



Mémoire présenté devant le jury de l'EURIA en vue de l'obtention du  
Diplôme d'Actuaire EURIA  
et de l'admission à l'Institut des Actuaire

le 6 Septembre 2023

Par : Délia DURU

Titre : L'Euro-croissance : une opportunité pour les assureurs et leurs clients ?

Confidentialité : Non

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

**Membre présent du jury de l'Institut**

**des Actuaire :**

Marine HABART

Yassin NAJID

Signatures :

**Entreprise :**

Actuelia

Signature :

**Membres présents du jury de l'EURIA : Directeur de mémoire en entreprise :**

Brice FRANKE

Signature :

David FITOUCHI

Signature :

**Invité :**

Signature :

**Autorisation de publication et de mise en ligne sur un site de diffusion  
de documents actuariels**

*(après expiration de l'éventuel délai de confidentialité)*

Signature du responsable entreprise :

Signature du candidat :



## Résumé

Le développement de l'Euro-croissance dans le paysage de l'assurance en France reste relativement limité jusqu'à présent. En effet, à la fin mars 2023, ces contrats ne représentent qu'une part de 0,4 % de l'ensemble des contrats d'assurance-vie. Cependant, ils commencent à susciter de l'intérêt avec une augmentation de l'encours de 50 % sur un an à la même période. Ce mémoire se propose d'étudier l'intérêt de ce fonds : pour les assureurs mais également pour les assurés.

Le produit Euro-croissance est caractérisé par la présence d'une garantie, partielle ou totale, du capital investi par l'assuré mais uniquement à l'échéance. Le remodelage d'un outil de gestion actif-passif adapté au fonds est au coeur de ce mémoire. Les interactions entre les provisions techniques, une allocation d'actifs appropriée, ainsi que les schémas de comportement attendus des souscripteurs vis-à-vis de ce type de produit y sont détaillés.

Cette modélisation du fonds Euro-croissance a pour objectif de déterminer les espérances de rendement des assurés et de l'assureur, les risques pris par les deux parties mais également l'impact du produit au niveau prudentiel. De plus, cette étude prend en considération deux niveaux distincts de taux de garantie. Ainsi, l'impact d'une garantie partielle est étudié pour déterminer si elle confère au produit une plus grande compétitivité par rapport à une garantie totale.

**Mots clefs:** Euro-croissance, gestion actif-passif, performance, rentabilité, actifs, risque, SCR



## Abstract

The development of *Euro-croissance* in the French insurance landscape remains relatively limited to date. Indeed, at the end of March 2023, these policies represented only 0.4 % of all life insurance policies. However, they are beginning to attract interest, with a 50 % year-on-year increase in outstandings over the same period. This thesis will examine the benefits of these funds for both insurers and policyholders.

The *Euro-croissance* product is characterized by the presence of a partial or full guarantee of the capital invested by the policyholder, but at maturity only. The remodeling of an asset-liability management tool adapted to the fund is at the core of this brief. The interactions between technical reserves, appropriate asset allocation, and the expected behavior patterns of policyholders with regard to this type of product are detailed.

The aim of this modeling of the *Euro-croissance* fund is to determine the expected returns of the insurer and policyholders, the risks taken by both parties, and the impact of the product at prudential level. In addition, this study takes into account two distinct levels of guarantee rate. The impact of a partial guarantee is studied to determine whether it makes the product more competitive than a full guarantee.

**Keywords:** *Euro-croissance*, asset-liability management, performance, profitability, assets, risk, SCR



# Note de synthèse

L'objectif de ce mémoire réside dans l'étude de l'attrait du fonds Euro-croissance, tant du point de vue des assurés que de celui de l'assureur, en termes de rentabilité offerte et de tolérance au risque. De plus, cette étude prend en compte deux niveaux de taux de garantie. Ainsi, l'effet d'une garantie partielle est analysé et il est déterminé si celle-ci confère au produit une plus grande compétitivité en comparaison avec une garantie totale.

## Contexte

Dans le domaine en constante évolution de l'assurance-vie, les produits financiers subissent des changements fréquents pour répondre aux besoins changeants des assureurs et des assurés. Une innovation notable au sein de cet environnement a été l'introduction des fonds Euro-croissance en 2014.

Cependant, leur intégration dans le paysage de l'assurance en France a été jusqu'à présent relativement limitée. En effet, à fin mars 2023, l'encours des contrats Euro-croissance ne représente que 0,4 % de l'encours total de l'assurance-vie. Toutefois, ces contrats suscitent progressivement un intérêt croissant. Cette tendance se reflète dans l'évolution de l'encours des contrats Euro-croissance, qui a connu une croissance de 50 % sur une année en mars 2023.

Les fonds Euro-croissance se présentent comme des produits d'assurance-vie qui offrent une garantie partielle ou totale du capital investi par l'assuré et qui ne s'applique qu'à l'échéance. Une garantie partielle est assortie de la perspective d'un rendement potentiellement plus élevé que celui d'un fonds en Euros mais d'un risque plus faible que pour un contrat en Unité de Compte. Cette perspective accrue de rendement découle de la nature partielle de la garantie, qui autorise l'assureur à réduire ses engagements envers les assurés et à investir dans des actifs plus risqués en quête d'un rendement supérieur.

Trois provisions techniques caractérisent le produit Euro-croissance :

- La provision technique de diversification (PTD) ;
- La provision collective de diversification différée (PCDD) ;
- La provision pour garantie au terme (PGT).



FIGURE 1 – Bilan du fonds Euro-croissance

La PTD reflète la valeur des actifs détenus par les assurés et varie en fonction des fluctuations du marché. Cette provision se compare à la provision technique des contrats en Unités de Compte.

La PCDD, quant à elle, a pour but de lisser la valeur de rachat du contrat et l'assureur dispose d'une grande liberté quant à sa gestion. Il est possible de rapprocher cette provision à celle pour participation aux bénéfices (PPB) présente dans les fonds en Euros. Enfin, la PGT n'est pas systématiquement établie ; elle est alimentée par les fonds propres de l'assureur uniquement lorsque les montants de PTD et de PCDD ne suffisent pas à garantir le capital aux assurés à terme. La PGT est influencée par le taux de garantie et n'est portée que par l'assureur.

### Construction du modèle

Pour mieux appréhender les dynamiques entre les éléments de l'actif et du passif, l'assurance-vie recourt à des méthodes de simulations. Cela implique la génération aléatoire d'un ensemble de scénarios autour d'une moyenne, ce qui permet d'évaluer l'effet du taux de garantie à terme spécifique au contrat Euro-croissance.

**Calibrage du générateur de scénarios économique** Un générateur de scénarios économiques (GSE) a été ajusté pour produire deux perspectives : une en vision « monde réel » et une autre en adoptant une approche « risque neutre ». Cette calibration repose sur le modèle de Hull-White à un facteur pour les taux d'intérêt.

