

Mémoire présenté devant l'ENSAE Paris  
pour l'obtention du diplôme de la filière Actuariat  
et l'admission à l'Institut des Actuaires  
le 01/11/2021

Par : **Léa DEROGIS**

Titre : **Quel est l'effet du turnover obligatoire sur le ratio de solvabilité d'un assureur vie ?**

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 : FIXAGE*

*Nom :*

*Signature :*

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

*Directeur du mémoire en entreprise :*

*Nom : Jérôme CONTANT*

*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

Le contexte actuel durable de taux bas, voire négatifs, pose problème aux assureurs épargne pour honorer leurs engagements sur les contrats en euros. La tendance baissière des taux d'intérêt depuis 1982 diminue le rendement comptable obligataire de l'assureur et cette diminution est répercutée sur la revalorisation des contrats. Par ailleurs les obligations plus anciennes à taux de coupon élevés sont en plus-value latente : leur valeur de marché est supérieure à leur valeur comptable. Dans ce mémoire nous étudions l'effet de la réalisation des plus-values obligataires sur le ratio de solvabilité d'un assureur par la vente d'une partie du portefeuille obligataire chaque année : le turnover obligataire.

Si nous mettons en place un turnover obligataire, la dotation des plus-values réalisées à la réserve de capitalisation augmente les fonds propres comptables. De plus la vente des obligations anciennes à taux de coupon élevés diminue le rendement obligataire, donc le taux servi aux assurés. La provision pour participation aux bénéfices est plus vite reprise et les rachats conjoncturels augmentent. Les provisions techniques sont donc moins importantes : la part d'actif à l'assureur augmente. Nous nous attendons à des fonds propres prudentiels plus importants et à une augmentation du ratio de solvabilité et de la Present Value of Future Profits de l'année.

Afin de vérifier notre hypothèse nous étudions dans un premier temps l'effet de la mise en place d'un turnover obligataire de 5% sur le ratio de solvabilité et la Present Value of Future Profits de l'année d'un assureur vie épargne. Nous désinvestissons chaque année 5% du portefeuille obligataire, si celui-ci est en plus-value latente. Nous étudions de plus la sensibilité de nos résultats au taux de turnover et à la politique de participation aux bénéfices mise en place par l'assureur. Dans un deuxième temps nous étudions l'effet possiblement pervers du turnover sur le ratio de solvabilité et la Present Value of Future Profits projetés dans un an. Nous étudions aussi la sensibilité de nos résultats au taux de turnover.

Les résultats de l'année viennent valider notre hypothèse : pour tout taux de turnover nous améliorons le ratio de solvabilité de l'année. Cependant un taux de turnover trop élevé dégrade la Present Value of Future Profits de l'assureur. Ce résultat illustre le fait qu'il ne faut pas déterminer le taux de turnover à appliquer en choisissant simplement celui qui maximise le ratio de solvabilité de l'année. La sensibilité au taux de turnover est similaire quelque soit la politique de participation aux bénéfices étudiée : nous améliorons le ratio pour tous les taux étudiés. Nous obtenons que le turnover obligataire améliore d'autant plus le ratio de solvabilité que la politique de participation aux bénéfices est contraignante pour l'assureur.

Le turnover obligataire de 5% améliore le ratio de solvabilité dans un an mais diminue la Present Value of Future. Ce résultat montre une limite de cette décision de gestion : elle peut dégrader la rentabilité de l'assureur dans le futur. La Present Value of Future Profits est diminuée quelque soit le taux de turnover. De plus, au delà de 7% le ratio de solvabilité est inférieur à celui sans turnover et au delà de 10% il est inférieur à celui de l'année. On a dégradé la solvabilité de notre assureur. Nous pouvons imaginer que cet effet s'accroît avec l'horizon de projection. Pour compléter cette étude il faudrait projeter le ratio de solvabilité à plus long terme comme cela est requis par la réglementation.

## Abstract

The current long-term context of low or even negative interest rates poses a problem for savings insurers in meeting their commitments on euro-denominated contracts. The downward trend in interest rates since 1982 has reduced the insurer's accounting yield on bonds, and this reduction has been passed on to the revaluation of the contracts. In addition, older bonds with high coupon rates have an unrealized capital gain : their market value is higher than their book value. In this paper we study the effect of the realization of bond capital gains on the solvency ratio of an insurer by selling a part of the bond portfolio each year : the bond turnover.

If we set up a bond turnover, the capital gains realized are added to the capitalization reserve, which increases the accounting equity. In addition, the sale of old bonds with high coupon rates reduces the bond yield and therefore the rate paid to policyholders. The provision for deferred profit-sharing is written back more quickly and economic surrenders increase. The technical provisions are therefore less important : the insurer's share of assets increases. We expect higher prudential equity and an increase in the solvency ratio and the Present Value of Future Profits for the year.

In order to verify our hypothesis, we first study the effect of a 5% bond turnover on the solvency ratio and the Present Value of Future Profits of the year for a savings insurer. We disinvest 5% of the bond portfolio each year, if it has an unrealized capital gain. We also study the sensitivity of our results to the turnover rate and to the profit-sharing policy implemented by the insurer. In a second step, we study the possible perverse effect of a bond turnover on the solvency ratio and the Present Value of Future Profits projected in one year. We also study the sensitivity of our results to the turnover rate.

The results for the year validate our hypothesis : for any turnover rate we improve the solvency ratio for the year. However, a too high turnover rate degrades the Present Value of Future Profits of the insurer. This result illustrates that we should not determine the turnover rate to apply by simply choosing the one that maximizes the solvency ratio of the year. The sensitivity to the turnover rate is similar whatever the profit sharing policy studied : we improve the ratio for all the rates studied. We obtain that the bond turnover improves the solvency ratio the more the profit sharing policy is binding for the insurer.

The bond turnover of 5% improves the solvency ratio in one year but reduces the Present Value of Future. This result shows a limitation of this management decision : it can degrade the profitability of the insurer in the future. The Present Value of Future Profits is decreased whatever the turnover rate. Moreover, above 7% the solvency ratio is lower than the one without turnover and above 10% it is lower than the one for the year. We deteriorated the solvency of our insurer. We can imagine that this effect increases with the projection horizon. In order to complete this study, the solvency ratio should be projected over a longer term, as required by the regulations.

# Note de synthèse

## Le contrat d'épargne en euros en contexte de taux bas

Le contexte actuel durable de taux bas, voire négatifs, pose problème aux assureurs épargne pour honorer leurs engagements sur les contrats en euros. La tendance baissière des taux d'intérêt depuis 1982 diminue le rendement comptable obligatoire de l'assureur et cette diminution est répercutée sur la revalorisation des contrats :

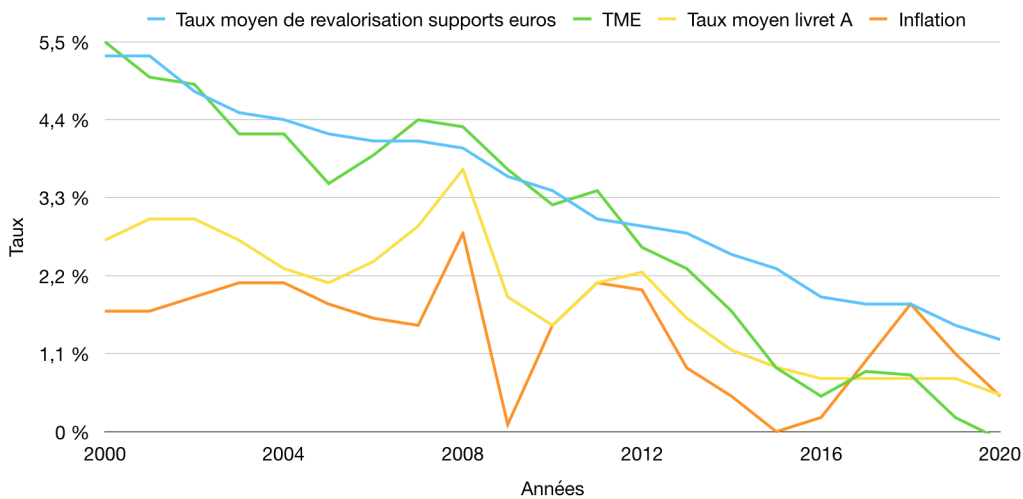


FIGURE 1 – Évolution du taux de revalorisation moyen des supports euros et d'autres taux de référence

Par ailleurs les obligations plus anciennes à taux de coupon élevés sont en plus-value latente en raison de la baisse lente et continue des taux : leur valeur de marché est supérieure à leur valeur comptable.

Dans ce mémoire nous étudions l'effet de la réalisation des plus-values obligataires sur le ratio de solvabilité d'un assureur par la vente d'une partie du portefeuille obligataire chaque année : le turnover obligataire.

### L'effet attendu du turnover obligataire sur le bilan prudentiel

La participation aux bénéfices réglementaire est déterminée à partir du rendement comptable de l'actif de l'assureur. Les provisions techniques sont composées de la représentation comptable des engagements de l'assureur et d'une provision pour participation aux bénéfices. Cette provision est pilotée par l'assureur et lui permet de lisser dans le temps les rendements servis aux assurés.

Lors de la cession d'une obligation en plus-value, la réserve de capitalisation, dans les fonds propres, neutralise comptablement la plus-value due à la baisse des taux. Les produits financiers réalisés par le réinvestissement à l'actif de la réserve de capitalisation ne sont pas pris en compte dans le calcul de la participation aux bénéfices et vont à l'assureur.

Par le mécanisme de la réserve de capitalisation le turnover obligataire n'a pas d'effet sur la participation aux bénéfices de l'année si la vente est réalisée après la tombée de coupons.

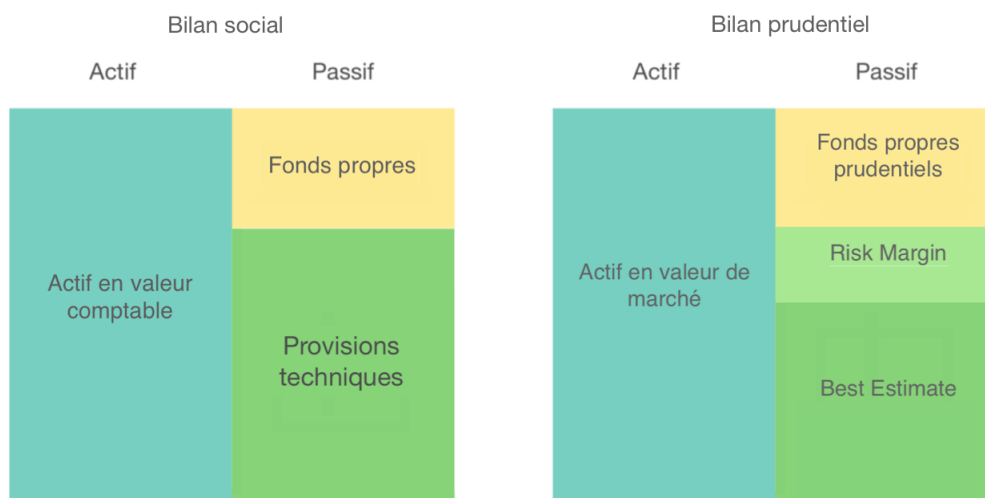


FIGURE 2 – Le bilan social et le bilan prudentiel

Pour étudier l'effet de cette décision de gestion sur le ratio de solvabilité nous devons nous placer dans le référentiel Solvabilité 2. Dans ce référentiel nous établissons un bilan prudentiel. Les actifs sont évalués en valeur de marché, ce qui fait apparaître les plus-values latentes. Au passif le Best Estimate ( $BE$ ) est la meilleure estimation des engagements de l'assureur. Son évaluation nécessite de projeter tous les flux relatifs aux contrats sur toute la durée de vie des contrats. En négligeant la Risk Margin les fonds propres prudentiels ( $FPP$ ) sont définis comme la différence entre l'actif et le  $BE$ .

Si nous mettons en place un turnover le réinvestissement obligataire se fait dans des obligations de rendement plus faible. En contrepartie de la réalisation aujourd'hui de la plus-value, le rendement comptable futur du portefeuille obligataire sera diminué. Nous nous attendons à une diminution des participations aux bénéfices futures et du  $BE$ . Par effet de vases communicants nous nous attendons à une augmentation des  $FPP$ .

Le capital de solvabilité requis ( $SCR$ ) est défini comme le capital qui correspond à une probabilité de ruine dans un an de 0,5%. Finalement le ratio de solvabilité ( $RS$ ) est défini par :  $\frac{FPP}{SCR}$ . Il correspond à la capacité de l'assureur à absorber par ses ressources les risques auxquels il est soumis. La réglementation exige que le ratio soit supérieur ou égal à 100%.

Nous étudions l'effet du turnover obligataire sur le ratio de solvabilité d'un assureur vie épargne et sur un indicateur de sa rentabilité, la Present Value of Future Profits ( $PVFP$ ), qui est l'espérance de ses flux de résultats futurs actualisés.

### L'effet du turnover obligataire sur le ratio de solvabilité et la $PVFP$ de l'année

Nous implémentons un turnover obligataire dans l'outil ALM sous Python qui permet d'obtenir le bilan prudentiel. Notre turnover désinvestit de 5% sur le portefeuille obligataire quand celui-ci est en plus-value latente. Nous nous plaçons dans un premier temps au 31 décembre 2020.

	Sans turnover	Avec turnover	Variation
<i>FPP</i>	66 913 137	79 476 231	12 563 094
<i>SCR</i> vie	5 372 488	4 796 315	(576 173)
<i>SCR</i> marché	30 556 479	34 315 888	3 759 409
<i>RS</i>	195%	210%	15%
La durée du passif	14,57 ans	13,70 ans	(0,87) ans
<i>PVFP</i>	16 477 674	18 306 790	1 829 117

Comme attendu le *BE* diminue et les *FPP* augmentent avec la mise en place d'un turnover. L'assureur est moins sensible aux chocs vie car la provision mathématique est plus petite. À l'inverse l'assureur est plus sensible aux chocs de marché car il a moins la possibilité de répercuter les chocs sur la participation aux bénéfices servie aux assurés. Avec le turnover nous avons une amélioration brute du ratio de solvabilité de 15% soit une hausse nette de 7,79%.

La durée du passif diminue avec le turnover ce qui est intéressant pour l'assureur qui cherche à alléger ces engagements sur le fonds en euros.

La *PVFP* augmente avec le turnover car la hausse de la part d'actif à l'assureur grâce à la dotation des plus-values réalisées à la réserve de capitalisation est supérieure à la diminution du rendement de l'actif.

### La sensibilité de nos résultats au taux de turnover appliqué

Nous étudions la sensibilité de nos résultats au taux de turnover appliqué. Nous obtenons le ratio de solvabilité et la *PVFP* pour des taux de turnover variant entre 0% et 30% :

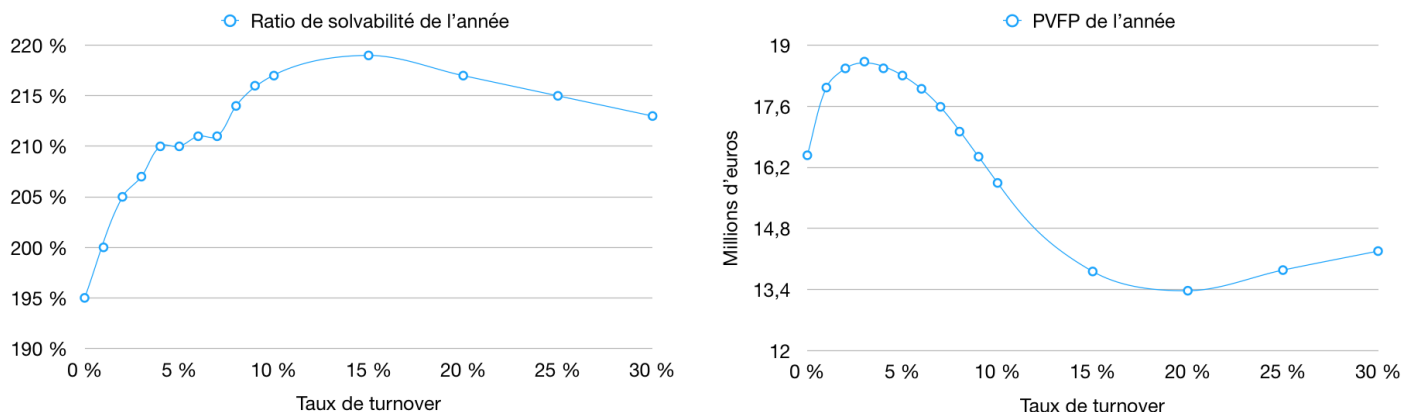


FIGURE 3 – La sensibilité du ratio de solvabilité et de la *PVFP* de l'année au taux de turnover appliqué

Pour tous ces taux nous avons amélioré le ratio de solvabilité de l'assureur en mettant en place un turnover obligatoire. Cependant un taux de turnover trop élevé dégrade la *PVFP* de l'assureur. Ce résultat illustre le fait qu'il ne faut pas déterminer le taux de turnover à appliquer en choisissant simplement celui qui maximise le ratio de solvabilité de l'année.

## La sensibilité de nos résultats à la politique de PB cible et à la structure des contrats

Nous étudions la sensibilité de nos résultats à la politique de participation aux bénéfices cible et à la structure des contrats.

Dans un premier temps nous faisons varier les bornes qui définissent la participation aux bénéfices cible. Nous utilisons ensuite la moyenne des trois derniers TME plutôt que le TME du moment pour la détermination de la participation aux bénéfices cible. Enfin nous changeons la structure des contrats en définissant un TMG.

Nous obtenons les variations relatives suivantes :

	Bornes à 0,25%	Bornes à 0,75%	Moyenne des TME	TMG de 0,5%
<i>FPF</i>	19,06%	18,66%	18,86%	37,90%
<i>SCR</i>	9,58%	10,19%	10,49%	16,13%
<i>RS</i>	8,65%	7,69%	7,58%	19,60%
<i>PVFP</i>	10,41%	11,05%	11,28%	315%

Dans tous les cas un turnover obligatoire de 5% améliore le ratio de solvabilité et la *PVFP* de l'année. Les variations relatives pour le TMG sont très importantes car les valeurs initiales sont très diminuées par le TMG. En particulier la *PVFP* sans turnover est négative. Le TMG coûte cher à l'assureur.

Nous obtenons que plus la politique de participation aux bénéfices est contraignante pour l'assureur plus le turnover a un effet important sur l'amélioration du ratio de solvabilité.

Nous étudions aussi la sensibilité de ces résultats au taux de turnover pour un taux variant de 0% à 30% :

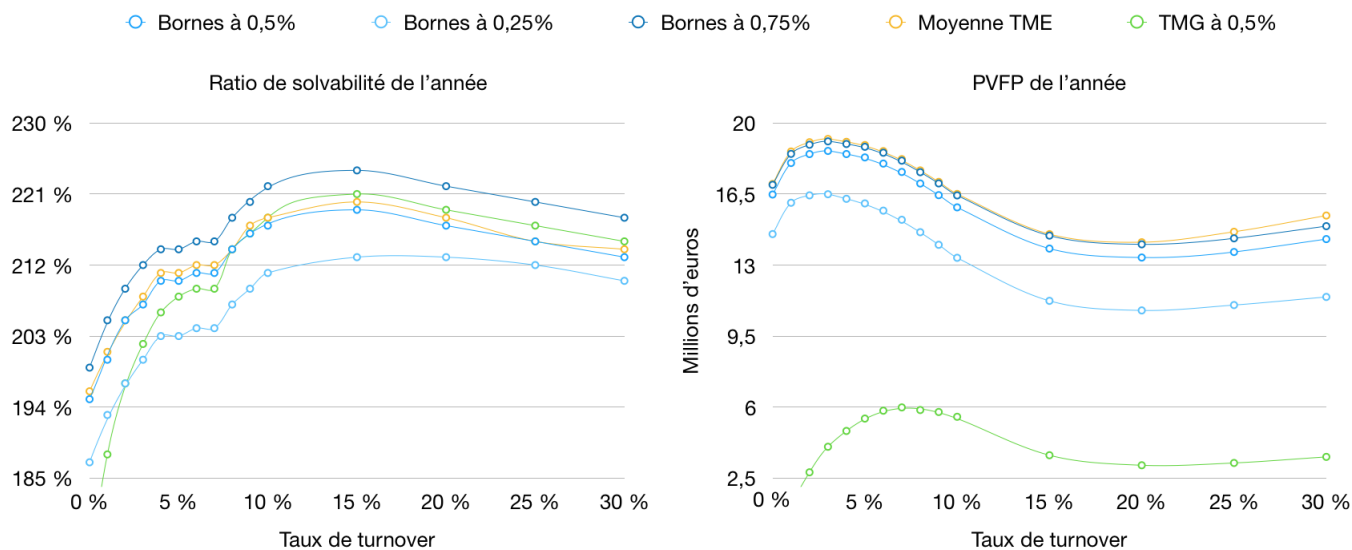


FIGURE 4 – La sensibilité de nos résultats au taux de turnover appliqué

La sensibilité au taux de turnover est similaire quelque soit la politique de participation aux bénéfices étudiée. Pour tous ces taux le turnover obligatoire améliore le ratio de solvabilité de l'assureur.

## L'effet du turnover obligatoire sur le ratio de solvabilité et la *PVFP* projetés dans un an

Dans un deuxième temps nous projetons le ratio de solvabilité et la *PVFP* de l'assureur dans un an. Nous cherchons à savoir si le turnover obligatoire peut avoir un effet pervers dans le futur.

Nous utilisons une méthode alternative à la méthode des Simulations dans les Simulations où nous faisons l'hypothèse d'un unique scénario primaire déterministe. Nous obtenons les résultats suivants :

	Sans turnover	Avec turnover	Variation
<i>FPP</i>	66 707 478	80 035 646	13 328 168
<i>SCR</i> vie	5 629 107	5 727 438	98 331
<i>SCR</i> marché	23 217 140	28 031 796	4 814 656
<i>RS</i>	245%	250%	5%
La durée du passif	14,71 ans	13,74 ans	(0,97) ans
<i>PVFP</i>	17 326 505	14 167 817	(3 158 687)

Avec un turnover obligatoire de 5% l'assureur est plus sensible aux chocs vie et marché. Son ratio de solvabilité dans un an est amélioré car l'augmentation des *FPP* est plus importante que l'augmentation du *SCR*. Cependant la *PVFP* est dégradée. Ce résultat montre une limite de cette décision de gestion : elle peut dégrader la rentabilité de l'assureur dans le futur.

Nous étudions la sensibilité de nos résultats au taux de turnover pour un taux variant de 0% à 20% :

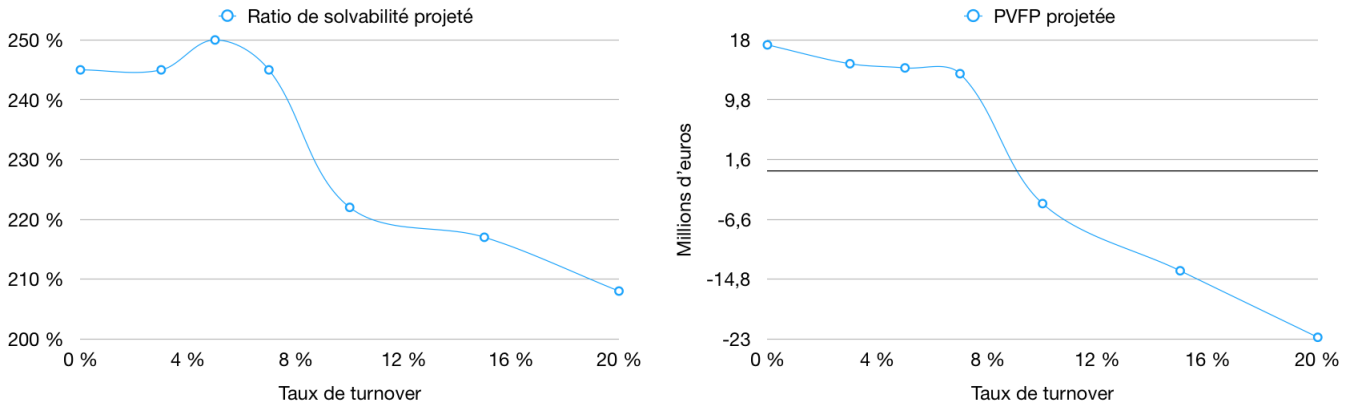


FIGURE 5 – La sensibilité du ratio de solvabilité et de la *PVFP* projetés au taux de turnover appliqué

Nous obtenons qu'au delà d'un taux de turnover de 7% le ratio est inférieur à celui sans turnover. De plus, au delà d'un taux de turnover de 10%, le ratio de solvabilité dans un an est inférieur à celui de l'année. On a dégradé la solvabilité de notre assureur.

Par ailleurs la *PVFP* projetée diminue et ce quelque soit le taux de turnover. L'assureur n'est plus rentable à partir d'un taux de 10%.



## Conclusion sur les effets de cette décision de gestion et sur les limites de l'étude

Comme nous en avons fait l'hypothèse, la mise en place d'un turnover obligatoire augmente les *FPP* de l'assureur et améliore le ratio de solvabilité de l'année pour tout taux. Plus la politique de participation aux bénéfices est contraignante pour l'assureur plus le turnover a un effet important sur l'amélioration du ratio de solvabilité. Cependant il ne faut pas choisir le taux de turnover uniquement sur le critère de maximisation du ratio de solvabilité : un taux de turnover trop élevé dégrade la *PVFP* de l'assureur.

Nous observons une diminution de la *PVFP* et un ratio de solvabilité possiblement dégradé à horizon un an. Nous pouvons imaginer que cet effet s'accroît avec l'horizon de projection. Pour compléter cette étude il faudrait projeter le bilan et le ratio de solvabilité à plus long terme comme cela est requis par la réglementation. De plus nous avons projeté le bilan et le *SCR* avec une méthode simplifiée qui utilise un unique scénario déterministe. La projection pourrait être améliorée en utilisant une méthode moins arbitraire.

## Executive summary

### The savings contract in euros in a context of low interest rates

The current long-term context of low or even negative interest rates poses a problem for savings insurers in meeting their commitments on euro-denominated contracts.. The downward trend in interest rates since 1982 has reduced the insurer's accounting yield on bonds, and this reduction has been passed on to the revaluation of the contracts :

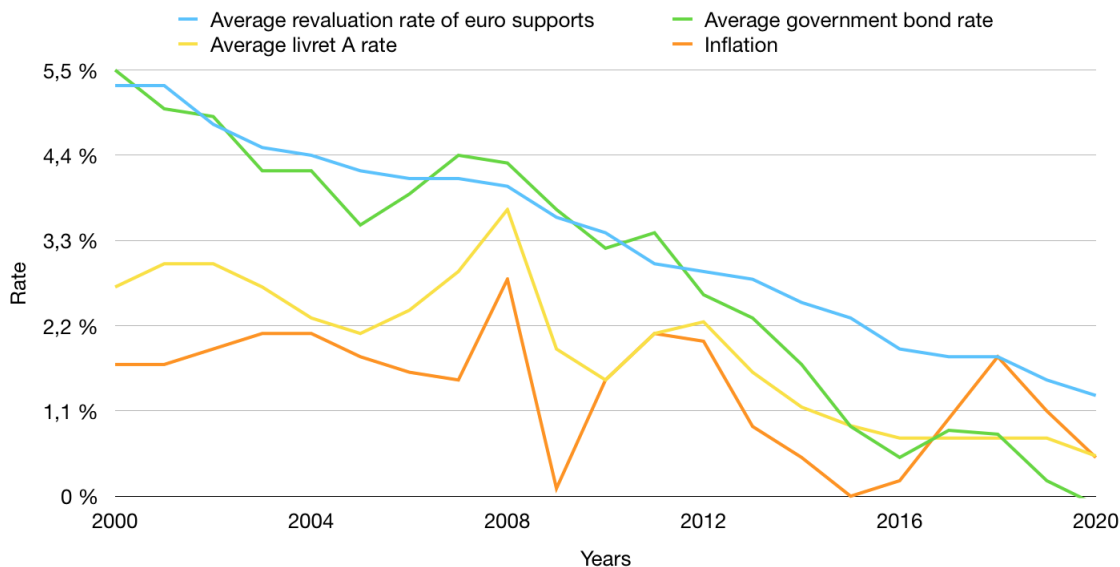


FIGURE 6 – Evolution of the average revaluation rate of the euro supports and other reference rates

In addition, older bonds with high coupon rates have an unrealized capital gain due to the continuous decline in interest rates : their market value is higher than their book value.

In this paper we study the effect of the realization of bond capital gains on the solvency ratio of an insurer by selling a part of the bond portfolio each year : the bond turnover.

### The expected effect of bond turnover on the prudential balance sheet

The statutory profit sharing is determined on the basis of the accounting return on the insurer's assets. The technical reserves are composed of the accounting representation of the insurer's commitments and a provision for profit sharing. This provision is managed by the insurer and enables it to smooth out the returns paid to policyholders over time.

When a bond is sold at a capital gain, the capitalization reserve, in the own funds, neutralizes the capital gain due to the fall in interest rates. The financial income realized by reinvesting the capitalization reserve in assets is not taken into account in the calculation of the profit sharing and goes to the insurer.

By the mechanism of the capitalization reserve, the bond turnover has no effect on the profit sharing of the year if the sale is carried out after the coupons have fallen.

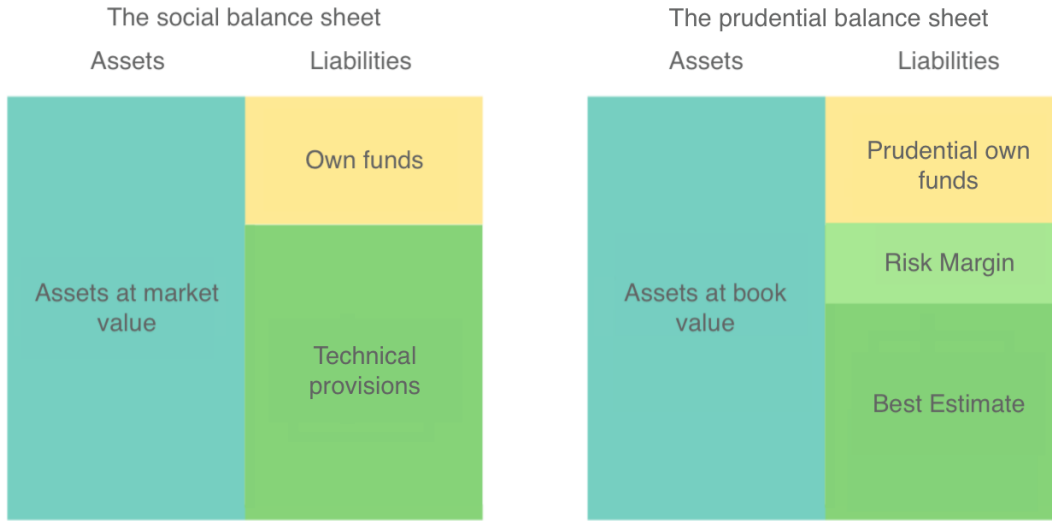


FIGURE 7 – The social balance sheet and the prudential balance sheet

To study the effect of this management decision on the solvency ratio, we must place ourselves in the Solvency 2 framework. In this framework we establish a prudential balance sheet. The assets are valued at market value, which shows the unrealized capital gains. On the liabilities side, the Best Estimate (*BE*) is the best estimate of the insurer’s commitments. Its valuation requires the projection of all flows relating to the contracts over the entire life of the contracts. By neglecting the risk margin, the prudential own funds (*POF*) is defined as the difference between the assets and the *BE*.

If we set up a turnover, the bond reinvestment is in lower yielding bonds. In return for realizing the capital gain today, the future book yield of the bond portfolio will be reduced. We expect a decrease in future profit-sharing and in the *BE*. Through a feedback loop, we expect to see an increase in the *POF*.

The solvency capital requirement (*SCR*) is defined as the capital that corresponds to a probability of bankruptcy in one year of 0.5%. Finally, the solvency ratio (*SR*) is defined as  $\frac{POF}{SCR}$ . It corresponds to the insurer’s capacity to absorb with its resources the risks to which it is subject. The regulations require that the ratio be greater than or equal to 100%.

We study the effect of bond turnover on the solvency ratio of a life savings insurer and on an indicator of its profitability, the Present Value of Future Profits (*PVFP*), which is the expectation of its discounted future earnings streams.

### The effect of bond turnover on the solvency ratio and the *PVFP* of the year

We implement a bond turnover in the ALM model under Python which allows us to obtain the prudential balance sheet. Our turnover divests 5% of the bond portfolio when it is in unrealised gain. We are initially looking at December 31, 2020.

	Without turnover	With turnover	Variation
<i>POF</i>	66 913 137	79 476 231	12 563 094
Life <i>SCR</i>	5 372 488	4 796 315	(576 173)
Market <i>SCR</i>	30 556 479	34 315 888	3 759 409
<i>SR</i>	195%	210%	15%
Duration of liabilities	14,57 years	13,70 years	(0,87) years
<i>PVFP</i>	16 477 674	18 306 790	1 829 117

As expected the *BE* decreases and the *FPP* increases with the implementation of a turnover. The insurer is less sensitive to life shocks because the mathematical provision is smaller. Conversely, the insurer is more sensitive to market shocks because it has less possibility of passing on shocks to the profit sharing paid to policyholders. With the turnover we have a gross improvement of the solvency ratio of 15%, i.e. a net increase of 7.79%.

The duration of the liabilities decreases with the turnover, which is interesting for the insurer who seeks to lighten these commitments on the euro fund.

The *PVFP* increases with turnover because the increase in the insurer's share of assets through the allocation of realized gains to the funding reserve exceeds the decrease in the return on assets.

### The sensitivity of our results to the turnover rate applied

We study the sensitivity of our results to the turnover rate applied. We obtain the solvency ratio and the *PVFP* for turnover rates varying between 0% and 30% :

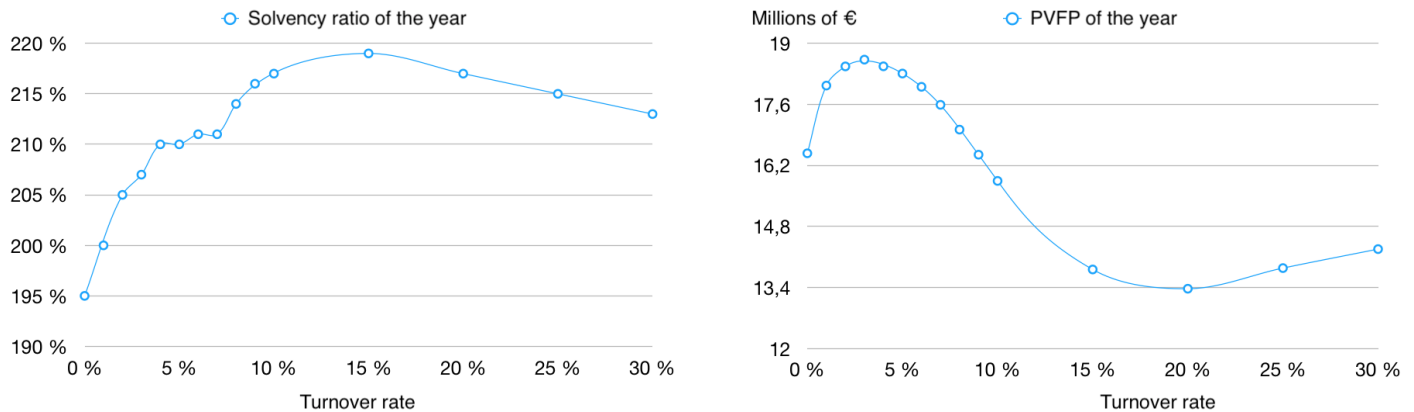


FIGURE 8 – The sensitivity of the solvency ratio and the *PVFP* of the year to the applied turnover rate

For all these rates we have improved the solvency ratio of the insurer by setting up a turnover bond turnover. However, a turnover rate that is too high degrades the insurer's *PVFP*. This result illustrates the fact that one should not determine which turnover rate to apply by simply choosing the one that maximizes the solvency ratio for the year.

