications apportées sur la solvabilité d'un assureur par l'utilisation de toutes les modifications méthodologiques de la courbe des taux avec les chocs préconisés par l'EIOPA . . . . .	124

C.6	Écart causés par la méthode de chocs de taux choisie par la CE avec l'intégration du taux de référence €STR . . . . .	125
C.7	Écarts causés par la méthode de chocs de la commission européenne avec l'extrapolation de Smith Wilson . . . . .	125
C.8	Écarts causés par la nouvelle méthode d'extrapolation suivant la vitesse de convergence adoptée . . . . .	127
C.9	Écarts causés par la nouvelle méthode d'extrapolation suivant la valeur de l'UFR et la méthode d'extrapolation . . . . .	128
C.10	Écarts causés par la nouvelle méthode d'extrapolation suivant la valeur des swaps 15 et 20 ans . . . . .	128
D.1	Catégories des ratings données par les principales agences de notation . . . . .	129

## ANNEXE A

### DONNÉES SUPPLÉMENTAIRES

Part du BSCR	Marché	Contrepartie	Vie	Non-vie	Santé	Diversification
Assurance Vie	71%	3%	40%	0%	5%	-18%
Assurance Non vie	39%	5%	1%	66%	13%	-24%

FIGURE A.1 – Part moyenne des différents modules de risques dans le BSCR [21]



### Coefficients de chocs actuels

Maturité	up(m)	down(m)
1	70%	75%
2	70%	65%
3	64%	56%
4	59%	50%
5	55%	46%
6	52%	42%
7	49%	39%
8	47%	36%
9	44%	33%
10	42%	31%
11	39%	30%
12	37%	29%
13	35%	28%
14	34%	28%
15	33%	27%
16	31%	28%
17	30%	28%
18	29%	28%
19	27%	29%
20	26%	29%
90	20%	20%

Pour les maturités supérieures à 20 ans :

- interpolation linéaire entre 20 et 90 ans

FIGURE A.2 – Anciens facteurs de chocs de taux

### Coefficients de chocs proposés par l'EIOPA

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

Pour les maturités supérieures à 20 ans :

- s(m) : interpolation linéaire entre 20 et 90 ans
- b(m) : interpolation linéaire entre 20 et 60 ans et coefficient nul pour les maturités supérieures à 60 ans

FIGURE A.3 – Facteurs de chocs préconisés par l'EIOPA

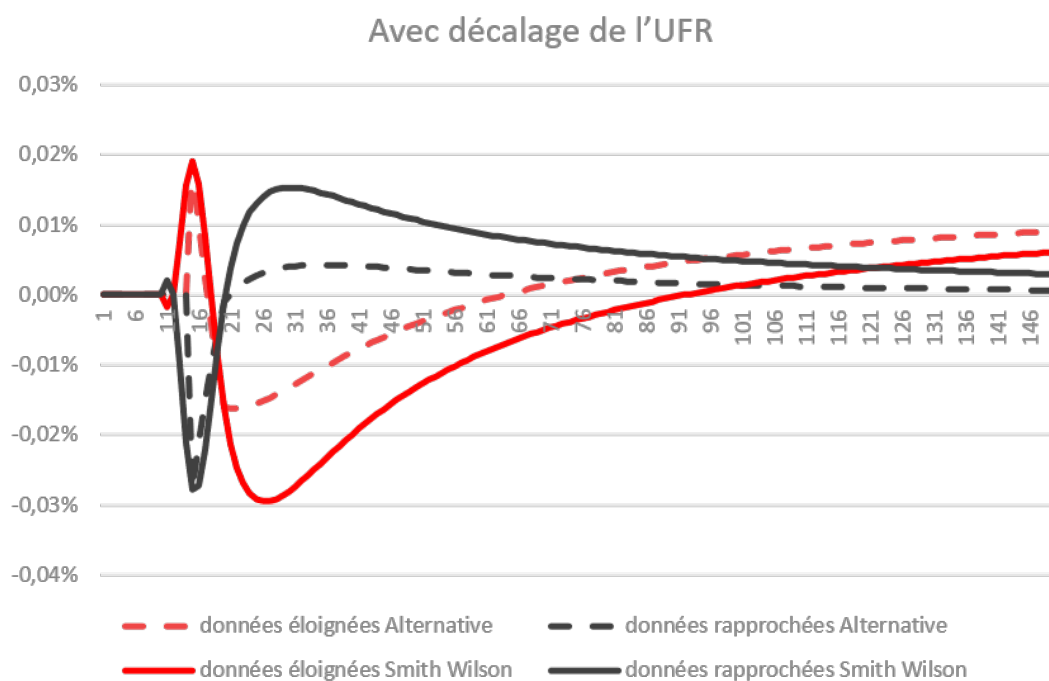


FIGURE A.4 – Ecartés causés par le décalage des maturités 15 et 20 ans avec le même éloignement que le cas central