Le GSE a la capacité de créer quatre catégories distinctes d'actifs : des obligations d'Etat, des actions, des biens immobiliers et de la liquidité. Afin d'ajuster le modèle pour les actions et pour l'immobilier, les données d'observation du CAC 40 et de l'IPL sont respectivement utilisées. Ces choix d'indices se veulent conformes à la logique du fonds Euro-croissance, lequel, grâce aux incitations de la loi PACTE, encourage les placements

dans des actifs français et européens. L'évaluation de la corrélation entre les taux, les actions et les biens immobiliers a également été réalisée.

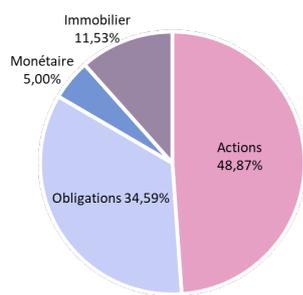
**Modélisation de la PCDD** La PCDD est une provision clef dans le cadre des contrats Euro-croissance : un algorithme permettant à l'assureur de la piloter est présenté. L'objectif est d'offrir un rendement aux assurés uniformisé sur les années et qui répond aux attentes.

**Comportement des assurés en termes de rachats** Étant donné que le fonds Euro-croissance est un produit relativement nouveau, des lois de rachats structurels ne sont pas encore proposées. Par conséquent, l'objectif consiste à estimer de manière réaliste le comportement attendu des assurés en ce qui concerne les rachats, en prenant en compte les attributs spécifiques du contrat.

La réflexion menée est la suivante : plus le contrat arrive à échéance et plus le taux servi est élevé, plus les assurés peuvent être tentés de racheter leurs contrats pour ne pas risquer de réaliser des moins-values et redescendre au niveau du capital garanti. Au contraire, si le contrat approche du terme et que le taux servi est bas, les assurés auront tendance à rester pour au moins obtenir le capital garanti par l'assureur.

Concernant les rachats conjoncturels d'un contrat Euro-croissance, la dynamique semble différer de celle observée dans un fonds en Euros. Cette divergence résulte notamment de l'absence de l'effet cliquet présent dans les fonds en Euros. Par conséquent, en cas de rendement inférieur aux attentes, les assurés ont une motivation à conserver leurs contrats pour garantir au moins la somme investie. Cependant, en l'absence de cet effet cliquet, les assurés pourraient être enclins à racheter leurs contrats lorsque la valeur de rachat excède celle de la garantie.

**Allocation d'actif** Une allocation d'actifs prudente est choisie afin de permettre à l'assureur de respecter ses engagements. Dans cette optique, les valeurs actualisées des montants garantis pour les assurés sont adossées à des actifs à faible risque, des obligations d'État. Le reste des fonds est investi dans des actifs plus exposés au risque. Cette allocation d'actifs est sujette à des ajustements au fil du temps puisqu'elle est alignée sur le passif. À mesure que les contrats approchent de leur échéance, le portefeuille d'actifs est progressivement réorienté vers des placements moins risqués.



(a) Garantie de 80 %



(b) Garantie de 100 %

FIGURE 2 – Allocation initiale de l'actif du fonds Euro-croissance dans le modèle de gestion actif-passif

Divers tests ont ensuite été menés afin de s'assurer du bon fonctionnement de l'outil de gestion en actif-passif, que ce soit en vision « monde réel » ou « risque neutre » : tests de convergence, tests de fuite et vérification d'absence d'écart de valorisation.

### Étude

Plusieurs indicateurs sont choisis afin d'évaluer la rentabilité, le risque et l'impact au niveau prudentiel du fonds Euro-croissance selon son taux de garantie :

- La taux de rendement moyen net ;
- La plus-value annualisée des assurés ;
- Le résultat technique actualisé ;
- Le risque de perte des assurés et de l'assureur ;
- Le *Best Estimate* ;
- Le ratio de couverture du SCR.

La performance du produit est ensuite analysée. Le taux de rendement moyen net de frais à 10 ans est de respectivement 3,54 % et de 3,02 % pour la garantie partielle et totale :

Taux de garantie	80 %	100 %
Taux de rendement moyen net	<b>3,54 %</b>	<b>3,02 %</b>

TABLE 1 – Taux de rendement moyen net de frais pour les deux taux de garanti sur 10 ans

Le contrat Euro-croissance offre un meilleur rendement pour les contrats avec une garantie partielle que pour ceux présentant une garantie totale. Ce résultat se traduit à la fois sur les plus-values observées par les assurés à l'échéance et sur le résultat technique actualisé.

Seulement, du point de vue de l'assureur, ces résultats de performance seuls ne suffisent pas à être des bons indicateurs. Pour cela, l'impact sur le ratio de capital de solvabilité requis est regardé :

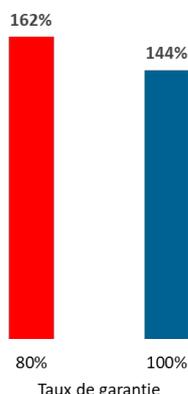


FIGURE 3 – Ratios de couverture du SCR pour les deux taux de garantie proposés

Ces résultats montrent qu'il est à la fois plus intéressant pour l'assuré et pour l'assureur en termes de rentabilité et de solvabilité de s'intéresser à un produit ne présentant qu'une garantie partielle : les assurés observent une meilleure plus-value et les assureurs ont moins de capital à immobiliser. Ces résultats sont dus à la présence d'un actif plus risqué et au transfert de risque réalisé de l'assureur vers l'assuré en proposant une garantie partielle.

Cependant, le gain en termes de rentabilité du point de vue des assurés ne paraît pas si impactant. Pour cela, les raisons d'un écart de performance faible entre les deux taux de garantie pour une allocation d'actifs alignée sur le passif sont explorées. Le contexte actuel, de taux hauts, permet un rendement élevé des obligations d'état. Ainsi, les résultats en contexte de taux plus bas sont regardés :

Taux de garantie	80 %		100 %	
Courbe des taux	31/05/2023	Taux bas	31/05/2023	Taux bas
Taux de rendement moyen net	3,54 %	<b>3,24 %</b>	3,02 %	<b>2,63 %</b>

TABLE 2 – Taux de rendement moyen net de frais pour les deux taux de garanti sur 10 ans entre les deux contextes économiques considérés

Les résultats traduisent un rendement plus faible que dans le contexte actuel : si la gestion de l'actif du produit Euro-croissance est dynamique la poche obligataire est tout de même très présente ce qui impacte le rendement.

Cependant, ils permettent de mettre en lumière l'intérêt de la garantie partielle. Les écarts entre les plus-values réalisées par les assurés au terme de leurs contrats sont plus grands entre les deux taux de garantie dans le nouveau contexte économique que dans l'actuel.