## The sensitivity of our results to the target PB policy and contract structure

We study the sensitivity of our results to the target profit-sharing policy and to the structure of the contracts.

First, we vary the bounds that define the target profit sharing. We then use the average of the last three AGRs instead of the current AGR to determine the target profit sharing. Finally, we change the structure of the contracts by defining an MGR.

We obtain the following relative variations :

	0,25% limits	0,75% limits	Average AGR	MGR of 0,5%
<i>POF</i>	19,06%	18,66%	18,86%	37,90%
<i>SCR</i>	9,58%	10,19%	10,49%	16,13%
<i>SR</i>	8,65%	7,69%	7,58%	19,60%
<i>PVFP</i>	10,41%	11,05%	11,28%	315%

In all cases, a bond turnover of 5% improves the solvency ratio and the *PVFP* for the year. The relative variations for MGR are very large because the initial values are greatly diminished by MGR. In particular the *PVFP* without turnover is negative. The MGR is very costly for the insurer.

We find that the more restrictive the profit sharing policy is for the insurer, the greater is the effect of the bond turnover on the improvement of the solvency ratio.

We also study the sensitivity of these results to turnover rate for a rate varying from 0% to 30% :

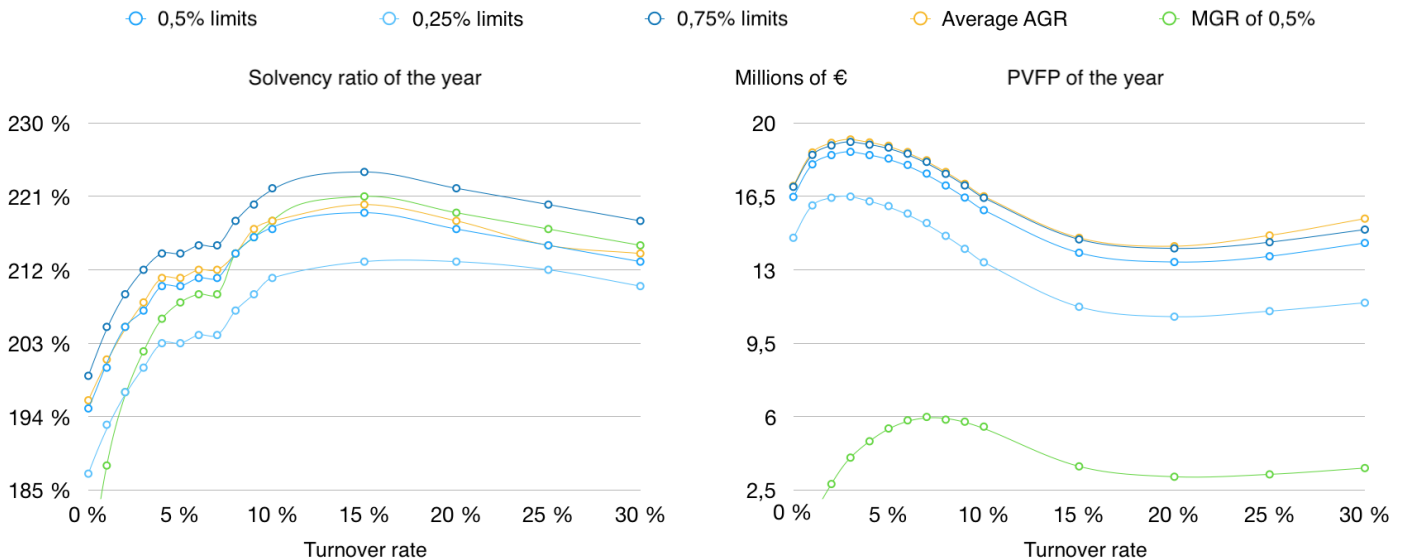


FIGURE 9 – The sensitivity of our results to the turnover rate applied

The sensitivity to the turnover rate is similar whatever the profit sharing policy studied. For all these rates the bond turnover improves the solvency ratio of the insurer.

### The effect of bond turnover on the projected solvency ratio and *PVFP* in one year

In a second step, we project the solvency ratio and the *PVFP* of the insurer in one year. We seek to know if the bond turnover can have a perverse effect in the future.

We use an alternative method to the Simulations in Simulations method where we assume a single primary deterministic scenario. We obtain the following results :

	Without turnover	With turnover	Variation
<i>POF</i>	66 707 478	80 035 646	13 328 168
Life <i>SCR</i>	5 629 107	5 727 438	98 331
Market <i>SCR</i>	23 217 140	28 031 796	4 814 656
<i>SR</i>	245%	250%	5%
Duration of liabilities	14,71 years	13,74 years	(0,97) years
<i>PVFP</i>	17 326 505	14 167 817	(3 158 687)

With a bond turnover of 5%, the insurer is more sensitive to life and market shocks. Its solvency ratio in one year is improved because the increase in *FPP* is greater than the increase in *SCR*. However, the *PVFP* is deteriorated. This result shows a limitation of this management decision : it can degrade the insurer's profitability in the future.

We study the sensitivity of our results to the turnover rate for a rate varying from 0% to 20% :

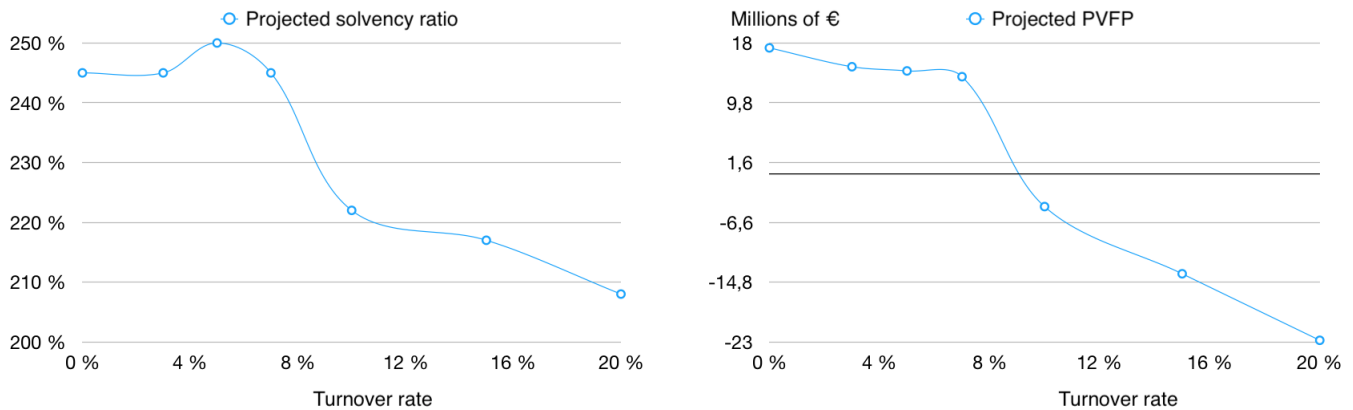


FIGURE 10 – The sensitivity of the projected solvency ratio and *PVFP* to the applied turnover rate

We obtain that beyond a turnover rate of 7% the ratio is lower than the one without turnover. Moreover, beyond a turnover rate of 10%, the solvency ratio in one year is lower than that of the year. The solvency of our insurer has deteriorated.

Moreover, the projected *PVFP* decreases, regardless of the turnover rate. The insurer is no longer profitable at a rate of 10% or more.

### **Conclusion on the effects of this management decision and the limitations of the study**

As we had hypothesized, the implementation of a bond turnover increases the insurer's *FPP* and improves the solvency ratio for the year at any rate. The more restrictive the profit-sharing policy is for the insurer, the greater is the effect of the bond turnover on improving the solvency ratio. However, the turnover rate should not be chosen solely on the criterion of maximizing the solvency ratio : a turnover rate that is too high degrades the insurer's *PVFP*.

We observe a decrease in the *PVFP* and a possible deterioration of the solvency ratio at the one-year horizon. We can imagine that this effect increases with the projection horizon. To complete this study, we would have to project the balance sheet and the solvency ratio over a longer term as required by the regulations. In addition, we have projected the balance sheet and the *SCR* with a simplified method that uses a single deterministic scenario. The projection could be improved by using a less arbitrary method.

## Remerciements

Je remercie Michel Piermay de m'avoir permis de faire mon stage d'application et mon mémoire en présentiel chez FIXAGE et d'avoir suivi son avancement. Je remercie également Jérôme Contant, Damien Pointin et Caroline Hillairet pour leur encadrement ainsi que l'ensemble de l'équipe FIXAGE pour leurs conseils et leur aide.

Je remercie ma famille pour leur soutien durant toutes mes études.



# Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>20</b>
<b>1 Le contrat d'assurance vie en euros et la participation aux bénéfices</b>	<b>22</b>
1.1 Le contrat d'assurance vie en euros	22
1.1.1 Les options du contrat	23
1.1.2 La rémunération du contrat et sa fiscalité	24
1.2 La participation aux bénéfices	26
1.2.1 La participation aux bénéfices réglementaire	27
1.2.2 La provision pour participation aux bénéfices	27
1.2.3 Le taux effectivement servi	27
<b>2 L'effet du turnover obligatoire sur le rendement comptable et la participation aux bénéfices de l'année</b>	<b>29</b>
2.1 Le traitement comptable des obligations à taux fixe	30
2.1.1 Les principes de comptabilisation au coût historique et de continuité d'exploitation	30
2.1.2 Le principe de prudence	31
2.2 La neutralisation comptable de la plus-value de cession d'une obligation à taux fixe et son effet sur la participation aux bénéfices de l'année	32
2.2.1 Le mécanisme de la réserve de capitalisation	32
2.2.2 Le traitement comptable de la cession d'une obligation à taux fixe	33
2.2.3 L'effet de la réalisation d'une plus-value obligatoire sur la participation aux bénéfices de l'année	33
<b>3 L'effet du turnover obligatoire sur le ratio de solvabilité de l'année</b>	<b>36</b>
3.1 Des indicateurs de la solvabilité et de la rentabilité de l'assureur	36
3.1.1 Le bilan prudentiel	36
3.1.2 Un indicateur de la solvabilité de l'assureur : le ratio de solvabilité	39
3.1.3 Un indicateur de la rentabilité de l'assureur : la Present Value of Future Profits	40
3.2 Le turnover obligatoire peut augmenter le ratio de solvabilité de l'année	40
3.2.1 Un effet d'augmentation des fonds propres prudentiels et de la PVFP de l'année	41
3.2.2 L'effet dépend de la politique de participation aux bénéfices mise en place et de la structure des contrats	42

3.2.3	La nécessité d'étudier l'effet possiblement pervers sur le long terme	42
<b>4</b>	<b>Les outils pour le calcul et la projection du ratio de solvabilité de l'année</b>	<b>44</b>
4.1	Le générateur de scénarios économiques en univers risque neutre	44
4.1.1	Le modèle de Vasicek à deux facteurs pour la projection des taux	44
4.1.2	Le modèle de Black-Scholes pour la projection des actions	46
4.1.3	La corrélation des variables économiques	47
4.2	Les outils pour l'évaluation du bilan prudentiel de l'année	48
4.2.1	La projection du passif	48
4.2.2	La projection des obligations à taux fixe	50
4.2.3	L'outil ALM	52
4.3	L'obtention du ratio de solvabilité de l'année	58
4.3.1	L'évaluation des postes du bilan prudentiel de l'année	58
4.3.2	La prise en compte de la fuite de modèle	60
4.3.3	Le calcul du SCR par la formule standard	61
4.4	La méthode de projection du bilan prudentiel à horizon un an	67
4.4.1	La méthode des simulations dans les simulations	67
4.4.2	Une méthode alternative : un unique scénario primaire déterministe	69
<b>5</b>	<b>L'application à un portefeuille épargne au 31/12/2020</b>	<b>74</b>
5.1	Les données et les hypothèses de passif	74
5.2	Les données et les hypothèses d'actif	76
5.3	La comparaison des ratios de solvabilité au 31/12/2020	78
5.3.1	La mise en place d'un turnover obligataire de 5%	78
5.3.2	La sensibilité au taux de turnover	87
5.3.3	La sensibilité à la politique de participation aux bénéficiés et à la structure des contrats	89
5.4	La comparaison des ratios de solvabilité projetés dans un an	93
5.4.1	La mise en place d'un turnover obligataire de 5%	93
5.4.2	La sensibilité au taux de turnover	97
	<b>Conclusion</b>	<b>99</b>
	<b>Annexes</b>	<b>100</b>

<b>A Les tests de calibration du générateur de scénarios économiques en central au 31/12/2020</b>	<b>100</b>
A.1 Les tests de calibration du modèle de Vasicek . . . . .	100
A.2 Le test de calibration du modèle de Black-Scholes . . . . .	101
<b>B Le calcul du <i>SCR</i> par la formule standard</b>	<b>102</b>
B.1 Les matrices de corrélation . . . . .	102
B.2 Les chocs de spread obligataire . . . . .	102
B.3 Les paramètres des chocs de taux à appliquer . . . . .	103
<b>C Les tests de calibration du générateur de scénarios économiques en central au 31/12/2021</b>	<b>104</b>
C.1 Les tests de calibration du modèle de Vasicek . . . . .	104
C.2 Le test de calibration du modèle de Black-Scholes . . . . .	105

## Introduction

L'assurance vie est un des placements préférés des français pour un encours de 1 789 milliards d'euros au 31 décembre 2020. Cet encours connaît une augmentation de 0,4% par rapport à 2019 malgré la crise Covid. Les deux supports d'assurance vie les plus utilisés sont le fonds euros et les unités de compte même s'il en existe d'autres, par exemple le fonds euro-croissance. Le capital investi sur le fonds en euros est garanti et la revalorisation annuelle est garantie positive. Cette revalorisation comprend une participation aux bénéfices financiers de l'assureur déterminée à partir du rendement comptable. La réglementation impose une participation minimale. L'assureur peut doter une partie de la participation à servir sur un compte de réserve : la provision pour participation aux bénéfices. Il doit alors reverser la dotation aux assurés sous 8 ans.

La solvabilité d'un assureur traduit son aptitude à honorer ses engagements. Sous Solvabilité 2 elle se détermine à partir de bilans prudentiels. Pour évaluer les engagements de l'assureur dans ce référentiel il faut projeter tous les flux relatifs aux contrats jusqu'à extinction des contrats. La projection de la participation aux bénéfices nécessite de prendre en compte les interactions actif-passif. Pour évaluer le passif prudentiel il faut définir un plan de futures décisions de gestion, concernant l'allocation d'actifs d'une part, et la politique de distribution des bénéfices d'autre part. Le plan doit notamment spécifier les circonstances dans lesquelles l'entreprise d'assurance serait en mesure ou non de mettre en œuvre ces décisions et doit être approuvé par le Conseil d'Administration.

Dans le référentiel prudentiel les actifs sont comptabilisés au prix de marché. Cette comptabilisation fait apparaître des plus ou moins-values latentes : la différence entre la valeur de marché et comptable d'un actif. Illusoires et volatiles, elles dépendent notamment de l'environnement de taux. Actuellement les portefeuilles obligataires à taux fixe sont en plus-value latente dû à la tendance baissière des taux d'intérêt depuis 1982. Le taux OAT 10 ans est de -0,341 au 31 décembre 2020. Ce contexte durable de taux bas, voire négatifs, pose problème pour honorer les engagements pris sur les contrats en euros car il induit une diminution du rendement comptable de l'assureur.

Historiquement, pour adosser la duration de l'actif et du passif, les assureurs vie achètent des obligations de long terme qu'ils gardent jusqu'à échéance. Nous appellerons cette décision de gestion la décision « de référence ». Dans ce mémoire nous nous intéressons à une autre décision de gestion : le turnover obligataire. Cette décision consiste à vendre une partie du portefeuille obligataire à taux fixe en plus-value latente. Quel est l'effet du turnover obligataire sur le ratio de solvabilité d'un assureur vie ?

Dans un premier temps nous verrons que la vente de ces obligations n'a pas d'effet sur la participation aux bénéfices de l'année car les plus-values réalisées sont neutralisées dans la réserve de capitalisation au bilan comptable. En contrepartie de la réalisation de cette plus-value le réinvestissement se fait dans des obligations de coupons moindres : cette décision diminue le rendement obligataire futur, donc la projection de la participation aux bénéfices et augmente la solvabilité de l'assureur.

Dans un second temps nous étudions l'effet de cette décision sur le bilan prudentiel de l'assureur et son ratio de solvabilité de l'année. La diminution du rendement comptable futur diminue les participations aux bénéfices futures. Cela diminue l'engagement de l'assureur vis à vis des assurés. Nous étudierons la sensibilité de l'effet du turnover à la politique de participation mise en place par l'assureur. La réalisation de la plus-

value doit venir augmenter les fonds propres prudentiels en fin de projection. Par ces deux mécanismes nous nous attendons à une amélioration de la solvabilité de l'assureur.

Pour finir nous étudions l'effet possiblement pervers sur le long terme de cette décision de gestion. Si l'assureur a mis en place un turnover obligatoire, la baisse de son rendement comptable et de sa provision pour participation aux bénéfices peut dégrader sa solvabilité dans le futur si l'environnement de taux négatifs est durable. De plus l'assureur peut ne pas pouvoir servir à ses assurés un taux assez élevé pour empêcher une hausse des rachats conjoncturels en cas de hausse des taux. Nous projetons le ratio de solvabilité dans un an. Nous utilisons pour cela une méthode alternative à la méthode des Simulations dans les Simulations avec un unique scénario primaire déterministe.

# 1 Le contrat d'assurance vie en euros et la participation aux bénéfices

L'expérience économique de ces douze dernières années, couplée à la crise Covid, crédibilise le scénario d'un environnement de taux d'intérêt durablement bas, voire négatifs, pour encore plusieurs années. Parmi les secteurs directement touchés par ce scénario de taux figure l'assurance.

Malgré ce contexte économique l'assurance vie reste attractive pour un encours au 31 décembre 2020 de 1 789 milliards d'euros, restant quasiment stable par rapport à 2019 [7]. La sécurité financière et le rendement de l'épargne dépendent des supports sur lesquels elle est investie.

Lors de la souscription l'assuré a le choix entre deux types de supports (or fonds euro-croissance) : le fonds en euros et les unités de compte (UC). Lorsque l'épargne est investie en UC seul le nombre d'unités est garanti. Le risque financier est alors porté par l'assuré. Dans ce mémoire nous nous intéressons seulement aux contrats investis sur le fonds en euros.

## 1.1 Le contrat d'assurance vie en euros

Le capital investi sur le fonds en euros est garanti. Les intérêts annuels versés aux assurés sont définitivement acquis et une fois versés, ces gains génèrent à leur tour des intérêts : c'est l'effet cliquet. Sur ce fonds le risque financier est porté par l'assureur.

La sécurité des investissements sur les fonds euros et la liquidité élevée de ces placements plaît aux assurés, ces fonds représentent plus de trois quart de l'encours au 31 décembre 2020, soit 1 382 milliards d'euros. On observe une légère baisse des encours euros par rapport à 2019 où ils représentaient 78% de l'encours total.

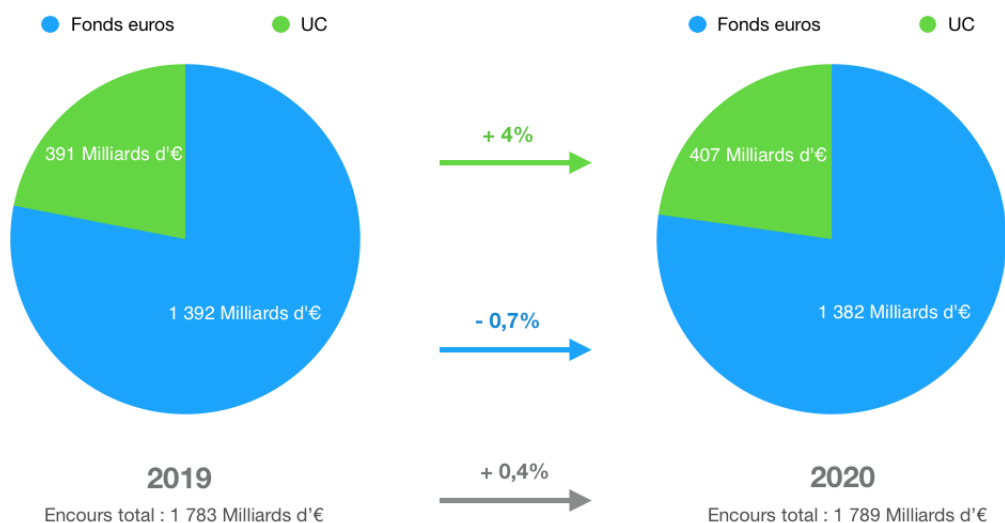


FIGURE 11 – L'assurance vie en 2020

Sur les contrats en euros les frais supportés par l'assureur sont :

- les frais d'acquisition et de gestion des contrats ;
- les frais de gestion des placements.

Pour couvrir ces frais l'assureur effectue des prélèvements, les chargements, qui sont prévus dans le contrat. Les deux principaux chargements sont :

- les chargements sur encours qui couvrent les frais de gestion du contrat, ils sont prélevés sous forme d'un pourcentage de l'encours total et périodiquement ;
- les chargements d'acquisition qui permettent de financer les frais de souscription au contrat, ils sont prélevés sous forme d'un pourcentage des versements effectués par l'assuré.

Le taux de chargement de gestion moyen est de 0,62% en 2019, les contrats plus récents affichant en moyenne les taux les plus hauts [6].

En mai 2016 Générali Vie a modifié les conditions générales de certains de ses nouveaux contrats multi-supports en ne garantissant plus le capital net de frais de gestion mais brut de frais de gestion. Depuis d'autres compagnies d'assurance ont fait de même. Cette modification permet aux assureurs d'alléger leurs engagements sur les contrats en euros. Cependant elle expose les assurés à un risque de perte en capital si la revalorisation du contrat est moins élevée que les frais de gestion.

### 1.1.1 Les options du contrat

Le contrat d'assurance vie offre la possibilité de sortir en rente viagère et de choisir cette option en cours de vie du contrat. Dans ce mémoire nous n'étudierons que les contrats d'épargne hors rente viagère.

#### Les versements

L'assuré décide du versement initial. Il peut ensuite effectuer des versements libres à tout instant et du montant de son choix ou programmés, d'une périodicité et d'un montant défini dans le contrat. Les caractéristiques des versements programmés peuvent être modifiées à tout moment.

#### Les rachats

L'assuré peut à tout moment racheter partiellement ou en totalité la valeur de son contrat. Un rachat total met fin au contrat. On distingue deux types de rachat :

- le rachat structurel qui ne dépend pas des conditions du marché, les facteurs qui l'influencent peuvent être l'encours du contrat, son ancienneté ou l'âge de l'assuré ;
- le rachat conjoncturel qui dépend du contexte concurrentiel et économique, il peut survenir lorsque la revalorisation de l'épargne ne répond plus à l'exigence de l'assuré ou lorsque l'environnement économique change.

On appelle collecte nette les versements moins les prestations. Cette année a été marquée par une décollecte nette record sur les fonds euros de 24,9 milliards d'euros et d'une collecte nette de 18,3 milliards d'euros sur les UC [7].

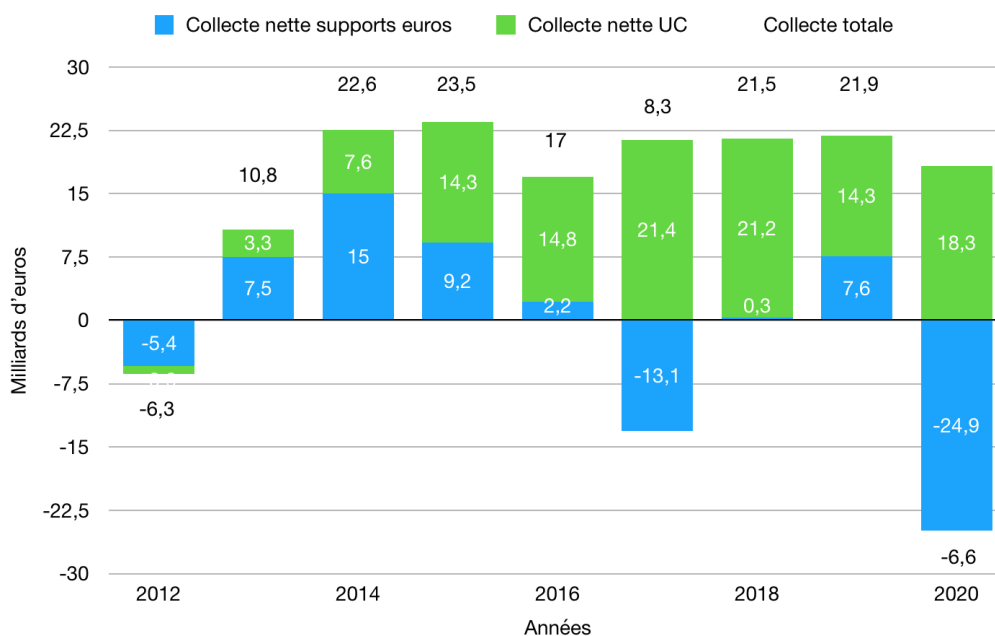


FIGURE 12 – Évolution de la collecte nette en milliards d'euros

Cet engouement pour les UC peut s'expliquer par la difficulté pour les assureurs de proposer des revalorisations attractives sur les contrats en euros dans le contexte de taux d'intérêt bas persistants. De plus, pour alléger leur engagement, certains assureurs ont choisi de promouvoir l'investissement en UC auprès des clients.

### Les arbitrages

Sur les contrats multisupports c'est l'assuré qui décide de la répartition de son capital dans les différents supports. Le passage d'un support à un autre s'appelle un arbitrage. L'assuré peut effectuer des arbitrages à tout instant. Il peut choisir de laisser à l'assureur la gestion des arbitrages, via le mandat de gestion. En 2020 les arbitrages nets des supports euros vers les UC représentent 0,4 milliards d'euros.

Pour favoriser le changement vers l'investissement en UC la loi autorise depuis 2005 à transformer un contrat monosupport en un contrat multisupport sans perte d'antériorité fiscale. Ces transferts représentent 0,8 milliards d'euros en 2020 [7].

#### 1.1.2 La rémunération du contrat et sa fiscalité

L'épargne placée sur les contrats en euros est garantie. Pour faire face à cet engagement l'assureur investit les primes principalement dans des obligations, investissement réputé peu risqué, mais aussi dans des actions, des OPCVM (organisme de placement collectif en valeurs mobilières) ou dans l'immobilier.

La rémunération annuelle sur les contrats en euros est gérée par l'assureur en fonction de contraintes réglementaires et contractuelles. La rémunération du contrat comprend une valorisation minimale garantie et une participation aux bénéfices (PB) de l'assureur. Il existe différents types de taux que nous décrivons dans la suite.



## La rémunération minimale garantie

### *Le taux technique*

Le taux d'intérêt technique est un élément contractuel défini lors de la souscription et vaut jusqu'au terme du contrat. Il répond à plusieurs objectifs : il s'agit d'un paramètre de tarification des contrats mais c'est aussi un élément essentiel du calcul des rentes. Par ailleurs, il est utilisé pour déterminer le montant porté à la provision mathématique de l'assuré. Il est régi par l'article A132-1 du Code des Assurances [1].

En assurance vie la réglementation fixe un taux technique maximum et un taux plancher de 0%. Le taux technique maximal est calculé chaque mois et varie sur une échelle de taux d'origine 0 et de pas de 0,25 point. On définit le taux de référence mensuel (TRM) sur les activités vie comme 60% du taux moyen des emprunts d'état (TME) sur base semestrielle mensuel.

Si le TRM n'a pas diminué de plus de 10 points de base ou augmenté de plus de 35 points de base par rapport au taux technique maximal précédent ce dernier demeure inchangé. Sinon le taux technique maximal devient le TRM du mois arrondi par défaut à 0,25 points. Les assureurs disposent d'un délai de trois mois pour appliquer le changements de taux technique maximum.

Depuis le 31 août 2019 le taux technique vie est fixé à 0%. Il valait 3,5% en décembre 1997 [4]. Le taux technique moyen rattaché aux contrats d'assurance-vie individuels se situe en moyenne à 0,41% en 2019, contre 0,44% en 2018 [6]. Cette statistique ne rend cependant pas compte de la disparité des situations individuelles.

### *Le taux minimum garanti*

L'assureur peut également définir dans les contrats sur fonds en euros un taux minimum garanti (TMG) pour une durée déterminée. Dans ce cas les rendements des placements de l'épargnant ne peuvent pas être inférieurs au TMG. Le TMG est plafonné et réglementé par l'arrêté du 7 juillet 2010. Il ne peut pas dépasser 85% de la moyenne des taux de rendement de l'actif de l'assureur calculée sur les deux dernières années et le plafond dépend de la conjoncture du marché obligataire. La durée de garantie offerte par le TMG ne peut pas être inférieure à un semestre. Le TMG est au moins égal au taux technique et peut également inclure une part de la participation aux bénéfices.

Les contrats d'assurance vie peuvent aussi présenter un taux minimal annuel garanti (TMAG), réactualisé chaque année, ce qui est moins contraignant pour l'assureur dans le contexte actuel dans lequel il est compliqué de proposer des revalorisations élevées sur les contrats en euros.

## La fiscalité du contrat

Les produits générés par un contrat d'épargne sont soumis aux prélèvements sociaux et à l'impôt sur le revenu. Ils bénéficient historiquement d'une fiscalité avantageuse.

### *Les prélèvements sociaux*

Les prélèvements sociaux sont automatiquement prélevés à chaque fin d'exercice pour les produits issus du fonds en euros. Depuis le 1er janvier 2018 le taux en vigueur des prélèvements sociaux est de 17,2%. Ils se composent de la contribution sociale généralisée (CSG) à hauteur de 9,2%, de la contribution au

remboursement de la dette sociale (CRDS) à hauteur de 0,5% et d'un prélèvement de solidarité à hauteur de 7,5%.

### *L'impôt sur le revenu*

La taxation sur le revenu est éligible uniquement lors d'un rachat, partiel ou total, ou du décès de l'assuré. Lors d'un rachat l'impôt est prélevé sur les produits générés par le contrat et dépend des dates d'effet des contrats et de versement des primes. Au-delà de 8 ans le taux applicable est avantageux.

Pour les intérêts liés à des versements effectués à partir du 27 septembre 2017 le gouvernement a mis en place la « flat tax ». Ce prélèvement forfaitaire unique uniformise la fiscalité de l'assurance vie. Les intérêts sont soumis à un prélèvement de 12,8%. Pour les contrats de plus de 8 ans le taux applicable est de 7,5%, à condition que les encours détenus par l'assuré soient inférieurs à 150 000 €.

En cas de décès les sommes versées au conjoint marié ou pacsé, et sous certaines conditions aux frères et soeurs, sont totalement exonérées d'imposition et de droits de succession. Pour les autres bénéficiaires les règles suivantes s'appliquent :

- pour les versements effectués avant les 70 ans de l'assuré : pas d'imposition jusqu'à 152 500€ par bénéficiaire, puis taux forfaitaire de 20% jusqu'à 852 500€ et 31,25% pour les montants supérieurs ;
- pour les versements effectués après les 70 ans de l'assuré l'exonération des droits de succession est totale jusqu'à 30 500€ tous bénéficiaires confondus.

En cas de sortie en rente la fraction de rente imposable est dépendante de l'âge du rentier à la mise en place de la rente.

## **1.2 La participation aux bénéfices**

La revalorisation annuelle des contrats d'assurance vie en euros comprend une participation aux bénéfices qu'il détermine à partir du rendement comptable de son actif de l'année. Le rendement de l'actif de l'assureur est déterminé à partir des produits financiers de l'année de l'assureur. Les produits financiers de l'assureur sont d'un coté les coupons des obligations, de l'autre les dividendes versés par les actions et les loyers des biens immobiliers. Les produits sont diminués ou augmentés des plus ou moins-values réalisées, à l'exception des obligations. Le traitement comptable des plus ou moins-values obligataires sera présenté en [2.2](#).

Cette participation aux bénéfices peut se décomposer en 3 parties [13](#) :

- une partie réglementaire, définie par le Code des Assurances ;
- une partie contractuelle, le contrat peut comporter une clause de participation aux bénéfices précisant une participation supérieure au minimum réglementaire ;
- une partie discrétionnaire, l'assureur peut décider de distribuer plus que la partie réglementaire et contractuelle.

Nous décrivons dans la suite le mécanisme de la participation aux bénéfices.

### 1.2.1 La participation aux bénéfices réglementaire

Sur les contrats en euros la réglementation définit une participation aux bénéfices minimale. L'article A331-4 du Code des Assurances [1] impose aux assureurs de reverser au moins 85% des produits financiers et au moins 90% du résultat technique de l'année aux assurés. Le résultat technique correspond à la différence entre les primes et les prestations. En épargne le résultat technique est nul.

En pratique les assureurs distribuent plus de PB aux assurés que le minimum réglementaire pour permettre une revalorisation plus attractive sur ces contrats. Ils diminuent ainsi le risque de rachat conjoncturel.

### 1.2.2 La provision pour participation aux bénéfices

La distribution de la PB peut se faire par intégration annuelle à la provision mathématique des assurés en totalité, mais l'assureur peut choisir d'en placer une partie sur un compte de réserve : la provision pour participation aux bénéfices (PPB). Il dispose alors d'un délai de 8 ans pour redistribuer la provision aux assurés.

La PPB est une provision technique. Elle est pilotée par l'assureur et permet de lisser dans le temps les rendements servis aux assurés. Elle est reprise pour augmenter les taux servis et dotée de la PB qui n'est finalement pas distribuée aux assurés. En pratique il est donc possible pour l'assureur de servir un taux inférieur au taux contractuel de PB, sous réserve que ce montant soit placé dans la PPB.

La PPB est issue du droit des assurés aux bénéfices, elle est affectée aux assurés de manière collective. Il n'est donc pas possible pour un assuré de réclamer sa quote-part de PPB lorsqu'il rachète son contrat.

L'appartenance de la PPB aux assurés peut être remise en cause : l'arrêté du 24 décembre 2019 permet à l'assureur, quand le solde du résultat technique du dernier exercice comptable est négatif et que l'assureur n'est plus solvable, de reprendre la PPB, après autorisation de l'ACPR.

Dans le contexte actuel de taux durablement bas les assureurs dotent la PPB afin de pouvoir servir dans le futur le taux garanti. En 2019 le niveau de PPB continue d'augmenter pour s'établir à 4,7% des provisions d'assurance vie contre 4,3% en 2018 et 3,9% en 2017 [6].

### 1.2.3 Le taux effectivement servi

La distribution de la PB se calcule sur le total du portefeuille et non pour chaque assuré. Le choix de la répartition de la PB entre les assurés est laissé à l'assureur, la PB est discrétionnaire.

A la fin de l'exercice comptable l'assureur détermine le taux de PB global à affecter à partir du taux de rendement de son actif (TRA). Ce taux doit être supérieur au minimum réglementaire et, s'il existe, contractuel de PB. L'assureur décide ensuite de la répartition de ce taux entre ce qu'il sert effectivement à l'assuré et ce qu'il place dans la PPB.