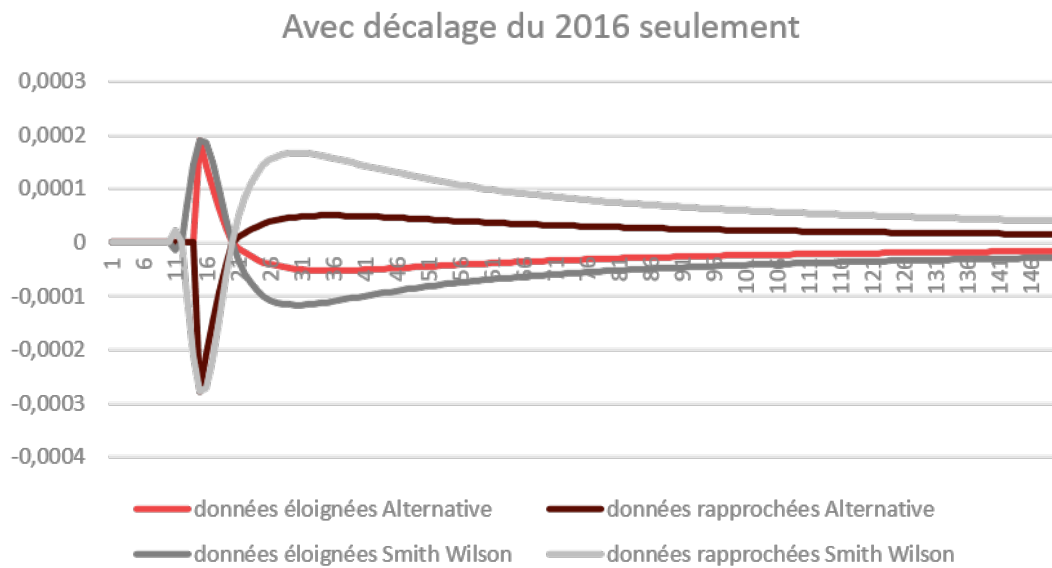


FIGURE A.5 – *Écarts causés par le décalage des maturités 15 le cas central*

## ANNEXE B

### PRÉCISION SUR LES HYPOTHÈSES CHOISIES

TF 00-02 décès							
Age	Lx	Age	Lx	Age	Lx	Age	Lx
0	100 000	30	98 921	60	93 329	90	32 821
1	99 616	31	98 879	61	92 892	91	28 469
2	99 583	32	98 833	62	92 425	92	24 328
3	99 562	33	98 782	63	91 923	93	20 444
4	99 545	34	98 725	64	91 382	94	16 860
5	99 531	35	98 662	65	90 797	95	13 618
6	99 519	36	98 593	66	90 164	96	10 750
7	99 508	37	98 518	67	89 476	97	8 277
8	99 498	38	98 435	68	88 726	98	6 204
9	99 488	39	98 343	69	87 907	99	4 516
10	99 478	40	98 242	70	87 010	100	3 185
11	99 467	41	98 130	71	86 024	101	2 171
12	99 456	42	98 007	72	84 941	102	1 426
13	99 444	43	97 872	73	83 751	103	900
14	99 431	44	97 724	74	82 442	104	544
15	99 415	45	97 563	75	80 998	105	314
16	99 395	46	97 387	76	79 402	106	172
17	99 371	47	97 197	77	77 633	107	89
18	99 342	48	96 993	78	75 671	108	44
19	99 309	49	96 776	79	73 496	109	20
20	99 274	50	96 546	80	71 088	110	9
21	99 239	51	96 304	81	68 423	111	4
22	99 205	52	96 049	82	65 478	112	1
23	99 171	53	95 778	83	62 233	113	0
24	99 137	54	95 489	84	58 680	114	0
25	99 103	55	95 180	85	54 828	115	0
26	99 068	56	94 851	86	50 706	116	0
27	99 033	57	94 501	87	46 362	117	0
28	98 997	58	94 131	88	41 868	118	0
29	98 960	59	93 741	89	37 319	119	0

TABLE B.1 – Table de mortalité TF0002

## ANNEXE C

### PRÉCISION SUR LES IMPACTS CAUSÉS PAR LES MODIFICATIONS

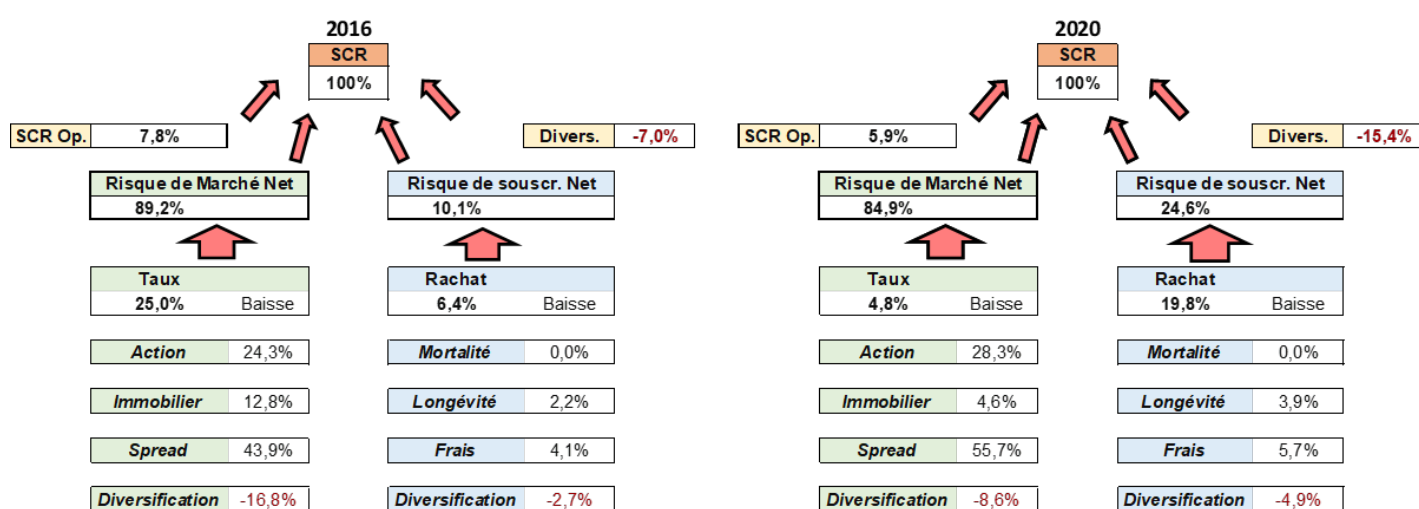


FIGURE C.1 – Décomposition du SCR dans le cas central

Année	Taux de référence	BE	NAV	SCR	Ratio
2016	EONIA	118,7%	12,1%	5,9%	203,8%
	€STR	119,0%	11,7%	6,0%	195,6%
	Ecart Relatif au central	0,2%	-2,9%	1,2%	-4,0%
	<b>Ecart en points</b>				<b>-8,17</b>
2020	EONIA	119,3%	10,7%	7,2%	149,0%
	€STR	119,9%	10,0%	7,6%	130,8%
	Ecart Relatif au central	0,5%	-7,0%	5,9%	-12,3%
	<b>Ecart en points</b>				<b>-18,28</b>

TABLE C.1 – Écarts causés par le changement de taux de référence (transition vers l'€STR)