En vue d'améliorer les performances du fonds Euro-croissance dans le contexte économique actuel, une gestion d'actif plus risquée est regardée :

Taux de garantie	80 %		100 %	
Allocation	Prudente	Offensive	Prudente	Offensive
Taux de rendement moyen net	3,54 %	<b>3,64 %</b>	3,02 %	<b>3,03 %</b>

TABLE 3 – Taux de rendement moyen net de frais pour les deux taux de garanti sur 10 ans entre la méthode de gestion de l'actif prudente et celle offensive

Cette nouvelle méthode améliore le rendement du fonds. Ce mode de gestion permet également de mieux justifier l'intérêt de la garantie partielle : la plus-value comme le résultat technique actualisé de l'assureur se démarquent par rapport à la garantie totale. Évidemment, cela impacte le risque de perte des assurés et de l'assureur. Cet effet est particulièrement remarquable pour la garantie partielle : ils passent de 16,20 % de risque de perte avec une moins-value d'espérance - 10,02 % à 25,51 % de risque de perte avec une moins-value d'espérance - 12,25 %. De plus, le ratio de couverture du SCR se retrouve fortement dégradé pour l'assureur avec une gestion offensive de l'actif :

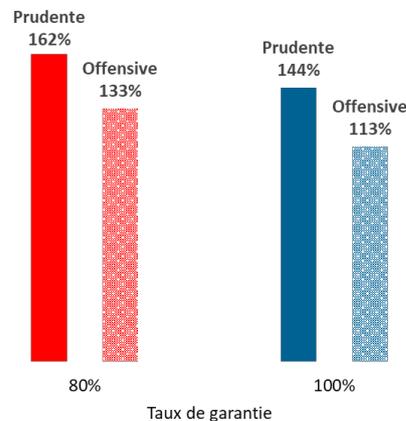


FIGURE 4 – Ratios de couverture du SCR pour les deux taux de garantie proposés selon la gestion de l'actif

Cette dégradation s'observe particulièrement pour la garantie totale ce qui s'explique à la fois par une hausse du *Best Estimate* et du SCR Marché. En effet, l'assureur augmente les transferts des fonds propres vers la PGT, diminue ses frais prélevés et augmente

le SCR Marché de par son allocation plus risquée.

Une stratégie présentant des actifs plus risqués paraît plus pertinente avec les contrats présentant une garantie partielle : le taux de rendement se retrouve nettement amélioré tout en dégradant moins son ratio de solvabilité que pour la garantie totale. Cela peut être un choix du point de vue de l'assureur pour rendre le fonds Euro-croissance plus attractif.

## **Conclusion**

Le fonds Euro-croissance offre un meilleur rendement pour l'assuré lorsqu'il souscrit à une garantie partielle. Cependant ce gain est à mettre en perspective avec son risque de perte plus important qu'avec la présence d'une garantie totale.

L'assureur pourrait avoir comme stratégie de dynamiser son actif lorsqu'une garantie partielle est proposée. Une telle option semble moins pertinente pour la garantie totale : l'écart de gain y est moins important et la solvabilité de l'assureur plus impactée négativement.



# Executive summary

The aim of this thesis is to study the attractiveness of the *Euro-croissance* fund, both from the policyholder's and the insurer's point of view, in terms of profitability offered and risk tolerance. In addition, this study takes into account two levels of guarantee rates. Using this approach, the impact of a partial guarantee is analyzed and it determined whether it enhances the product competitiveness when contrasted with a full guarantee.

## Context

In the constantly evolving field of life insurance, financial products undergo frequent changes to meet the changing needs of insurers and policyholders. A notable innovation within this environment was the introduction of *Euro-croissance* funds in 2014.

However, their integration into the French insurance landscape has so far been relatively limited. Indeed, at the end of March 2023, *Euro-croissance* contracts accounted for just 0.4 % of total life insurance assets. Nevertheless, interest in these contracts is gradually growing. This trend is reflected in the growth of *Euro-croissance* contracts, which rose by 50 % year-on-year in March 2023.

*Euro-croissance* funds are life insurance products offering a partial or full guarantee on the capital invested by the policyholder, applicable only at maturity. A partial guarantee is accompanied by the prospect of a potentially higher return than that of a Euro fund, but a lower risk than that of a unit-linked contract. This higher return is due to the partial nature of the guarantee, which allows the insurer to reduce its commitments to policyholders and invest in riskier assets in search of a higher return.

Three technical provisions characterize the *Euro-croissance* product :

- The technical diversification provision (*PTD*);
- The collective deferred diversification provision (*PCDD*);
- The provision for term guarantee (*PGT*).

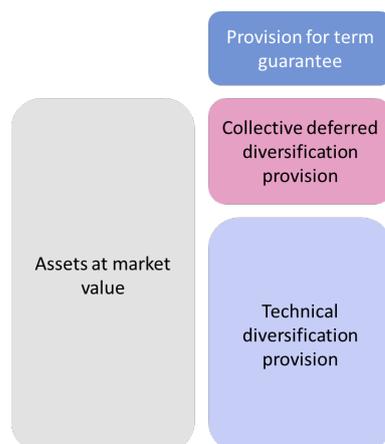


FIGURE 5 – *Euro-croissance* fund balance sheet

The *PTD* reflects the value of assets held by policyholders, and varies according to market fluctuations. This provision is comparable to the technical provision for unit-linked policies. The purpose of the *PCDD* is to smooth the surrender value of the contract, and the insurer has considerable freedom in its management. This provision can be compared to the profit-sharing provision found in euro funds.

Lastly, the *PJT* is not systematically established ; it is replenished by the insurer’s own funds only when the amounts of the *PTD* and the *PCDD* are not sufficient to guarantee the policyholders’ capital at term. The *PJT* is influenced by the guarantee rate and is borne solely by the insurer.

### Constructing the model

To gain a deeper insight of the dynamics between assets and liabilities, the life insurance industry uses simulation methods. This involves the random generation of a set of scenarios around an average, making it possible to assess the effect of the forward guarantee rate specific to the *Euro-croissance* contract.

**Calibration of the economic scenario generator** An economic scenario generator (ESG) has been adjusted to produce two perspectives : one with a real-world vision, and the other adopting a risk-free approach. This calibration is based on the one-factor Hull-White model for interest rates.

The ESG has the ability to create four distinct asset classes : government bonds, equities, real estate and liquidity. To adjust the model for equities and real estate, CAC 40 and IPL observation data are used respectively. These index choices are intended to be consistent with the logic of the *Euro-croissance* fund, which, thanks to the incentives of the PACTE law, encourages investment in French and European assets. The correlation between interest rates, equities and real estate was also assessed.

**Modeling the PCDD** The *PCDD* is a key provision in *Euro-croissance* contracts : an algorithm enabling the insurer to manage it is presented. The aim is to offer policyholders a uniform return over the years that meets their expectations.

**Policyholder surrender behavior** Since the *Euro-croissance* fund is a relatively new product, structural surrender laws are not yet available. Consequently, the aim is to make a realistic estimate of policyholders' expected surrender behavior, taking into account the specific attributes of the contract.

Individuals may be tempted to surrender their policies to avoid the risk of capital losses, and return to the level of guaranteed capital. On the other hand, if the contract is approaching maturity and the rate paid is low, policyholders will tend to remain in the contract to at least obtain the capital guaranteed by the insurer.