On résume l'évolution du taux de revalorisation moyen des supports en euros et d'autres taux de référence dans le graphique suivant :

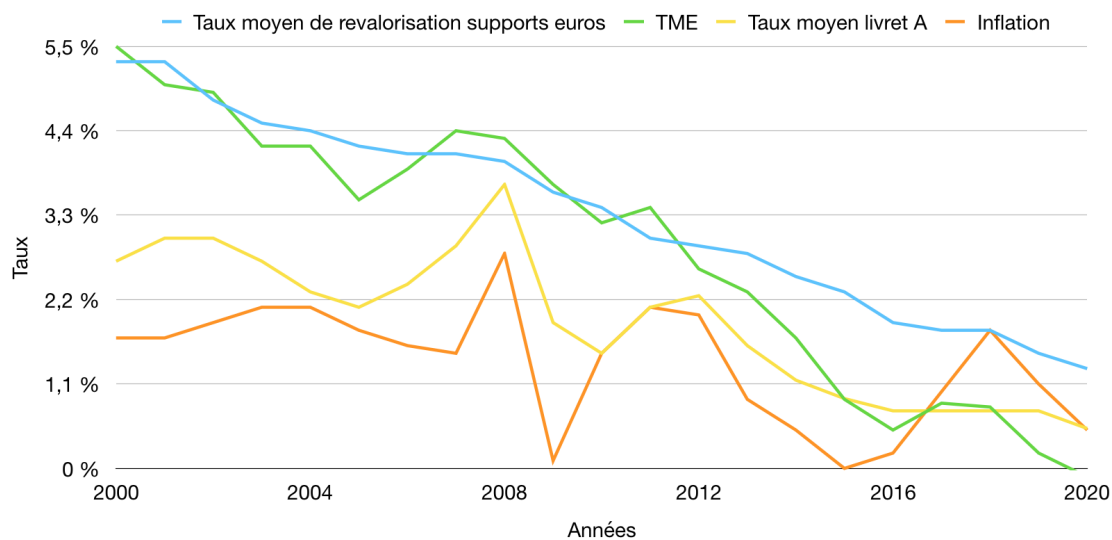


FIGURE 13 – Évolution du taux de revalorisation moyen des supports euros et d’autres taux de référence

Le taux de revalorisation moyen des fonds euros des contrats individuels est de 1,30% en 2020 [2]. Il était de 1,46% en 2019 et 1,70% en 2018 et 2017 [6]. On notera que le taux de revalorisation moyen des supports euros est moins sensible à l’inflation que celui du livret A. Il poursuit une lente décroissance liée au renouvellement obligatoire à son actif à des taux en baisse.

## 2 L'effet du turnover obligataire sur le rendement comptable et la participation aux bénéfices de l'année

Dans cette partie nous nous plaçons dans le référentiel norme française ou « French GAAP ». Les comptes sociaux : bilan et compte de résultat, des entreprises d'assurance sont établis selon cette norme. Le bilan social se présente comme suit :

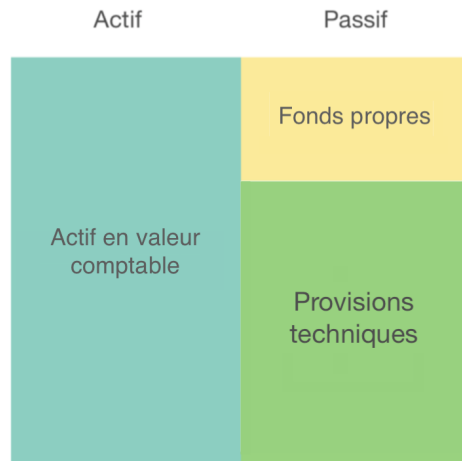


FIGURE 14 – Le bilan social

Le passif se compose des capitaux propres sociaux de l'entreprise et des provisions techniques dont la provision mathématique (PM) qui est la représentation comptable des engagements de l'assureur. Elle est calculée par la différence entre les valeurs actuelles des engagements respectifs de l'assureur et de l'assuré.

L'actif est comptabilisé selon les normes comptables françaises.

Les trois principes de la comptabilité française sont :

- le principe de comptabilisation au coût historique, les biens acquis sont inscrits au bilan à leur coût d'acquisition ;
- le principe de prudence, toute perte probable doit être anticipée et les profits non réalisés ne doivent pas être comptabilisés ;
- le principe de continuité d'exploitation, les comptes doivent être établis sous l'hypothèse que l'activité de l'entreprise perdure indéfiniment.

Le rendement comptable de l'actif est défini à partir du compte de résultat. Le résultat social est principalement composé des chargements et des produits financiers appartenant à l'assureur, diminués des frais et des commissions. L'assureur définit ensuite la participation aux bénéfices de l'année à partir de ce rendement.

## 2.1 Le traitement comptable des obligations à taux fixe

Le Code des Assurances [1] définit le traitement comptable des obligations dans l'article R.332-19. Dans la suite on décrit le traitement comptable des obligations à taux fixe.

### 2.1.1 Les principes de comptabilisation au coût historique et de continuité d'exploitation

Les titres obligataires à taux fixes sont des titres amortissables. Leur traitement comptable vérifie le principe de comptabilisation au coût historique et de continuité d'exploitation.

#### La comptabilisation au coût historique

Les titres obligataires à taux fixe sont comptabilisés à leur prix d'achat hors coupon couru depuis la dernière échéance selon le principe de comptabilité au coût historique. Grâce à ce principe une baisse des taux lente et régulière offre un avantage compétitif aux assureurs vie : les rendements des portefeuilles obligataires et par conséquent des contrats d'assurance vie correspondent à une moyenne des taux passés toujours supérieure au taux présent.

Cependant lorsque les taux des emprunts d'état de référence deviennent négatifs, comme actuellement, l'assureur ne peut pas répercuter ces taux sur les contrats en euros dont la revalorisation est garantie positive. Leur capacité à faire face à leurs engagements se retrouve dégradée.

#### Le mécanisme de surcote/décote

Lorsque le prix d'achat est inférieur au prix de remboursement, la différence, appelée décote, est portée en produits sur la durée de vie résiduelle du titre selon le principe de continuité d'exploitation. Symétriquement lorsque celui-ci est supérieur, la différence, surcote, est portée en charges sur la durée de vie résiduelle du titre. C'est l'amortissement de la surcote/décote. On décrit formellement ce mécanisme comme suit [22] :

Soit une obligation de prix d'achat  $PA$ , de prix de remboursement  $PR$  en date  $M$  et qui verse un coupon  $C$  chaque fin d'année. On détermine le taux actuariel  $r_a$  à l'achat de cette obligation, c'est le taux qui permet d'égaliser le prix d'achat à la somme des flux futurs actualisés. On résout :

$$PA = \sum_{i=1}^M \frac{C}{(1+r_a)^i} + \frac{PR}{(1+r_a)^M}.$$

La surcote/décote  $SD_m$  de ce titre à la date  $m$  vaut alors :

$$SD_m = \sum_{i=m+1}^M \frac{C}{(1+r_a)^{i-m}} + \frac{PR}{(1+r_a)^{M-n}} - PA.$$

Le calcul de la surcote/décote est indépendant des taux de marché au moment du calcul : il ne dépend que du taux actuariel à l'achat et de la différence entre la valeur d'achat du titre et sa valeur de remboursement.

La valeur comptable d'un titre obligataire s'entend nette de surcote/décote. Le montant figurant au bilan est donc le prix d'acquisition corrigé de l'amortissement de la surcote ou de la décote du titre.

### Un exemple

On acquiert une obligation le 31/12/N de  $PR = 100000 \text{ €}$ , de coupon  $C = 8000 \text{ €}$  de date de détachement 1/7, de taux actuariel à l'achat  $r_a = 7\%$ , de date d'échéance 1/7/N+2 et de prix d'achat hors coupon couru  $PA = 102048 \text{ €}$ . Ici on est dans le cas d'une surcote de 2048 €.

La valeur au bilan de l'obligation au 31/12/N est 102048 €. A cette même date la valeur actuelle de l'obligation est  $\frac{8000}{1,07^{365}} + \frac{108000}{1,07^{365}} = 105340 \text{ €}$ .

Les intérêts courus valent  $8000 * \frac{184}{365} = 4033 \text{ €}$ . La valeur actuelle hors coupon couru est donc de  $105340 - 4033 = 101307 \text{ €}$ .

La charge à enregistrer est de  $102048 - 101307 = 741 \text{ €}$ . La valeur au bilan au 31/12/N+1 est alors de 101307 €. On résume ceci dans le tableau suivant :

Date	Valeur au bilan	Valeur actuelle hors CC	Charge
<b>31/12/N</b>	102 048	101 307	741
<b>31/12/N+1</b>	101 307	100 404	903
<b>1/7/N+2</b>	100 404	100 000	404
		<b>Charge Totale</b>	<b>2 048</b>

FIGURE 15 – Amortissement de la surcote/décote

#### 2.1.2 Le principe de prudence

Lorsque le prix de marché d'une obligation est supérieur (resp. inférieur) à sa valeur comptable, on parle de plus-value (resp. moins-value) latente. Les plus-values latentes sont volatiles et illusoirs : elles disparaissent lors du remboursement de l'obligation à son échéance. Par le principe de prudence les plus-values latentes ne sont pas comptabilisées. Les moins-values latentes ne sont pas comptabilisées, ce qui constitue une dérogation à ce principe.

L'article A.331-2 du Code énonce que, lorsqu'à l'inventaire, le taux de rendement réel d'une compagnie d'assurance vie diminué de 20 % est inférieur au montant des intérêts techniques et de la PB contractuelle, la compagnie doit constituer une provision pour aléas financiers (PAF). Le montant doté est la différence entre la PM recalculée avec le taux de rendement réel des actifs diminué d'un cinquième et la PM à l'inventaire. Cette provision est intégralement reprise dans les comptes de l'exercice suivant. La PAF est une provision actif/passif [22].

## 2.2 La neutralisation comptable de la plus-value de cession d'une obligation à taux fixe et son effet sur la participation aux bénéfices de l'année

Dans cette partie nous décrivons le traitement comptable de la cession d'une obligation à taux fixe et l'effet du turnover obligataire, la vente d'une partie des obligations en plus-value, sur le rendement comptable et la PB de l'année.

### 2.2.1 Le mécanisme de la réserve de capitalisation

La réserve de capitalisation (RC) ne concerne que les organismes d'assurance vie et les organismes mixtes avec au moins 10% de provisions techniques vie dans le total de leurs provisions techniques. Elle fait partie des fonds propres comptables de l'assureur. Cette réserve vise les obligations à taux fixe.

Le cours d'une obligation à taux fixe varie en fonction des taux d'intérêt sur les marchés. Une baisse des taux entraîne une augmentation de la valeur de marché de l'obligation et inversement. En effet quand les taux d'intérêt baissent de nouvelles obligations sont émises avec des coupons inférieurs à ceux des obligations anciennes. La valeur des obligations anciennes augmente puisque celles-ci rapportent plus. Quand les taux d'intérêt montent le prix des obligations anciennes diminue car les nouvelles obligations ont des coupons supérieurs et ce sont elles qui rapportent plus.

La réserve de capitalisation a pour but d'insensibiliser le rendement des assureurs vie en cas de cession d'obligations. Cela dissuade les assureurs de réaliser les plus-values en cédant leurs obligations à taux supérieur au taux actuel. Leur rendement obligataire serait alors diminué ce qui pourrait aboutir à l'impossibilité d'honorer les engagements pris en matière de taux minimaux.

Lors de la cession d'une obligation en plus-value (resp. moins-value) on dit que la plus-value (resp. moins-value) est réalisée. Une plus-value réalisée correspond à l'anticipation de revenus futurs. Cette réserve neutralise comptablement la plus-value réalisée due à une baisse des taux ce qui vient renforcer le principe de prudence comptable.

Formellement si l'obligation est cédée en  $m$  au prix  $PC$ , on regarde la différence :

$$PC - (PA + SD_m) = \sum_{i=m+1}^M \frac{C}{(1+r_a)^{i-m}} + \frac{PR}{(1+r_a)^{M-m}}.$$

Si elle est positive la réserve de capitalisation est dotée de ce montant, l'assureur a réalisé une plus-value de cession. Sinon l'assureur a réalisé une moins-value de cession et la réserve est reprise du montant :

$$(PA + SD_m) - PC.$$

La réserve de capitalisation pourra être reprise en cas de hausse des taux et être réinvestie dans des obligations à taux plus élevés.



## 2.2.2 Le traitement comptable de la cession d'une obligation à taux fixe

Lors de la cession d'une obligation à taux fixe, si le prix de cession est supérieur à la valeur comptable nette (incluant nominal, surcote/décote et dépréciation) la plus-value réalisée est dotée à la réserve de capitalisation, s'il est inférieur la moins-value réalisée doit être reprise, dans la limite des sommes disponibles dans la réserve. Par ce mécanisme les plus-values ou moins-values de cession ne sortent ni en résultat ni en participation aux bénéfices mais sont isolées dans la réserve.

En conséquence la vente de tels titres est neutre au niveau du compte de résultat, tant que la réserve existe. C'est un mécanisme protecteur qui amortit les effets des cycles de taux d'intérêt en neutralisant comptablement le résultat de cession.

### Un exemple

On acquiert une obligation à 100 000 €, de durée 8 ans et versant un coupon annuel de 4 000 €. Une baisse des taux d'intérêt de 4% à 3% fait mécaniquement passer la valeur de l'obligation à 107 000 €.

On décide de vendre l'obligation. Cette vente génère une plus-value de cession de 7 000 €. Cette plus-value ne sort pas en bénéfices financiers, elle est dotée à la réserve de capitalisation au passif du bilan comptable. Si l'assureur réinvestit les 107 000 € dans une nouvelle obligation, elle lui rapportera annuellement  $0,03 * 107\,000 = 3\,210$  €.

La question est alors de savoir à qui appartient les produits financiers réalisés par le réinvestissement à l'actif de la réserve de capitalisation. La pratique de marché est de considérer qu'ils appartiennent à l'assureur.

## 2.2.3 L'effet de la réalisation d'une plus-value obligataire sur la participation aux bénéfices de l'année

Actuellement les placements obligataires des assureurs vie sont en plus-value latente [5] :

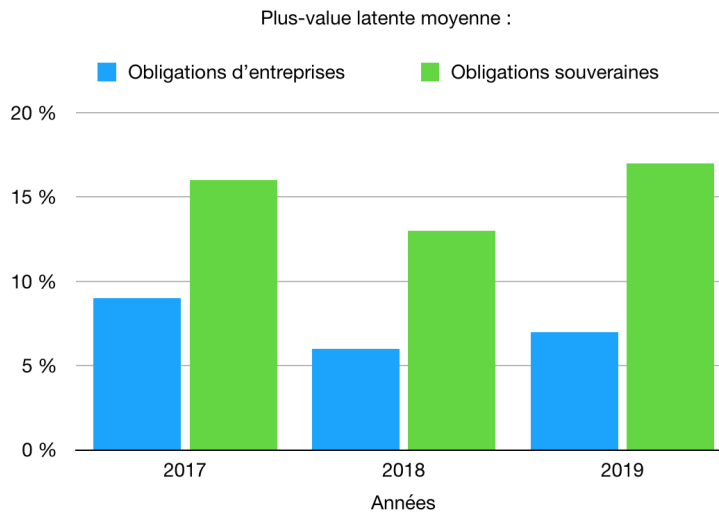


FIGURE 16 – La plus-value latente moyenne des placements obligataires des assureurs vie

Lors de la cession d'une obligation en plus-value, la réserve de capitalisation neutralise comptablement la plus-value due à la baisse des taux. Les produits financiers réalisés par le réinvestissement à l'actif de la réserve de capitalisation ne sont pas pris en compte dans le calcul de la participation aux bénéfices et vont à l'assureur. Les assureurs peuvent être tentés de réaliser les plus-values. Dans cette partie nous décrivons l'effet de ce choix sur la PB de l'année.

Soit une obligation en plus-value latente due à la baisse des taux. D'après [2.2](#) la réalisation de la plus-value n'a pas d'effet sur le rendement de l'assureur et la PB de l'année. Deux cas se présentent alors selon que la vente ait lieu avant ou après la tombée de coupon de l'obligation.

Si la vente de l'obligation a lieu avant la tombée de coupon alors elle aura un effet sur le rendement et la PB de l'année. En effet, le réinvestissement à l'actif ne se fera pas dans des obligations de même coupon. Le coupon qui tombera sera différent, ou inexistant si le réinvestissement se fait dans d'autres actifs, ce qui impactera le rendement et la PB annuels.

Si la vente a lieu après la tombée de coupon alors elle n'aura d'influence ni sur le rendement ni sur la PB de l'année, sauf si le réinvestissement se fait dans une obligation dont le coupon tombe avant la fin de l'année.

Dans ce mémoire on se placera dans le cas où la vente s'effectue en fin d'année. Dans ce cas le turnover obligataire n'a pas d'effet sur le rendement ni sur la PB de l'année par le mécanisme de la réserve de capitalisation.

Cependant la diminution du rendement comptable obligataire futur aura mécaniquement un effet sur les PB futures. Dans la section suivante nous étudions l'effet attendu sur le bilan prudentiel et le ratio de solvabilité de cette décision de gestion.

Nous donnons un exemple simplifié de passage du taux de rendement obligataire à la participation aux bénéfices de l'année :

### **Un exemple**

L'actif est uniquement composé d'obligations. Le taux de rendement de l'actif (TRA) est donc égal ici au taux de rendement actuariel à l'achat  $r_a$  des obligations.

Nous faisons l'hypothèse d'un TRA de 3%.

Le taux de PB minimal réglementaire est de  $85\% * 3\% = 2,55\%$ .

L'assureur a défini un taux de PB contractuel de 90% de son TRA. Le taux de PB contractuel est de  $90\% * 3\% = 2,70\%$ .

L'assureur décide de distribuer un taux de PB de 2,9%.

Le TMG est nul. On néglige le résultat technique.

Il retire les chargements de gestion pour 0,15% de l'encours. Il doit distribuer un taux de PB de  $2,9\% - 0,15\% = 2,75\%$ .

Il décide de revaloriser la PM de 1,75% et il dote la PPB du 1% de l'encours qu'il reste à distribuer.

L'épargne de l'assuré est revalorisée de 1,75% et réglementairement la dotation à la PPB doit lui revenir dans un délai de 8 ans maximum.

L'assureur a pour lui les chargements de 0,15% de l'encours et les  $3\% - 2,9\% = 0,1\%$  de son actif restant de son bénéfice financier de l'année.

### 3 L'effet du turnover obligataire sur le ratio de solvabilité de l'année

#### 3.1 Des indicateurs de la solvabilité et de la rentabilité de l'assureur

La solvabilité traduit l'aptitude de l'assureur à honorer les engagements pris auprès de ses assurés. La norme en vigueur pour son calcul est la norme Solvabilité 2. Cette norme repose sur 3 piliers : les exigences quantitatives, qualitatives et la discipline de marché. Nous décrivons dans la suite le bilan prudentiel défini par le premier pilier.

##### 3.1.1 Le bilan prudentiel

La Directive Solvabilité 2 est entrée en vigueur le 1er janvier 2016 [3]. Cette réforme européenne vise à mettre en adéquation les fonds propres face aux risques auxquels les compagnies d'assurance font face. Elle remplace la norme Solvabilité 1 pour intégrer le risque en projetant les engagements de l'assureur. Les assureurs doivent produire un bilan prudentiel que l'on peut schématiser comme suit :

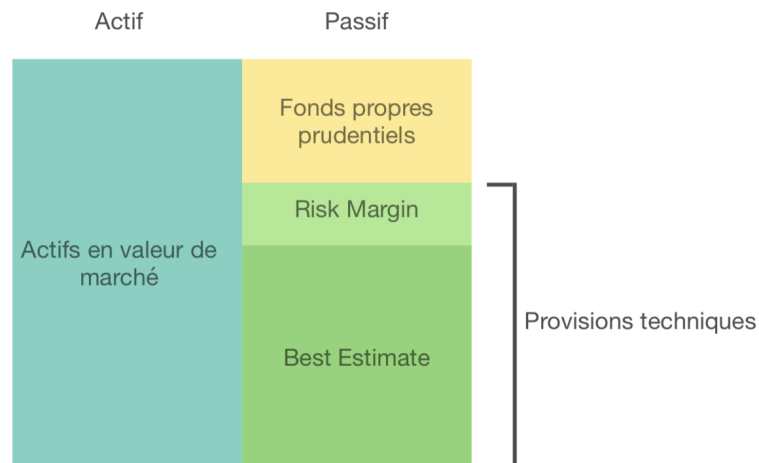


FIGURE 17 – Le bilan prudentiel

Dans le référentiel prudentiel tous les éléments du bilan sont évalués en « fair value » c'est-à-dire au prix de marché pour les actifs et au prix payé en cas de transfert pour les passifs. L'évaluation prudentielle exige la prise en compte des interactions actif-passif [19]. L'allocation d'actif modifie l'ensemble des postes du bilan.

Cette vision économique permet de vérifier la capacité de l'assureur à respecter ces engagements dans la durée et d'adapter une allocation stratégique d'actifs. L'évaluation du bilan varie en fonction des mouvements du marché. Les provisions techniques représentent la plus grande partie du passif et font apparaître explicitement une marge de prudence (Risk Margin).

Les outils permettant l'évaluation du bilan prudentiel sont présentés en [4.2].

## Le capital de solvabilité requis

Le bilan prudentiel permet de déterminer le ratio de solvabilité d'une compagnie d'assurance. Il permet aussi de déterminer le Solvency Capital Requirement (*SCR*). Le *SCR* correspond au capital permettant théoriquement à la compagnie d'assurance de limiter sa probabilité de ruine à 0,5%, à horizon d'un an.

On a :

$$SCR_0 = FP_0 - q_{0,5\%}(FP_1)$$

où :

- $FP_0$  sont les fonds propres aujourd'hui ;
- $q_{0,5\%}(FP_1)$  est le quantile à 0,5% de la distribution des fonds propres dans un an.

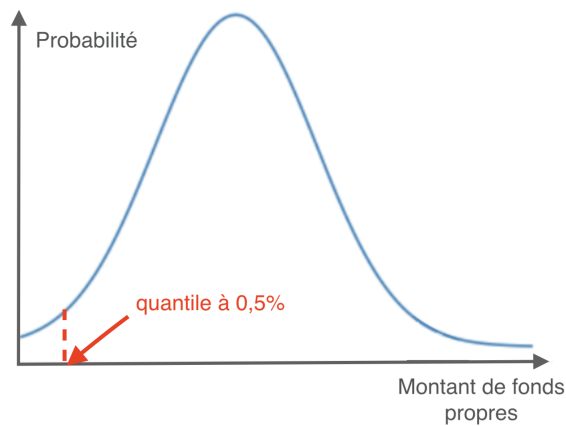


FIGURE 18 – La distribution des fonds propres dans un an

La distribution des fonds propres dans un an n'étant pas connue elle doit être estimée. Le *SCR* peut être calculé de deux manières : par la formule standard, que nous détaillons en [4.3.3](#), ou par un modèle interne, qui doit être validé par l'ACPR.

## L'actif en valeur de marché

Les actifs sont évalués en valeur de marché (*AVM*). Cette valeur est déterminée en observant le prix sur le marché au moment de l'évaluation et, s'il n'est pas disponible directement, par des méthodes financières.

Dans le référentiel prudentiel les plus et moins-values latentes des actifs sont prises en compte dans le bilan. Comme nous l'avons déjà dit les plus ou moins-values latentes sont volatiles et dépendent du contexte économique. De plus elles sont illusoire : la plus ou moins-value d'une obligation disparaît totalement à son échéance.

## Les provisions techniques prudentielles

Contrairement à la comptabilité française les événements rares et les options des contrats (de rachat, de TMG, de reversement par exemple) sont pris en compte dans le calcul des provisions techniques.

Le Best Estimate ( $BE$ ) est l'espérance sur les scénarios économiques de l'ensemble des flux de trésorerie futurs actualisés au taux sans risque.

On a :

$$BE = \mathbb{E}_{\mathbb{Q} \otimes \mathbb{P}} \left[ \sum_{h=1}^{\infty} \frac{F_h}{(1+i_h)^h} \right],$$

avec :

- $\mathbb{Q}$  la probabilité risque neutre qui s'applique à  $F_h$  et  $i_h$  ;
- $\mathbb{P}$  la probabilité historique qui s'applique à la durée de vie des assurés et à la distribution des rachats structurels ;
- $F_h$  le flux de trésorerie pour honorer les engagements envers les assurés pour l'année  $h$  ;
- $i_h$  le taux d'actualisation pour la maturité  $h$ .

Le  $BE$  étant une espérance, on l'estime par Monte Carlo, sur 5 000 scénarios économiques sur un horizon de 40 ans. On génère des scénarios économiques en univers risque neutre avec un générateur de scénarios économiques (GSE) présenté en [4.1](#).

La marge pour risque ( $RM$ ) est le montant que l'on doit ajouter au  $BE$  pour qu'un autre assureur accepte de reprendre le passif. C'est la valeur de l'immobilisation du capital pour supporter les engagements d'assurance sur leurs durées de vie restantes.

Elle est évaluée en actualisant le coût de l'immobilisation du  $SCR$ , estimé à 6% par an, sur la durée de vie résiduelle des engagements de l'assureur :

$$RM = 6\% * \sum_{h=1}^{\infty} \frac{SCR_h}{(1+i_{h+1})^{h+1}},$$

avec :

- $SCR_h$  le  $SCR$  pour l'année  $h$  ;
- $i_{h+1}$  le taux d'actualisation pour la maturité  $h + 1$ .

## Les fonds propres prudentiels

On définit les fonds propres prudentiels ( $FPP$ ) comme la différence entre l'actif en valeur de marché et les provisions techniques.

On a :

$$FPP = AVM - BE - RM.$$

### 3.1.2 Un indicateur de la solvabilité de l'assureur : le ratio de solvabilité

Le ratio de solvabilité ( $RS$ ) est défini comme le ratio des fonds propres prudentiels sur le capital de solvabilité requis.

On a :

$$RS = \frac{FPP}{SCR}.$$

D'après la réglementation le  $SCR$  doit être supérieur ou égal aux  $FPP$ , c'est-à-dire le ratio de solvabilité  $RS$  doit être supérieur ou égal à 100%. Si celui-ci est inférieur à 100% des mesures de redressement sont prises par l'autorité de contrôle prudentiel et de résolution (ACPR) dès la constatation du défaut de couverture.

Nous donnons l'historique du ratio de solvabilité des sociétés vie et mixtes depuis 2017, d'après [7] :

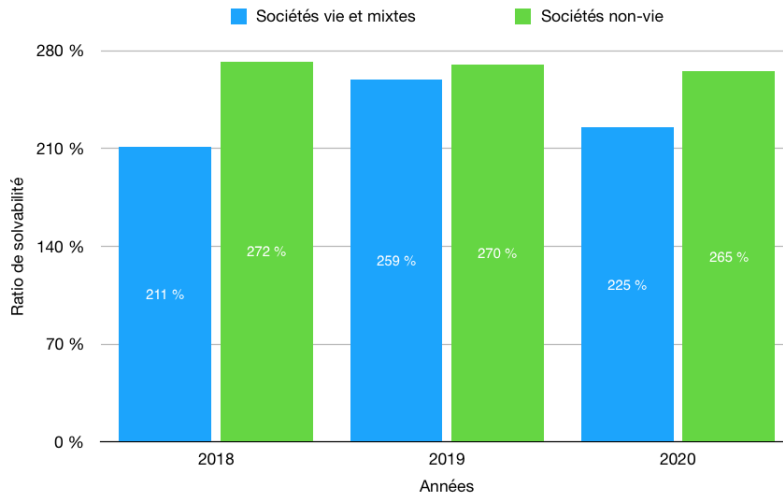


FIGURE 19 – Évolution du ratio de solvabilité moyen des sociétés vie et mixtes et des sociétés non-vie

Le contexte économique actuel conjugue faible taux de croissance, faible taux d'inflation et taux d'intérêt bas, voire négatifs. L'année 2019 a été marquée par une accélération de la baisse des taux et l'apparition de taux négatifs sur les emprunts obligataires de référence.

La généralisation des taux négatifs a conduit à une baisse des ratios de solvabilité des assureurs vie, passant de 259% en 2019 à 225% en 2020. En effet, ils ne peuvent pas répercuter les taux négatifs sur les passifs en euros dont la revalorisation est garantie positive.

Malgré ce contexte la solvabilité du marché reste solide. Cette réalité réglementaire est due à la mise en place de deux amortisseurs : les mesures transitoires et la possibilité d'intégrer partiellement la  $PPB$  aux fonds propres. Cette dernière mesure, mise en place suite à l'Arrêté du 24 décembre 2019, explique en partie la hausse du ratio entre 2018 et 2019.

### 3.1.3 Un indicateur de la rentabilité de l'assureur : la Present Value of Future Profits

La Present Value of Future Profits (*PVFP*) est l'espérance sur les scénarios économiques de l'ensemble des flux de résultats nets d'impôts actualisés au taux sans risque.

Les résultats sont composés de la part à l'assureur des résultats financiers qui correspondent aux résultats générés par l'actif en face des fonds propres, et du résultat de management qui correspond à la différence entre les chargements et les frais réellement payés.

On a :

$$PVFP = \mathbb{E}_{\mathbb{Q} \otimes \mathbb{P}} \left[ \sum_{h=1}^{\infty} \frac{R_h}{(1+i_h)^h} \right],$$

avec :

- $\mathbb{Q}$  la probabilité risque neutre qui s'applique à  $F_h$  et  $i_h$  ;
- $\mathbb{P}$  la probabilité historique qui s'applique à la durée de vie des assurés et à la distribution des rachats structurels ;
- $R_h$  le flux de résultats nets d'impôts pour l'année  $h$  ;
- $i_h$  le taux d'actualisation pour la maturité  $h$ .

La *PVFP* correspond à la valeur actuelle des profits futurs nets d'impôts. Elle donne un indicateur de la rentabilité de l'assureur. Si elle est positive l'assureur s'attend à être profitable.

Comme le *BE* la *PVFP* est une espérance sur l'environnement économique. On l'estime par Monte Carlo, sur 5 000 scénarios économiques sur un horizon de 40 ans.

## 3.2 Le turnover obligataire peut augmenter le ratio de solvabilité de l'année

Le ratio de solvabilité de l'année d'un assureur se déduit de son bilan prudentiel. L'évaluation du passif prudentiel nécessite de projeter tous les flux relatifs au contrat jusqu'à extinction du contrat. En assurance vie, ces flux tiennent compte des produits financiers de l'assureur. L'assureur détermine chaque année la participation aux bénéfices à verser à l'assuré. Cette PB doit être prise en compte dans le calcul du *BE* d'après l'article R.351-9 du Code des Assurances.

Comme vu dans [2.2](#) notre décision de gestion obligataire n'a pas d'effet sur la PB de l'année, cependant elle affecte les PB futures. Pour définir la PB jusqu'à extinction des contrats en portefeuille il est donc nécessaire de mettre en place un plan de futures décisions de gestion. Ce plan doit être approuvé par le Conseil d'Administration de la compagnie d'assurance et l'AMSB (Administration, Management or Supervisory Body).

L'article 23 du Règlement Délégué précise les critères pour que les futures décisions de gestion soient considérées comme réalistes. Elles doivent être cohérentes entre elles et avec les pratiques actuelles, passées et anticipées de la compagnie. Les assureurs doivent suivre et calculer l'effet des changements d'hypothèses sur la valeur du *BE*. En assurance vie, les principales décisions de gestion sont [18](#) :



- celles relatives à la stratégie d'allocation d'actif : définition d'une allocation d'actif cible (par exemple 80% d'obligations et 20% d'actions), la gestion des achats/ventes d'actifs au sein d'une classe ;
- celles relatives à la stratégie de participation aux bénéfices : définition d'un taux de revalorisation cible ou la gestion de la PPB.

La future décision de gestion que nous étudions appartient à la première famille et concerne la vente des obligations : le turnover obligataire.

### 3.2.1 Un effet d'augmentation des fonds propres prudentiels et de la *PVFP* de l'année

Les portefeuilles obligataires des assureurs vie sont actuellement en plus-values latentes en raison de la baisse des taux depuis 40 ans. La mise en place d'un turnover obligataire permet à l'assureur de réaliser une partie de ces plus-values latentes.

Nous nous attendons à une diminution du *BE* et à une augmentation des *FPP*. Nous décrivons dans cette section les mécanismes qui entrent en œuvre lorsque nous mettons en place le turnover obligataire.

Pour connaître l'effet de cette décision de gestion sur le ratio de solvabilité il faut de plus étudier l'effet sur le *SCR*, ce que nous faisons dans la section 5 dans le cas d'un assureur vie épargne ne commercialisant que des contrats en euros.

#### Un effet de diminution des participations aux bénéfices futures et du Best Estimate

Si le réinvestissement des valeurs de cession se fait dans des obligations nouvelles, elles seront de rendement plus faible en raison de la baisse des taux. En contrepartie de la réalisation aujourd'hui de la plus-value, le rendement comptable du portefeuille obligataire sera diminué.

La diminution du rendement comptable obligataire entraîne une diminution de la participation aux bénéfices future s'il prévaut sur le rendement des autres actifs en portefeuille. Pour pouvoir servir le taux cible plus longtemps l'assureur reprend plus rapidement la PPB.

Le *BE* prend en compte les flux relatifs aux contrats sur toute la durée de vie des contrats. La diminution des participations aux bénéfices futures diminue mécaniquement le *BE* car elle augmente les rachats conjoncturels : les assurés restent moins longtemps en portefeuille.

#### Un effet d'augmentation des fonds propres prudentiels

La baisse du *BE* due à la baisse du rendement de l'actif augmente mécaniquement les *FPP*. En effet, par leur définition, *BE* et *FPP* sont des vases communicants. Nous expliquons cet effet d'augmentation des *FPP*.

Les plus-values réalisées par la cession obligataire sont dotées à la RC. Deux mécanismes viennent alors augmenter les *FPP*. Premièrement le rendement du réinvestissement à l'actif de la réserve est à l'assureur (cf. 2.2.2). Plus la réserve est importante plus les produits financiers futurs augmentent les *FPP*. Le deuxième effet provient d'un artefact de calcul. La RC est une provision technique, elle appartient en théorie aux assurés. En pratique elle est comptabilisée dans les fonds propres de l'assureur et vient augmenter les *FPP* en fin de projection.

### Un effet d'augmentation possible de la *PVFP*

La *PVFP* est un indicateur de la rentabilité de l'assureur. La mise en place d'un turnover obligatoire a deux effets contradictoires sur les résultats futurs de l'assureur. D'un côté il diminue le rendement de l'actif, de l'autre, par la dotation des plus-values à la RC, il augmente la part de résultat à l'assureur. Si ce deuxième effet est plus important que le premier le turnover améliorera la *PVFP* de l'année.

#### 3.2.2 L'effet dépend de la politique de participation aux bénéfices mise en place et de la structure des contrats

L'effet du turnover obligatoire sur le ratio de solvabilité dépend de la politique de participation aux bénéfices mise en place par l'assureur. Nous nous attendons à ce que plus celle-ci prend en compte le taux de rendement de l'actif plus l'effet du turnover sera important.

La mise en place d'un turnover obligatoire diminue le rendement de l'actif de l'assureur dans le futur. La participation aux bénéfices financiers réglementaire sera diminuée. Si l'assureur n'a pas défini contractuellement de TMG sur ces contrats et qu'il peut verser un taux proche de ce minimum réglementaire alors la baisse de son rendement implique une baisse du taux servi plus importante. Si, à l'inverse, les contrats ont un TMG la baisse du rendement de l'actif posera plus de problème à l'assureur pour faire face à ces engagements et il devra puiser dans ces ressources plus rapidement pour servir le taux contractuel.