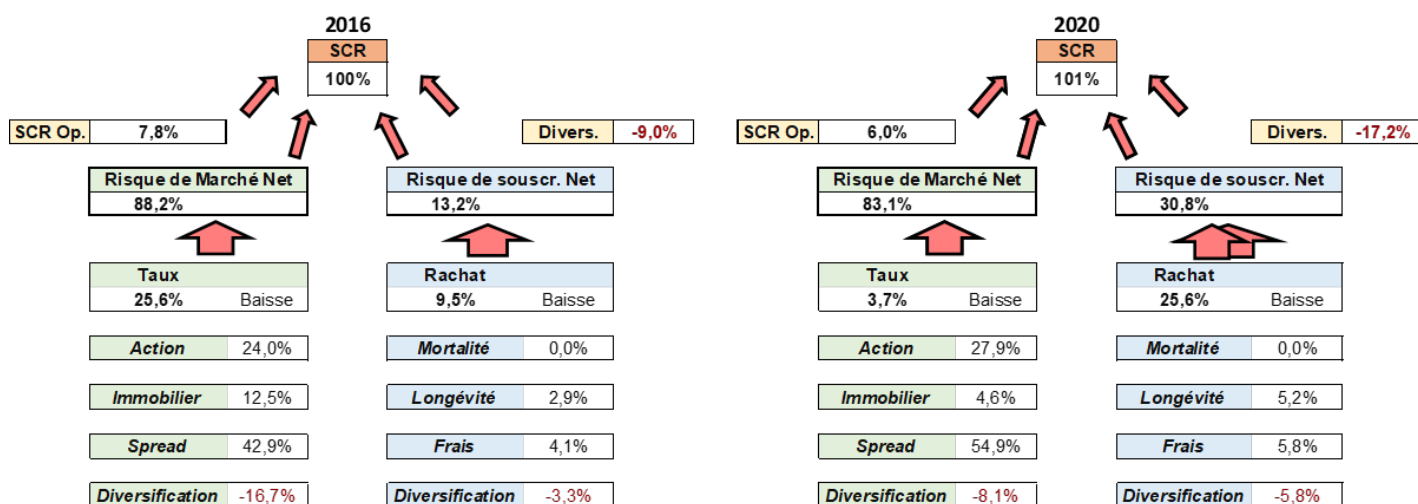


FIGURE C.2 – Décomposition du SCR avec l'utilisation de l'€STR comme taux référence

Année	Méthode d'extrapolation	BE	NAV	SCR	Ratio
2016	Alternative (EONIA)	119,0%	11,7%	5,9%	196,0%
	Alternative (€STR)	119,4%	11,2%	6,0%	187,6%
	Ecart en points				-8,35
	Ecart en points (Avec central)				-16,18
2020	Alternative (EONIA)	119,9%	9,8%	7,3%	134,0%
	Alternative (€STR)	120,5%	9,0%	7,8%	115,4%
	Ecart en points				-18,65
	Ecart en points (Avec central)				-33,67

TABLE C.2 – Écarts causés par la nouvelle méthode d'extrapolation avec la prise en compte du changement de taux de référence

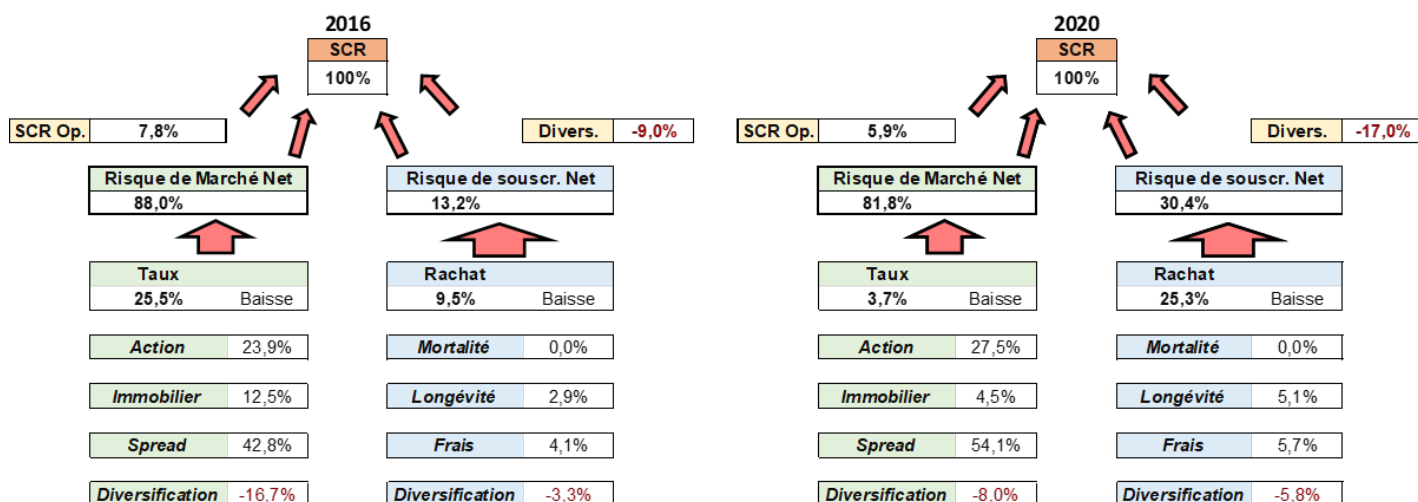


FIGURE C.3 – Décomposition du SCR avec l'utilisation de la méthode d'extrapolation alternative

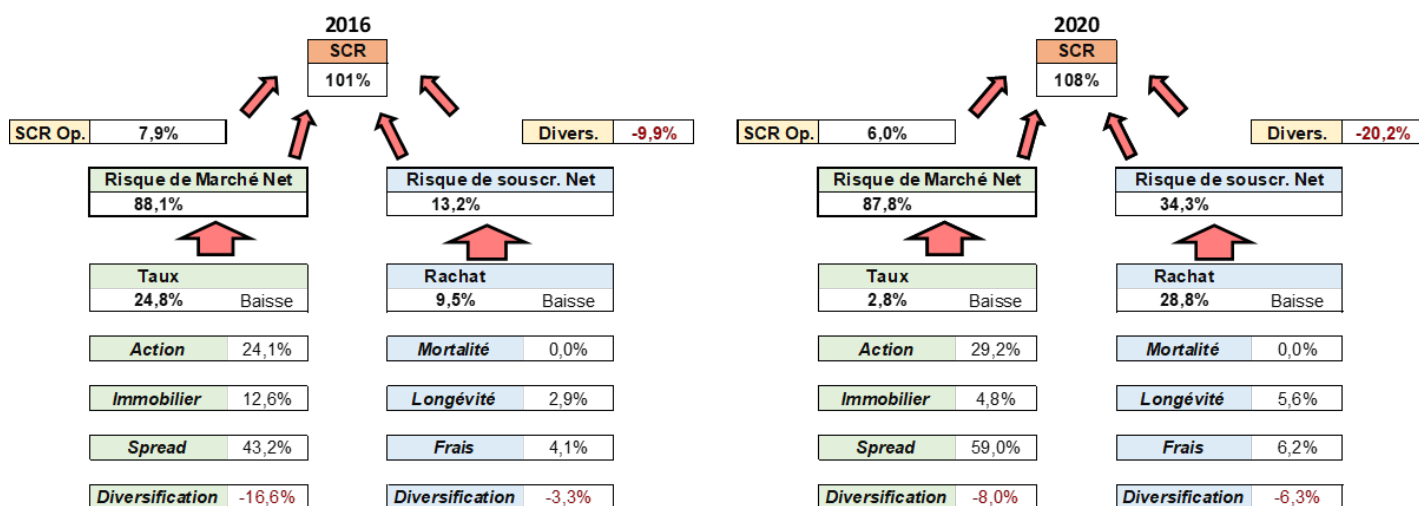


FIGURE C.4 – Décomposition du SCR avec l'utilisation de l'€STR et de la méthode d'extrapolation alternative