Regarding cyclical redemptions in a *Euro-croissance* contract, the dynamics seem to differ from those observed in a Euro fund. This divergence is notably due to the absence of the ratchet effect present in Euro funds. As a result, in the event of a lower-than-expected return, policyholders are motivated to keep their contracts in order to guarantee at least the amount invested. However, in the absence of this ratchet effect, policyholders may be inclined to surrender their contracts when the surrender value exceeds the guarantee value.

**Asset allocation** A prudent asset allocation is chosen to enable the insurer to meet his commitments. With this in mind, the present values of the amounts guaranteed to policyholders are backed up by low-risk assets, such as government bonds. The remainder of the funds is invested in riskier assets. This asset allocation is subject to adjustment over time, as it is aligned with liabilities. As contracts approach maturity, the asset portfolio is gradually reoriented towards less risky investments.

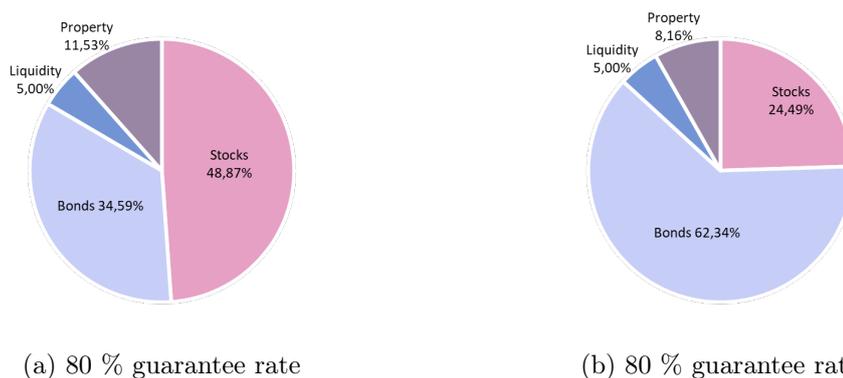


FIGURE 6 – Initial asset allocation of the *Euro-croissance* fund in the asset-liability management model

Various tests were then carried out to ensure that the asset-liability management tool was working properly, in both real-world and risk-free views : convergence tests, leakage tests and verification of the absence of valuation discrepancies.

## Study

Several indicators are chosen to assess the profitability and risk of the *Euro-croissance* fund, depending on its guarantee rate :

- The average net rate of return ;
- Annualized capital gains for policyholders ;
- Discounted technical result ;
- The risk of loss for policyholders and the insurer ;
- Best Estimate ;
- SCR coverage ratio.

Product performance is then analyzed. The average rate of return net of fees over 10 years is 3.54 % and 3.02 % respectively for the partial and full guarantees :

Guarantee rate	80 %	100 %
Average net yield	<b>3.54 %</b>	<b>3.02 %</b>

TABLE 4 – Average rate of return net of fees for both 10-year guaranteed rates

The *Euro-croissance* contract offers a better return for contracts with a partial guarantee than for those with a full guarantee. This result is reflected both in the capital gains observed by policyholders at maturity and in the discounted technical result.

However, from the insurer’s point of view, these performance results alone are not enough to be good indicators. For this reason, we look at the impact on the solvency capital ratio :



FIGURE 7 – SCR coverage ratios for the two proposed guarantee rates

These results show that, in terms of profitability and solvency, it is more attractive for both the policyholder and the insurer to take an interest in a product offering only a partial guarantee : policyholders obtain a better capital gain, and insurers have less capital to tie up. These results are due to the presence of a riskier asset and the transfer of risk from the insurer to the policyholder by offering a partial guarantee.

However, the gain in terms of profitability from the policyholder’s point of view doesn’t seem to be that significant. That’s why the reasons for the narrow performance gap between the two guarantee rates for an asset allocation aligned with liabilities are then explored. The current high interest-rate environment is conducive to high yields on government bonds. Results in a lower-rate environment are examined :

Guarantee rate	80 %		100 %	
Rate curve	05/31/2023	Low rates	05/31/2023	Low rates
Average net yield	3.54 %	<b>3.24 %</b>	3.02 %	<b>2.63 %</b>

TABLE 5 – Average rate of return net of fees for the two guaranteed rates over 10 years between the two economic contexts considered

The results reflect a lower yield than in the current context : although the *Euro-croissance* product’s asset management is dynamic, the bond component is still very present, which has an impact on the yield.

However, they do highlight the benefits of the partial guarantee. The differences between the capital gains realized by policyholders at the end of their contracts are greater between the two guarantee rates in the new economic context compared to the current one.

In order to improve the performance of the Euro-croissance fund in the current economic climate, we are looking at riskier asset management :

Guarantee rate	80 %		100 %	
Method	Cautious	Offensive	Cautious	Offensive
Average net yield	3.54 %	<b>3.64 %</b>	3.02 %	<b>3.03 %</b>

TABLE 6 – Average rate of return net of fees for the two guaranteed rates over 10 years between the cautious asset management method and the offensive asset management method

This new method improves fund performance. This management method also makes it easier to justify the benefits of a partial guarantee : the insurer’s capital gains and discounted underwriting result stand out from those of a full guarantee.

Of course, this has an impact on the risk of loss for both policyholders and the insurer. This effect is particularly noticeable in the case of partial coverage : from a 16.20 % risk of loss with a 10.02 % expectation loss, to a 25.51 % risk of loss with a 12.25 % expectation

loss. In addition, the SCR coverage ratio has deteriorated sharply for the insurer with offensive asset management :

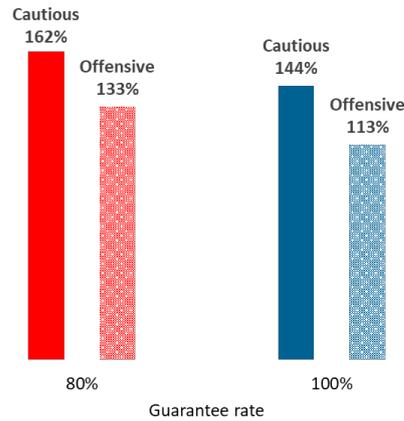


FIGURE 8 – SCR coverage ratios for the two proposed guarantee rates based on asset management

This deterioration is particularly noticeable for the full guarantee, and can be explained by an increase in both the Best Estimate and the Market SCR. Indeed, the insurer is increasing transfers from equity to the *PGT*, lowering its deducted expenses and increasing the Market SCR due to its riskier allocation.

A strategy involving riskier assets seems more appropriate for contracts with a partial guarantee : the rate of return is significantly improved, while the solvency ratio deteriorates less than with a full guarantee. From the insurer's point of view, this may be the right choice to make the *Euro-croissance* fund more attractive.

## Conclusion

The *Euro-croissance* fund offers policyholders a better return when they subscribe to a partial guarantee. However, this gain must be weighed against the greater risk of loss with a full guarantee.

The insurer's strategy could be to boost his assets when a partial guarantee is offered. Such an option seems less appropriate for a full guarantee, where the gain differential is smaller and the insurer's solvency is more negatively impacted.

# Remerciements

Dans un premier lieu, je tiens à remercier Frank BOUKOBZA, David FITOUCHI et Louis-Anselme DE LAMAZE pour leur accueil au sein du cabinet lors de mon stage et de mon alternance.