Dans la section [5](#) nous testerons plusieurs politiques de PB cible plus ou moins contraignantes pour l'assureur. Nous testerons de plus une structure de contrat avec un TMG.

#### 3.2.3 La nécessité d'étudier l'effet possiblement pervers sur le long terme

En plus d'étudier l'effet du turnover sur le ratio de solvabilité de l'année, il est nécessaire d'étudier l'effet sur le long terme. La méthode de projection du bilan prudentiel est présentée en [4.4](#)

L'effet sur le long terme est possiblement pervers. En effet la sensibilité du ratio aux variations de taux devient plus importante. Nous donnons l'exemple de deux scénarios de taux pour illustrer nos propos.

##### En cas de hausse des taux

Une période de hausse des taux diminue les plus-values latentes obligataires et peut faire apparaître des moins-values. D'un autre côté les autres produits d'épargne deviennent plus intéressants et les rachats conjoncturels augmentent.

Dans le cas où l'assureur a mis en place un turnover obligatoire, la moins-value latente apparaît d'autant plus tôt puisque nous vendons chaque année nos obligations anciennes à taux plus élevés. L'assureur peut être obligé de réaliser cette moins-value s'il fait face à des rachats ou des décès. Celle-ci doit être reprise dans la RC, dans la limite des fonds disponibles. Cela diminue les *FPP* qui prennent en compte cette réserve en fin de projection (cf. [3.2.1](#)). Dans cette situation le turnover obligatoire peut avoir un effet pervers sur la solvabilité de l'assureur.

### **En cas de taux durablement négatifs**

Dans un scénario durable de taux négatifs le rendement du portefeuille obligataire tend vers zéro et peut devenir négatif. La solvabilité de l'assureur est dégradée car la revalorisation des contrats en euros est définie positive. De plus les rachats conjoncturels augmentent car la revalorisation des contrats en euros devient trop peu attractive par rapport aux autres produits sur le marché. Si l'assureur a mis en place un turnover obligataire le rendement de son portefeuille obligataire diminue d'autant plus rapidement. Sa solvabilité peut être plus fortement dégradée.

## 4 Les outils pour le calcul et la projection du ratio de solvabilité de l'année

### 4.1 Le générateur de scénarios économiques en univers risque neutre

La valorisation des postes du bilan prudentiel doit être effectuée en univers risque neutre. Dans cet univers tous les actifs ont pour taux de rendement le taux sans risque : les primes de risque sont nulles. C'est pour cette raison que la Directive Solvabilité 2 impose d'estimer le  $BE$  en univers risque neutre. En effet les primes de risque ne sont pas connues à l'avance.

Le calcul des postes du bilan prudentiel nécessite de projeter des variables économiques en univers risque neutre. Nous décrivons dans cette partie le générateur de scénarios économiques (GSE) de FIXAGE implémenté sous R dont les hypothèses sont :

- les variables économiques sont projetées avec un pas de temps annuel ;
- à un horizon de projection  $H$  de 40 ans ;
- le nombre de scénarios  $N$  est de 5 000.

Le GSE utilisé est de type composite. Ces générateurs proposent un modèle pour chacune des variables avant de les agréger pour obtenir une modélisation des variables globale. Nous décrivons d'abord chacun des modèles de projection individuels.

On vérifie la calibration du modèle à l'aide de deux tests :

- le test de martingalité qui permet de vérifier que le prix actualisé des actifs est une martingale (propriété vérifiée sous la probabilité risque neutre) ;
- le test de Market Consistency qui permet de vérifier que les scénarios générés sont cohérents les prix observés sur le marché.

#### 4.1.1 Le modèle de Vasicek à deux facteurs pour la projection des taux

Cependant il ne permet plus de répliquer la forme de la courbe de référence : la courbe des taux sans risque de l'EIOPA (autorité européenne des assurances et des pensions professionnelles) sans Volatility Adjustment (VA) depuis qu'elle admet un point d'inflexion.

Le VA est un ajustement qui vise à compenser en partie l'effet de la volatilité du portefeuille obligataire sur le ratio de solvabilité. Les assureurs sont autorisés à évaluer leurs engagements en utilisant la courbe des taux sans risque avec VA, leurs permettant d'augmenter de 25 points en moyenne leur ratio de solvabilité. L'EIOPA souhaite modifier ce dispositif pour prendre en compte les spécificités des assureurs qui l'appliquent et le rendre plus réactif [8]. Dans ce mémoire nous préférons utiliser la courbe des taux sans VA.

On choisit néanmoins ce modèle pour la projection des taux pour sa simplicité, le taux zéro-coupon est donné par une formule fermée, sa praticité, il permet de générer des taux négatifs et parce qu'il permet de réduire la complexité par la suite lors de la projection du bilan prudentiel présentée en [4.4]. En effet il ne nécessite pas une recalibration à la suite de chaque projection monde réel en central [12].

## La projection des taux d'intérêts nominaux et de la courbe zéro-coupon

On appelle taux court le taux déterminé sur le marché monétaire à court terme. Pour projeter les taux courts et long nominaux on utilise le modèle de Vasicek à deux facteurs.

Ce modèle diffuse des taux nominaux à partir des deux équations différentielles suivantes :

$$\begin{cases} dr(t) = \alpha_1(l(t) - r(t))dt + \sigma_1 dW_1(t) \\ dl(t) = \alpha_2(\mu - l(t))dt + \sigma_2 dW_2(t), \end{cases}$$

avec :

- $r(t)$  le taux court nominal en  $t$  ;
- $l(t)$  le taux long nominal en  $t$  ;
- $\alpha_1$  la vitesse d'ajustement du taux court nominal vers le taux long nominal ;
- $\alpha_2$  la vitesse d'ajustement du taux long nominal vers le taux long moyen ;
- $\sigma_1$  la volatilité du taux court nominal ;
- $\sigma_2$  la volatilité du taux long nominal ;
- $\mu$  la moyenne long terme du taux long nominal ;
- $W_1$  et  $W_2$  des mouvements browniens indépendants.

Pour obtenir les trajectoires de taux nominal on discrétise selon un schéma d'Euler,  $\forall t \in \llbracket 1 ; 40 \rrbracket$  :

$$\begin{cases} r(t) = r(t-1) + \alpha_1(l(t-1) - r(t-1)) + \sigma_1 U \\ l(t) = l(t-1) + \alpha_2(\mu - l(t-1)) + \sigma_2 V, \end{cases}$$

où  $U$  et  $V$  sont indépendantes de loi  $\mathcal{N}(0, 1)$  et le pas de discrétisation est d'un an.

La référence à prendre est la courbe des taux zéro-coupon de l'EIOPA sans VA. Cela nous donne  $r(0)$  et  $l(0)$ . Cette courbe est construite sur la base des taux swaps observés sur le marché jusqu'au Last Liquid Point (LLP) fixé à 20 ans pour la zone euro, puis extrapolée via la méthode de Smith-Wilson jusqu'à l'Ultimate Forward Rate (UFR). L'UFR applicable pour 2020 est 3,75%, il était de 3,90% en 2019. Nous effectuons le calibrage du modèle au 31 décembre 2020. Le calibrage du modèle consiste à optimiser les paramètres pour minimiser l'écart entre la courbe des taux zéro-coupon simulée au 31 décembre 2020 et la courbe des taux de référence :

$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\mu$	$r(0)$	$l(0)$
0,11	0,07	0,011	0,01	0,03566	-0,00623	-0,00367

Nous détaillons les tests du calibrage que nous avons réalisé en annexe [A.1](#).

La projection des taux courts nominaux nous permet de générer la courbe zéro-coupons. Dans le modèle de Vasicek le prix des obligations zéro-coupon  $P$  en  $t$  et de maturité  $T$  est défini par la formule fermée [14](#) :

$$P(t, T) = \exp^{\alpha(T-t) - b_1(T-t)r(t) - b_2(T-t)m(t)},$$

avec :

$$\begin{aligned}
- & b_1(t) = \frac{1 - \exp^{-\alpha_1 * t}}{\alpha_1}; \\
- & b_2(t) = \frac{\alpha_1}{\alpha_1 - \alpha_2} * \left( \frac{1 - \exp^{-\alpha_2 * t}}{\alpha_2} - b_1(t) \right); \\
- & a(t) = (b_1(t) - t) * \left( \mu - \frac{\sigma_1^2}{2\alpha_1^2} \right) + b_2(t) * \mu - \sigma_1^2 * \frac{b_1(t)^2}{4\alpha_1} + \frac{\alpha_2^2}{2} * \left( \frac{t}{\alpha_2^2} - \frac{2(b_1(t) + b_2(t))}{\alpha_2^2} \right) + \frac{1 - \exp^{-2\alpha_1 * t}}{2\alpha_1(\alpha_1 - \alpha_2)^2} - \\
& \frac{2\alpha_1(1 - \exp^{-(\alpha_1 + \alpha_2) * t})}{\alpha_2(\alpha_1 - \alpha_2)^2(\alpha_1 + \alpha_2)} + \frac{\alpha_1^2(1 - \exp^{-2\alpha_2 * t})}{2\alpha_2^3(\alpha_1 - \alpha_2)^2}.
\end{aligned}$$

On appelle taux zéro-coupon le taux d'intérêt obtenu sur un investissement engendrant un seul flux à sa maturité.

Le taux zéro-coupon  $ZC$  en  $t$  et de maturité  $T$  est alors défini par la formule :

$$ZC(t, T) = -\frac{\ln(P(t, T))}{T - t}.$$

On peut alors reconstituer la courbe des taux zéro-coupons à chaque pas de temps  $t$ , c'est-à-dire la courbe qui indique pour chaque maturité  $T$  le taux zéro-coupons associé.

### La projection des taux d'intérêts réels et de l'inflation

Pareillement aux taux courts nominaux  $r$ , les taux courts réels  $r_r$  sont projetés avec le modèle de Vasicek à deux facteurs. Nous réalisons le calibrage du modèle au 31 décembre 2020. Il n'existe pas de courbe de référence pour les taux réels. Le calibrage consiste à faire converger l'inflation vers 2%, qui est l'hypothèse pour 2020 de l'EIOPA pour l'euro.

La projection des taux courts réels et nominaux nous permet de modéliser l'inflation  $i$ . On utilise la relation de Fisher qui lie les taux nominaux et réels et l'inflation au temps  $t$  :

$$1 + r(t) = (1 + r_r(t))(1 + i(t)),$$

dont on utilise l'approximation suivante :

$$r(t) = r_r(t) + i(t).$$

Les paramètres du calibrage réalisé sont les suivants :

$\alpha_{1,r}$	$\alpha_{2,r}$	$\sigma_{1,r}$	$\sigma_{2,r}$	$\mu_r$	$r_r(0)$	$l_r(0)$
0,09	0,03	0,011	0,01	0,01566	-0,00693	-0,00437

Le résultat du test du calibrage réalisé est en annexe [A.1](#).

#### 4.1.2 Le modèle de Black-Scholes pour la projection des actions

Nous projetons la performance des actions en univers risque neutre avec l'équation de diffusion de Black-Scholes :

$$dS_t = \mu S_t dt + \sigma S_t dW_t,$$

avec :

- $S_t$  la valeur du cours de l'action à la date  $t$  ;
- $\sigma$  la volatilité implicite, c'est la volatilité qui permet de retrouver le prix de l'action observé sur le marché avec la formule de Black-Scholes ;
- $\mu$  le rendement sans risque ;
- $W$  un mouvement brownien.

Le lemme d'Itô nous donne la solution exacte de cette équation :

$$S_t = S_0 \exp\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)dt + \sigma dW_t\right).$$

En univers risque neutre le calibrage de ce modèle ne dépend que de la volatilité implicite. On choisit comme référence l'indice VCAC qui est l'indice de volatilité implicite du CAC40 et qui vaut  $\sigma=0,1896$  au 31 décembre 2020.

On teste le calibrage en effectuant un test de martingalité, le test de Market-Consistency étant vérifié par le calibrage du modèle sur l'indice VCAC. Le détail du test est donné en annexe [A.2](#)

#### 4.1.3 La corrélation des variables économiques

La matrice de corrélation  $\Gamma$  entre les actifs est déterminée avec un historique des performances mensuelles des variables financières depuis janvier 2001. Au 31 décembre 2020 on a la matrice de corrélation entre les taux courts nominaux, les taux courts réels et les actions suivante :

$$\Gamma = \begin{pmatrix} 1 & 0,57 & 0,37 \\ 0,57 & 1 & 0,45 \\ 0,37 & 0,45 & 1 \end{pmatrix}.$$

Cette matrice est définie positive et admet une décomposition de Cholesky  $\Gamma = LL^t$ , où  $L$  est triangulaire inférieure. Ici :

$$L = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0,57 & 0,82 & 0 \\ 0,37 & 0,29 & 0,88 \end{pmatrix},$$

où on a imposé la diagonale positive.

A chaque pas de temps on simule un vecteur  $Z$  de variables économiques avec les modèles indépendants précédemment cités. Ce vecteur est gaussien centré et de variance l'identité. Le vecteur  $X = LZ$  sera alors gaussien centré de variance  $\Gamma$  et est notre vecteur de projection agrégé.

## 4.2 Les outils pour l'évaluation du bilan prudentiel de l'année

Pour valoriser le bilan prudentiel nous utilisons :

- un outil de projection du passif ne tenant pas compte des interactions actif/passif ;
- un outil de projection des obligations à taux fixe nécessitant les scénarios générés par le GSE ;
- un outil ALM tenant compte des interactions actif/passif : l'allocation d'actifs, les rachats conjoncturels et la politique de PB.

Le modèle de valorisation du bilan prudentiel a la structure suivante :

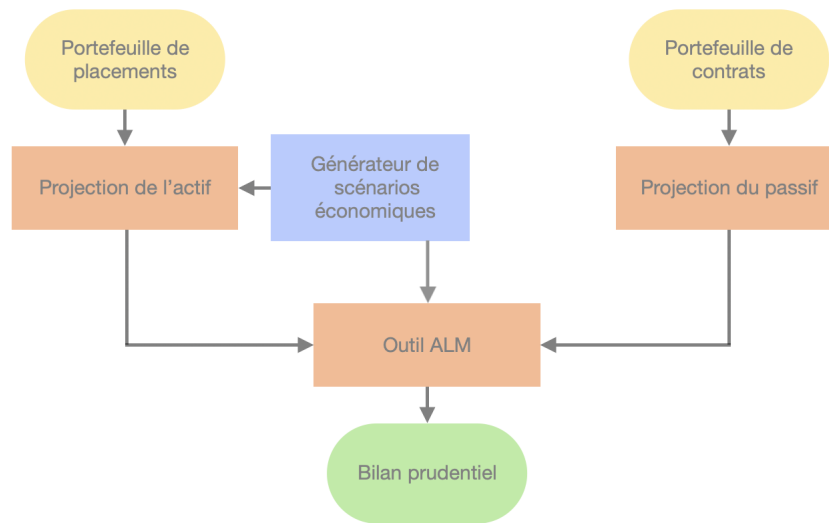


FIGURE 20 – Valorisation du bilan prudentiel

Comme pour le GSE l'horizon de projection  $H$  est de 40 ans et le nombre de scénarios  $N$  est de 5 000.

### 4.2.1 La projection du passif

Les contrats sont regroupés par leurs caractéristiques en sous-portefeuilles homogènes, appelés model points (MP). De plus nous avons besoin des garanties des contrats et des informations sur les lois comportementales des assurés.

#### Les model points

Pour calculer les lois de rachats et de mortalité de son portefeuille de contrats l'assureur doit connaître les variables suivantes pour chacun de ses MP : le nombre de contrats, la provision mathématique, le type de support (dans notre cas seulement le fonds en euros), l'âge de l'assuré, l'ancienneté du contrat, le sexe de l'assuré et le TMG.



## Le calcul des lois de rachats structurels et de mortalité

Pour déterminer ces engagements l'assureur doit connaître les prestations de rachats structurels et de décès en nombre et en montant pour chaque MP et à chaque pas de projection.

Ces calculs sont réalisés grâce à des lois de rachats structurels construites par ancienneté du contrat grâce à un historique de rachats se rapportant à des contrats similaires et une loi de décès construite à partir des tables de mortalité TH 00 02 pour les hommes et TF 00 02 pour les femmes.

Pour chaque MP  $l$  et Pour chaque pas de temps  $h$  et pour chaque MP d'ancienneté  $l$  le montant de rachats structurels,  $R_{montant}^l$ , est donné par :

$$R_{montant}^l(h) = (PM^l(h-1) + IT^l(h)) * t_{montant}(l+h).$$

Avec :

- $PM^l(j-1)$  la provision mathématique totale du MP  $l$  en  $h-1$  ;
- $IT^l(h)$  les intérêts techniques correspondants au TMG du MP  $l$  servis en  $h$  ;
- $t_{montant}(l+h)$  le taux de rachats structurels historique en montant dépendant de l'ancienneté du MP en  $h$ .

Le nombre de rachats structurels,  $R_{nombre}^l$ , est donné par :

$$R_{nombre}^l(h) = NB^l(h-1) * t_{nombre}(l+h).$$

Avec :

- $NB^l(h-1)$  le nombre de contrats du MP  $l$  en  $h-1$  ;
- $t_{nombre}(l+h)$  le taux de rachats structurels historique en nombre dépendant de l'ancienneté du MP en  $h$ .

Les prestations décès en montant,  $D_{montant}^l$ , sont données par :

$$D_{montant}^l(h) = (PM^l(h-1) + IT^l(h) - R_{montant}^l(h)) * q_{x+h}.$$

Avec  $q_{x+h}$  le taux de décès historique pour l'âge  $x+h$  où  $x$  est l'âge en début de projection des assurés du MP  $l$ .

Les prestations décès en nombre,  $D_{nombre}^l$ , sont données par :

$$D_{nombre}^l(h) = (NB^l(h-1) - R_{nombre}^l(h)) * q_{x+h}.$$

Avec :

- $NB^l(h-1)$  le nombre de contrats du MP  $l$  en  $h-1$  ;
- $t_{nombre}(l+h)$  le taux de rachats structurels historique en nombre dépendant de l'ancienneté du MP en  $h$ .

Après avoir projeté les flux de chaque MP, on obtient les taux de rachats en nombre et en montant, ainsi que les taux de décès en nombre et en montant, pour chaque pas de projection  $h$  :

$$TR_{montant}(h) = \frac{\sum_l R_{montant}^l(h)}{\sum_l PM^l(h-1) + IT^l(h)},$$

$$TR_{nombre}^l(h) = \frac{\sum_l R_{nombre}^l(h)}{\sum_l NB^l(h-1)},$$

$$TD_{montant}(h) = \frac{\sum_l D_{montant}^l(h)}{\sum_l PM^l(h-1) + IT^l(h) - R_{montant}^l(h)},$$

$$TD_{nombre}^l(h) = \frac{\sum_l D_{nombre}^l(h)}{\sum_l NB^l(h-1) - R_{nombre}^l(h)}.$$

Ces taux sont les sorties du modèle de projection du passif et doivent être donnés en input du modèle ALM.

#### 4.2.2 La projection des obligations à taux fixe

La projection des obligations à taux fixe est réalisée à part, en amont du modèle ALM, car leur comptabilisation diffère des autres classes d'actifs du fait de la prise en compte des coupons. Les obligations déjà en portefeuille sont caractérisées par leur valeur nominale, leur taux de coupon, la date de tombée de coupon, leur valeur de remboursement, la date du remboursement, leur valeur comptable, leur valeur de marché et leur valeur et date d'acquisition. Les hypothèses du modèle sont :

- les actifs sont divisibles à l'infini ;
- le marché est liquide, l'assureur peut acheter ou vendre à tout moment ;
- les actifs sont achetés sans coûts de transactions ;
- le spread de crédit des obligations est constant ;
- les coupons et remboursements interviennent en fin d'année ;
- le réinvestissement se fait dans des obligations émises et remboursées au pair de nominal 100€ et de maturité 10 ans, maturité proche de la duration du passif de l'assureur.

#### La projection des obligations déjà en portefeuille

L'outil calcule la valeur comptable, la valeur de marché et les flux financiers à chaque pas de projection du portefeuille d'obligations en entrée. Nous décrivons ce processus.

Le spread d'une obligation caractérise sa prime de risque. Pour valoriser en univers risque neutre il faut retirer ce spread. Premièrement on calcule le spread  $s$ , que l'on suppose constant sur toute la durée de la projection, solution de l'équation suivante :

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

avec :

- $i$  l'écart avec les tombées de coupon futures en années ;
- $T$  l'écart avec l'échéance de l'obligation en années ;
- $VM(0)$  la valeur de marché de l'obligation à la date de calcul ;
- $c$  le coupon de l'obligation ;
- $R$  la valeur de remboursement de l'obligation ;
- $t(i)$  est le taux sans risque à horizon  $i$  de la courbe des taux actuelle.

On calcule ensuite le taux actuariel à la date de calcul,  $t_a$ , solution de l'équation suivante :

$$VC(0) = \sum_{i=1}^T \frac{c}{((1+t_a)(1+s))^i} + \frac{R}{((1+t_a)(1+s))^T},$$

où  $VC(0)$  est la valeur comptable de l'obligation à la date de calcul.

La valeur de marché à chaque pas de temps  $h$  et pour chaque scénario économique  $k$  de l'obligation est donnée par :

$$VM^k(h) = \sum_{i=h+1}^T \frac{c}{((1+t^{h,k}(i-h))(1+s))^{i-h}} + \frac{R}{((1+t^{h,k}(T-h))(1+s))^{T-h}},$$

où  $t^{h,k}(i-h)$  est le taux sans risque à horizon  $i-h$  de la courbe des taux en  $h$  dans le scénario  $k$ .

La valeur comptable ne dépend pas du scénario économique. Elle vaut à chaque pas de temps  $h$  :

$$VC(h) = \sum_{i=h+1}^T \frac{c}{((1+t_a)(1+s))^{i-h}} + \frac{R}{((1+t_a)(1+s))^{T-h}}.$$

Les flux financiers  $f$  de l'obligation ne dépendent pas du scénario économique. Ils sont définis à chaque pas de temps par :

$$f(h) = \begin{cases} \frac{c}{(1+s)^h} & \text{si } h < T \\ \frac{c+R}{(1+s)^T} & \text{si } h = T \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

### La projection des obligations acquises durant la projection

Les obligations acquises durant la projection sont des obligations émises et remboursées au pair de maturité 10 ans et de nominal 100€. La projection se fait sans tenir compte de la politique d'allocation d'actif.

On doit déterminer le taux facial de l'obligation de génération  $j$  pour le scénario  $k$ ,  $t_{facial}^{j,k}$  solution de :

$$100 = \sum_{i=1}^{10} \frac{100 * t_{facial}^{j,k}}{(1+t^{j,k}(i))^i} + \frac{100}{(1+t^{j,k}(10))^{10}},$$

où  $t^{j,k}(i)$  est le taux sans risque d'horizon  $i$  de la courbe des taux de la date  $j$  du scénario  $k$ .

La valeur de marché en  $h$  de l'obligation de génération  $j$  pour le scénario  $k$  est :

$$VM^{j,k}(h) = \sum_{i=h+1}^{10} \frac{100 * t_{facial}^{j,k}}{(1 + t^{j,k}(i-h))^{i-h}} + \frac{100}{(1 + t^{j,k}(10-h))^{10-h}}.$$

La valeur comptable est 100 à chaque pas de temps sur toute la durée de vie de l'obligation.

Les flux financiers  $f^{j,k}$  des obligations de génération  $j$  dans le scénario  $k$  sont :

$$f^{j,k}(h) = \begin{cases} 100 * t_{facial}^{j,k} & \text{si } h < 10 \\ 100 * t_{facial}^{j,k} + 100 & \text{si } h = 10 \end{cases}$$

### 4.2.3 L'outil ALM

L'évaluation du bilan prudentiel nécessite de déterminer les flux de prestation sur toute la durée de projection, en particulier la participation aux bénéficiaires. Il faut anticiper les réactions de l'assuré, les rachats par exemple, et de l'assureur, les futures décisions de gestion, dans chaque scénario. On présente dans cette section l'outil ALM qui prend en compte les interactions actif/passif et permet l'estimation du bilan prudentiel. Il prend en entrée les sorties des deux outils précédents et les scénarios économiques du GSE.

Le portefeuille obligataire projeté par l'outil de projection de l'actif n'est pas forcément adossé aux valeurs données en input du modèle ALM. On calcule un coefficient d'ajustement,  $adj = \frac{VC_{ALM}^O(0)}{VC(0)}$ , où  $VC_{ALM}^O(0)$  est la valeur comptable du portefeuille d'obligations donné en input de l'outil ALM et  $VC(0)$  la valeur comptable totale en input de l'outil de projection de l'actif.

Les valeurs comptables,  $VC_{ALM}^O$ , et de marché,  $VM_{ALM}^O$ , du portefeuille obligataire donné en input de l'outil ALM sont alors pour chaque pas de temps  $h$  :

$$\begin{cases} VC_{ALM}^O(h) = adj * VC(h) \\ VM_{ALM}^O(h) = adj * VM(h), \end{cases}$$

où  $VC$  et  $VM$  sont les valeurs comptable et de marché déterminées par l'outil de projection de l'actif.

Sous Solvabilité 2 la projection doit se faire en run-off, c'est-à-dire qu'il n'y pas de primes ni de nouveaux contrats durant la projection. Dans chaque scénario  $k$  et à chaque pas de temps  $h$  l'outil effectue les étapes suivantes :

#### Le calcul des prestations de rachat

Le taux de rachat global vaut la somme du taux de rachat structurel et du taux de rachat conjoncturel si elle est positive et 0 sinon, pour respecter l'hypothèse de run-off. En fin de projection le taux de rachat global vaut 1. Le taux de rachat structurel, déterminé précédemment par l'outil de projection du passif est donné en input du modèle ALM.

Le taux de rachat conjoncturel  $t_{rachat}$  est fonction du taux de PB net  $t_{net}^{PB}$  en  $h - 1$  et du TME en  $h$  :

$$t_{rachat}(h) = \begin{cases} t_{max} & \text{si } t_{net}^{PB}(h-1) - TME(h) < \alpha \\ t_{max} * \frac{t_{net}^{PB}(h-1) - TME(h) - \beta}{\alpha - \beta} & \text{si } \alpha \leq t_{net}^{PB}(h-1) - TME(h) < \beta \\ 0 & \text{si } \beta \leq t_{net}^{PB}(h-1) - TME(h) < \gamma \\ t_{min} * \frac{t_{net}^{PB}(h-1) - TME(h) - \gamma}{\delta - \gamma} & \text{si } \gamma \leq t_{net}^{PB}(h-1) - TME(h) < \delta \\ t_{min} & \text{si } \delta \leq t_{net}^{PB}(h-1) - TME(h). \end{cases}$$

Dans notre cas les paramètres sont :

$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$	$t_{min}$	$t_{max}$
-5%	-1%	1%	3%	-5%	30%

La représentation graphique du taux de rachat conjoncturel est la suivante :

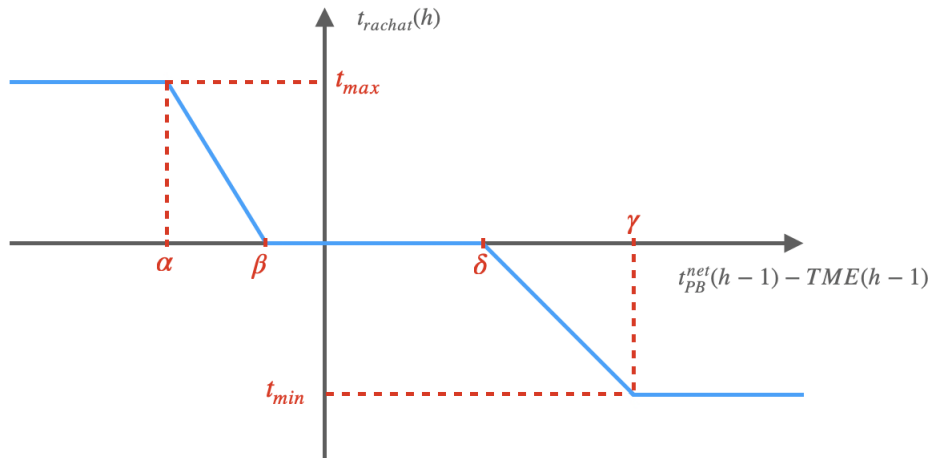


FIGURE 21 – Les paramètres de la loi du taux de rachat conjoncturel

Le taux de rachat conjoncturel peut être négatif dans le cas où le taux servi est très supérieur au taux attendu. Or, le taux de rachat global ne peut pas être négatif. En effet, s'il était négatif l'hypothèse de run-off serait contredite, car les prestations de rachats seraient négatives et cela serait perçu comme une prise en compte de primes ou d'affaires nouvelles.

Le montant des prestations de rachat est calculé en multipliant la PM d'ouverture augmentée des intérêts garantis.

### Le calcul des prestations de décès

Le taux de décès est déterminé par l'outil de projection du passif et est donné en input. En fin de projection le taux de décès vaut 0.

Le montant des décès est calculé après avoir tenu compte des rachats. On applique donc le taux de décès à la PM d'ouverture augmentée des intérêts garantis dont on retire les prélèvements sociaux, diminuée des rachats observés sur la période en cours.

### **La mise à jour du nombre de polices du stock**

Les taux de rachat structurel et de décès en nombre sont déterminés par l'outil de projection du passif et sont donnés en input. Si le taux de rachat global est nul il n'y a pas de polices rachetées. Sinon le nombre de polices rachetées vaut le nombre de polices en  $h - 1$  multiplié par le taux de rachat structurel en nombre et le taux de rachat conjoncturel. En fin de projection toutes les polices sont rachetées. Le nombre de polices touchées par un décès vaut le nombre de polices en  $h - 1$  multiplié par le taux de décès en nombre

Le nombre de polices du stock en  $h$  est celui en  $h - 1$  diminué par le nombre de polices touchées par un rachat ou un décès.

### **Le calcul des chargements et des frais**

Le taux de chargement  $t_{charg}$  est constant et est donné en input. On l'applique à la PM d'ouverture diminuée par les montants de rachats et de décès.

Les taux de frais sont donnés en input. Il y a 5 types de frais pris en compte dans le modèle :

- les frais de gestion des actifs calculés sur la valeur comptable de l'actif d'ouverture ;
- les frais de rétro-commissions sur encours calculés sur la même base que les chargements ;
- les frais administratifs qui tiennent compte de l'inflation et que l'on applique au nombre de polices du stock ;
- les frais de gestion des rachats qui tiennent compte de l'inflation et que l'on applique au nombre de polices rachetées ;
- les frais de gestion des décès qui tiennent compte de l'inflation et que l'on applique au nombre de polices décédées.

### **Le calcul des flux de trésorerie**

Les flux entrants sont les coupons des obligations en stock et des obligations achetées au cours de la projection. Les flux sortants sont composés des prestations de rachats et de décès et des montants de frais.

### **Le calcul des valeurs de marché des actifs**

On calcule les valeurs de marché des actifs à l'aide des scénarios de projection donnés par le GSE.

La valeur de marché des actions en  $h$  est celle en  $h - 1$  augmentée ou diminuée de la performance annuelle des actions en  $h$  donnée par le GSE.

La valeur de marché du monétaire en  $h$  est celle en  $h - 1$  augmentée ou diminuée du taux court en  $h$  donné par le GSE.

La valeur de marché des obligations est la somme de la valeur de marché du portefeuille obligataire initial  $VM_{ALM}^O(h)$ , et de la valeur de marché des obligations achetées durant la projection.

La valeur de marché totale est la somme de ces valeurs diminuée ou augmentée des flux de trésorerie.

### **Le calcul du montant d'investissement/désinvestissement**

Le calcul du montant d'investissement/désinvestissement se fait suivant une allocation cible.

On calcule les valeurs de marché cibles de chaque classe d'actif par rapport à la valeur de marché totale. Le montant d'investissement/désinvestissement est la différence entre cette valeur cible et la valeur de marché calculée précédemment.

### **Le calcul des valeurs comptables et de marché après investissement/désinvestissement**

Pour les actions et le monétaire on ajoute aux valeurs comptables et de marché les montants d'investissement/désinvestissement précédemment calculés.

Le réinvestissement obligataire se fait dans des obligations à taux fixe achetées au pair, de maturité 10 ans et de nominal 100€ dont les flux et les valeurs sont données par l'outil de projection de l'actif.

On obtient les plus ou moins-values réalisées pour chacune des classes d'actif en calculant la variation des plus ou moins-values latentes.

### **La mise à jour des réserves**

On modélise la provision pour risque d'exigibilité (PRE) et la réserve de capitalisation.

La PRE ne concerne que les actions. La PRE de clôture est le minimum entre la moins-value latente et la PRE d'ouverture augmentée d'un tiers de la moins-value latente, s'il est positif.

La réserve de capitalisation ne concerne que les obligations. Elle est dotée du montant de plus-value réalisée sur les obligations à taux fixe ou reprise en cas de moins-value, dans la limite du stock disponible.

### **Le calcul des produits financiers**

Les produits financiers sont composés du montant de plus ou moins-value réalisée totale et des flux de coupon des obligations, diminués des dotations à la PRE et à la RC. On lui retire le montant des frais de management des actifs pour obtenir les produits financiers nets.

Les produits financiers sont décomposés en deux parties : les produits financiers nets en représentation de la provision mathématique  $PF_{assuré}$  qui appartiennent à l'assuré, et les produits financiers nets en représentation des fonds propres,  $PF_{assureur}$  qui appartiennent à l'assureur.

On a :

$$part_{assuré}(h) = \frac{PM(h-1) + PPB(h-1)}{VC_{ALM}^{totale}(h-1)},$$

et :

$$PF_{assuré}(h) = part_{assuré}(h) * PF(h) = PF(h) - PF_{assureur}(h).$$

## Le calcul de la participation aux bénéfices

La PB réglementaire est définie comme :

$$PB_{regl}(h) = \begin{cases} 85\% * PF_{assuré}(h) & \text{si } PF_{assuré}(h) > 0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} + \begin{cases} 90\% * Res_{technique}(h) & \text{si } Res_{technique}(h) > 0 \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

En épargne le résultat technique est nul.