Année	Courbes utilisées	BE	NAV	SCR	Ratio
2016	Smith Wilson	118,7%	12,1%	5,9%	203,8%
	Courbe macroéconomique	120,0%	10,0%	6,2%	158,2%
	Ecart Relatif au central	1,0%	-17,1%	4,2%	-22,4%
	<b>Ecart en points</b>				<b>-45,63</b>
2020	Smith Wilson	119,3%	10,7%	7,2%	149,0%
	Courbe macroéconomique	121,2%	7,1%	7,9%	92,0%
	Ecart Relatif au central	1,6%	-34,0%	9,1%	-38,2%
	<b>Ecart en points</b>				<b>-57,00</b>

TABLE C.3 – Modifications apportées sur la solvabilité d'un assureur par l'utilisation d'une courbe macroéconomique

Année	Méthode d'extrapolation	BE	NAV	SCR	Ratio
2020	Extrapolation Alternative	119,5%	10,4%	7,2%	144,4%
	Ecart Relatif au central	0,1%	-2,8%	0,3%	-3,1%
	Ecart en points				-4,64
	Ecart Relatif avec la méthode alternative	-0,3%	6,5%	-1,2%	7,7%
	<b>Ecart en points avec la méthode alternative</b>				<b>10,38</b>
	Extrapolation Alternative avec l'€STR	120,1%	9,6%	7,7%	125,7%
2020	Ecart Relatif au central	0,7%	-10,3%	6,4%	-15,7%
	Ecart en points				-23,34
	Ecart Relatif avec l'extrapolation et l'€STR	-0,3%	7,4%	-1,4%	8,9%
	<b>Ecart en points avec l'extrapolation et l'€STR</b>				<b>10,33</b>

TABLE C.4 – Écarts causés par la nouvelle méthode d'extrapolation avec la prise en compte du mécanisme transitoire

Année	Méthode de chocs	BE	NAV	SCR	Ratio
2016	Proposition de l'EIOPA + l'€STR	119,0%	11,7%	8,6%	136,9%
	<b>Ecart en points avec l'€STR</b> Ecart en points (Avec central)				<b>-58,76</b> -66,93
2016	Proposition de l'EIOPA + extrapolation	119,0%	11,7%	8,7%	133,8%
	<b>Ecart en points avec l'extrapolation</b> Ecart en points (Avec central)				<b>-62,20</b> -70,03
2016	Proposition de l'EIOPA + extrapolation + €str	119,4%	11,2%	8,6%	129,7%
	<b>Ecart en points avec l'extrapolation + €STR</b> Ecart en points (Avec central)				<b>-57,87</b> -74,05
2020	Proposition de l'EIOPA + l'€STR	119,9%	10,0%	9,4%	106,1%
	<b>Ecart en points avec l'€STR</b> Ecart en points (Avec central)				<b>-24,70</b> -42,98
2020	Proposition de l'EIOPA + extrapolation	119,9%	9,8%	9,1%	107,8%
	<b>Ecart en points avec l'extrapolation</b> Ecart en points (Avec central)				<b>-26,24</b> -41,25
2020	Proposition de l'EIOPA + extrapolation + €str	120,5%	9,0%	9,5%	95,4%
	<b>Ecart en points avec l'extrapolation + €STR</b> Ecart en points (Avec central)				<b>-19,98</b> -53,64

TABLE C.5 – Modifications apportées sur la solvabilité d'un assureur par l'utilisation de toutes les modifications méthodologiques de la courbe des taux avec les chocs préconisés par l'EIOPA

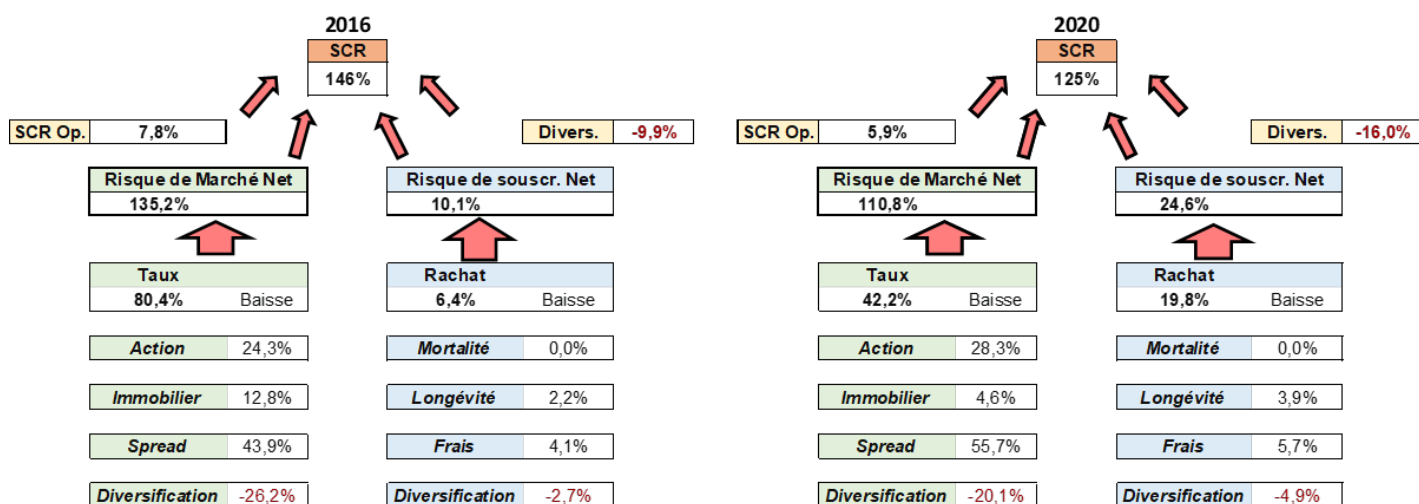


FIGURE C.5 – Décomposition du SCR avec l'utilisation des chocs de l'EIOPA



Année	Méthode de chocs	BE	NAV	SCR	Ratio
2016	Alternative + l'€STR	119,4%	11,2%	6,0%	187,6%
	Proposition de la CE + €STR	119,4%	11,2%	7,7%	145,9%
	<b>Ecart en points avec l'€STR</b> Ecart en points (Avec central)				<b>-41,68</b> -57,86
2020	Alternative + l'€STR	120,5%	9,0%	7,8%	115,4%
	Proposition de la CE + €STR	120,5%	9,0%	8,6%	104,5%
	<b>Ecart en points avec l'€STR</b> Ecart en points (Avec central)				<b>-10,85</b> -44,51