Je remercie vivement Mordehai ROOS, mon tuteur en entreprise, pour son aide technique, sa grande disponibilité et la qualité de son encadrement.

Mes remerciements vont aussi à l'ensemble du cabinet Actuelia pour avoir fait de mon alternance une expérience enrichissante, pour leurs conseils et leur soutien.

Je remercie également Fabrice HAMON, mon tuteur EURIA, pour son suivi attentif et ses conseils avisés.

Je tiens également à remercier tous les enseignants de l'EURIA pour la qualité de la formation dispensée tout au long de ces trois années.

Enfin, je remercie chaleureusement ma famille et mes amis pour leur soutien durant cette période et leurs nombreuses relectures.



# Liste des abréviations

**ACAV** : Ajustements en assurance à capital variable

**ACPR** : Autorité de contrôle prudentiel et de résolution

**ALM** : *Asset Liability Management* (Gestion actif-passif)

**AMSB** : *Administrative Management and Supervisory Body* (Organe d'administration, de gestion et de contrôle)

**BCE** : Banque centrale européenne

**BE** : *Best Estimate* (Meilleure estimation)

**BGS** : Besoin global de solvabilité

**EIOPA** : *European Insurance and Occupational Pensions Authority* (Autorité européenne des assurances et des pensions professionnelles)

**EQM** : Erreur quadratique moyenne

**ETI** : Entreprise de taille intermédiaire

**FP** : Fonds propres

**GSE** : Générateur de scénarios économiques

**MCR** : *Minimum Capital Requirement* (Minimum de capital requis)

**ORSA (EIRS)** : *Own Risk and Solvency Assessment* (Évaluation interne des risques et de la solvabilité)

**PACTE** : Plan d'action pour la croissance et la transformation des entreprises

**PCDD** : Provision collective de diversification différée

**PERP** : Plan d'épargne pour la retraite populaire

**PFL** : Prélèvement forfaitaire libératoire

**PFU** : Prélèvement forfaitaire unique

**PGT** : Provision pour garantie à terme

**PM** : Provision mathématique

**PME** : Petites et moyennes entreprises

**PPB** : Provision pour participation aux bénéfices

**PTD** : Provision technique de diversification

**PVFP** : *Present Value of Future Profits*

**PVL** : Plus ou moins-value

**QRT** : *Quantitative Reporting Templates* (états quantitatifs)

**RSR** : *Regular Supervisory Report* (Rapport régulier au contrôleur)

**SCR** : *Solvency Capital Requirement* (Capital de solvabilité requis)

**SFCR** : *Solvency and Financial Conditions Report* (Rapport sur la Solvabilité et la Situation Financière)

**TMG** : Taux minimum garanti

**TR** : Taux de rendement

**TRI (IRR)** : Taux de rentabilité interne (*Internal Rate of Return*)

**UC** : Unité de compte

**VL** : Valeur liquidative

# Table des matières

Résumé	i
Abstract	iii
Note de synthèse	v
Executive summary	xiii
Remerciements	xix
Liste des abréviations	xxi
Introduction	1
<b>1 Contexte et description de l’Euro-croissance</b>	<b>3</b>
1.1 L’assurance-vie et la directive Solvabilité II . . . . .	3
1.1.1 L’assurance vie en France . . . . .	3
1.1.2 Solvabilité II . . . . .	8
1.1.3 Contexte économique . . . . .	16
1.2 Le fonds Euro-croissance . . . . .	18
1.2.1 Histoire du fonds Euro-croissance . . . . .	18
1.2.2 Caractéristiques . . . . .	19
1.2.3 Illustration . . . . .	23
<b>2 Construction du modèle</b>	<b>27</b>
2.1 Le générateur de scénarios économiques . . . . .	29
2.1.1 Le marché des taux d’intérêt . . . . .	31
2.1.2 Modèle de taux . . . . .	33
2.1.3 Modélisation des obligations d’Etat . . . . .	36
2.1.4 Modélisation des actions . . . . .	37
2.1.5 Modélisation de l’immobilier . . . . .	41
2.1.6 Corrélation entre les actifs . . . . .	43
2.2 L’outil de gestion actif-passif . . . . .	48
2.2.1 Fonctionnement général du modèle . . . . .	48

2.2.2	Les frais réels de l'assureur . . . . .	51
2.2.3	Pilotage de la PCDD . . . . .	52
2.2.4	Les sorties des assurés . . . . .	55
2.2.5	L'allocation d'actifs . . . . .	63
2.2.6	Validation du modèle de gestion actif-passif . . . . .	66
<b>3</b>	<b>Étude de la pertinence de l'Euro-croissance</b>	<b>69</b>
3.1	Hypothèses . . . . .	69
3.1.1	Le portefeuille d'assurés . . . . .	69
3.1.2	Bilan . . . . .	70
3.1.3	Frais réels et frais prélevés . . . . .	71
3.2	Indicateurs . . . . .	73
3.2.1	Indicateurs du fonds . . . . .	73
3.2.2	Indicateurs de la rentabilité des assurés . . . . .	74
3.2.3	Indicateurs pour l'organisme d'assurance . . . . .	75
3.3	Rentabilité du fonds Euro-croissance . . . . .	78
3.3.1	Rentabilité pour l'assuré . . . . .	79
3.3.2	Rentabilité pour l'assureur . . . . .	84
3.4	Impacts sur la solvabilité de l'assureur . . . . .	87
3.4.1	Bilan économique . . . . .	87
3.4.2	Risque de marché . . . . .	88
3.4.3	Risque de souscription en vie . . . . .	90
3.4.4	Risque de contrepartie . . . . .	94
3.4.5	Ratios de capital de solvabilité requis . . . . .	94
3.5	Contexte de retour à des taux plus bas . . . . .	97
3.6	Piste d'amélioration de la performance . . . . .	101
3.6.1	Gestion offensive de l'actif . . . . .	101
3.6.2	Résultats sur la rentabilité . . . . .	102
3.6.3	Résultats sur la solvabilité . . . . .	105
	<b>Conclusion</b>	<b>111</b>
	<b>A Démonstrations relatives au GSE</b>	<b>113</b>
A.1	Généralités . . . . .	113
A.2	Modèle de Hull-White à un facteur . . . . .	117
A.2.1	Caractère gaussien du modèle de Hull-White à un facteur . . . . .	117
A.2.2	Volatilités log-normales des <i>swaptions</i> . . . . .	119
A.2.3	Prix des <i>swaptions</i> . . . . .	119
A.3	Décomposition de Cholesky . . . . .	121
	<b>B Calcul du SCR</b>	<b>123</b>
	<b>Table des figures</b>	<b>129</b>

Liste des tableaux	132
Bibliographie	134



# Introduction

Dans le paysage complexe et évolutif de l'assurance-vie, les produits financiers se transforment constamment pour répondre aux besoins changeants des assureurs et des assurés. L'une de ces innovations significatives a été l'introduction des fonds Euro-croissance en 2014.