La PB est discrétionnaire et dépend de la politique de distribution de l'assureur. L'assureur détermine le montant de PB servie  $PB_{servie}$  et les dotations/reprises à la PPB via l'algorithme suivant :

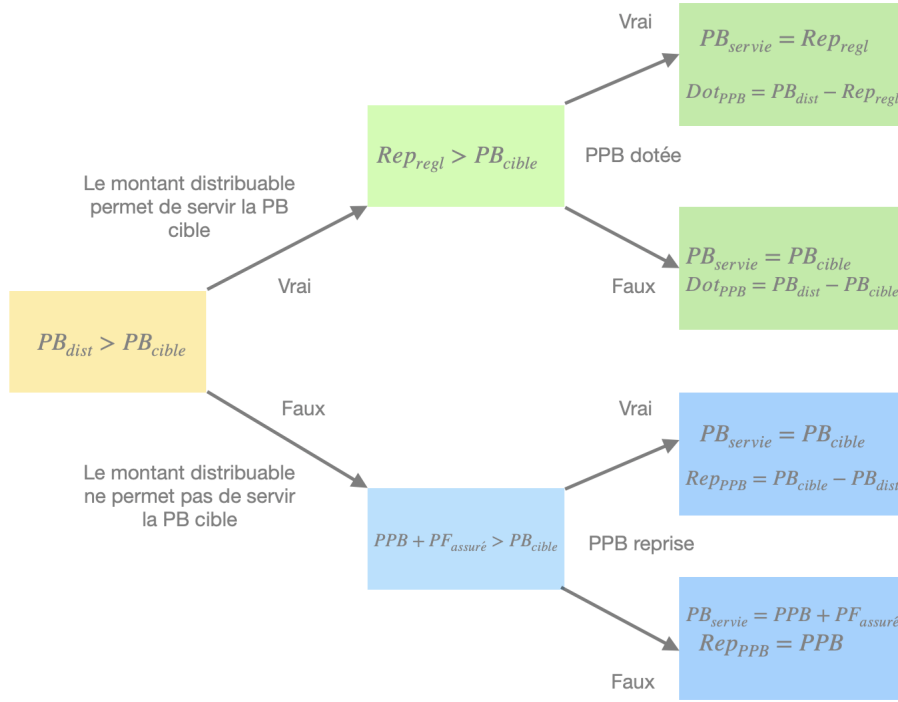


FIGURE 22 – Algorithme de distribution de la PB

L'assureur définit le taux de PB cible  $t_{cible}^{PB}$  en  $h$  en fonction du taux de revalorisation servi net  $t_{net}^{PB}$  en  $h - 1$  et du TME en  $h$  :

$$t_{cible}^{PB}(h) = \max(0; \max(\min(TME(h); t_{net}^{PB}(h-1) + tunnel_{sup}); t_{net}^{PB}(h-1) - tunnel_{inf})) + t_{charg}.$$

où  $tunnel_{sup}$  et  $tunnel_{inf}$  sont constants et définis par l'assureur. Le taux cible en  $h$  variera alors dans l'intervalle :

$$[t_{net}^{PB}(h-1) - tunnel_{inf}, t_{net}^{PB}(h-1) + tunnel_{sup}].$$



Le montant de PB cible,  $PB_{cible}$ , est ensuite calculé brut de chargements :

$$PB_{cible}(h) = t_{cible}^{PB}(h) * (PM(h - 1) - Prestations(h)).$$

Le montant de PB distribuable,  $PB_{dist}$ , est la PB réglementaire augmentée de la reprise de PPB obligatoire. La PPB est reprise par ordre chronologique. La dotation effectuée en  $h - 7$  doit obligatoirement être reprise, conformément à la réglementation. C'est ce que l'on a noté  $Rep_{regl}$ .

### **Le calcul de la provision mathématique de clôture**

On calcule les prélèvements sociaux en appliquant le taux actuel de 17,2% à la PB servie diminuée des chargements. C'est aux assurés de la payer.

La PM de clôture est la PM d'ouverture augmentée de la PB servie et des intérêts garantis, diminuée des prestations de rachat et de décès, des chargements et des prélèvements sociaux.

### **Le calcul du résultat financier et de management de l'assureur et des impôts**

Le résultat de l'assureur est composé des produits financiers générés par l'actif adossé aux fonds propres et de ceux restant après distribution de la PB ainsi que le résultat de management.

Le résultat de management est composé des chargements auxquels on retire les frais.

Ce résultat est soumis à un l'impôt sur le revenu. On applique un taux supposé constant durant toute la projection de 34,43%.

### **La mise à jour des fonds propres comptables de l'assureur**

Le résultat annuel de l'assureur est la somme de son résultat financier net d'impôts et de la part non distribuée aux assurés du résultat technique, nul dans notre cas.

Les fonds propres comptables de l'assureur  $FP$  avant la décision de recapitalisation sont la somme du capital social, des réserves et des résultats antérieurs augmentés du résultat net de la période.

Un décision de recapitalisation est prise dans le cas où ce montant de fonds propres est inférieur à un seuil défini en input du modèle. Le capital social est alors augmenté de la différence entre le seuil et le montant de fonds propres. Les fonds propres de fin de période sont augmentés de ce montant.

### **Le calcul des valeurs comptables et de marché de clôture**

Les nominaux des obligations déjà en portefeuille et achetées durant la projection arrivant à échéance doivent être réinvestis. On les diminue des prélèvements sociaux et des impôts. En fin de projection on retire à ce montant la PPB car elle est entièrement donnée aux assurés.

Cette somme est réinvestie dans chaque classe d'actif de manière à respecter l'allocation cible. En particulier, pour les obligations, elle est réinvestie dans des obligations nouvelle génération achetées au pair, de maturité 10 ans et de nominal 100€.

### 4.3 L'obtention du ratio de solvabilité de l'année

Les outputs du modèle sont tous les flux précédemment décrits à chaque pas de temps et dans chaque scénario. Ils nous permettent d'obtenir les postes du bilan prudentiel et le SCR de l'année.

#### 4.3.1 L'évaluation des postes du bilan prudentiel de l'année

Pour évaluer les postes du bilan prudentiel de l'année nous utilisons les sorties du modèle ALM. Nous rappelons que l'horizon de projection  $H$  est de 40 ans et le nombre de scénarios  $N$  est 5 000.

Nous devons actualiser chaque flux au taux sans risque. Dans le scénario  $k$  et pour le pas de temps  $h$  le taux sans risque, noté  $t^{h,k}(h)$ , est donné par la formule suivante :

$$t^{h,k}(h) = f_{cum}^1(h)^{1/h} - 1,$$

où  $f_{cum}^1(h)$  est le produit cumulé jusqu'à la date  $h$  des taux forward à un an augmenté de un.

#### Le Best Estimate

L'outil ALM permet de déterminer dans chaque scénario  $k$  et à chaque pas de temps  $h$  les flux du  $BE$ , notés  $F_h^k$ . Les flux du  $BE$  sont les prestations de rachats et de décès, les prélèvements sociaux et les frais.

On estime alors le  $BE$  par Monte-Carlo sur les  $N$  scénarios et à horizon  $H$  :

$$\widehat{BE} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \sum_{h=1}^H \frac{F_h^k}{(1 + t^{h,k}(h))^h}.$$

Cet estimateur est fortement consistant, d'après la loi forte des grands nombres sous la probabilité  $\mathbb{Q} \otimes \mathbb{P}$  on a lorsque  $N$  tend vers  $+\infty$  la convergence presque sûre :

$$\widehat{BE} \rightarrow \mathbb{E}_{\mathbb{Q} \otimes \mathbb{P}} \left[ \sum_{h=1}^H \frac{F_h}{(1 + i_h)^h} \right].$$

Les hypothèses du théorème central limite étant vérifiées on peut donner un intervalle de confiance à 95% du  $BE$  à horizon  $H$  :

$$\left[ \widehat{BE} - 1,96 \frac{\sqrt{\widehat{BE}(1 - \widehat{BE})}}{\sqrt{N}}, \widehat{BE} + 1,96 \frac{\sqrt{\widehat{BE}(1 - \widehat{BE})}}{\sqrt{N}} \right].$$

#### La Risk Margin

La  $RM$  est déterminée par la formule suivante :

$$RM = \frac{(SCR_{vie} + OP) * D_{passif} * 6\%}{1 + t(1)},$$

avec :

- $SCR_{vie}$  l'exigence de capital requis pour le risque vie ;
- $OP$  l'exigence de capital requis pour le risque opérationnel ;
- $D_{passif}$  la duration des engagements de passif ;
- $t(1)$  le taux sans risque de maturité un an de la courbe des taux actuelle.

La détermination du  $SCR_{vie}$  et  $OP$  sont décrites en [4.3.3](#)

La duration des engagements de passif  $D_{passif}$  est estimée par Monte-Carlo sur les  $N$  scénarios. Dans chaque scénario  $k$  on calcule la duration des engagements de passif, noté  $D_{passif}^k$  :

$$\widehat{D}_{passif}^k = \sum_{h=1}^H \frac{F_h^k * h}{(1 + t^{h,k}(h))^h} * \left( \sum_{h=1}^H \frac{F_h^k}{(1 + t^{h,k}(h))^h} \right)^{-1}.$$

On estime alors  $D_{passif}$  en prenant la moyenne sur les  $N$  scénarios des  $\widehat{D}_{passif}^k$ .

### Les fonds propres prudentiels

On calcule dans un premier temps les  $FPP_{brut}$  sans prendre en compte ni les impôts différés ni la  $RM$ . On l'estime par Monte-Carlo sur les  $N$  scénarios et à horizon  $H$  :

$$\widehat{FPP}_{brut} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \frac{VM^k(H)}{(1 + t^{H,k}(H))^H} + \left( \sum_{h=1}^H \frac{I^k(h) + Frais_{assureur}^k(h) - AC^k(h)}{(1 + t^{h,k}(h))^h} \right),$$

avec :

- $I^k(h)$  les impôts payés en  $h$  dans le scénario  $k$  ;
- $Frais_{assureur}^k(h)$  les frais financiers en représentation des fonds propres ;
- $AC^k(h)$  l'augmentation de capital requise en  $h$  dans le scénario  $k$ .

Le premier élément de la somme  $\frac{VM^k(H)}{(1+t^{H,k}(H))^H}$  est la valeur totale de marché de l'actif en fin de projection, vu d'aujourd'hui. On considère que c'est l'actif en représentation des fonds propres car en fin de projection tous les contrats sont rachetés, l'assureur n'a plus d'engagement envers les assurés.

La somme sur  $h$ , représente d'une part l'ensemble des flux payés au cours de la projection et qui correspondent à des liquidités disponibles dans les fonds propres à la date d'arrêt. C'est le cas des impôts et des frais financiers en représentation des fonds propres. D'autre part, les flux reçus au cours de la projection qui ne sont pas disponibles à la date d'arrêt et doivent être retirés des fonds propres. C'est le cas des augmentations de capital.

On calcule les impôts différés  $I_{diff}$  avec la formule :

$$I_{diff} = (FP(0) - \widehat{FPP}_{brut}) * 34,43\%$$

avec 34,43% le taux d'imposition actuel.

Les impôts différés correspondent aux montants recouvrables et payables, dans le futur, au titre des décalages temporels entre le bilan social et le bilan Solvabilité 2. Ils sont de deux natures :

- un impôt différé actif correspond à une créance récupérable lors d'un exercice ultérieur, par exemple lorsqu'un actif est en moins-value latente ;
- Un impôt différé passif correspond à une dette payable lors d'un exercice ultérieur, par exemple lorsqu'un actif est en plus-value latente.

Finalement on obtient les  $FPP$  estimés :

$$\widehat{FPP} = \widehat{FPP}_{brut} + I_{diff} - RM.$$

### La Present Value of Future Profits

La Present Value of Future Profits ( $PVFP$ ) est un indicateur de la rentabilité de l'assureur. Elle correspond à la valeur actuelle des profits futurs nets d'impôts.

L'outil ALM permet de déterminer dans chaque scénario  $k$  et à chaque pas de temps  $h$  les flux de la  $PVFP$ , notés  $R_h^k$ . Les flux de la  $PVFP$  sont les résultats financiers de l'assureur et de management nets d'impôts, moins la recapitalisation si elle a lieu.

On estime alors la  $PVFP$  par Monte-Carlo sur les  $N$  scénarios et à horizon  $H$  :

$$\widehat{PVFP} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \sum_{h=1}^H \frac{R_h^k}{(1 + t^{h,k}(h))^h}.$$

#### 4.3.2 La prise en compte de la fuite de modèle

Les écarts de convergence, ou fuites de modèle, correspondent à une création ou perte de valeur dans un modèle de projection. Ils correspondent à la différence entre l'actif et le passif du bilan prudentiel. Il existe deux fuites de modèle :

- la fuite déterministe due à l'outil de valorisation utilisé ;
- la fuite stochastique due aux scénarios économiques utilisés.

#### La fuite de modèle déterministe

Pour calculer la fuite de modèle déterministe on construit un scénario déterministe, *det*, basé sur la courbe actuelle de l'EIOPA.

Dans ce scénario déterministe les taux zéro-coupon permettant de projeter les obligations sont les taux forward calculés à partir de la courbe actuelle de l'EIOPA. En  $h = 0$  la courbe est la courbe de l'EIOPA. Les taux forward sont ensuite calculés de proche en proche. Le taux forward au pas de projection  $h$  et de maturité  $t$ ,  $f^h(t)$  est donné par la formule :

$$f^h(t) = \frac{(1 + f^{h-1}(t+1))^{t+1}}{(1 + f^{h-1}(1))^{\frac{1}{t}}} - 1.$$

Les performances des autres actifs sont données par la courbe actuelle de l'EIOPA.

On regarde dans ce scénario :

$$VM^{totale}(0) - \widehat{BE}^{det} - \widehat{FPP}^{det}.$$

Cette fuite correspond à un oubli ou une double allocation de flux dans l'outil ALM. Pour que le modèle soit valide cette fuite doit être nulle. C'est le cas pour notre modèle, y compris après l'implémentation du turnover présentée en [5.3.1](#).

### La fuite de modèle stochastique

La fuite stochastique est incompressible du fait que l'on utilise un nombre fini de scénarios économiques. Dans notre cas la fuite du scénario  $k$ ,  $Fuite_{sto}^k$ , est donnée par :

$$Fuite_{sto}^k = VM^{totale}(0) - \widehat{BE}^k - \widehat{FPP}^k.$$

La fuite stochastique est alors la moyenne de ces fuites par scénario.

L'ACPR recommande d'adopter une approche prudente en allouant la fuite de modèle stochastique de la façon suivante :

- si la fuite est négative elle vient diminuer les fonds propres prudentiels ;
- si la fuite est positive elle est ajoutée au Best Estimate.

En pratique, un modèle est considéré comme valide lorsque la fuite stochastique est inférieure à 1% de la valeur de marché initiale de l'actif  $VM^{totale}(0)$ . C'est le cas avec nos scénarios économiques.

### 4.3.3 Le calcul du SCR par la formule standard

Dans ce mémoire nous déterminons le  $SCR$  par la formule standard. Le  $SCR$  se décompose alors de la manière suivante :

$$SCR = BSCR + ADJ + OP,$$

où :

- $BSCR$  est le capital requis de base calculé à partir de 6 modules de risque ;
- $ADJ$  est l'ajustement pour les effets d'atténuation des risques provenant de la participation aux bénéfices et des impôts différés ;
- $OP$  est le capital requis pour le risque opérationnel.

On décrit dans la suite comment sont déterminés chacun de ces éléments.

## Le capital requis de base

Le calcul du *BSCR* suit une approche modulaire. Après avoir évalué le bilan prudentiel de l'année, on estime l'impact sur les fonds propres prudentiels de la survenance de chacun des risques auxquels la compagnie est soumise parmi les 6 modules de risque du *BSCR*.

Les capitaux requis pour chaque risque sont ensuite corrélés. Nous utilisons les chocs et la matrice de corrélation calibrés par l'EIOPA, que nous précisons en [4.3.3](#).

Dans notre cas on utilise uniquement les deux modules marché et vie et les sous-modules suivants :

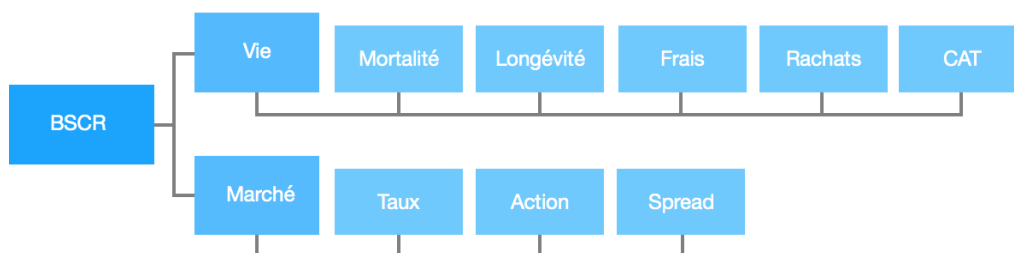


FIGURE 23 – Les modules de risques marché et vie du *BSCR* et les sous-modules utilisés

Le capital requis pour chaque sous-module de risque  $i$  correspond à la variation des *FPP* suite à l'application du choc défini par la formule standard. On a :

$$SCR_i = VM^{totale}(0) - BE - (VM_{choc\ i}^{totale}(0) - BE_{choc\ i}).$$

Le capital requis pour chaque module est obtenu par agrégation des *SCR* des sous-modules qui le compose en appliquant les matrices de corrélation données par la formule standard. Elles sont données en annexe [B.1](#). Le capital requis pour le module marché,  $SCR_{marché}$ , et le module vie,  $SCR_{vie}$  dont donnés par :

$$SCR = \sqrt{\sum_{i,j} corr_{i,j} * SCR_i * SCR_j},$$

où  $i, j$  désignent leurs sous-modules respectifs.

Pour obtenir le *SCR* final agrège les *SCR* de chaque module de risque appliquant la matrice de corrélation donnée par la formule standard. Dans notre cas on a :

$$BSCR = \sqrt{SCR_{marché}^2 + \frac{1}{2} * SCR_{marché} * SCR_{vie} + SCR_{vie}^2}.$$

## **Le module de risque vie**

On commence par décrire les chocs qui composent le *SCR* vie.

### *Le SCR pour le choc de mortalité*

Le capital requis pour le choc de mortalité est défini comme étant la variation des *FPP* suite à un choc à la hausse sur toute la durée de projection des taux de mortalité de 15%.

Ce choc est appliqué dans l'outil de projection du passif. On obtient le *BE* choqué en faisant tourner l'outil ALM avec les outputs choqués de l'outil de projection du passif.

### *Le SCR pour le choc de longévité*

Le capital requis pour le choc de longévité est défini comme étant la variation des *FPP* suite à un choc à la baisse sur toute la durée de projection des taux de mortalité de 20%.

On obtient le *BE* choqué de la même manière que précédemment.

### *Le SCR pour le choc de frais*

Le capital requis pour le choc de frais est défini comme étant la variation des *FPP* suite à un choc à une augmentation de 10% des frais donnés en input de l'outil ALM et d'une augmentation de l'inflation de 1% à chaque pas de projection dans l'outil ALM.

### *Le SCR pour le choc de rachats*

Le capital requis pour le choc de rachats est défini comme étant la perte maximale de *FPP* suite à l'application des trois chocs suivants :

- une augmentation du taux de rachats structurels de 50% à chaque pas de projection ;
- une diminution du taux de rachats structurels de 50% à chaque pas de projection ;
- un rachat massif de 40% du nombre de polices et du montant de PM, uniquement la première année de projection.

Les trois chocs sont appliqués dans l'outil de projection du passif. On obtient le *BE* choqué en faisant tourner l'outil ALM avec les outputs choqués de l'outil de projection du passif.

### *Le SCR pour le choc catastrophe*

Le capital requis pour le choc catastrophe est défini comme étant la variation des *FPP* suite à un ajout de 0,15% aux taux de mortalité de la première année de projection uniquement.

On obtient le *BE* choqué de la même manière que précédemment.

## Le module de risque marché

On décrit dans la suite les chocs qui composent le *SCR* marché.

### *Le SCR pour le choc de taux*

Le capital requis pour le choc de taux d'intérêt est défini comme étant la valeur la plus élevée entre la perte maximale de *FPP* suite à un choc à la baisse des taux d'intérêt sans risque et suite à un choc à la hausse.

Les courbes des taux sans risque choquées au 31 décembre 2020 sont données par l'EIOPA. Les règles à appliquer sont différentes pour le choc de hausse de taux et le choc de baisse de taux. Le choc à la hausse entraîne une hausse minimale de 1% à chaque maturité. Dans le scénario de baisse des taux les taux négatifs ne sont pas choqués. Cette dernière règle est en cours de révision par l'EIOPA car elle amène à sous-estimer le risque de taux dans le contexte actuel où l'on observe les taux devenir de plus en plus négatifs [9].

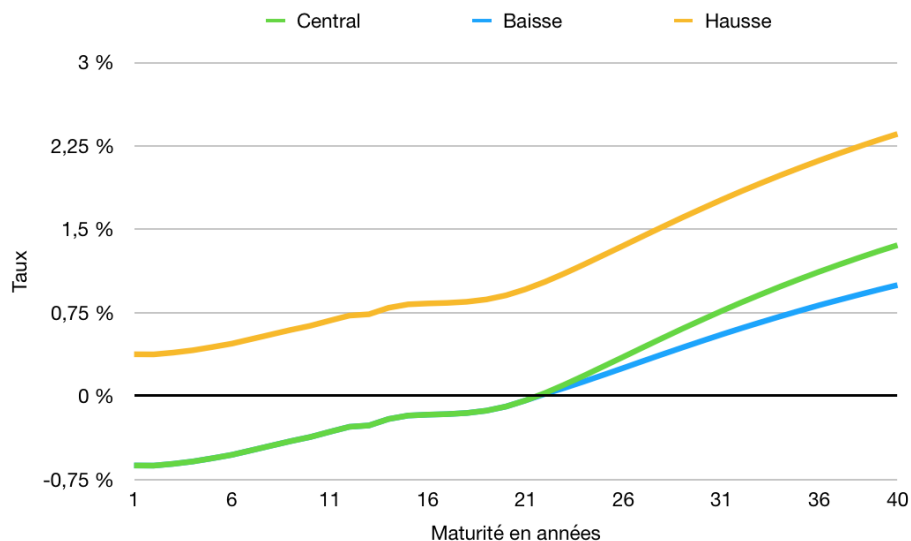


FIGURE 24 – Les courbes de taux sans risque EIOPA sans VA au 31/12/2020

On calibre alors le GSE au 31 décembre 2020 suite au choc de baisse des taux et de hausse des taux. On vérifie la calibration avec les mêmes tests qu'en central.

On fait tourner l'outil de projection de l'actif avec les scénarios de taux choqués pour obtenir la projection des valeurs de marché du portefeuille obligataire et des obligations nouvelle génération suite au choc de taux. Les valeurs comptables ne sont pas modifiées par un choc de taux.

La valeur de marché totale initiale correspond à la somme des valeurs de marché choquées des obligations et des valeurs de marché non impactées des autres actifs. On obtient le *BE* choqué en faisant tourner l'outil ALM avec les outputs choqués de l'outil de projection de l'actif.



### *Le SCR pour le choc action*

Le capital requis pour le choc action est défini comme la variation des *FPP* suite à une baisse soudaine de la valeur de marché des actions.

Les actions sont classées en deux types :

- le type 1 correspond aux actions cotées sur des marchés réglementés dans l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Économique) ;
- le type 2 correspond aux autres actions.

Le choc à appliquer dépend du type de l'action :

Type d'action	Choc à appliquer
Type 1	39%
Type 2	49%

De plus l'EIOPA publie chaque mois la valeur de l'ajustement symétrique *SA* :

$$SA = \frac{1}{2} \left( \frac{CI - AI}{AI} - 8\% \right),$$

où :

- *CI* est la valeur d'un indice action, calculé par l'EIOPA, comme étant le prix de marché d'un portefeuille d'actions diversifié représentatif des portefeuilles d'actions détenus par les compagnies d'assurance ;
- *AI* est la moyenne pondérée des niveaux journaliers de l'index sur les 36 derniers mois.

L'ajustement symétrique est un mécanisme qui réduit ou augmente le choc standard d'au maximum 10 points de base. Ce cap de 10 points de base à été atteint en 2020 en raison de la crise Covid. Ce mécanisme a pour but d'éviter aux assureurs d'investir ou de céder leurs actions en raison d'une variation temporaire des marchés financiers. Au 31 décembre 2020, l'ajustement symétrique vaut : -0,48%.

On applique le choc sur la valeur de marché des actions en date de calcul. La valeur de marché totale initiale correspond à la somme des valeurs de marché choquées des actions et des valeurs de marché non impactées des autres actifs. On obtient le *BE* choqué en faisant tourner l'outil ALM avec cette valeur de marché initiale choquée. Contrairement au choc de taux, où il y a aussi un effet d'actualisation, l'effet de diminution de la valeur de marché action, donc de la plus-value latente action, va directement impacter le *BE* en diminuant les taux servis futurs.

### *Le SCR pour le choc de spread*

Le spread d'une obligation caractérise sa prime de risque. Un spread plus élevé diminue mécaniquement la valeur de marché de l'obligation en univers risque neutre, et inversement, par effet d'actualisation.

La duration est une mesure approximative de l'impact instantané d'une variation des taux d'intérêt sur le prix de l'obligation. Cela permet de mesurer la variation de la valeur de marché de l'obligation suite à une variation de taux d'intérêt par proxy. La duration d'une obligation est définie par :

$$D = \frac{\sum_{k=1}^n \frac{d_k * F_k}{(1+r)^{d_k}}}{\sum_{k=1}^n \frac{F_k}{(1+r)^{d_k}}}$$

où :

- $d_k$  est l'intervalle de temps en années entre la date d'actualisation et la date du flux  $k$  ;
- les  $F_k$  sont la valeur des flux de l'obligation ;
- $r$  est son taux actuariel.

Le capital requis pour le choc de spread est défini comme la variation des  $FPP$  suite à un choc à la baisse sur la valeur de marché des obligations défini en fonction de l'échelon de qualité de crédit et de la duration de l'obligation. Plus la duration est élevée et plus l'échelon de qualité de crédit est élevé (obligation plus risquée), plus le choc sera important. Les chocs à appliquer sont décrits en annexe [B.2](#)

Le capital requis pour le choc de spread pour une obligation souveraine d'un pays de l'Union Européenne ou de l'OCDE émise dans sa devise locale est nul.

L'outil de projection de l'actif calcule la duration en date de calcul des obligations en portefeuille. Il détermine alors le choc de spread à appliquer pour chaque obligation. Il calcule la valeur de marché choquée en date de calcul,  $VM^{spread}(0)$ , pour chaque obligation :

$$VM^{spread}(0) = VM(0) * (1 - choc).$$

L'outil détermine le spread choqué en date de calcul de chaque obligation en égalisant cette nouvelle valeur de marché avec la somme des flux actualisés. Il détermine ensuite le nouveau taux actuariel en date de calcul de chaque obligation. On peut alors projeter les flux, les valeurs comptables et de marché des obligations en portefeuille.

La valeur de marché totale initiale correspond à la somme des valeurs de marché choquées des obligations et des valeurs de marché non impactées des autres actifs. On obtient le  $BE$  choqué en faisant tourner l'outil ALM avec les outputs choqués de l'outil de projection de l'actif.

### **L'ajustement pour les effets d'atténuation des risques**

Le  $SCR$  est ajusté des capacités d'absorption des provisions techniques et des impôts différés. On a :

$$ADJ = ADJ_{PT} + ADJ_{I_{diff}},$$

où :

- $ADJ_{PT}$  est l'ajustement lié à la capacité d'absorption des pertes sur provisions techniques ;
- $ADJ_{I_{diff}}$  est l'ajustement lié à la capacité d'absorption des pertes des impôts différés.

On appelle participation discrétionnaire future ( $FDB$ ) le montant des participations aux bénéfices qui seront reversés aux assurés lors d'un exercice ultérieur. Si on applique le choc de l'un des sous-module de risque, la  $FDB$  change de valeur. Le  $nBSCR$  correspond au  $BSCR$  recalculé après le choc en tenant compte de la

nouvelle valeur de la  $FDB$ . La variation entre le  $BSCR$  et le  $nBSCR$  ne peut pas être supérieure à la valeur de la  $FDB$ . L'ajustement pour absorption des pertes par les provisions techniques  $ADJ_{PT}$  s'écrit :

$$ADJ_{PT} = -\min(BSCR - nBSCR; FDB).$$

L'ajustement pour absorption des pertes par les impôts différés  $ADJ_{I_{diff}}$ , correspond à la variation des  $FPP$  suite à un choc de l'un des sous-modèle de risque, multipliée par le taux d'imposition actuel.

### L'exigence de capital pour le risque opérationnel

Le risque opérationnel est le risque de pertes résultant de défaillances des processus internes, des membres du personnel ou d'évènements extérieurs, par exemple une panne informatique ou un incendie. Le capital exigé pour faire face à ce risque est donné par la formule suivante :

$$OP = \min(0, 3 * BSCR; SCR_{OP}),$$

où  $SCR_{OP}$  est le capital requis de base pour le risque opérationnel. Pour l'obtenir il faut d'abord calculer le capital requis de base pour le risque opérationnel calculé sur la base des primes acquises  $SCR_{OP}^{primes}$  et celui calculé sur la base des provisions  $SCR_{OP}^{prov}$ . On a :

$$SCR_{OP}^{primes} = 4\% * Primes + \max(0; 4\% * (Primes - 1, 2 * Primes_{prec})),$$

avec :

- $Primes$  est le montant de primes acquises au cours de l'année ;
- $Primes_{prec}$  est le montant de primes acquises au cours de l'année précédente.

Et  $SCR_{OP}^{prov} = 0, 45\% * \max(0; PT)$ , où  $PT$  est le montant des provisions techniques en 0.

## 4.4 La méthode de projection du bilan prudentiel à horizon un an

La projection du bilan prudentiel et du  $SCR$  permet d'obtenir le ratio de solvabilité dans le futur. Réglementairement les compagnies d'assurance doivent valider leur solvabilité dans le temps. On peut alors observer l'effet possiblement pervers à moyen ou long terme du turnover obligataire sur le ratio de solvabilité.

Dans ce mémoire nous projetons le ratio de solvabilité à horizon un an.

### 4.4.1 La méthode des simulations dans les simulations

La méthode des simulations dans les simulations (SdS) permet de projeter le bilan prudentiel de l'assureur. Cette méthode consiste à imbriquer deux niveaux de simulation pour obtenir le ratio de solvabilité dans le futur. Dans ce mémoire nous souhaitons projeter le bilan prudentiel à horizon un an.

On schématise la méthode des simulations dans les simulations pour la projection du bilan prudentiel dans un an comme suit :

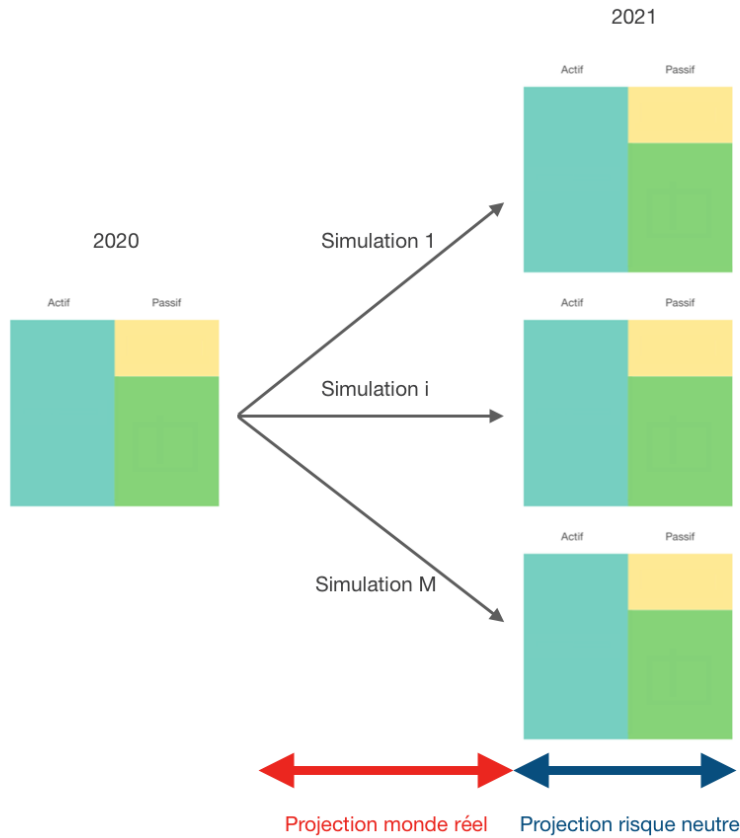


FIGURE 25 – La simulation du bilan prudentiel dans un an par la méthode des simulations dans les simulations

### Les deux univers de simulation

Un premier jeu de  $M$  simulations en univers monde réel, les scénarios primaires, permet de projeter l'univers économique à horizon un an. On obtient le bilan prudentiel dans un an conditionnellement à chaque univers économique projeté en effectuant un deuxième jeu de  $N$  simulations en univers risque neutre, les scénarios secondaires. Pourquoi utiliser deux univers de simulation différents ?

La projection de l'univers économique dans un an doit être effectuée en univers monde réel. En effet les variables économiques doivent évoluer conformément aux mouvements observés dans la réalité. Ces simulations sont calibrées sur la base d'observations historiques.

Comme expliqué en [4.1](#) la valorisation des postes du bilan prudentiel doit être effectuée selon la Directive Solvabilité 2 en univers risque neutre. Dans cet univers tous les actifs ont pour taux de rendement le taux sans risque. On obtient alors le bilan prudentiel dans un an conditionnellement à chaque projection monde réel en simulant  $N$  scénarios en univers risque neutre.

Les simulations primaires permettent d'obtenir une distribution empirique de la distribution des *FPP* dans un an. Les simulations secondaires permettent d'estimer les espérances conditionnelles. Par conséquent le nombre de simulations primaires  $M$  est en général plus élevé que le nombre de simulations secondaires  $N$ . En pratique  $M$  est au moins égal à 5 000 et  $N$  se situe aux alentours de 1 000.

### Les contraintes opérationnelles de la méthode des SdS

La complexité de la méthode des SdS est en  $M * N$  ce qui la rend difficile à mettre en œuvre. Par exemple avec 5 000 scénarios primaires et 1 000 scénarios secondaires on doit simuler 5 000 000 scénarios risque neutre dans un an. Pour la projection des obligations nous avons besoin de 5 000 000 courbes de taux sans risque jusqu'à maturité 40 ans sur 40 ans, soit 8 000 000 000 taux sans risque. Pour cette complexité le temps de calcul pose problème.

Dans ce mémoire nous utilisons la formule standard pour déterminer le *SCR*. Avec ce choix il faudra calculer à la suite de chaque scénario primaire le bilan central puis les bilans choqués. Pour chaque choc les valeurs des actifs doivent être réévaluées. Le GSE doit être recalibré conditionnellement aux nouvelles conditions économiques pour générer les scénarios secondaires correspondants. Ce recalibrage est coûteux en temps de calcul.

Dans le cas du bilan central le modèle de Vasicek à deux facteurs pour la projection des taux permet une simplification : il suffit de remplacer les valeurs des taux courts et des taux longs par celles données par la projection primaire. Cette simplification ne peut pas être utilisée lorsque l'on veut déterminer le bilan à la suite d'un choc de taux. Il faut reconstituer la courbe de référence par la formule fermée du modèle de Vasicek que l'on doit choquer des coefficients donnés par l'EIOPA. On doit alors pour chaque scénario déterminer les paramètres qui permettent de vérifier les tests d'adéquation à la courbe de référence décrits en annexe [A.1](#).

Le temps de calcul et la complexité du recalibrage du GSE pour le calcul du SCR fait que nous choisissons d'utiliser une méthode alternative aux SdS. Nous décrivons le choix de cette méthode dans la suite.

#### 4.4.2 Une méthode alternative : un unique scénario primaire déterministe

Pour contourner les contraintes opérationnelles de la méthode des SdS de nombreuses méthodes alternatives ont été proposées pour projeter le bilan prudentiel. On cite quelques unes d'entre elles avec une référence associée :

- les méthodes paramétriques dans [\[15\]](#) qui cherchent à estimer la distribution des *FPP* futurs par une forme paramétrique. Par exemple la méthode de Curve Fitting cherche à calibrer la forme paramétrique en fonction de facteurs de risques. On calcule les *FPP* uniquement suite aux scénarios primaires les plus averses en fonction de ces facteurs de risques. On calibre alors une forme paramétrique sur les scénarios sélectionnés et on obtient une estimation de la distribution des *FPP* en utilisant la forme paramétrique sur l'ensemble des scénarios primaires. La difficulté de ces méthodes est dans le choix d'une forme paramétrique adaptée à la distribution des *FPP*.
- la méthode des Replicating Portfolios dans [\[21\]](#) qui utilise un portefeuille d'options dits répliquant dont les flux sont proches des flux des engagements de l'assureur comme proxy du portefeuille assuré. Le deuxième jeu de scénarios n'est plus nécessaire, le *BE* est estimé par la valorisation risque neutre du

- portefeuille répliquant à la suite de chaque scénario primaire. La complexité de cette méthode réside dans la recherche du portefeuille répliquant ;
- des méthodes de Machine Learning, par exemple le SVM, le Random Forest et le modèle XG-Boost dans [12]. Ces méthodes consistent à apprendre le *BE* ou les *FPP* futurs en fonction de variables explicatives. Une fois l'apprentissage effectué et le test du modèle validé on peut prédire le *BE* ou les *FPP* futurs à partir du simple renseignement des variables explicatives. L'inconvénient de ces méthodes est de nécessiter une base de données d'apprentissage et de test et de supposer l'existence de variables explicatives.