TABLE C.6 – Écart causés par la méthode de chocs de taux choisie par la CE avec l'intégration du taux de référence €STR

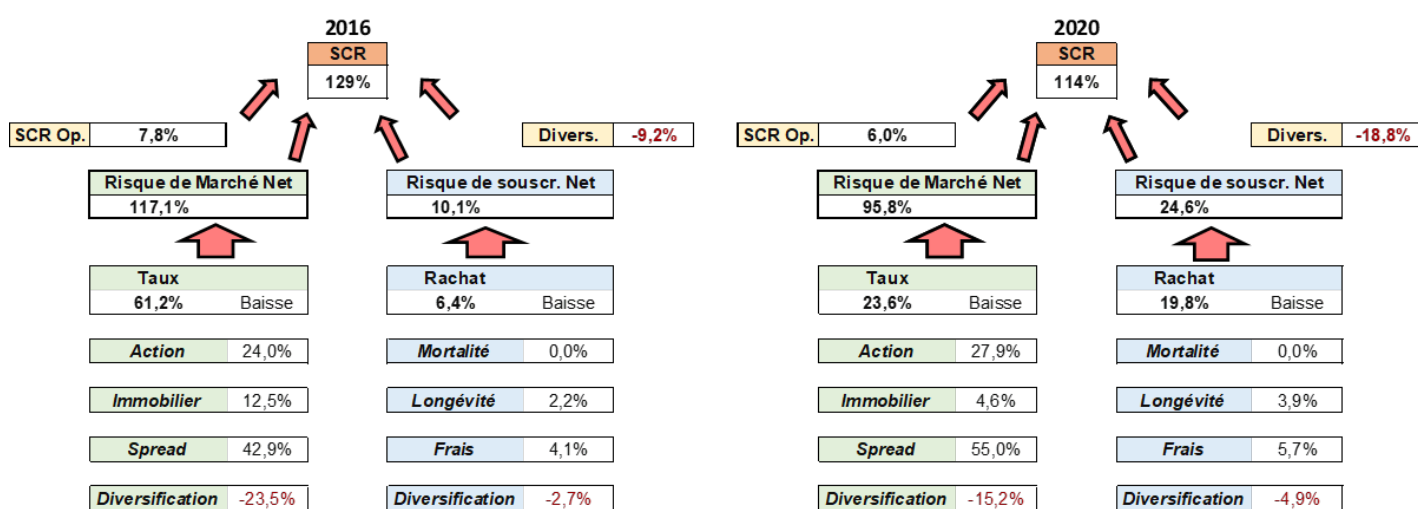


FIGURE C.6 – Décomposition du SCR avec l'utilisation des chocs CE

Année	Méthode de chocs	BE	NAV	SCR	Ratio
2016	Ancienne avec Smith Wilson	118,7%	12,1%	5,9%	203,8%
	Proposition de la CE avec Smith Wilson	118,7%	12,1%	7,5%	162,2%
	Ecart Relatif au central <b>Ecart en points</b>	0,0%	0,0%	25,7%	<b>-20,4%</b> <b>-41,61</b>
2020	Ancienne avec Smith Wilson	119,3%	10,7%	7,2%	149,0%
	Proposition de la CE avec Smith Wilson	119,3%	10,7%	8,2%	130,6%
	Ecart Relatif au central <b>Ecart en points</b>	0,0%	0,0%	14,1%	<b>-12,4%</b> <b>-18,43</b>

TABLE C.7 – Écarts causés par la méthode de chocs de la commission européenne avec l'extrapolation de Smith Wilson

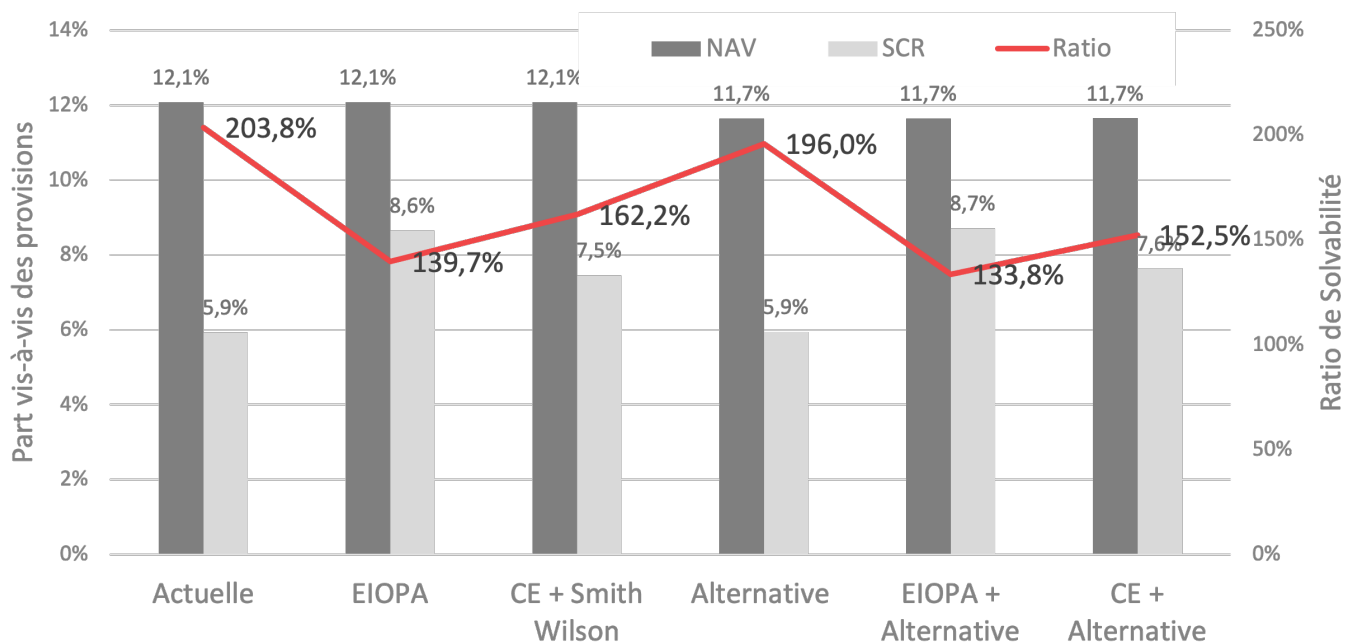


FIGURE C.7 – Évolution de la solvabilité suivant les méthodes de chocs employées en 2016