Ce produit novateur a cherché à établir un équilibre entre les avantages de sécurité des fonds en Euros traditionnels et les opportunités offertes par les fonds en unités de compte (UC). Les fonds Euro-croissance ont été conçus pour présenter un rendement potentiellement plus élevé que les fonds en euros, tout en maintenant un niveau de risque plus maîtrisé que les fonds en UC.

Les fonds Euro-croissance sont dotés d'une caractéristique distinctive : une garantie partielle qui intervient à la fin d'une durée de détention minimale. Cette caractéristique donne aux assureurs la possibilité d'investir dans des actifs plus risqués, ouvrant ainsi la voie à des rendements potentiels plus élevés que ceux offerts par les fonds en Euros traditionnels.

Toutefois, la question de la pertinence et de la rentabilité de ce produit se pose à la fois du point de vue des assurés et de celui des assureurs. Pour les premiers, la perspective de bénéficier d'un meilleur rendement est indéniablement attrayante, mais il est crucial de comprendre les risques associés. Quant aux assureurs, en plus de rechercher des opportunités de croissance, ils doivent également prendre en compte les exigences réglementaires, en particulier dans le cadre de Solvabilité II. Dans ce contexte, ce mémoire se propose d'étudier la pertinence des fonds Euro-croissance pour les assureurs et les assurés.

Le contexte, à la fois réglementaire et économique, dans lequel le fonds Euro-croissance évolue sera présenté.

Les outils utilisés pour la modélisation du fonds Euro-croissance seront ensuite détaillés : un générateur de scénario économique et un modèle de gestion actif-passif. Le remodelage d'un outil de gestion actif-passif utilisé dans le cadre des fonds en Euro pour les fonds Euro-croissance a été au coeur de ce mémoire. De plus, les défis particuliers liés à la modélisation d'un produit relativement récent seront présentés, en particulier en ce

qui concerne le comportement des assurés et les provisions spécifiquement liées aux fonds Euro-croissance.

Enfin, les résultats découlant des simulations seront présentés et abordés sous deux angles distincts : d'abord en termes de rentabilité puis en termes d'impacts sur la solvabilité de l'assureur. En guise d'ouverture, une étude du comportement du fonds Euro-croissance dans un contexte économique divergent de la situation actuelle sera menée et une piste afin d'améliorer les performances du produit sera explorée.

# Chapitre 1

## Contexte et description de l'Euro-croissance

Ce mémoire se concentre sur l'étude du fonds Euro-croissance. Avant d'approfondir ce produit, ce chapitre commence par présenter l'assurance-vie en France, tout en rappelant les principes de la directive Solvabilité II auxquels les assureurs sont soumis. Le contexte économique est également explicité afin de comprendre son impact sur les fonds Euro-croissance.

### 1.1 L'assurance-vie et la directive Solvabilité II

L'assurance-vie est un investissement populaire auprès des français. Pendant de nombreuses années, les fonds en Euros ont joué un rôle central dans cette dynamique, offrant une sécurité et une stabilité appréciées dans un contexte économique parfois incertain.

Les fonds en unités de compte (UC) gagnent progressivement du terrain dans l'univers de l'assurance-vie. En effet, les fonds en UC offrent des perspectives de rendements plus élevés mais le risque est entièrement porté par les assurés.

Les fonds Euro-croissance, introduits en 2014, se veulent un hybride entre les fonds en euros et les fonds en UC : présenter un rendement plus important que les fonds en Euro et un risque plus maîtrisé que les fonds en UC. En effet, les fonds Euro-croissance sont caractérisés par la présence d'une garantie partielle au terme d'une durée de détention minimale. Cette particularité permet à l'assureur d'investir dans des actifs plus risqués, offrant ainsi des rendements potentiels supérieurs à ceux des fonds en Euros.

#### 1.1.1 L'assurance vie en France

L'assurance-vie est le deuxième placement financier le plus populaire en France, après le livret A. En 2021, 83,9 % des ménages français possédaient au moins un livret A, tandis

que 40,5 % d'entre eux détenaient au moins une assurance-vie<sup>1</sup>.

Cependant, la collecte brute et la collecte nette de l'assurance-vie ont diminué en 2022 par rapport à 2021. La collecte brute s'est établie à 124,6 milliards d'euros, soit une baisse de 3,6 %, et la collecte nette à 8,4 milliards d'euros, soit une baisse de 54 %. Cette baisse est due à plusieurs facteurs notamment :

- La baisse des taux d'intérêts jusqu'à fin 2021 qui rendait l'assurance vie moins attractive ;
- La hausse de l'inflation qui réduit le pouvoir d'achat des ménages ;
- La crise sanitaire qui a entraîné une baisse de l'épargne des ménages ;
- L'arrivée de nouveaux produits d'épargne comme le plan d'épargne retraite populaire (PERP) qui concurrencent l'assurance vie.

Le graphique ci-dessous présente les montants de la collecte brute et de la collecte nette de l'assurance-vie de 2011 à 2022 :

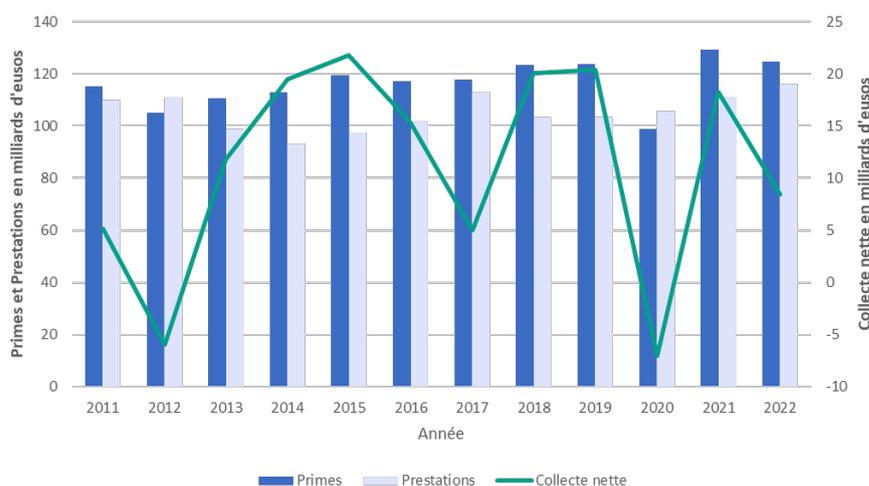


FIGURE 1.1 – Collecte brute et collecte nette de l'assurance-vie de 2011 à 2022, source : [ACPR, 2023]

La baisse de la collecte d'assurance-vie en 2022 s'explique principalement par un désengagement massif des fonds en Euros. En effet, ces fonds ont connu une forte baisse de leur rendement ces dernières années, en raison de la baisse des taux d'intérêt. De plus, la crise sanitaire et la guerre en Ukraine ont créé une incertitude sur les marchés financiers, ce qui a dissuadé les épargnants d'investir dans des fonds en Euros.