Dans notre cas nous souhaitons non seulement projeter le bilan dans un an mais aussi déterminer le *SCR* dans un an par la formule standard. Nous choisissons pour cela de simuler un unique scénario primaire déterministe.

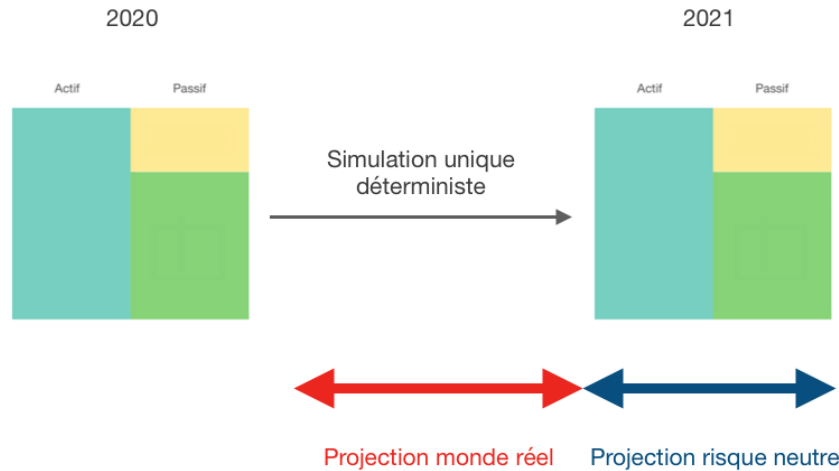


FIGURE 26 – La simulation du bilan prudentiel dans un an avec un unique scénario primaire déterministe

Pour obtenir la valeur des actifs et des passifs dans un an il est nécessaire de faire des hypothèses. Nous décrivons dans cette section celles que nous avons prises. Une fois ces informations connues la détermination du bilan prudentiel dans un an s'effectue alors comme présenté en 4.2. Pour le calcul du *SCR* seuls deux recalibrages du GSE dans un an doivent être effectués puisque nous utilisons le modèle de Vasicek : un pour la baisse des taux et un pour la hausse des taux.

### Les hypothèses économiques

Nous décrivons les hypothèses économiques choisies pour la projection dans un an du bilan comptable et des valeurs de marché de l'actif en univers monde réel. Une fois les variables économiques projetées dans un an nous pouvons calibrer le GSE au 31 décembre 2021 pour obtenir leur projection sur 40 ans en univers risque neutre nécessaire pour déterminer le bilan prudentiel et le ratio de solvabilité au 31 décembre 2021.

*Pour les taux*

Nous ne connaissons pas la courbe des taux sans risque EIOPA au 31 décembre 2021. Pour le calibrage du GSE nous prenons comme référence la courbe des taux forward un an déterminés à partir de la courbe des taux sans risque EIOPA sans VA au 31 décembre 2020. Nous obtenons les courbes choquées en appliquant les chocs définis par l’EIOPA que nous rappelons en annexe [B.3](#). Nous obtenons les courbes suivantes :

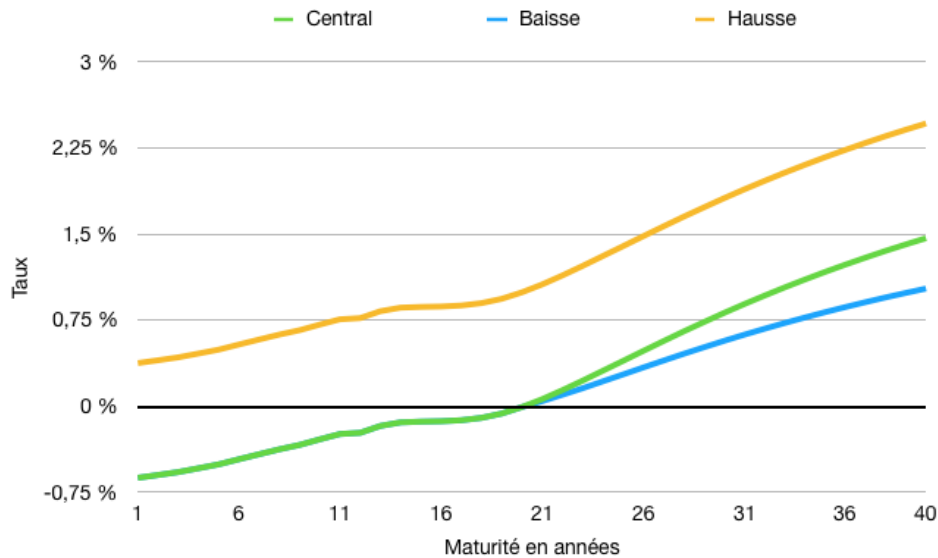


FIGURE 27 – Les courbes de taux sans risque projetées au 31/12/2020

Nous obtenons les courbes déterministes de maturité 40 ans jusqu’à horizon 40 ans en calculant les taux forward de proche en proche. Le taux forward au pas de projection  $h$  et de maturité  $t$ ,  $f^h(t)$  est donné par la formule :

$$f^h(t) = \frac{(1 + f^{h-1}(t+1))^{t+1}}{(1 + f^{h-1}(1))^{\frac{1}{t}}} - 1.$$

Puisque nous utilisons le modèle de Vasicek à deux facteurs pour la projection des taux il n’est pas nécessaire d’effectuer un calibrage en central mais simplement de renseigner les nouveaux taux courts et taux longs. Les paramètres et les tests de calibration sont en annexe [C.1](#). Pour le choc de baisse de taux et de hausse de taux il faut procéder à un calibrage du GSE. Nous validons la calibration avec les mêmes tests qu’en central.

*Pour les actions*

Nous faisons varier notre valeur de marché action de la performance historique annualisée du CAC40 depuis sa création le 31 décembre 1987. Nous déterminons cette performance à partir d’un historique journalier du CAC40 du 31 décembre 1987 au 6 janvier 2021.

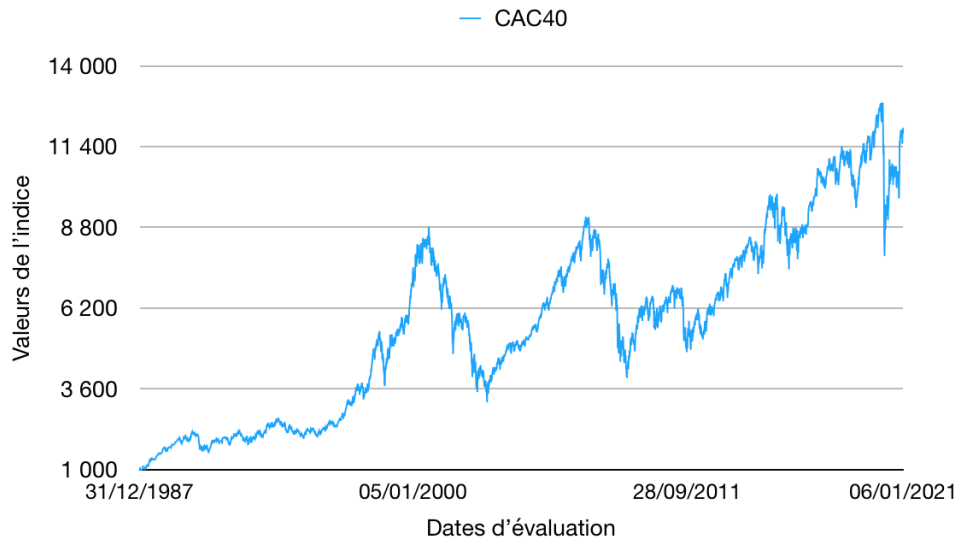


FIGURE 28 – Historique journalier de la valeur du CAC40 du 31/12/1987 au 06/01/2021

On obtient la performance historique annualisée  $perf_{CAC40}^1$  par la formule :

$$perf_{CAC40}^1 = \left( \frac{CAC40_{06/01/2021}}{CAC40_{31/12/1987}} \right)^{\frac{365,25}{nb_{jours}}} - 1,$$

où  $nb_{jours}$  est le nombre de jours exact entre le 6 janvier 2021 et le 31 décembre 1987.

On obtient  $perf_{CAC40}^1 = 7,82\%$ .

Pour le calibrage du GSE au 31 décembre 2021 nous utilisons la même volatilité implicite qu'au 31 décembre 2020. On a  $\sigma = 0,1896$ . Le résultat du test de martingalité en central est donné en annexe [C.2](#).

### Les hypothèses de passif

Nous faisons l'hypothèse d'une collecte nulle. Cette hypothèse a du sens dans le contexte actuel de taux bas dans lequel la performance du fonds euro est dégradée. Les assurés à la recherche de rendement lui préfèrent d'autres produits d'épargne. De plus le fonds euro pèse lourd dans les engagements des assureurs. Les assureurs cherchent à limiter au maximum les nouvelles souscriptions sur ce fonds. Bien que l'année 2019 ait été marquée par une décollecte nette record de 24,9 milliards d'euros (cf. [12](#)) cette hypothèse est cohérente avec les années précédentes.

La structure du portefeuille de l'assureur ne sera pas beaucoup modifiée avec les entrées/sorties, que ce soit en terme de TMG ou d'âge moyen des assurés. Nous faisons donc l'hypothèse simplificatrice que les caractéristiques des assurés "entrants" sont les mêmes que celles des assurés "sortant", de sorte que le portefeuille de contrat soit inchangé. Nous faisons l'hypothèse que les lois de rachats sont les mêmes qu'au 31 décembre 2020. Comme l'âge de nos assurés ne varie pas nous avons les mêmes lois de décès.

Nous faisons l'hypothèse que la PBB et les fonds propres ne varient pas.



## Les hypothèses d'actif

Par l'hypothèse de la collecte nulle la valeur comptable des actifs ne varie pas. Les obligations arrivant à échéance au 31 décembre 2021 doivent être réinvesties pour la même valeur comptable dans des obligations nouvelles génération de maturité 10 ans de taux de coupon le taux de rendement sans risque. Il vaut -0,0029% au 31 décembre 2021.

Nous décrivons les hypothèses faites sur la projection dans un an des valeurs de marché de chacune des classes d'actif. Pour la variation de valeur de marché de chaque obligation nous utilisons le proxy suivant :

$$\Delta VM = \Delta f^0(D) * D * VM_{2020}.$$

Avec :

- $D$  la duration de l'obligation ;
- $\Delta VM$  la variation de valeur de marché ;
- $\Delta f^0(D)$  la variation du taux sans risque de maturité la duration de l'obligation ;
- $VM_{2020}$  la valeur de marché de l'obligation au 31 décembre 2020.

Ce proxy n'est valide que si la variation des taux est petite. C'est le cas ici : les variations de taux brutes pour la même maturité ne dépassent pas 0,13%.

Comme dit précédemment la variation de la valeur de marché des actions est de 7,82%. La variation de la valeur de marché du monétaire est celle des taux sans risque de maturité un an, soit 0,002%.

Nous gardons les mêmes hypothèses d'allocation cible et de réinvestissement obligataire qu'au 31 décembre 2020. En effet pour capter l'effet du turnover obligataire dans un an nous devons garder toutes les autres décisions de gestion inchangées.

## 5 L'application à un portefeuille épargne au 31/12/2020

On utilise un portefeuille épargne dont le bilan comptable au 31 décembre 2020 est le suivant :

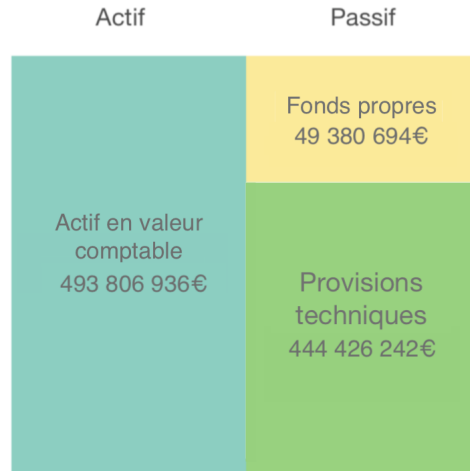


FIGURE 29 – Le bilan social au 31/12/2020

### 5.1 Les données et les hypothèses de passif

Notre passif est composé des fonds propres d'une valeur comptable de 49 380 694€, soit 10% du passif, et des provisions d'une valeur comptable de 444 426 242€.

#### Les fonds propres

Les fonds propres sont composés du capital de base, des réserves dont la réserve de capitalisation, du report à nouveau, du résultat de l'exercice et des bénéfices non répartis. On donne le détail des postes ci-dessous :

Capital de base	Report à nouveau	Résultat de l'exercice	RC	PRE
30 000 000€	7 001 942€	1 530 604€	10 848 148€	0€

On décide de recapitaliser lorsque le montant de fonds propres comptables devient inférieur au montant de capital de base.

#### Les provisions techniques

Les provisions représentent 90% du passif. Elle est constituée de la PM pour 426 649 192€, soit 96% des provisions et de la PPB pour 17 777 050€. On fait l'hypothèse de dotation uniforme de la PPB de  $N=31/12/2020$  à  $N-7$ , soit 2 222 131 € par an.

On a 4 470 contrats mono-supports en euros, répartis en 50 MP. Les contrats ont été commercialisés entre 1994 et 2018. Les assurés sont tous de sexe masculin, il n'y a pas de TMG même pour les vieux contrats et les taux contractuels de PB sont tous égaux au taux minimum réglementaire. Nous avons pour la PB cible :  $tunnel_{sup} = tunnel_{inf} = 0,5\%$ . Le taux cible au pas de projection  $h$  variera alors dans l'intervalle

$[t_{net}^{PB}(h-1) - 0,5\%, t_{net}^{PB}(h-1) + 0,5\%]$ , où  $t_{net}^{PB}(h-1)$  est le taux servi net de chargement en  $h-1$ . Il est de 1,3% au 31 décembre 2020, qui est le taux de revalorisation moyen des fonds euros en 2020.

On donne dans le tableau suivant les statistiques descriptives de l'âge des assurés au 31 décembre 2020 :

Min.	Q1	Med.	Moy.	Q3	Max.
42 ans	47 ans	56,5 ans	56 ans	66 ans	68 ans

On résume le montant de PM en fonction de la génération du contrat dans le graphique suivant :

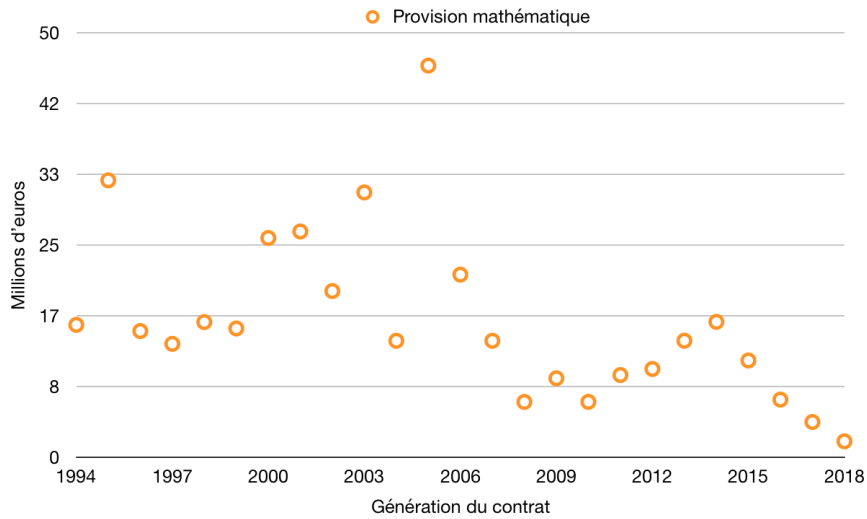


FIGURE 30 – Le montant de provision mathématique en fonction de la génération du Model Point

Les taux de rachats structurels donnés en input du modèle de projection du passif sont les suivants :

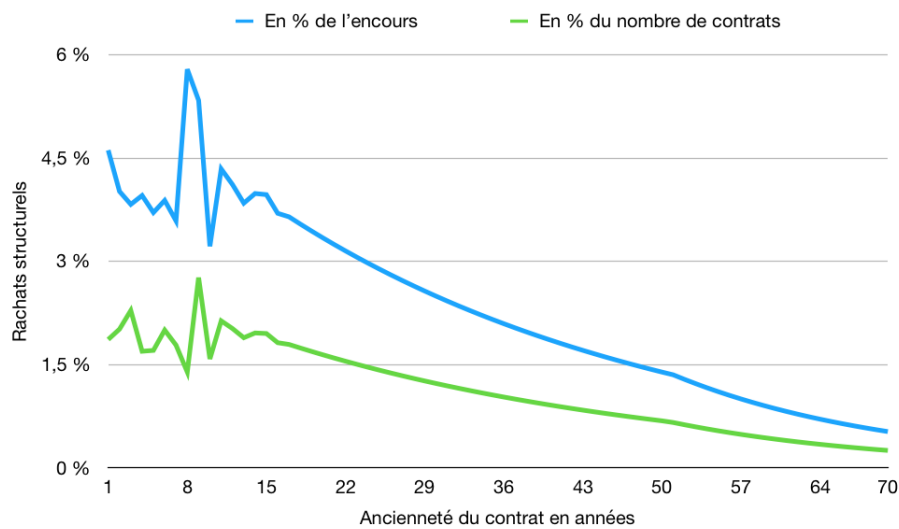


FIGURE 31 – Le taux de rachats structurels en montant et en nombre en fonction de l'ancienneté du contrat

### Les hypothèses de chargement et de frais

Le taux de chargement est de 0,62% ce qui correspond au taux de chargement moyen en 2019.

Les hypothèses de frais en pourcentage sont les suivantes :

Rétro-commissions	Management d'actifs
0%	0,1%

Les hypothèses de frais en montant par contrat sont les suivantes :

Frais administratifs	Management des rachats	Management des décès
20 €	100€	150€

Le taux d'imposition est de 34,43%.

## 5.2 Les données et les hypothèses d'actif

Notre actif est composé d'obligations à taux fixe, d'actions et de monétaire. La valeur comptable totale est de 493 806 936€ et la valeur de marché totale est de 580 550 394€. La plus-value latente totale est de 86 743 458€, soit 15% de la valeur de marché totale.

On donne les proportions des différentes classes d'actif dans les valeurs comptable et de marché totales dans le schéma suivant :

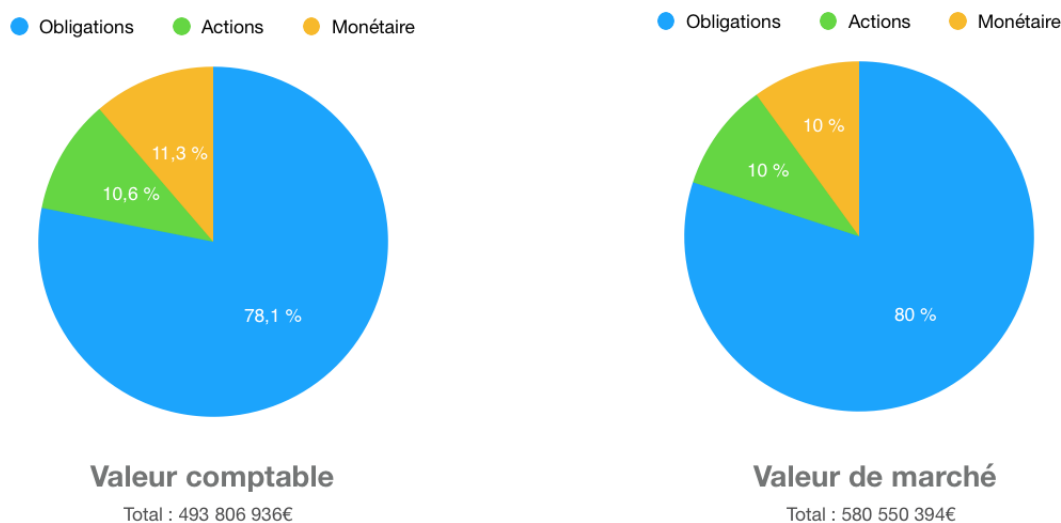


FIGURE 32 – Les proportions des différentes classes d'actif dans les valeurs comptable et de marché totales

L'allocation d'actif cible est de 80% de la valeur de marché totale en obligations, 10% en actions et 10% en monétaire à chaque pas de temps.

## Le portefeuille obligataire

Notre portefeuille obligataire est composé de 66 obligations à taux fixe. Elles ont toutes pour échelon de qualité de crédit 0, c'est-à-dire le moins risqué. Le portefeuille a pour valeur comptable 385 454 522€, soit 78,1% de la valeur comptable totale. Sa valeur de marché est de 464 440 315€, soit 80% de la valeur de marché totale comme prévu par l'allocation d'actif cible.

Le portefeuille est en plus-value latente de 78 985 793€, ce qui correspond à 17% de la valeur de marché obligataire. Cela correspond à 91% de la plus-value globale de l'actif. En effet les obligations ont bénéficié de la baisse continue des taux. Cette plus-value obligataire cache des disparités, par exemple 2 obligations sont en moins-value latente.

Les obligations ont été acquises entre le 31 décembre 2004 et le 31 décembre 2019. On résume l'évolution des taux de coupon en fonction de la date d'achat de l'obligation dans le graphique suivant :

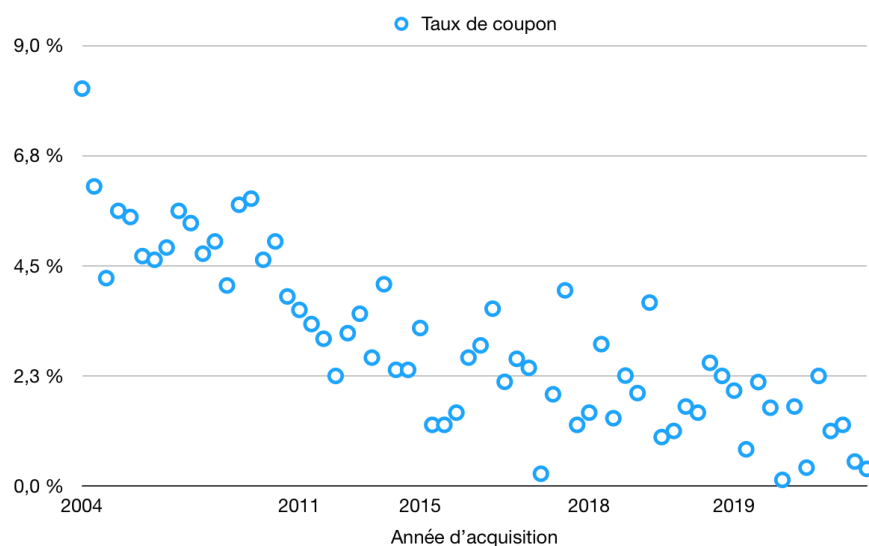


FIGURE 33 – Les taux de coupons en fonction de la date d'acquisition

L'outil de projection de l'actif détermine le spread de chaque obligation du portefeuille en date de calcul. Le spread est considéré comme constant sur toute la durée de projection. Dans notre cas la distribution des spreads de nos obligations en portefeuille au 31 décembre 2020 est la suivante :

Min.	Q1	Med.	Moy.	Q3	Max.
0,34%	0,79%	1,13%	1,47%	1,82%	4,31%

La distribution des durations de nos obligations en portefeuille au 31 décembre 2020 est la suivante :

Min.	Q1	Med.	Moy.	Q3	Max.
1	2,95	5,74	5,78	7,79	15,66

La durée sert en particulier à déterminer le choc de spread à appliquer pour le calcul du *SCR* spread.

## **Le portefeuille action**

Notre portefeuille est composé de 13 actions. Nous ne modélisons pas les dividendes. Toutes nos actions sont de type 1, c'est-à-dire émises par un pays membre de l'OCDE. La valeur comptable globale est de 52 177 736€, soit 10,6% de la valeur comptable totale. La valeur de marché est de 58 055 039€, soit 10% de la valeur de marché totale.

Le portefeuille est en plus-value latente de 5 877 303€, ce qui correspond à 10% de la valeur de marché des actions. Cela correspond à 7% de la plus-value globale de l'actif. Là aussi on observe des disparités : 3 actions sont en moins-value latente.

## **Le portefeuille monétaire**

Notre portefeuille monétaire a pour valeur comptable 56 174 678€, soit 11,4% de la valeur comptable totale. Sa valeur de marché est de 58 055 039€, soit 10% de la valeur de marché totale.

Le portefeuille est en plus-value latente de 1 880 361€, ce qui correspond à 3% de la valeur de marché monétaire. Cela correspond à 2% de la plus-value globale de l'actif.

## **5.3 La comparaison des ratios de solvabilité au 31/12/2020**

Dans cette section nous présentons et comparons les bilans prudentiels et les ratios de solvabilité sans et avec un turnover de 5% au 31 décembre 2020. Ensuite nous étudions la sensibilité des résultats au taux de turnover et à la politique de participation aux bénéfices.

### **5.3.1 La mise en place d'un turnover obligataire de 5%**

Nous devons implémenter un turnover obligataire dans l'outil ALM sous Python. Nous obtenons alors le bilan prudentiel et le ratio de solvabilité pour tout taux de turnover. Un des tests effectués pour valider l'implémentation est de vérifier que l'on a une fuite de modèle déterministe nulle pour tout taux de turnover. Nous décrivons le turnover mis en place lorsque le taux de turnover est de 5%.

#### **Notre hypothèse de turnover**

Nous mettons en place un turnover de 5% de la valeur de marché obligataire dans l'outil ALM. Le turnover ne s'active que lorsque le portefeuille obligataire est en plus-value latente globale. Dans ce cas nous désinvestissons de 5% sur toutes les obligations en portefeuille. Cela revient à réaliser 5% de la plus-value obligataire. Cette plus-value réalisée est dotée à la réserve de capitalisation.

Nous faisons intervenir le turnover obligataire avant la décision d'investissement/désinvestissement afin de respecter l'allocation d'actif cible. La valeur de marché cible de chaque classe d'actif est calculée sur la valeur de marché totale avant turnover, plus ou moins le flux de trésorerie. Les montants d'investissement/désinvestissement sont calculés de la même manière que décrit en [4.2](#) sauf pour les obligations. En effet, on prend alors en compte la valeur de marché des obligations après le désinvestissement de 5% du turnover.

Le réinvestissement/désinvestissement se fait de la même manière que présenté en 4.2. Cependant s'il faut désinvestir sur le portefeuille obligataire les plus ou moins-values réalisées seront prises en compte et dotées ou reprises à la réserve de capitalisation.

### La comparaison dans le scénario déterministe

La valeur totale de l'actif en 0 est de 580 550 394€. Nous obtenons les résultats suivants en déterministe :

	Sans turnover	Avec turnover	Variation
Le <i>BE</i> déterministe	469 603 075	451 404 897	(18 198 178)
Les <i>FPP</i> déterministes	110 947 319	129 145 496	18 198 178

*BE* et *FPP* sont des vases communicants. Le *BE* diminue et les *FPP* augmentent lorsque nous mettons en place le turnover de 5% en déterministe. C'est le résultat que nous attendions (cf. 3.2). Pour expliquer cette variation nous étudions les flux suivants :

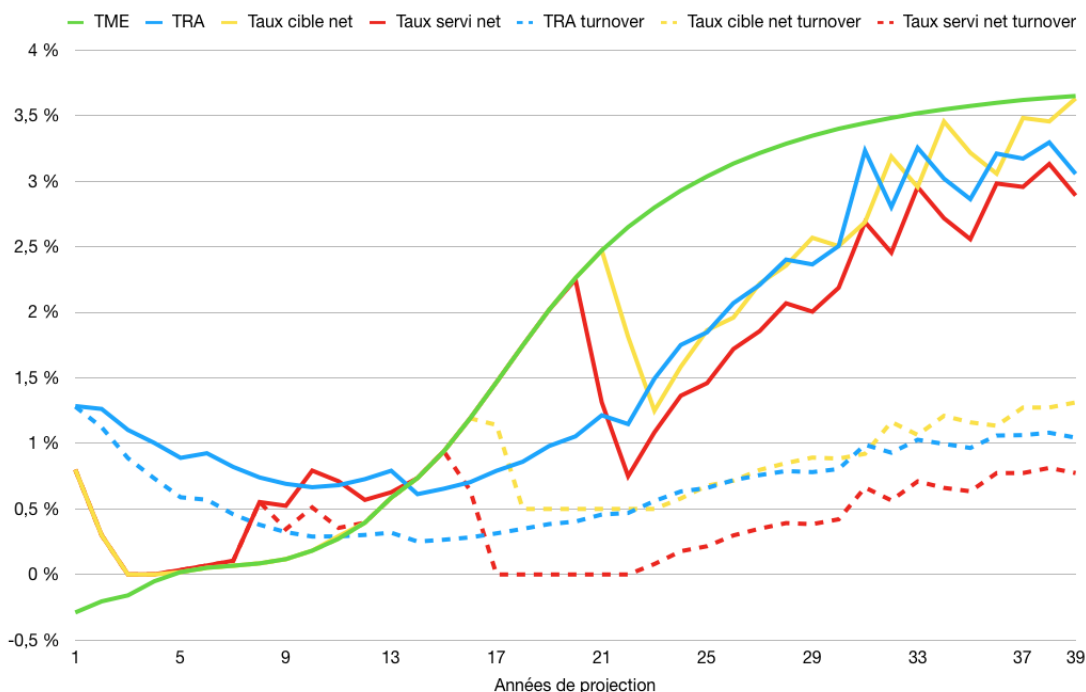


FIGURE 34 – Les taux de PB cible et servis avec et sans turnover au 31/12/2020

Nous affichons les taux de PB cible et les taux servis nets de chargements. Avec le turnover le TRA est plus faible sur toute la durée de projection. En effet nous vendons nos obligations et nous réinvestissons dans des obligations à des taux plus faibles. De plus la PPB tombe plus rapidement à zéro, à la 22ème année de projection sans turnover contre 17ème année avec le turnover, ce qui explique le décrochage plus tôt du taux cible par rapport au TME. Cela implique un taux servi plus faible. Les pics de taux servi avant la 13ème année de projection sont dus aux reprises obligatoires de PPB.

Cette diminution du taux servi provoque une hausse des rachats conjoncturels :

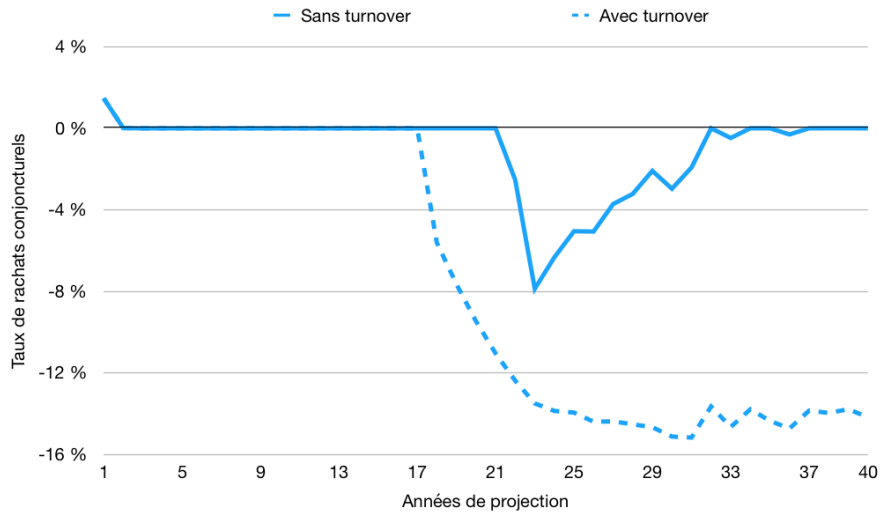


FIGURE 35 – Le taux de rachats conjoncturels avec et sans turnover au 31/12/2020

Cette hausse des taux de rachats conjoncturels à cause de la forte baisse des taux servis aboutit à une diminution de la PM lorsque nous mettons en place le turnover obligataire :

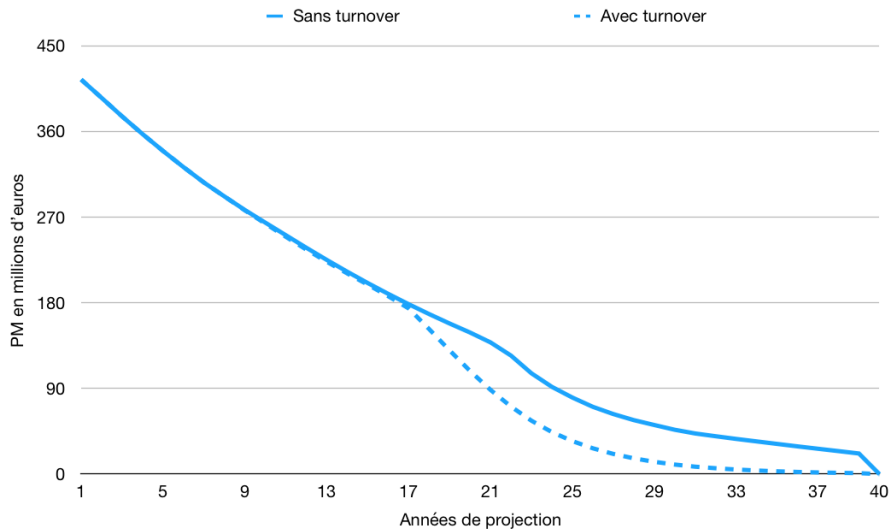


FIGURE 36 – La provision mathématique avec et sans turnover au 31/12/2020

On a donc une diminution du *BE*. Par effet de vases communicants les *FPP* augmentent.

Nous cherchons à quantifier cette augmentation. Pour cela nous comparons l'évolution de la réserve de capitalisation avec et sans turnover sur toute la durée de projection :



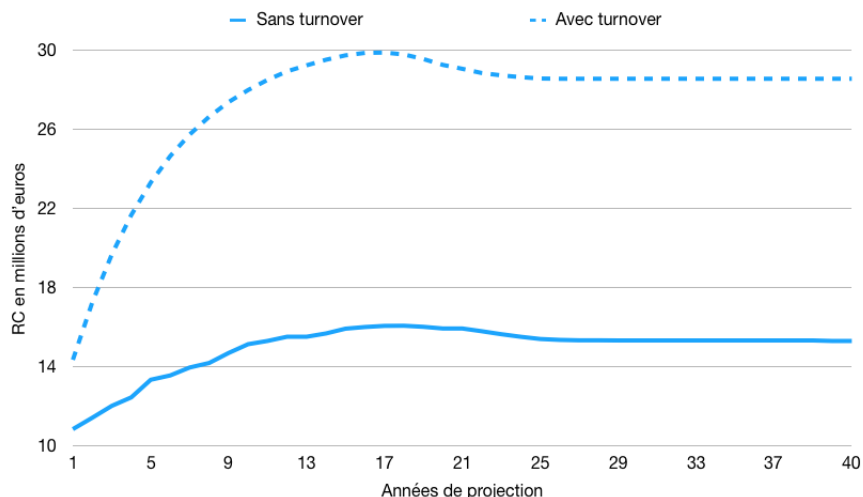


FIGURE 37 – La réserve de capitalisation avec et sans turnover au 31/12/2020

La mise en place d'un turnover augmente les dotations à la RC durant les premières années de projection. Les courbes ont ensuite la même tendance car le portefeuille passe en moins-value latente due à la hausse constante des taux dans le scénario déterministe, le turnover ne s'applique plus. En fin de projection la RC vaut 15 302 339€ sans turnover et 28 550 184€ avec, cela vient augmenter l'actif résiduel.