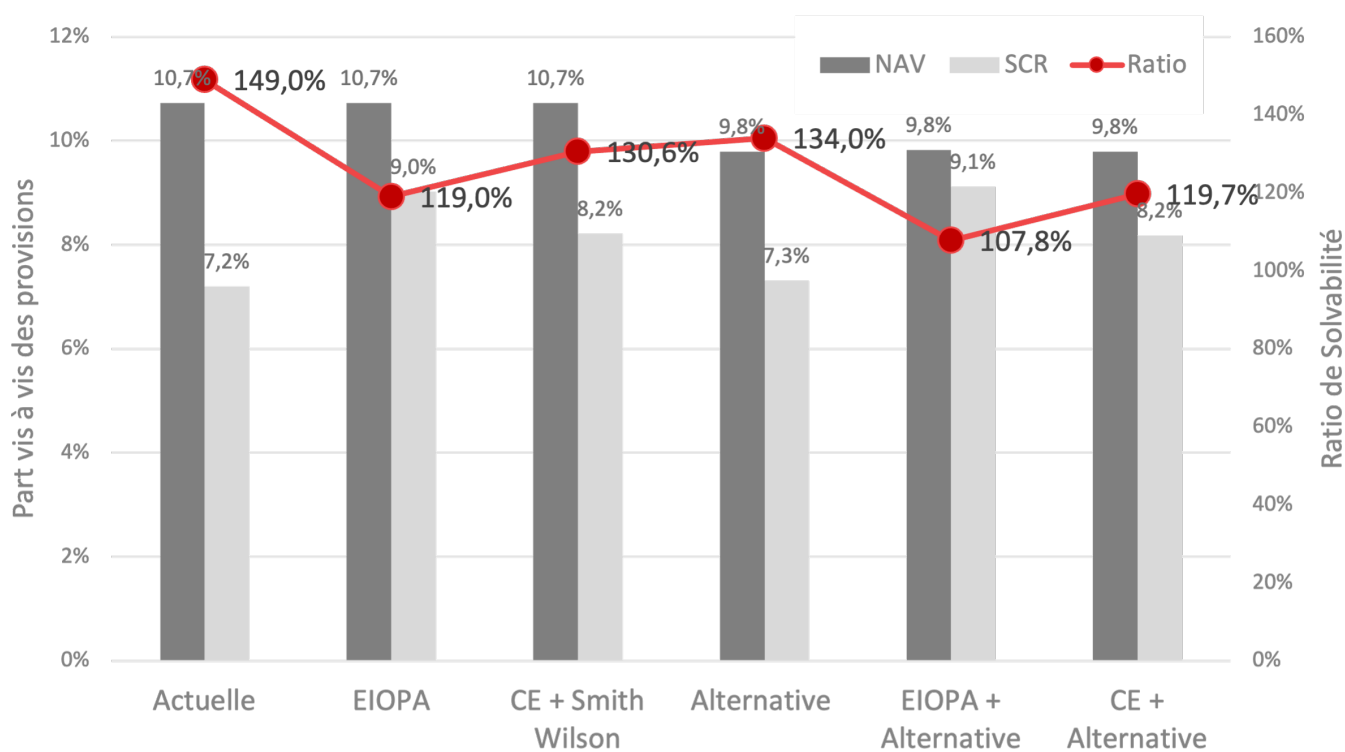


FIGURE C.8 – Évolution de la solvabilité suivant les méthodes de chocs employées en 2020

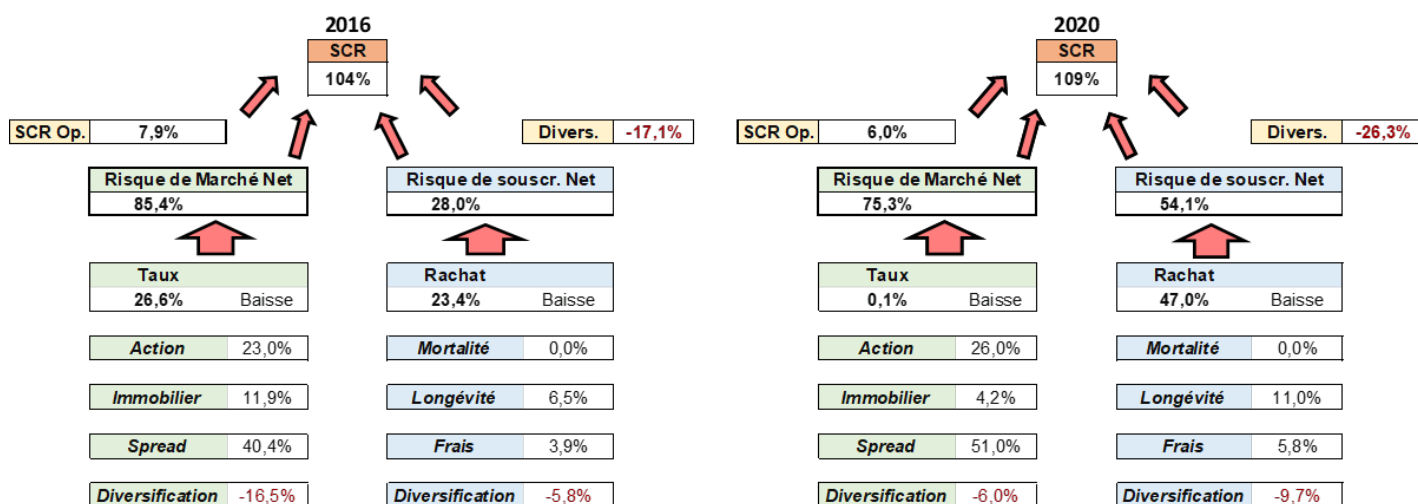


FIGURE C.9 – Décomposition du SCR avec l'utilisation des courbes macroéconomiques