En revanche, la collecte nette des fonds en Unités de Compte (UC) a augmenté en 2022. Ces fonds sont plus risqués que les fonds en Euros, mais ils offrent également un potentiel de rendement plus élevé. Les épargnants sont de plus en plus nombreux à investir dans

1. [Insee, 2022b]

des fonds en UC, car ils sont à la recherche de placements plus performants.

Le graphique ci-dessous présente les montants de la collecte nette pour les fonds en Euros et de celle pour les fonds en Unités de Compte de 2011 à 2022 :

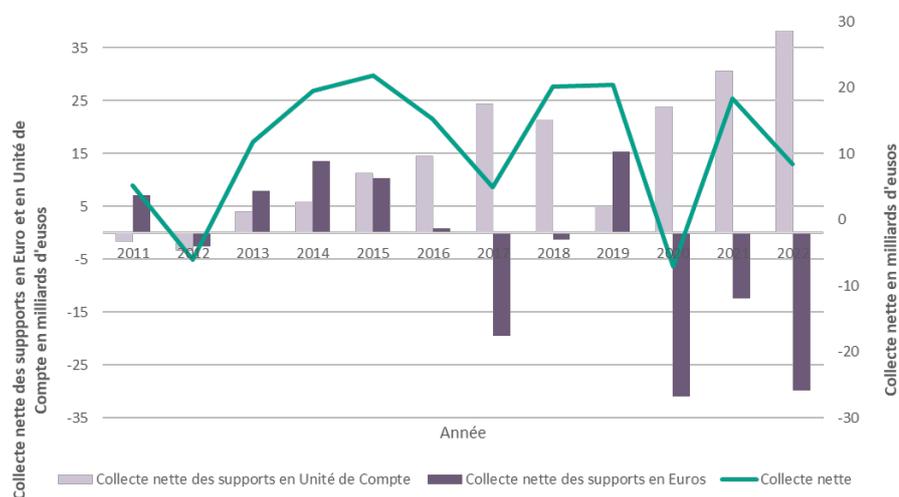


FIGURE 1.2 – Collectes nettes des fonds en Euros et des fonds en Unités de Compte de 2011 à 2022, source : [ACPR, 2023]

## Présentation de l'assurance-vie

L'assurance-vie est un contrat entre un assureur et un souscripteur. En contrepartie du paiement de primes par le souscripteur, l'assureur s'engage à verser une rente ou un capital à un ou plusieurs bénéficiaires lorsque survient un événement lié à la vie de la personne assurée.

L'assuré et le souscripteur ne sont pas obligatoirement la même personne. Il est également possible d'assurer plusieurs personnes dans le même contrat.

Il existe trois types de contrats en assurance-vie :

- Les contrats en cas de vie : l'assureur s'engage à verser une rente ou un capital si l'assuré est encore en vie à une date fixée à l'avance ;
- Les contrats en cas de décès : l'assureur s'engage à verser une rente ou un capital lorsque l'assuré décède, soit à n'importe quel moment soit avant une certaine date fixée à l'avance ;
- Les contrats mixtes de vie et décès : l'assureur s'engage à verser une rente ou un capital en cas de vie ou de décès de l'assuré.

### La fiscalité de l'assurance-vie

L'assurance-vie présente une fiscalité avantageuse. En cas de rachat partiel ou total, les gains réalisés sont soumis à une taxation qui dépend de la durée de détention du contrat et de la date de versement de la prime.

La fiscalité de l'assurance-vie en cas de rachat partiel ou total, pour les contrats souscrits depuis le 25 septembre 1997, est la suivante :

#### Pour les primes versées depuis le 27 septembre 2017 :

- Lorsque le contrat a moins de 8 ans, les gains réalisés sont soumis à l'impôt sur le revenu ou au prélèvement forfaitaire unique (PFU) de 12,8 % ainsi qu'à des prélèvements sociaux de 17,2 % ;
- Lorsque le contrat a plus de 8 ans, les gains sont imposés, après déduction d'un abattement de 4 600 € (9 200 € pour un couple), au barème progressif de l'impôt sur le revenu ou au PFU. Les prélèvements sociaux sont également perçus sur les gains, au taux de 17,2 %. Le PFU correspond à un taux forfaitaire de 7,5 % pour les intérêts correspondant aux primes n'excédant pas 150 000 € ou de 12,8 % pour celles excédant 150 000 €.

#### Pour les primes versées avant le 27 septembre 2017 :

- Lorsque le contrat a moins de 4 ans, les intérêts sont soumis à l'impôt sur le revenu ou au prélèvement forfaitaire libératoire (PFL) de 35 %. Les prélèvements sociaux sont également perçus sur les gains, au taux de 17,2 % ;
- Lorsque le contrat a entre 4 et 8 ans, les gains réalisés sont soumis à l'impôt sur le revenu ou au PFL de 15 % en plus des prélèvements sociaux de 17,2 % ;
- Lorsque le contrat a plus de 8 ans, les plus-values réalisées sont imposées, après déduction d'un abattement annuel de 4 600 € (9 200 € pour un couple), au barème progressif de l'impôt sur le revenu ou au PFL de 7,5 % ainsi qu'à 17,2 % de prélèvements sociaux.

### Les types de support

Dans le cadre d'un contrat d'assurance-vie, trois supports sont proposés :

- Les fonds en Euros ;
- Les fonds en Unité de Compte ;
- Les fonds Euro-croissance.

**Les fonds en Euros** Les fonds en Euros sont des fonds d'assurance-vie qui garantissent le capital investi par l'assuré et les intérêts accumulés. Le risque est entièrement supporté par l'assureur.

Les fonds en Euros ont longtemps été populaires auprès des épargnants, car ils offraient un rendement relativement stable et une garantie de capital. Cependant, la baisse des taux d'intérêt observée depuis plusieurs années a eu pour conséquence une forte diminution du rendement des fonds en Euros (2,27 % en 2015 vers 1,28 % en 2021).

Malgré cette baisse du rendement, les fonds en Euros restent un placement sûr et liquide. Ils sont donc adaptés aux épargnants qui souhaitent préserver leur capital et disposer d'une liquidité importante.

**Les fonds en Unités de Compte** Les Unités de Compte (UC) sont des supports d'investissement dans lesquels l'assuré achète des parts dont la valeur fluctue au cours du temps en fonction de l'évolution des marchés financiers. L'assureur garantit le nombre de parts, mais pas leur valeur. Les plus-values et les moins-values ne sont acquises qu'à l'échéance du contrat ou en cas de sorties anticipées par rachats ou décès.

Les UC sont donc un placement plus risqué que les fonds en Euros, mais elles offrent également un potentiel de rendement plus élevé. Elles sont adaptées aux épargnants qui sont prêts à prendre des risques et qui recherchent un placement plus performant.

**Les fonds Euro-croissance** Les contrats Euro-croissance sont des contrats d'assurance-vie qui garantissent partiellement le capital investi par l'assuré, mais seulement à terme. La durée de détention minimale est fixée par l'assureur, généralement 8 ans. En contrepartie de cette garantie partielle, les assurés ont la perspective d'un rendement plus élevé que celui d'un fonds en Euros. En effet, la garantie partielle permet à l'assureur de diminuer ses engagements envers les assurés et d'effectuer des investissements plus risqués avec un rendement plus élevé.