Avec le turnover obligatoire la RC est supérieure et les provisions techniques sont inférieures. La part d'actif à l'assureur augmente :

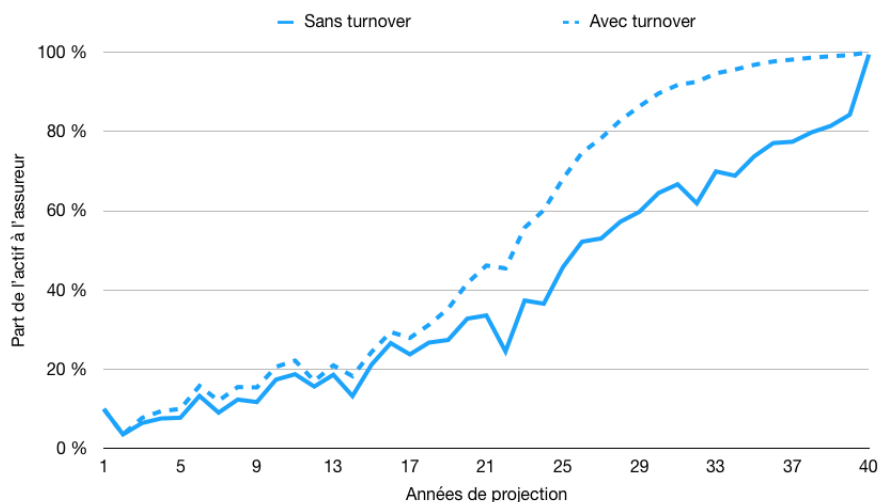


FIGURE 38 – La part d'actif à l'assureur avec et sans turnover au 31/12/2020

Bien que le TRA diminue avec le turnover obligatoire on observe alors une hausse des résultats financiers à l'assureur. Les impôts et les frais financiers en face des fonds propres sont donc supérieurs avec le turnover. Dans le scénario déterministe il n'y a pas de recapitalisation.

Nous résumons les composantes des *FPP* et leurs variations dans le tableau suivant :

	Sans turnover	Avec turnover	Variation
Les <i>FPP</i> déterministes	110 947 319	129 145 496	18 198 178
dont recapitalisation	-	-	-
dont impôts sur le revenu	31 706 485	35 208 373	3 501 888
dont frais financiers à l'assureur	3 768 802	5 548 952	1 780 150
dont actif résiduel	75 472 032	88 388 172	12 916 140

### La comparaison en stochastique

Nous faisons tourner l'outil ALM en central afin d'obtenir le *BE* et les *FPP* bruts, nécessaires à la détermination des *SCR*. Nous obtenons :

	Sans turnover	Avec turnover	Variation
Le <i>BE</i> brut	494 539 991	476 700 577	(17 839 415)
Les <i>FPP</i> bruts	86 010 402	103 849 817	17 839 415
La duration du passif	14,57 ans	13,70 ans	(0,87) ans
La <i>PVFP</i>	16 477 674	18 306 790	1 829 117

Comme attendu en [3.2](#) le *BE* diminue et les *FPP* augmentent avec le turnover pour les mêmes raisons qu'en déterministe. En fin de projection la RC est de 17 502 620€ sans turnover et de 30 076 650€ avec turnover.

La duration du passif diminue avec le turnover ce qui est intéressant pour l'assureur qui cherche à alléger ces engagements sur le fonds en euros. Cela est en lien avec la hausse des rachats conjoncturels : l'assureur garde moins longtemps ces contrats en portefeuille.

La *PVFP* augmente avec le turnover car la hausse du résultat financier de l'assureur est supérieure à la diminution du résultat de management due à la hausse des rachats conjoncturels.

### Le *SCR* vie

Nous résumons les différents sous-modules qui composent le *SCR* vie et leurs variations dans le tableau ci-dessous :

	Sans turnover	Avec turnover	Variation
Le <i>SCR</i> rachats masse	(2 356 150)	(1 806 233)	549 917
Le <i>SCR</i> rachats hausse	(1 721 664)	(1 161 091)	560 574
Le <i>SCR</i> rachats baisse	2 373 184	1 510 291	(862 893)
Le <i>SCR</i> mortalité	(1 295 637)	(1 109 041)	186 596
Le <i>SCR</i> longévité	2 105 624	1 813 253	(292 370)
Le <i>SCR</i> frais	2 518 268	2 907 121	388 852
Le <i>SCR</i> catastrophe	(46 331)	(21 142)	25 189
Le <i>SCR</i> vie	5 372 488	4 796 315	(576 173)

Avec et sans turnover nous sommes sensibles à la baisse des rachats, à la longévité et à la hausse des frais. C'est le *SCR* de baisse des rachats qui prédomine dans le calcul du *SCR* vie.

Avec le turnover nous sommes moins sensibles à la baisse des rachats et au choc de longévité. Il est attendu que la variation de la sensibilité à ces deux chocs soit la même. En effet ces deux chocs affectent l'assureur de la même manière : ils allongent la durée de vie de ses engagements. On explique donc la variation seulement dans le cas de la baisse des rachats.

Avec et sans turnover le choc de rachat à la baisse diminue le résultat financier de l'assureur. Le TRA est davantage dilué durant les premières années de projection car la PM est plus importante.

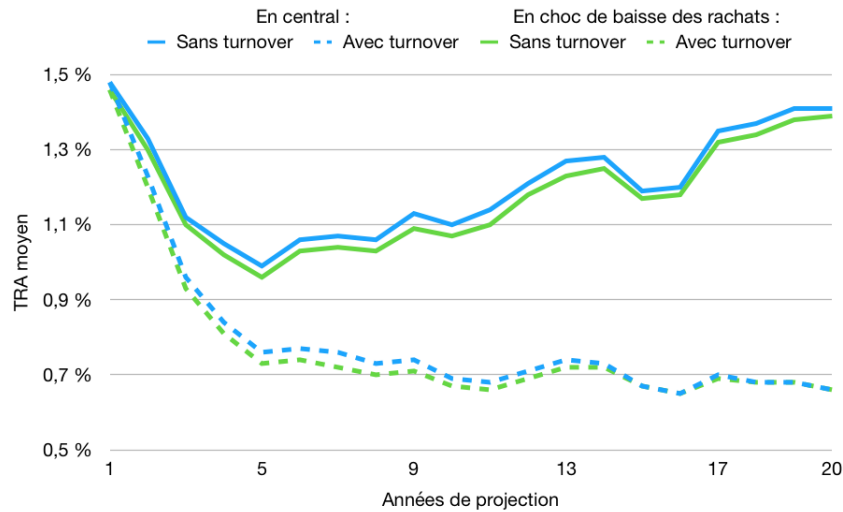


FIGURE 39 – Le TRA moyen durant les 20 premières années de projection au 31/12/2020

Cependant la différence de TRA entre le scénario central et le scénario choqué est plus faible si on a mis en place le turnover :

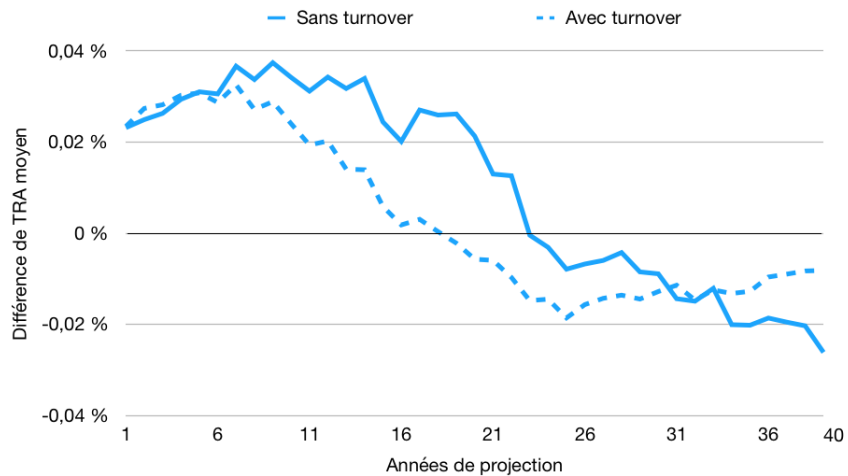


FIGURE 40 – La différence de TRA moyen entre le scénario central et de baisse des rachats au 31/12/2020

En effet le turnover dilue déjà le rendement des obligations anciennes par le réinvestissement dans des obligations nouvelles de coupons moindres. Le choc de baisse des rachats a donc moins d'impact que dans le cas sans turnover.

Avec le turnover nous sommes plus sensibles au choc de frais. Si on a mis en place un turnover nous perdons moins de résultat de management suite au choc de frais car notre PM est moins importante que sans turnover, notamment à cause de la hausse des rachats conjoncturels, comme vu dans le scénario déterministe. Nous sommes donc moins sensibles à la perte de résultat de management :

Le résultat de management moyen	En central	En choc de frais	Variation
Sans turnover	37 542 176	36 776 815	(765 361)
Avec turnover	33 543 037	33 034 653	(508 383)

Cependant nous perdons plus de résultat financier dans le cas où nous avons mis en place le turnover. Dans ce cas la part d'actif à l'assureur est plus importante, notamment car la RC est plus dotée et la PM est plus faible. Le choc de hausse des frais de gestion d'actif est donc plus importante en montant que dans le cas sans turnover. Cela explique la plus grande sensibilité au choc de frais :

Le résultat financier moyen	En central	En choc de frais	Variation
Sans turnover	15 172 824	13 397 533	(1 775 291)
Avec turnover	26 180 570	23 673 830	(2 506 740)

Avec et sans turnover nous ne sommes pas sensibles aux rachats massifs, à la hausse des rachats, au choc de mortalité et à la catastrophe. Ces chocs améliorent les *FPF* car ils aboutissent à une dotation de la RC supérieure et une PM inférieure.

Finalement le *SCR* vie est moins important lorsque nous mettons en place le turnover.

#### *Le SCR marché*

Nous résumons les différents sous-modules qui composent le *SCR* marché et leurs variations dans le tableau ci-dessous :

	Sans turnover	Avec turnover	Variation
Le <i>SCR</i> taux hausse	(27 271 235)	(32 408 712)	(5 137 477)
Le <i>SCR</i> taux baisse	2 839 382	3 530 091	690 709
Le <i>SCR</i> actions	15 137 970	18 135 256	2 997 286
Le <i>SCR</i> spread	15 803 912	16 387 897	583 985
Le <i>SCR</i> marché	30 556 479	34 315 888	3 759 409

Avec et sans turnover nous sommes sensibles aux chocs de baisse de taux, des actions et de spread. Avec le turnover nous sommes plus sensibles à tous ces chocs.

Sauf pour les chocs de taux qui captent deux effets, celui sur la participation aux bénéfiques et l'effet d'actualisation, on définit la capacité d'absorption par :

$$\frac{BE - BE^{choc}}{MV(0) - MV^{choc}(0)}$$

La capacité d'absorption quantifie l'absorption du choc de marché par la variation de  $BE$ , c'est-à-dire par la répercussion du choc sur la PB servie aux assurés. On a :

Capacité d'absorption	Sans turnover	Avec turnover	Variation
Pour le choc actions	32%	19%	(13%)
Pour le choc de spread	39%	37%	(2%)

Pour ces deux chocs la capacité d'absorption est moins importante si on a mis en place un turnover. En effet nous donnons moins à nos assurés donc nous avons moins la possibilité de répercuter le choc sur le taux servi en le diminuant davantage. Cela explique que nous soyons plus sensibles à ces chocs. Nous affichons par exemple la différence de taux servi moyen entre le scénario central et le scénario de choc actions :

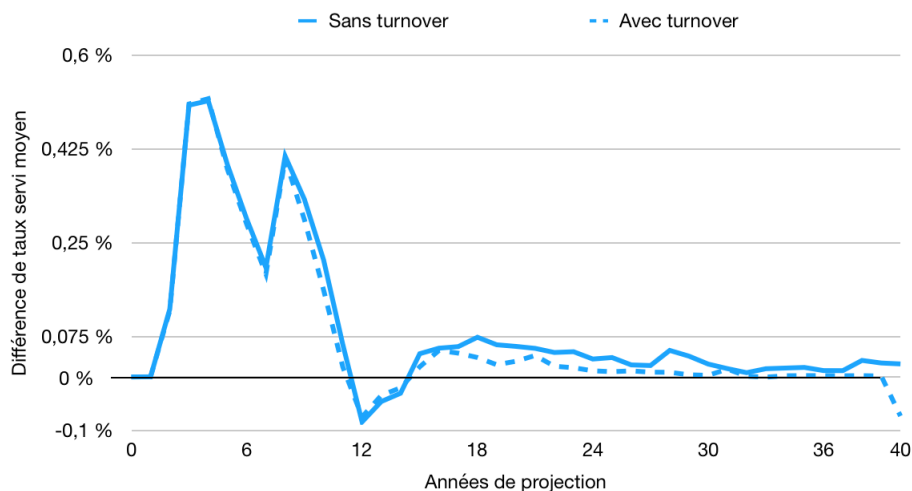


FIGURE 41 – La différence de taux servi moyen entre le scénario central et de chocs actions au 31/12/2020

La différence de taux servi moyen est effectivement supérieure durant toute la durée de projection dans le cas sans turnover.

Pour le choc de baisse des taux la capacité d'absorption n'est pas définie car on capte aussi l'effet d'actualisation. La baisse des taux diminue le TRA de l'assureur. Dans le scénario de baisse des taux le réinvestissement obligatoire se fait dans des obligations à taux de rendement plus faible. Cela nous impacte plus dans le cas où on a mis en place un turnover car le TRA est déjà fortement diminué par la vente progressive des obligations anciennes à taux de rendement important :

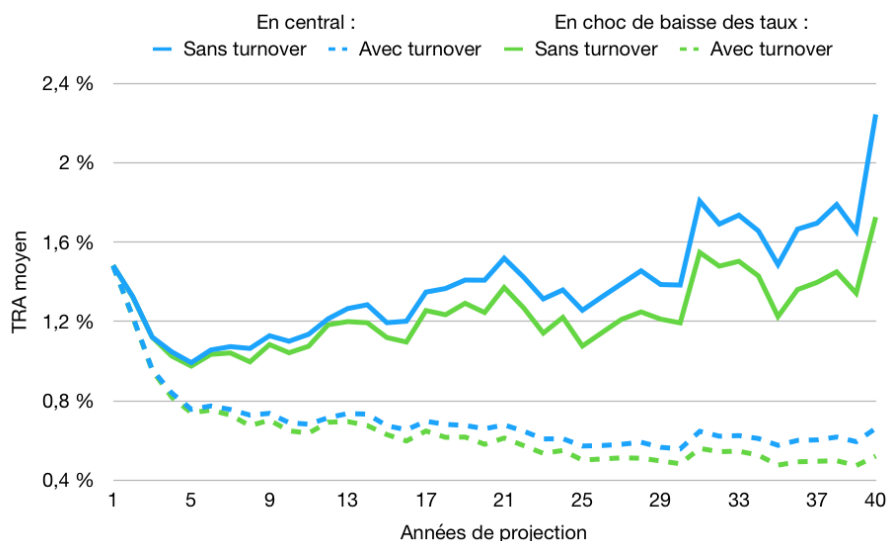


FIGURE 42 – Le TRA moyen dans le scénario central et dans le scénario de baisse de taux au 31/12/2020

Avec et sans turnover nous ne sommes pas sensibles au scénario de hausse de taux. En effet ce choc augmente les *FPP* car malgré la baisse de la plus-value latente obligataire l'assureur augmente sa marge financière.

Finalement le *SCR* marché est plus important lorsque nous mettons en place le turnover.

#### Le bilan prudentiel

Après le calcul de la *RM* et le retraitement des impôts différés des *FPP*, nous obtenons le bilan prudentiel suivant sans turnover :

Actif	Passif
Actif en valeur de marché 580 550 394€	Fonds propres prudentiels 66 914 137€
	Risk Margin 6 485 656€
	Best Estimate 507 151 600€

FIGURE 43 – Le bilan prudentiel sans turnover au 31/12/2020

Et nous obtenons le bilan prudentiel suivant avec un turnover de 5% :



FIGURE 44 – Le bilan prudentiel avec un turnover de 5% au 31/12/2020

Avec et sans turnover les impôts différés sont négatifs, ils le sont d'autant plus avec le turnover. Le *SCR* opérationnel est le même avec ou sans turnover. Il n'y a pas d'ajustement dans les deux cas. La *RM* est moins importante dans le cas du turnover car le *SCR* vie et la durée du passif sont inférieurs.

Le *SCR* sans turnover est de 34 320 874€ et le *SCR* avec un turnover de 5% est de 37 817 228€. Cette hausse du *SCR* est due à la hausse du *SCR* marché.

Finalement nous obtenons un ratio de solvabilité de 195% sans turnover et de 210% avec turnover. Cela correspond à une hausse brute du ratio de solvabilité de l'assureur de 15% et une hausse nette de 7,79%. Nous résumons cette comparaison dans le tableau suivant :

	Sans turnover	Avec turnover	Variation
<i>PVFP</i>	16 477 674	18 306 790	1 829 117
<i>FPP</i>	66 913 137	79 476 231	12 563 094
<i>SCR</i>	34 320 874	37 817 228	3 496 354
<i>RS</i>	195%	210%	15%

En conclusion, au 31 décembre 2020 avec un turnover de 5% l'assureur augmente son ratio de solvabilité. Ce résultat confirme l'hypothèse que nous avons faite en [3.2](#).

### 5.3.2 La sensibilité au taux de turnover

Nous comparons les résultats obtenus lorsque le taux de turnover varie de 0% à 30%. En pratique l'assureur devra prendre le taux de turnover correspondant à sa gestion d'actif.

Les *FPP* ne cessent d'augmenter du fait de la prise en compte de la *RC* en fin de projection. Dans un premier temps le ratio de solvabilité augmente, il passe de 195% pour un taux de turnover de 0% à 219% pour un taux de 15%. Ensuite le ratio de solvabilité diminue lentement pour arriver à 213% pour un taux de 30% :

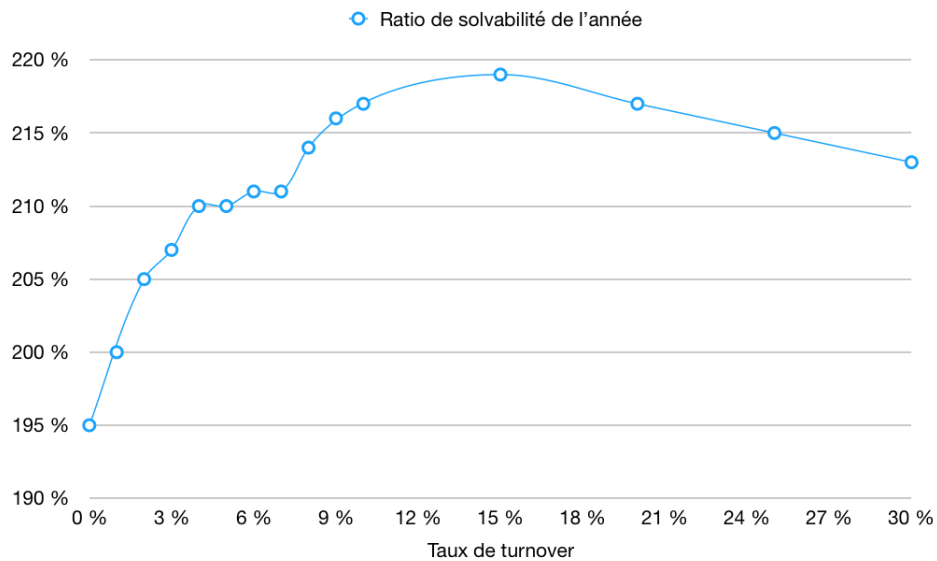


FIGURE 45 – Le ratio de solvabilité de l'année en fonction du taux de turnover appliqué

Pour tous ces taux nous avons amélioré le ratio de solvabilité de l'assureur en mettant en place un turnover obligataire.

Nous étudions de plus la sensibilité de la *PVFP* au taux de turnover. Celle-ci augmente, passant de 16 477 674€ sans turnover à 18 625 781€ pour un taux de 3%. Elle diminue et passe en dessous de la *PVFP* sans turnover à partir d'un taux de 9% car l'effet de la baisse du TRA est plus important que celui de la hausse de la part d'actif à l'assureur.

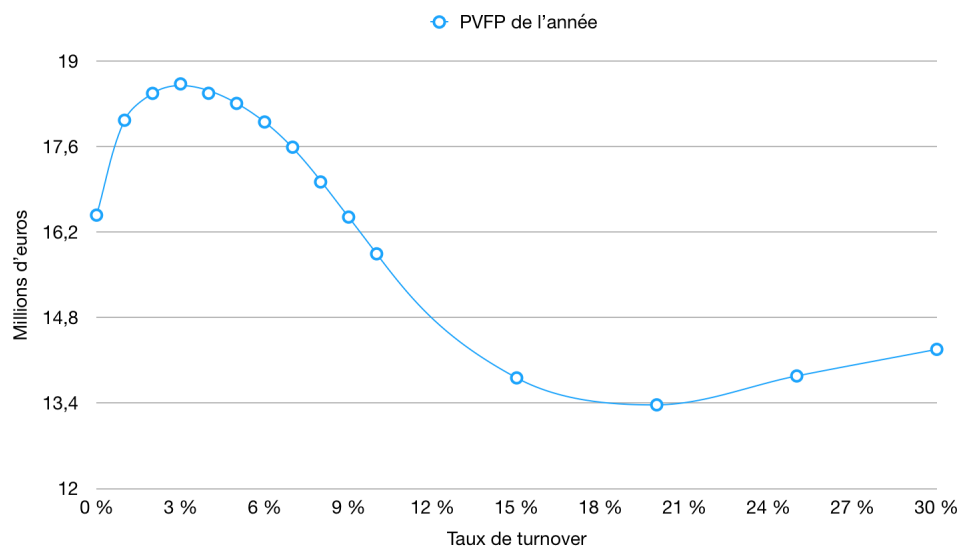


FIGURE 46 – La PVFP de l'année en fonction du taux de turnover appliqué



Un taux de turnover trop élevé dégrade la *PVFP* de l'assureur. Ce résultat illustre le fait qu'il ne faut pas déterminer le taux de turnover à appliquer en choisissant simplement celui qui maximise le ratio de solvabilité de l'année. Lors de la projection nous conservons l'hypothèse d'un turnover de 5%.

### 5.3.3 La sensibilité à la politique de participation aux bénéfices et à la structure des contrats

Nous comparons les résultats obtenus lorsque nous changeons la politique de PB. Dans un premier temps nous faisons varier les bornes qui définissent la PB cible. Nous utilisons ensuite la moyenne des trois derniers TME plutôt que le TME du moment pour la détermination de la PB cible. Enfin nous changeons la structure des contrats en mettant en place un TMG.

#### La variation des bornes pour la PB cible

Pour rappel les bornes choisies initialement pour la définition de la PB cible sont de 0,5%. Le taux cible au pas de projection  $h$  variera alors dans l'intervalle :

$$[t_{net}^{PB}(h-1) - 0,5\%, t_{net}^{PB}(h-1) + 0,5\%].$$

Où  $t_{net}^{PB}(h-1)$  est le taux servi net de chargement en  $h-1$ .

Nous testons alors avec les bornes à 0,25% et à 0,75%.

#### Les bornes à 0,25%

Dans le cas où les bornes sont à 0,25% l'assureur a moins de marge pour diminuer son taux cible d'une année à l'autre. D'un autre côté le taux cible ne peut pas augmenter autant entre deux années qu'avec les bornes à 0,5%.

La sensibilité de l'assureur est la même qu'avec la politique de PB cible initiale. De plus les variations des *SCR* entre le cas avec turnover et sans turnover sont les mêmes. Nous obtenons les résultats suivants en stochastique :

	Sans turnover	Avec turnover	Variation
<i>PVFP</i>	14 527 093	16 038 978	1 511 885
<i>FPP</i>	65 652 637	78 165 403	12 512 766
<i>SCR</i>	35 087 187	38 449 877	3 362 690
<i>RS</i>	187%	203%	16%

Avec et sans turnover la *PVFP* et les *FPP* sont moins importants qu'avec les bornes à 0,5%. Cette politique de PB cible s'avère plus contraignante pour l'assureur. En particulier la RC de fin de projection est moins importante, elle est de 17 415 224€ sans turnover et de 29 925 571€ avec turnover. Le *SCR* vie est plus important. On obtient donc un ratio de solvabilité inférieur.

La mise en place d'un turnover de 5% fait passer le ratio de solvabilité de 187% à 203%, soit une augmentation brute de 16% et nette de 8,65%. Le turnover augmente de manière plus importante le ratio de solvabilité lorsque les bornes sont à 0,25%.

### Les bornes à 0,75%

Dans le cas où les bornes sont à 0,75% l'assureur a plus de marge pour diminuer son taux cible d'une année à l'autre. D'un autre côté le taux cible peut augmenter plus fortement entre deux années qu'avec les bornes à 0,5%.

Comme précédemment la sensibilité de l'assureur est la même qu'avec la politique de PB cible avec les bornes à 0,5%. De plus les variations des *SCR* entre le cas avec turnover et sans turnover sont les mêmes. Nous obtenons les résultats suivants en stochastique :

	Sans turnover	Avec turnover	Variation
<i>PVFP</i>	16 956 061	18 829 112	1 873 051
<i>FPP</i>	67 160 634	79 694 879	12 534 246
<i>SCR</i>	34 264 383	37 858 209	3 593 826
<i>RS</i>	199%	214%	15%

Avec et sans turnover la *PVFP* et les *FPP* sont plus importants qu'avec les bornes à 0,5%. Cette politique de PB cible s'avère moins contraignante pour l'assureur. En particulier la RC de fin de projection est plus importante, elle est de 17 573 370€ sans turnover et de 30 147 216€ avec turnover. Il n'y a pas de variation significative du *SCR*. On obtient donc un ratio de solvabilité supérieur.

La mise en place d'un turnover de 5% fait passer le ratio de solvabilité de 199% à 214%, soit une augmentation brute de 15% et nette de 7,69%. Le turnover augmente de manière moins importante le ratio de solvabilité lorsque les bornes sont à 0,75%.

Dans les deux cas le turnover obligatoire améliore le ratio de solvabilité de l'assureur. Celui-ci a un effet plus important quand la marge de variation de la PB cible d'une année à l'autre est plus petite, c'est-à-dire la politique de PB cible la plus contraignante pour l'assureur.

### La détermination de la PB cible à partir de la moyenne des TME

Nous rappelons que dans la politique de PB cible de base l'assureur définit le taux cible  $t_{cible}^{PB}$  en  $h$  en fonction du taux de revalorisation servi net  $t_{net}^{PB}$  en  $h - 1$  et du TME en  $h$  :

$$t_{cible}^{PB}(h) = \max(0; \max(\min(TME(h); t_{net}^{PB}(h - 1) + tunnel_{sup}); t_{net}^{PB}(h - 1) - tunnel_{inf})) + t_{charg}.$$

Nous gardons les bornes à 0,5% et nous voulons tester l'effet du turnover lorsque nous déterminons la PB cible à partir de la moyenne des trois derniers TME.

En prenant en compte la moyenne des trois derniers TME plutôt que le TME du moment pour la détermination de la PB cible l'assureur lisse sa PB cible. L'objectif est de pouvoir servir plus longtemps des bons taux en reprenant moins vite la PPB.

Pour illustrer ce point nous donnons les flux de taux de PB cible et servis avec et sans turnover avec cette politique de PB cible :

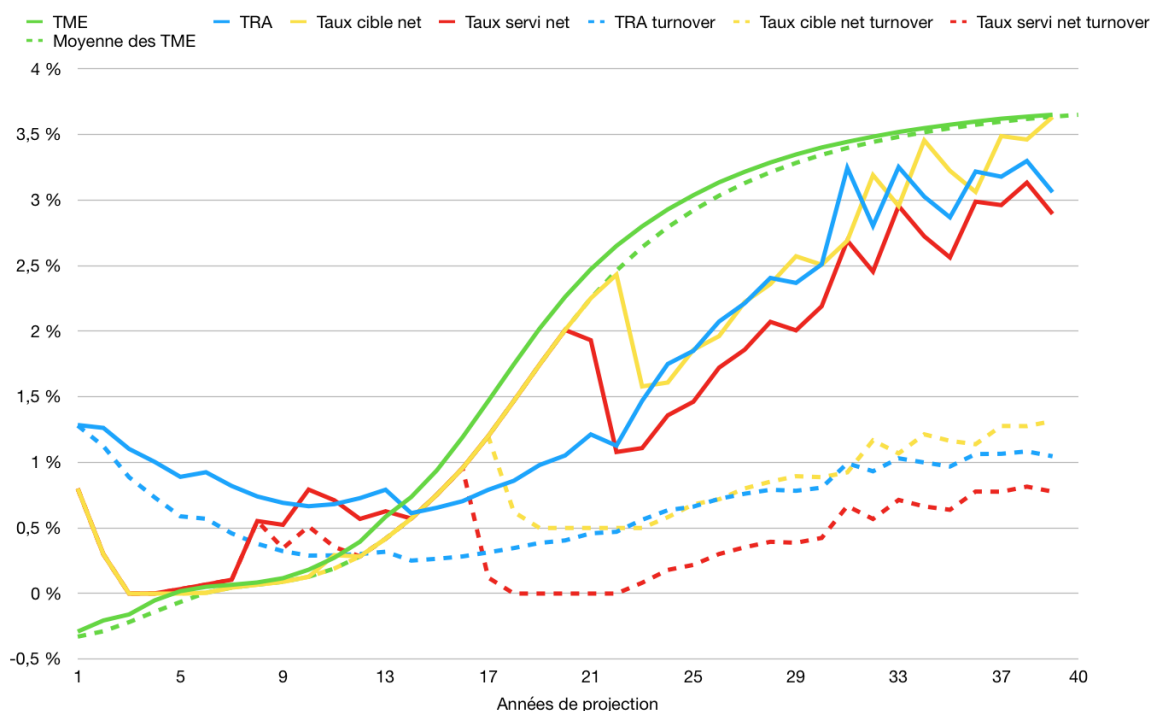


FIGURE 47 – Les taux de PB cible et servis avec la moyenne des trois derniers TME avec et sans turnover au 31/12/2020

Les sensibilités aux chocs sont les mêmes qu’avec la politique de PB cible de base. De plus les variations des *SCR* entre le cas avec turnover et sans turnover sont les mêmes. Nous obtenons les résultats suivants en stochastique :

	Sans turnover	Avec turnover	Variation
<i>PVFP</i>	16 997 723	18 915 865	1 918 142
<i>FPP</i>	67 279 754	79 971 076	12 691 322
<i>SCR</i>	34 320 874	37 817 228	3 496 354
<i>RS</i>	196%	211%	15%

Avec et sans turnover la *PVFP* et les *FPP* sont plus importants qu’avec la politique de base. Cette politique de PB cible s’avère moins contraignante pour l’assureur.

Il n’y a pas de variation significative du *SCR*. Ce changement de politique de PB cible n’a pas un effet très significatif sur le ratio de solvabilité : il est très peu supérieur à celui obtenu avec la politique de base.

La mise en place d’un turnover de 5% fait passer le ratio de solvabilité de 196% à 211%, soit une augmentation brute de 15% et nette de 7,58%. Le turnover augmente de manière moins importante le ratio de solvabilité lorsque nous déterminons la PB cible à partir de la moyenne des trois derniers TME.

## Une structure de contrat avec un TMG de 0,5%

L'assureur est sensible aux mêmes chocs que dans le cas où il n'a pas défini de TMG à la souscription des contrats. De plus les variations des *SCR* entre les cas avec turnover et sans turnover sont les mêmes. Nous obtenons les résultats suivants en stochastique :

	Sans turnover	Avec turnover	Variation
<i>PVFP</i>	(2 525 188)	5 433 276	7 958 464
<i>FPP</i>	49 963 508	68 901 872	18 938 363
<i>SCR</i>	28 582 723	33 193 637	4 610 914
<i>RS</i>	174%	208%	34%

Les *PVFP* et les ratios de solvabilité sont très diminués. L'option de TMG coûte très cher à l'assureur.

Sans turnover la *PVFP* est négative : les contrats ne sont pas rentables. Le turnover fait passer le ratio de solvabilité de 174% à 208%, soit une augmentation brute de 34% et nette de 19,6%. En effet la dotation à la RC augmente considérablement les produits financiers à l'assureur et l'actif résiduel. L'augmentation d'actif résiduel est de 19M€ contre 14M€ sans TMG. Le turnover a plus d'effet lorsque les contrats ont un TMG.

### La sensibilité au taux de turnover

Nous étudions la sensibilité au taux de turnover des différentes politiques de participation aux bénéfices. Nous faisons varier le taux de turnover de 0% à 30%.

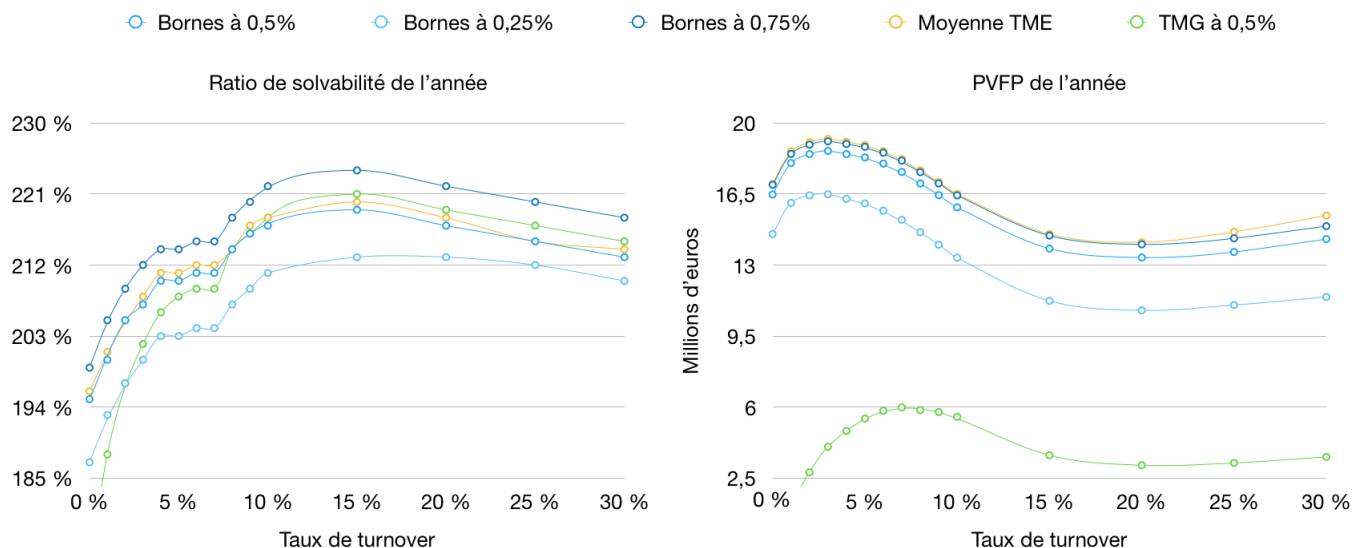


FIGURE 48 – La sensibilité au taux de turnover des différentes politiques de PB au 31/12/2020

La sensibilité au taux de turnover est similaire quelque soit la politique de participation aux bénéfices étudiée. Pour tous ces taux le turnover obligatoire améliore le ratio de solvabilité de l'assureur. Nous conservons donc la politique initiale pour la projection du bilan prudentiel et du ratio de solvabilité dans un an.