Méthode d'extrapolation 2020	BE	NAV	SCR	Ratio
Smith Wilson	119,3%	10,7%	7,2%	149,0%
Alternative 5%	120,3%	9,0%	7,4%	121,1%
Ecart Relatif au central	0,8%	-16,1%	3,3%	-18,7%
<b>Ecart en points</b>				<b>-27,93</b>
Alternative 10%	119,9%	9,8%	7,3%	134,0%
Ecart Relatif au central	0,5%	-8,7%	1,5%	-10,1%
<b>Ecart en points</b>				<b>-15,02</b>
Alternative 15%	119,6%	10,2%	7,2%	140,6%
Ecart Relatif au central	0,3%	-5,1%	0,7%	-5,7%
<b>Ecart en points</b>				<b>-8,47</b>
Alternative 20%	118,6%	11,2%	9,8%	113,7%
Ecart Relatif au central	-0,6%	4,3%	36,7%	-23,7%
<b>Ecart en points</b>				<b>-35,33</b>
Alternative 50%	119,1%	11,1%	7,1%	155,2%
Ecart Relatif au central	-0,2%	3,2%	-0,9%	4,1%
<b>Ecart en points</b>				<b>6,14</b>
Alternative 100%	118,9%	11,4%	7,1%	160,8%
Ecart Relatif au central	-0,4%	6,3%	-1,5%	7,9%
<b>Ecart en points</b>				<b>11,74</b>

TABLE C.8 – Écarts causés par la nouvelle méthode d'extrapolation suivant la vitesse de convergence adoptée

Année	Extrapolation	Type (UFR / Ecart)	BE	NAV	SCR	Ratio
2016	Smith Wilson	3,30%	119,0%	11,7%	6,0%	196,3%
		3,75%	118,9%	11,9%	5,9%	200,3%
		Ecart en points	-0,12	0,20	-0,02	<b>3,95</b>
		4,20%	118,7%	12,1%	5,9%	203,8%
	Alternative	Ecart en points	-0,11	0,17	-0,02	<b>7,46</b>
		3,30%	119,2%	11,4%	6,0%	190,2%
		3,75%	119,1%	11,5%	6,0%	193,8%
		Ecart en points	-0,10	0,17	-0,02	<b>3,55</b>
		4,20%	119,0%	11,7%	5,9%	196,0%
		Ecart en points	-0,06	0,12	-0,01	<b>5,76</b>
		3,30%	119,4%	10,5%	7,2%	145,3%
		3,75%	119,3%	10,7%	7,2%	149,0%
2020	Smith Wilson	Ecart en points	-0,11	0,22	-0,04	<b>3,78</b>
		4,20%	119,2%	10,9%	7,2%	151,9%
		Ecart en points	-0,08	0,16	-0,03	<b>6,59</b>
		3,30%	120,0%	9,6%	7,3%	130,9%
	Alternative	3,75%	119,9%	9,8%	7,3%	134,0%
		Ecart en points	-0,10	0,19	-0,03	<b>3,14</b>
		4,20%	119,8%	10,0%	7,3%	137,1%
		Ecart en points	-0,09	0,17	-0,04	<b>6,19</b>

TABLE C.9 – Écarts causés par la nouvelle méthode d'extrapolation suivant la valeur de l'UFR et la méthode d'extrapolation

Extrapolation	Type (distance / Ecart)	BE	NAV	SCR	Ratio
Smith Wilson - 2020	Données réelles	119,3%	10,7%	7,2%	149,0%
	Éloignement	119,3%	10,8%	7,2%	149,8%
	Écart en points	-0,05	0,04	-0,01	<b>0,79</b>
	Rapprochement	119,3%	10,7%	7,2%	148,3%
Alternative - 2020	Écart en points	0,04	-0,09	0,01	<b>-0,72</b>
	Données réelles	119,9%	9,8%	7,3%	134,0%
	Éloignement	119,8%	9,9%	7,3%	135,6%
	Ecart en points	-0,06	0,09	-0,02	<b>1,56</b>
	Rapprochement	119,8%	9,8%	7,2%	136,1%
	Ecart en points	0,05	-0,08	-0,08	<b>0,31</b>

TABLE C.10 – Écarts causés par la nouvelle méthode d'extrapolation suivant la valeur des swaps 15 et 20 ans

## ANNEXE D

### PROPOSITIONS DE PILOTAGE

Définition	Moody's	S&P	Fitch
Qualité supérieure	Aaa	AAA	AAA
Qualité moyenne supérieure	Aa1	AA+	AA+
	Aa2	AA	AA
	Aa3	AA-	AA-
Qualité moyenne	A1	A+	A+
	A2	A	A
	A3	A-	A-
Qualité moyenne inférieure	Baa1	BBB+	BBB+
	Baa2	BBB	BBB
	Baa3	BBB-	BBB-
Spéculatif	Ba1	BB+	BB+
	Ba2	BB	BB
	Ba3	BB-	BB-
Très spéculatif	B1	B+	B+
	B2	B	B
	B3	B-	B-
Risque considérable	Caa1	CCC+	CCC+
Faible probabilité d'atteindre ses objectifs	Caa2	CCC	CCC
	Caa3	CCC-	CCC-
Obligation très spéculative et très risquée	Ca	CC	CC
Proche de la faillite	C	C	C

TABLE D.1 – *Catégories des ratings données par les principales agences de notation*

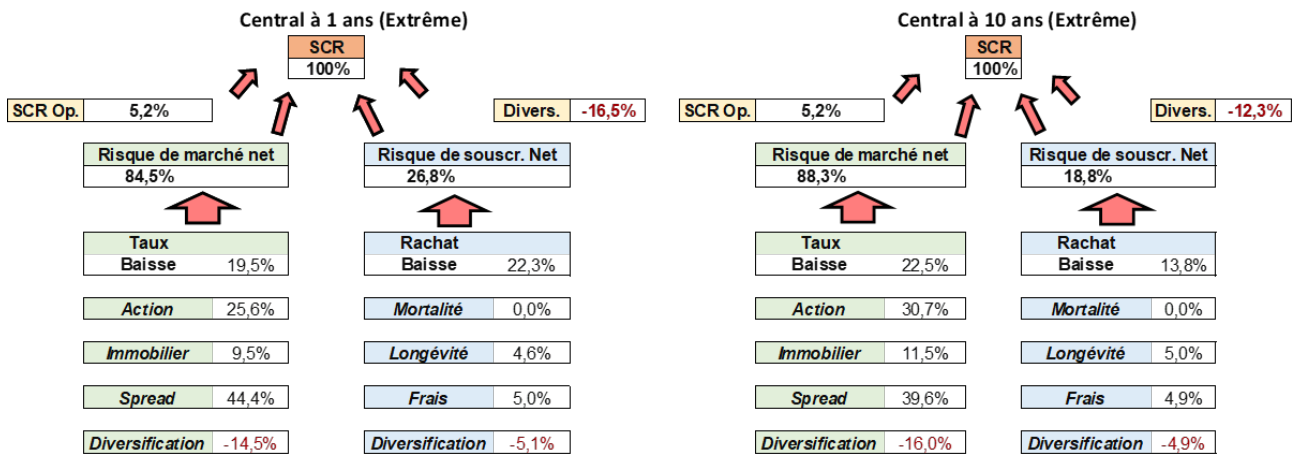


FIGURE D.1 – Part de la NAV et du SCR en fonction des provisions mathématiques selon la projection du central à l'année 1 et 10 dans le cas extrême

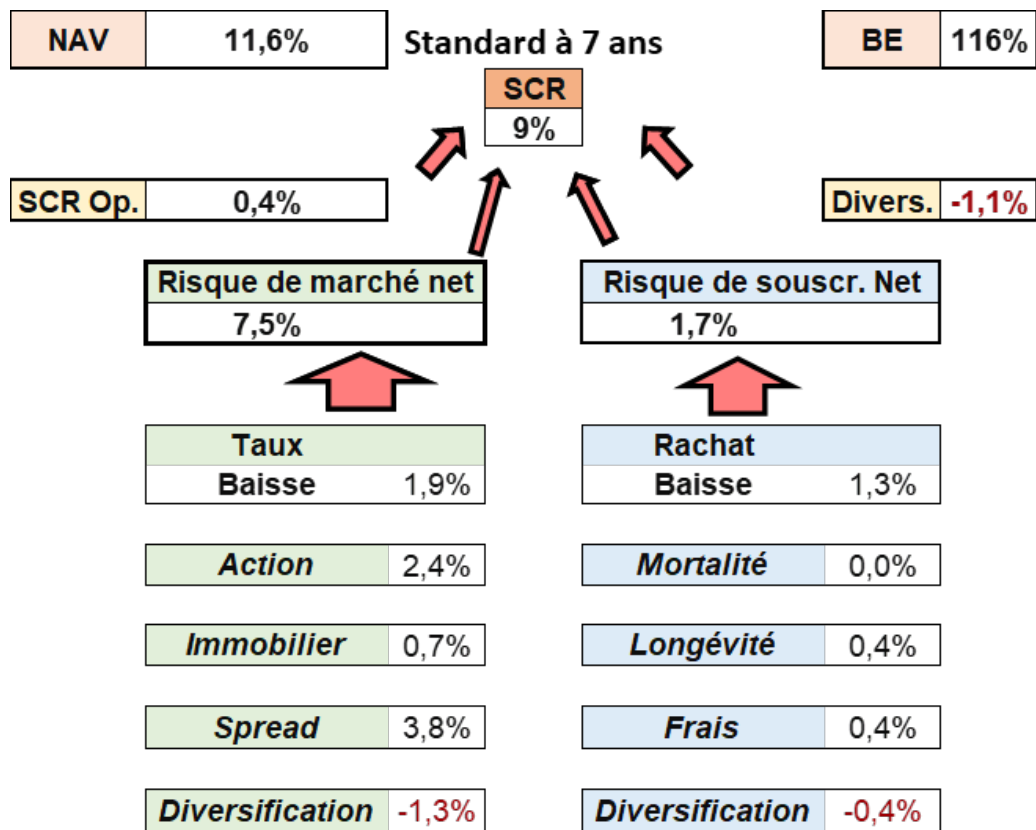


FIGURE D.2 – Part de la NAV et du SCR en fonction des provisions mathématiques selon la projection du central à l'année 7 du portefeuille standard

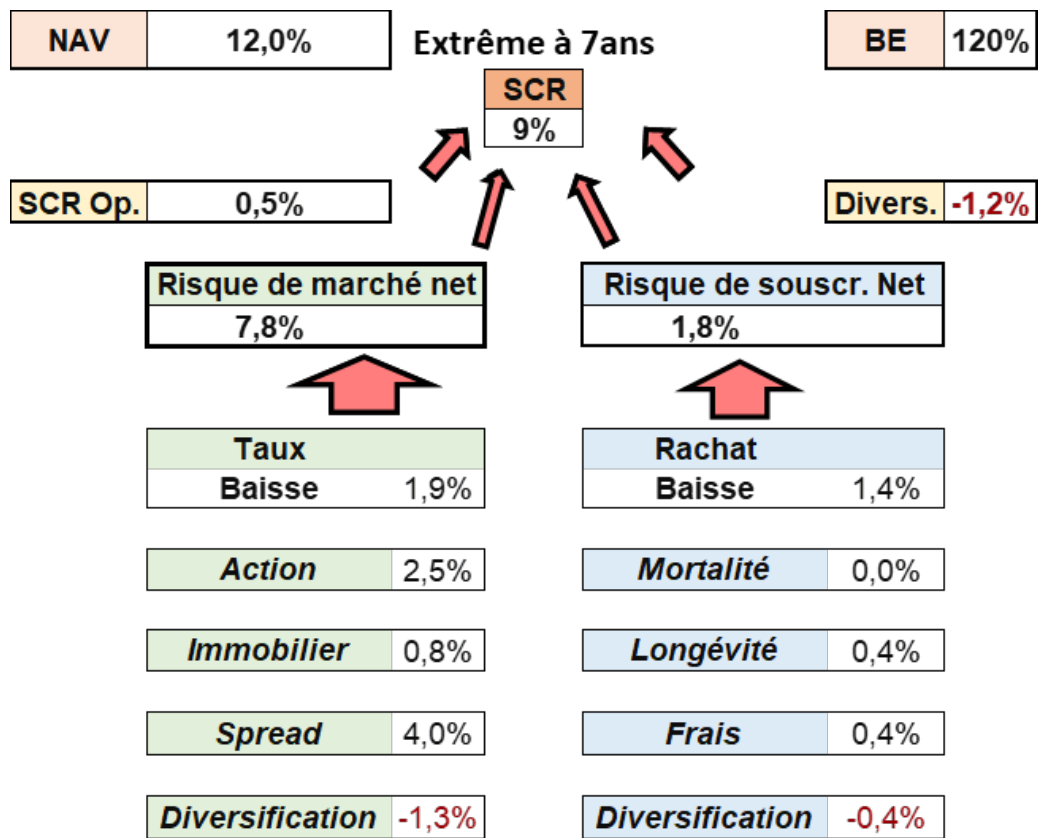


FIGURE D.3 – Part de la NAV et du SCR en fonction des provisions mathématiques selon la projection du central à l'année 7 du portefeuille extrême