## 5.4 La comparaison des ratios de solvabilité projetés dans un an

Dans cette section nous présentons et comparons les bilans prudentiels et les ratios de solvabilité avec et sans turnover au 31 décembre 2021.

Dans un premier temps nous obtenons le bilan prudentiel et le ratio de solvabilité projeté sans turnover et avec un turnover de 5%. Nous étudions ensuite la sensibilité au taux de turnover.

### 5.4.1 La mise en place d'un turnover obligataire de 5%

Nous mettons en place manuellement le turnover obligataire au 31 décembre 2020. Pour chaque taux de turnover différent nous obtenons des valeurs comptables et de marché différentes dans un an. Nous décrivons la mise en place du turnover pour la projection monde réel lorsque le taux de turnover est de 5%.

#### L'hypothèse de turnover pour la projection monde réel

Sans turnover les hypothèses de projection décrites en 4.4 nous donnent que le bilan social est le même au 31 décembre 2021 qu'au 31 décembre 2020. Dans le cas du turnover il faut mettre en place manuellement un turnover obligataire de 5% au 31 décembre 2020. Nous procédons comme suit :

- au 31 décembre 2020 nous vendons 5% de la valeur de marché du portefeuille obligataire : nous désinvestissons de 5% sur toutes les obligations en portefeuille ;
- nous réinvestissons immédiatement dans des obligations nouvelles de maturité 10 ans de rendement le taux sans risque de -0,37% au 31 décembre 2020. La valeur de marché du portefeuille est donc inchangée mais la valeur comptable est supérieure de la plus-value réalisée, que nous dotons à la RC ;
- au 31 décembre 2021 nous réinvestissons les valeurs de remboursement des obligations arrivant à échéance dans des obligations nouvelles de maturité 10 ans de rendement le taux sans risque de -0,29% au 31 décembre 2021. Cette action ne change pas la valeur comptable du portefeuille obligataire.

Actif	Passif
	Fonds propres 53 329 983€
Actif en valeur comptable 497 756 225€	Provisions techniques 444 426 242€

FIGURE 49 – Le bilan social avec un turnover de 5% au 31/12/2021

Au 31 décembre 2021 la RC, comptée dans les fonds propres comptables, est augmentée de la plus value réalisée au 31 décembre 2020, soit 5% de la plus-value latente au 31 décembre 2020. Cette augmentation de la RC est investie à l'actif dans des obligations. La valeur comptable obligataire initiale est alors de 389 403 812€ : nous avons réalisé 2 868 546€ de plus-value obligataire.

Nous appliquons alors les hypothèses économiques décrites en 4.4 afin d'obtenir les valeurs de marché de l'actif au 31 décembre 2021. Nous avons les valeurs de marché initiales suivantes :

	Sans turnover	Avec turnover	Variation
La valeur de marché initiale	583 654 740	582 972 051	(682 689)
dont obligations	463 003 596	462 320 907	(682 689)

Malgré la valeur comptable plus importante avec la réalisation de la plus-value, la valeur de marché du portefeuille obligataire est plus faible car nous avons vendu les obligations anciennes de taux de rendement élevés et qui ont les plus-values latentes les plus importantes. Les obligations nouvelles achetées en début de projection sont en moins-value latente due à la hausse des taux dans le scénario primaire.

Sans turnover obligataire la plus-value latente globale au 31 décembre 2021 est de 15,39%, dont 86,31% est obligataire. Avec le turnover obligataire la plus-value latente globale est de 14,62%, dont 85,57% est obligataire.

L'outil ALM investira/désinvestira dans chaque classe d'actif afin de respecter l'allocation cible dès la première année de projection.

### La comparaison dans le scénario déterministe

Nous obtenons les résultats suivants en déterministe :

	Sans turnover	Avec turnover	Variation
Le <i>BE</i> déterministe	470 881 512	451 029 828	(19 851 684)
Les <i>FPP</i> déterministes	112 773 228	131 942 222	19 168 994

La mise en place d'un turnover obligataire de 5% diminue le *BE* et augmente les *FPP* dans un an dans le scénario déterministe pour les mêmes raisons qu'au 31 décembre 2020.

### La comparaison en stochastique

Nous faisons tourner l'outil ALM en central afin d'obtenir le *BE* et les *FPP* bruts, nécessaires à la détermination des *SCR*. Nous obtenons :

	Sans turnover	Avec turnover	Variation
Le <i>BE</i> brut	497 514 625	479 139 287	(18 375 337)
Les <i>FPP</i> bruts	86 140 115	103 832 764	17 692 648
La durée du passif	14,71 ans	13,74 ans	(0,97) ans
La <i>PVFP</i>	17 326 505	14 167 817	(3 158 687)

Avec la mise en place d'un turnover le *BE* diminue et les *FPF* augmentent pour les mêmes raisons qu'au 31 décembre 2020.

La *PVFP* diminue avec le turnover. En effet la baisse du TRA a un effet plus important sur les résultats financiers de l'assureur que la hausse de la part d'actif à l'assureur.

Nous déterminons ensuite les bilans choqués afin d'obtenir les *SCR*.

#### *Le SCR vie*

Nous résumons les différents sous-modules qui composent le *SCR* vie et leurs variations dans le tableau ci-dessous :

	Sans turnover	Avec turnover	Variation
Le <i>SCR</i> rachats masse	(1 268 998)	(2 056 872)	(787 874)
Le <i>SCR</i> rachats hausse	(1 827 937)	(1 927 263)	(99 326)
Le <i>SCR</i> rachats baisse	2 558 371	2 329 880	(228 490)
Le <i>SCR</i> mortalité	(1 381 348)	(1 416 438)	(35 091)
Le <i>SCR</i> longévité	2 262 129	2 250 855	(11 275)
Le <i>SCR</i> frais	2 499 240	2 869 817	370 576
Le <i>SCR</i> catastrophe	(44 985)	(17 681)	27 304
Le <i>SCR</i> vie	5 629 107	5 727 438	98 331

Nous sommes sensibles aux mêmes chocs qu'au 31 décembre 2020 et les variations à ces chocs sont les mêmes. Cependant la baisse de sensibilité avec le turnover aux chocs de baisse des rachats et de longévité est beaucoup moins marquée qu'au 31 décembre 2020. Le *SCR* vie est alors plus important avec le turnover.

#### *Le SCR marché*

Nous résumons les différents sous-modules qui composent le *SCR* marché et leurs variations dans le tableau ci-dessous :

	Sans turnover	Avec turnover	Variation
Le <i>SCR</i> taux hausse	(30 994 811)	(38 368 028)	(7 373 217)
Le <i>SCR</i> taux baisse	2 248 510	3 116 848	868 338
Le <i>SCR</i> actions	11 424 974	15 120 728	3 695 754
Le <i>SCR</i> spread	12 026 005	12 921 271	895 266
Le <i>SCR</i> marché	23 217 140	28 031 796	4 814 656

Nous sommes moins sensibles aux risques de marché et les capacités d'absorption sont toutes supérieures à celles au 31 décembre 2020. En effet l'environnement économique est plus favorable : les plus-values actions et monétaire sont plus importantes et les taux initiaux sont plus élevés.

Capacité d'absorption	Sans turnover	Avec turnover	Variation
Pour le choc actions	42%	25%	(17%)
Pour le choc de spread	43%	40%	(3%)

Cependant les variations sont plus élevées : le turnover a plus d'effet sur la sensibilité aux chocs de marché qu'au 31 décembre 2020.

*Le bilan prudentiel*

Après le calcul de la *RM* et le retraitement des impôts différés des *FPP*, nous obtenons le bilan prudentiel suivant sans turnover :

Actif	Passif
Actif en valeur de marché 583 654 740€	Fonds propres prudentiels 66 707 478€
	Risk Margin 6 776 368€
	Best Estimate 510 170 893€

FIGURE 50 – Le bilan prudentiel sans turnover au 31/12/2021

Et nous obtenons le bilan prudentiel suivant avec un turnover de 5% :

Actif	Passif
Actif en valeur de marché 582 972 051€	Fonds propres prudentiels 80 035 646€
	Risk Margin 6 409 010€
	Best Estimate 496 527 395€

FIGURE 51 – Le bilan prudentiel avec un turnover de 5% au 31/12/2021



Comme au 31 décembre 2020 les impôts différés sont négatifs et plus négatifs avec le turnover. Le *SCR* opérationnel est le même avec ou sans turnover et il n'y a pas d'ajustement. La *RM* est moins importante dans le cas du turnover, malgré que le *SCR* vie soit plus important, du fait de la diminution de la duration du passif.

Dans les deux cas le ratio de solvabilité dans un an est supérieur. Nous obtenons un ratio de solvabilité de 245% sans turnover et de 250% avec turnover. Cela correspond à une hausse brute du ratio de solvabilité de l'assureur de 5% et une hausse nette de 2,12%. Nous résumons cette comparaison dans le tableau suivant :

	Sans turnover	Avec turnover	Variation
<i>PVFP</i>	17 326 505	14 167 817	(3 158 687)
<i>FPP</i>	66 707 478	80 035 646	13 328 168
<i>SCR</i>	27 220 313	31 980 917	4 760 604
<i>RS</i>	245%	250%	5%

Nous obtenons un *BE* inférieur et des *FPP* supérieurs dans le cas où nous mettons en place un turnover obligatoire. Cependant la *PVFP* est dégradée. Ce résultat montre une première limite de cette décision de gestion : elle peut dégrader la rentabilité de l'assureur dans le futur.

#### 5.4.2 La sensibilité au taux de turnover

Nous comparons les résultats obtenus lorsque nous faisons varier le taux de turnover de 0% à 20%.

Les *FPP* ne cessent d'augmenter du fait de la prise en compte de la RC en fin de projection. Contrairement à l'effet du turnover sur le ratio de solvabilité de l'année, l'effet sur le ratio de solvabilité projeté peut être pervers.

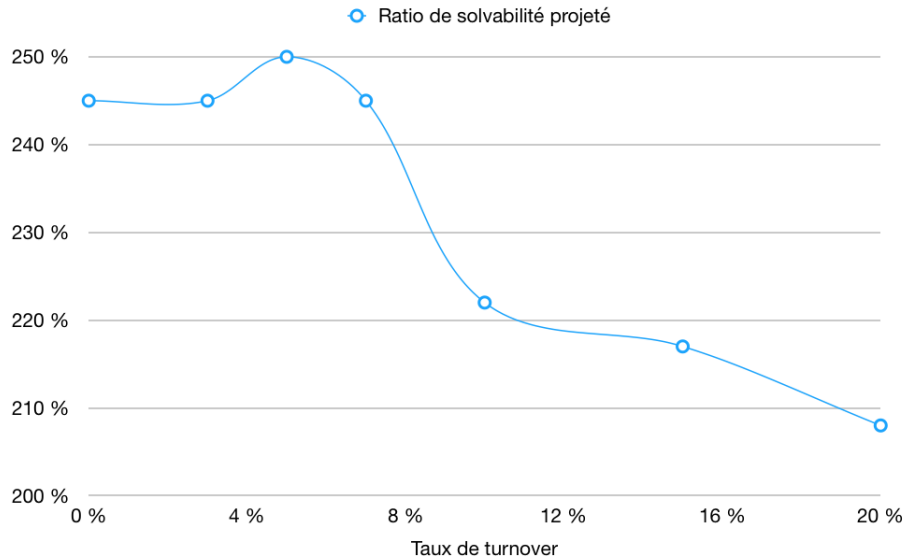


FIGURE 52 – Le ratio de solvabilité projeté en fonction du taux de turnover appliqué

Le ratio de solvabilité augmente avec un taux de turnover de 5%, passant de 245% à 250%. Au delà d'un taux de turnover de 7% le ratio de solvabilité est inférieur à celui sans turnover. Au delà d'un taux de turnover de 10% le ratio de solvabilité dans un an est inférieur à celui de l'année, on a dégradé la solvabilité de notre assureur.

Par ailleurs nous observons que la mise en place d'un turnover diminue la *PVFP* projetée et ce quelque soit le taux choisi :

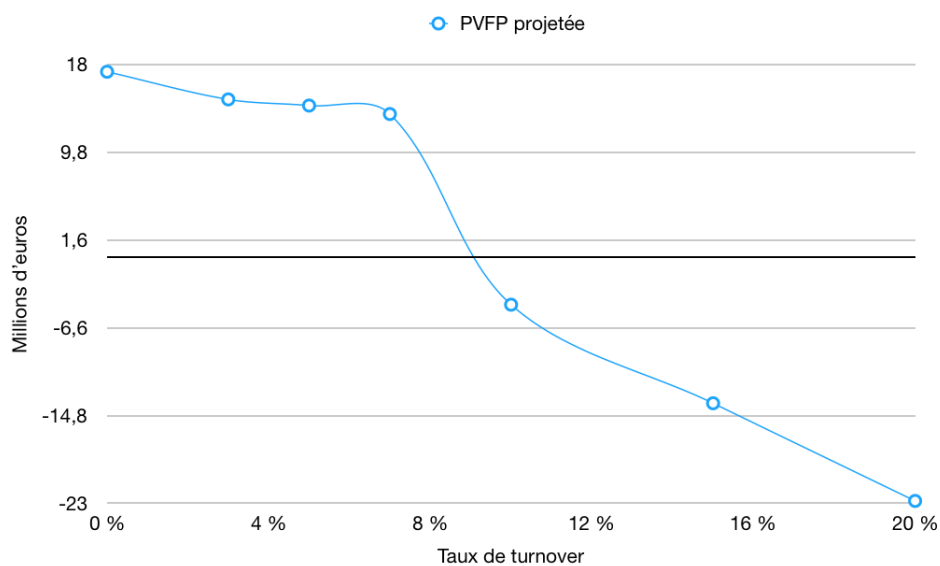


FIGURE 53 – La PVFP projetée en fonction du taux de turnover appliqué

Cela s'explique parce que la baisse du TRA devient plus importante que la hausse de la part d'actif à l'assureur. À partir d'un taux de turnover de 10% la *PVFP* projetée devient même négative.

L'étude de la sensibilité dans un an au taux de turnover montre une limite de cette décision de gestion. En effet, bien que le turnover ait un effet strictement positif sur le ratio de solvabilité de l'année, le turnover obligatoire peut dégrader le ratio dans un an comme cela est requis par la réglementation.

Dans notre cas, et si notre objectif est de maximiser notre ratio de solvabilité, la mise en place d'un turnover de 5% s'avère judicieux à horizon d'un an. Cependant avant de le mettre réellement en place il faudrait étudier son effet sur le plus long terme.

## Conclusion

Comme nous en avons fait l'hypothèse en [3.2](#) la mise en place d'un turnover obligataire de 5% diminue le *BE* et augmente les *FPP* de l'assureur. La vente des obligations anciennes à taux de coupon élevés diminue le TRA de l'assureur. Pour continuer à servir le taux cible la PPB est plus vite reprise. La diminution du TRA est finalement répercutée sur le taux servi et les rachats conjoncturels augmentent. La PM est donc moins importante et la dotation à la RC des plus-values réalisées augmente les fonds propres comptables. La part d'actif, donc de résultat financier, à l'assureur et l'actif résiduel sont plus importants. Tout ceci explique l'augmentation de la *PVFP* et des *FPP* de l'année. Nous sommes moins sensibles aux chocs vie et plus sensibles aux chocs de marché. Le ratio de solvabilité de l'année est amélioré.

Lorsque nous étudions la sensibilité du ratio de solvabilité de l'année au taux de turnover appliqué nous obtenons une amélioration du ratio pour tous les taux étudiés. Les *FPP* ne cessent d'augmenter du fait de la prise en compte de la RC en fin de projection. Le ratio augmente jusqu'à 15% puis diminue lentement tout en restant supérieur au ratio sans turnover. Si nous étudions la sensibilité de la *PVFP* de l'année au taux de turnover appliqué nous observons une augmentation de la *PVFP* jusqu'à 3% puis une diminution jusqu'à passer en dessous de la *PVFP* sans turnover à partir d'un taux de 9%. Un taux de turnover trop élevé dégrade la *PVFP* de l'assureur. Ce résultat illustre le fait qu'il ne faut pas déterminer le taux de turnover à appliquer en choisissant simplement celui qui maximise le ratio de solvabilité de l'année.

Nous comparons les résultats obtenus avec des politiques de PB différentes. Dans un premier temps nous testons des bornes plus fines ou plus larges pour la définition de la PB cible. Nous définissons ensuite la PB cible à partir de la moyenne des trois derniers TME. Enfin nous changeons la structure des contrats en mettant en place un TMG de 0,5%. Dans tous les cas un turnover obligataire de 5% améliore le ratio de solvabilité et la *PVFP* de l'année. Nous obtenons que plus la politique de PB est contraignante pour l'assureur plus le turnover à un effet important sur l'amélioration du ratio de solvabilité. En effet la dotation à la RC augmente considérablement les produits financiers à l'assureur et l'actif résiduel. La sensibilité au taux de turnover est similaire quelque soit la politique de participation aux bénéfices étudiée.

Enfin nous projetons le ratio de solvabilité et la *PVFP* dans un an. Nous obtenons un *BE* inférieur et des *FPP* supérieurs dans le cas où nous mettons en place un turnover obligataire de 5%. L'assureur devient plus sensible aux chocs vie mais le ratio de solvabilité s'améliore. Cependant la *PVFP* est dégradée. Ce résultat montre une première limite de cette décision de gestion : elle peut dégrader la rentabilité de l'assureur dans le futur. Lorsque nous étudions la sensibilité du ratio de solvabilité dans un an au taux de turnover appliqué nous obtenons qu'au delà de 7% le ratio est inférieur à celui sans turnover. De plus, au delà d'un taux de turnover de 10%, le ratio de solvabilité dans un an est inférieur à celui de l'année. On a dégradé la solvabilité de notre assureur. Par ailleurs la *PVFP* projetée diminue et ce quelque soit le taux de turnover.

Nous observons une diminution de la *PVFP* et un ratio de solvabilité possiblement dégradé à horizon un an. Nous pouvons imaginer que cet effet s'accroît avec l'horizon de projection. Pour compléter cette étude il faudrait projeter le bilan et le ratio de solvabilité à plus long terme comme cela est requis par la réglementation. D'autres décisions de gestion complémentaires pourraient être ajoutées à l'étude. De plus nous avons projeté le bilan et le *SCR* avec une méthode simplifiée qui utilise un unique scénario déterministe. La projection pourrait être améliorée en utilisant une méthode plus complexe telle que celles citées en [4.4](#).

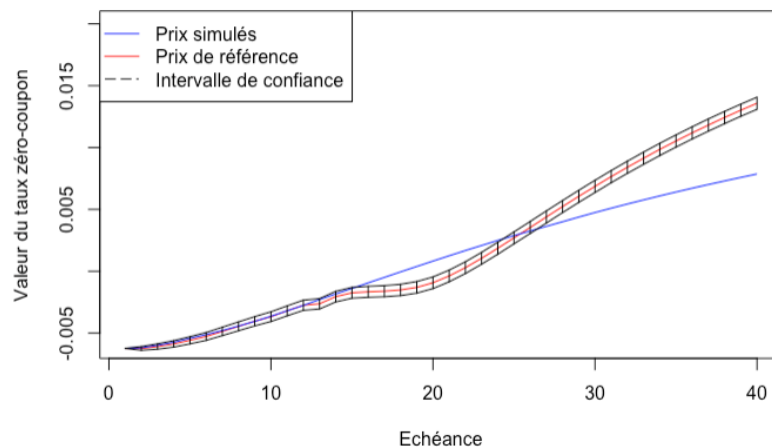
# Annexes

## A Les tests de calibration du générateur de scénarios économiques en central au 31/12/2020

### A.1 Les tests de calibration du modèle de Vasicek

#### Le test de martingalité pour les taux nominaux au 31/12/2020

Le test de martingalité est vérifié si la moyenne des prix actualisés des obligations zéro-coupon de maturité  $T$  est égale au prix du zéro-coupon de maturité  $T$  issu de la courbe des taux fournie par l'EIOPA.



Appendice 1 – La courbe zéro-coupon simulée et la courbe de référence avec un intervalle de confiance à 95%

La courbe simulée sort de l'intervalle de confiance à 95% de la courbe de référence. C'est l'inconvénient du modèle de Vasicek à deux facteurs qui ne peut pas reproduire la forme de la courbe des taux actuelle à cause de son point d'inflexion. On utilise tout de même ce modèle car le prix des obligations zéro-coupon est défini par une formule fermée et qu'il modélise des taux négatifs.

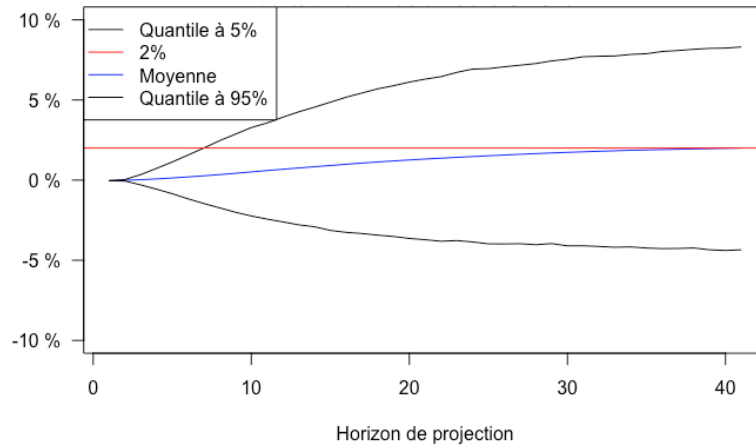
#### Le test de Market Consistency pour les taux nominaux au 31/12/2020

L'instrument financier dont on veut répliquer le prix est un put de maturité 1 an de sous-jacent une obligation d'État Allemande de maturité 10 ans émise au pair de nominal égal à 100 euros. Cette obligation verse un coupon fixe annuel. Le strike du put est de 99,74 et son prix sur le marché est de 2,95 €.

Le prix du put recalculé avec nos courbes de taux simulées est de 2,96 €. Il appartient à l'intervalle de confiance à 95% du prix observé sur le marché :  $[2,84 ; 3,06]$ . Le test de Market Consistency est vérifié.

## La convergence de l'inflation pour les taux réels au 31/12/2020

Il n'y a pas de courbe de référence pour les taux réels. Nous devons calibrer pour faire converger la courbe moyenne vers l'UFR défini par l'EIOPA de sorte que la moyenne des taux d'inflation converge vers 2%. Nous avons cette convergence au 31 décembre 2020 ce qui valide la calibration :

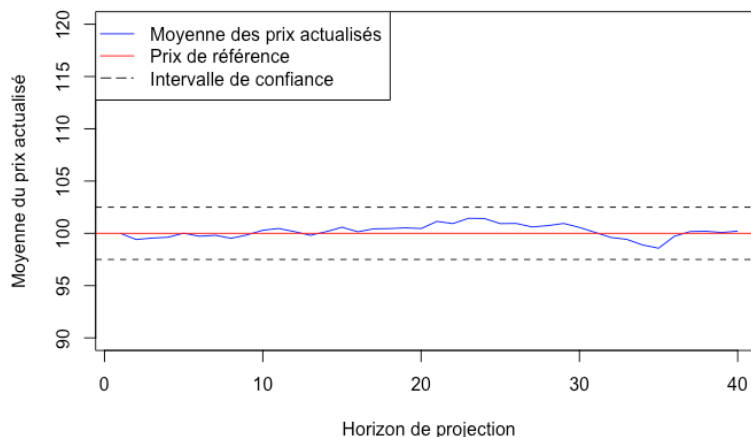


Appendice 2 – Les caractéristiques des trajectoires stochastiques du taux d'inflation

## A.2 Le test de calibration du modèle de Black-Scholes

Nous calibrons le modèle de Black-Scholes pour la projection des actions avec l'indice VCAC ce qui vérifie le test de Market Consistency. Nous devons seulement effectuer le test de martingalité.

Le test de martingalité pour les actions est vérifié si la moyenne des prix actualisés est égale au prix initial de l'action à chaque pas de temps. Dans notre cas, la valeur initiale est de 100 euros.



Appendice 3 – La moyenne des prix actualisés et le prix de référence avec un intervalle de confiance à 95%

La moyenne des prix actualisés se trouve dans l'intervalle de confiance à 95% du prix initial : le test est valide.

## B Le calcul du *SCR* par la formule standard

### B.1 Les matrices de corrélation

Les matrices de corrélation pour le calcul du *BSCR* sont données par la formule standard.

La matrice de corrélation pour le calcul du *SCR* vie est :

	Mortalité	Longévité	Invalidité	Frais	Révision	Rachats	Catastrophe
Mortalité	1						
Longévité	-0,25	1					
Invalidité	0,25	0	1				
Frais	0,25	0,25	0,5	1			
Révision	0	0,25	0	0,5	1		
Rachats	0	0,25	0	0,5	0	1	
Catastrophe	0,25	0	0,25	0,25	0	0,25	1

La matrice de corrélation pour le calcul du *SCR* marché est :

	Taux	Action	Immobilier	Spread	Change	Concentration
Taux	1					
Action	0/0,5*	1				
Immobilier	0/0,5*	0,75	1			
Spread	0/0,5*	0,75	0,5	1		
Change	0,25	0,25	0,25	0,25	1	
Concentration	0	0	0	0	0	1

\* désigne les corrélations à utiliser si le choc de taux est à la baisse.

### B.2 Les chocs de spread obligataire

Les obligations sont classées selon 6 échelons de crédits. L'échelon de qualité de crédit est déduit de la notation de l'obligation. Le choc de spread à appliquer dépend de cet échelon et de la durée  $D$  de l'obligation. Il vaut  $\min(a + b * (D - \text{borne inf}), 1)$  où borne inf désigne la borne inférieure de l'intervalle dans lequel se situe  $D$ . Les paramètres  $a$  et  $b$  du choc à appliquer sont donnés dans le tableau suivant :

Échelon	0		1		2		3		4		5 et 6	
	$D$	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
$0 < D \leq 5$			0,9%		1,1%		1,4%		2,5%		4,5%	7,5%
$5 < D \leq 10$	4,5%	0,5%	5,5%	0,6%	7%	0,7%	12,5%	1,5%	22,5%	2,5%	37,5%	4,2%
$10 < D \leq 15$	7%	0,5%	8,4%	0,5%	10,5%	0,5%	20%	1%	35%	1,8%	58,5%	0,5%
$15 < D \leq 20$	9,5%	0,5%	10,9%	0,5%	13%	0,5%	25%	1%	44%	0,5%	61%	0,5%
$20 < D$	12%	0,5%	13,4%	0,5%	15,5%	0,5%	30%	0,5%	46,5%	0,5%	63,5%	0,5%

### B.3 Les paramètres des chocs de taux à appliquer

Les coefficients multiplicatifs à appliquer sont donnés par l'EIOPA. Ils ont été calibrés sur la base de données empiriques allant de 1999 à 2016.

Maturité en années	Choc à la hausse	Choc à la baisse
$\leq 1$	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%
$\geq 90$	20%	-20%

Les coefficients pour les maturités non indiquées sont déduits par interpolation linéaire.

## C Les tests de calibration du générateur de scénarios économiques en central au 31/12/2021

### C.1 Les tests de calibration du modèle de Vasicek

En central les paramètres du modèle de Vasicek pour les taux nominaux sont les suivants :

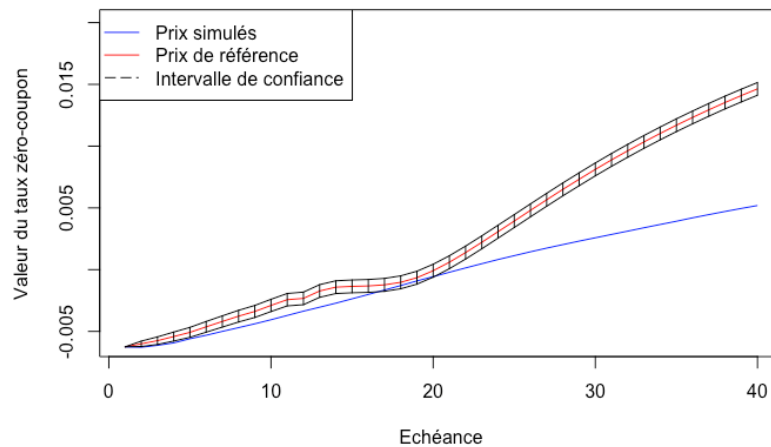
$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\mu$	$r(0)$	$l(0)$
0,145	0,045	0,0155	0,007	0,03596	-0,00625	-0,002896

Et pour les taux réels :

$\alpha_{1,r}$	$\alpha_{2,r}$	$\sigma_{1,r}$	$\sigma_{2,r}$	$\mu_r$	$r_r(0)$	$l_r(0)$
0,9	0,03	0,0155	0,007	0,01596	-0,0059	-0,0025

#### Le test de martingalité pour les taux nominaux au 31/12/2021

Le résultat du test de martingalité dans le scénario central est :



Appendice 4 – La courbe zéro-coupon simulée et la courbe de référence avec un intervalle de confiance à 95%

Comme au 31 décembre la courbe simulée sort de l'intervalle de confiance à 95% de la courbe de référence. Nous avons conservé ce modèle pour sa praticité.

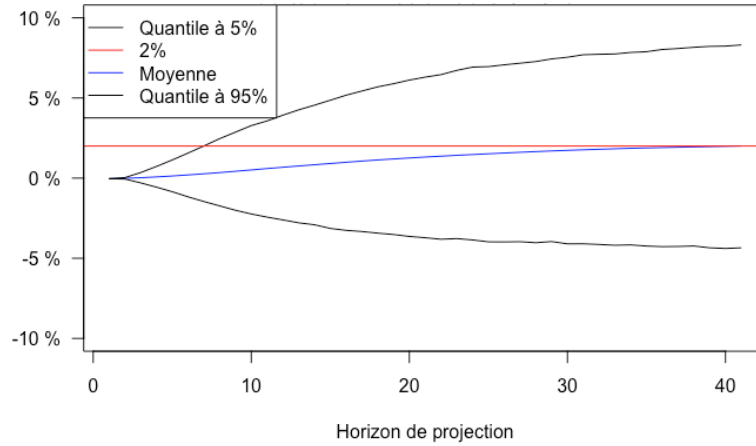
#### Le test de Market Consistency pour les taux nominaux au 31/12/2021

Nous n'avons pas de données de marché au 31 décembre 2021. Nous ne pouvons pas effectuer le test de Market Consistency pour les taux nominaux.



## La convergence de l'inflation pour les taux réels au 31/12/2021

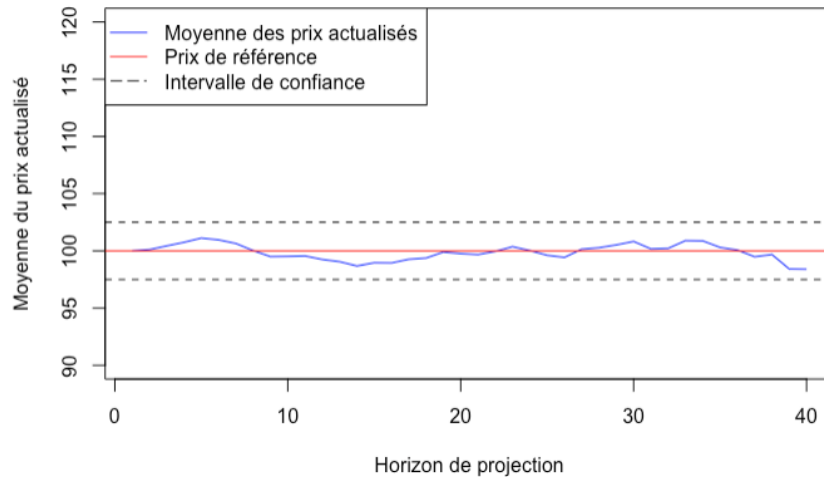
La moyenne des taux d'inflation converge vers 2% ce qui valide la calibration :



Appendice 5 – Les caractéristiques des trajectoires stochastiques du taux d'inflation

## C.2 Le test de calibration du modèle de Black-Scholes

Nous utilisons la même volatilité implicite pour calibrer le modèle qu'au 31 décembre 2020.



Appendice 6 – La moyenne des prix actualisés et le prix de référence avec un intervalle de confiance à 95%

La moyenne des prix actualisés se situe dans l'intervalle de confiance à 95% du prix initial : le test est valide.

## Références

- [1] Code des Assurances. <https://www.legifrance.gouv>.
- [2] Fédération Française de l'Assurance. <https://www.ffa-assurance.fr>.
- [3] Directive 2009/138/CE. *Parlement Européen et Conseil de l'Union Européenne*, 2009.
- [4] Le taux technique en assurance vie, Analyses et synthèses n°66. *ACPR*, 2016.
- [5] Les placements des assureurs résistent à la crise malgré les tensions. *Bulletin de la BDF 232/5*, 2020.
- [6] Revalorisation 2019 des contrats d'assurance vie et de capitalisation, Analyses et synthèses n°115. *ACPR*, 2020.
- [7] Les chiffres de l'assurance en 2020, Bilan chiffré. *Dossier de presse FFA*, 2021.
- [8] Révision 2020 : Préconisations de l'EIOPA. *Publication Amundi Asset Management*, 2021.
- [9] Révision Solvabilité 2, Avis EIOPA. *Publication Optimind*, 2021.
- [10] A. Dechazal. Dilution et relation d'un portefeuille d'assurance vie par la collecte nette. *Mémoire d'actuariat*, 2021.
- [11] G. Dormoy. Les décisions futures de gestion peuvent-elles avoir des effets pervers sur la solvabilité d'une entreprise d'assurance vie? *Mémoire d'actuariat*, 2019.
- [12] R. Gauville. Projection du ratio de solvabilité : des méthodes de machine learning pour contourner les contraintes opérationnelles de la méthode des sds. *Mémoire d'actuariat*, 2017.
- [13] C. Graciani. Assurance vie et participation aux bénéfices. *Présentation ISFA*.
- [14] C. Hillairet. Modèles de la courbe des taux d'intérêts. *Cours ENSAE*.
- [15] A. Koursaris. A Least Squares Monte Carlo approach to liability proxy modelling and capital calculation. *Barrie & Hibbert*, 2011.
- [16] L. Loisel, S. Devineau. Construction d'un algorithme d'accélération de la méthode des simulations dans les simulations pour le calcul du capital économique Solvabilité 2. *Bulletin Français d'Actuariat*, 10 (17), 188-221, 2009.
- [17] C. Martin. L'impact de la modélisation des frais d'un produit d'épargne sur la rentabilité et la solvabilité d'un organisme assureur. *Mémoire d'actuariat*, 2018.
- [18] C. Petit. Les futures décisions de gestion dans le calcul des provisions techniques vie S2. *ACPR*, 2018.
- [19] M. Piermay. Gestion actif/passif. *Cours CEA*, 2019.
- [20] D. Pointin. Les assureurs peuvent-ils continuer à vendre des contrats en euros? *Mémoire d'actuariat*, 2017.
- [21] D. Schrage. Replicating Portfolios for Insurance Liabilities. *Actuarial Sciences*, 2008.
- [22] P. Théron. Provisions techniques relatives aux actifs financiers des assureurs. *Cours ISFA*.