Si les contrats Euro-croissance sont apparus sur le marché en 2014, ils peinent pourtant à prendre une place dans le paysage assurantiel français. En effet, à fin mars 2023, l'encours des contrats Euro-croissance ne représente que 0,4 % de l'encours total de l'assurance-vie. Cependant, ces contrats commencent à susciter de l'intérêt. En témoigne l'encours des contrats Euro-croissance qui a augmenté de 44 % (sur un an) en juin 2022 puis de 50 % (sur un an) en mars 2023<sup>2</sup>.

---

2. [France assureurs, 2023]

De par leur nature, la composition d'un fonds Euro-croissance est différente de celle d'un fonds en Euros. En effet, l'assureur étant engagé sur un capital inférieur à 100 %, il peut prendre plus de risque. Cela impacte naturellement la composition des fonds :

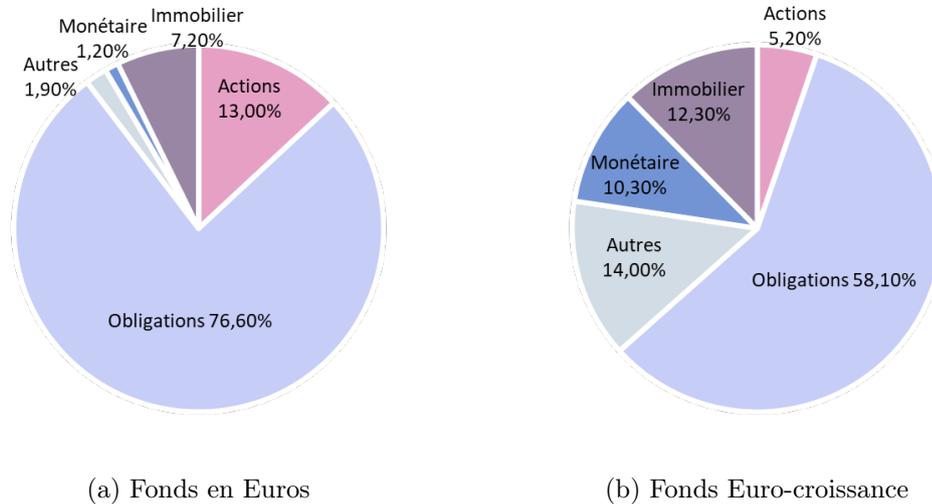


FIGURE 1.3 – Composition moyenne des fonds en Euros et des fonds Euro-croissance à fin 2022, source : [Good Value For Money, 2023]

Les obligations sont notées en moyenne A+ pour les fonds en Euros et A- pour les fonds Euro-croissance.

### 1.1.2 Solvabilité II

Solvabilité II est un règlement européen qui vise à renforcer la solvabilité des assureurs, y compris ceux qui proposent des contrats d'assurance-vie. Ce règlement impose aux assureurs de détenir des fonds propres suffisants pour faire face à leurs engagements. Cela permet de garantir la sécurité des assurés et de maintenir la confiance dans le secteur de l'assurance.

L'Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution (ACPR) définit la directive Solvabilité II, entrée en application le 1<sup>er</sup> janvier 2016 comme « un ensemble de règles fixant le régime de solvabilité applicable aux entreprises d'assurances dans l'Union européenne ».

La directive Solvabilité II est articulée en 3 piliers : les exigences quantitatives, les exigences qualitatives et les informations à destination du public et du superviseur.

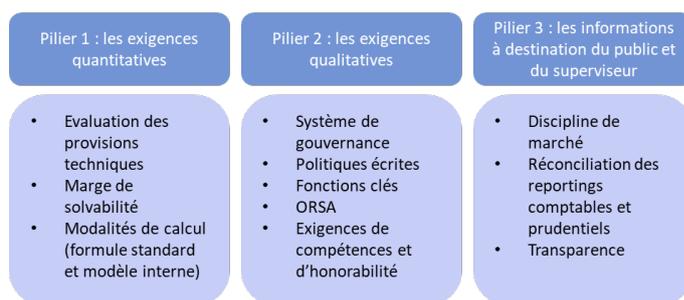


FIGURE 1.4 – Schéma des trois piliers de la directive Solvabilité II

### Pilier 1 : les exigences quantitatives

L'objectif du premier pilier est de mesurer le niveau de solvabilité d'un organisme, ce qui lui permettra d'avoir une meilleure connaissance de son exposition au risque.

**Bilan prudentiel** Le bilan prudentiel (ou économique) ainsi réalisé donne une vision plus économique de la richesse que le bilan comptable. Le bilan prudentiel et le bilan comptable diffèrent par différents aspects :

- Les actifs et les passifs sont évalués en valeur de marché dans le bilan prudentiel tandis qu'ils sont évalués en valeur historique dans le bilan comptable ;
- Les provisions techniques sont la meilleure estimation de tous les flux de trésorerie potentiels futurs actualisés, appelée *Best Estimate*, dans le bilan prudentiel tandis que les provisions techniques sont calculées en « vision prudente » dans le bilan comptable ;
- Une « marge de risque » est introduite dans le bilan prudentiel. Elle correspond au montant demandé par un tiers pour reprendre les engagements de la compagnie.

Dans le cadre de l'établissement du bilan prudentiel, les fonds propres économiques se calculent de la manière suivante :

$$\begin{aligned}
 \text{fonds propres économiques} &= \text{fonds propres comptables} \\
 &\quad - \text{actifs incorporels} \\
 &\quad + \text{plus ou moins-values latentes} \\
 &\quad - \text{marge de risque} \\
 &\quad - \text{Best Estimate} \\
 &\quad + \text{impôts différés actifs} \\
 &\quad - \text{impôts différés passifs}
 \end{aligned}$$

Les fonds propres économiques se décomposent en trois catégories nommées « Tier 1 », « Tier 2 » et « Tier 3 » :

- Le Tier 1 regroupe les éléments de fonds propres les plus fiables et les plus stables. Il comprend notamment le capital social, les réserves, les bénéfices non distribués,

- les instruments de capital de qualité supérieure (tels que les actions privilégiées sans échéance ou les titres de dette subordonnée perpétuels), ainsi que les plus-values latentes réalisées sur des actifs disponibles à la vente ;
- Le Tier 2 rassemble des éléments de fonds propres moins fiables et moins stables que ceux du Tier 1. Il comprend des instruments de dette subordonnée à durée déterminée ou indéterminée, des titres de créance convertibles en actions, ainsi que les plus-values latentes réalisées sur des actifs autres que ceux disponibles à la vente ;
  - Le Tier 3 réunit les éléments de fonds propres les moins fiables et les moins stables. Il comprend les instruments de dette subordonnée à durée déterminée émis par des filiales situées en dehors de l'Union européenne, ainsi que les plus-values latentes réalisées sur des actifs non disponibles à la vente.

Les bilans comptable et prudentiel sont présentés ci-dessous :

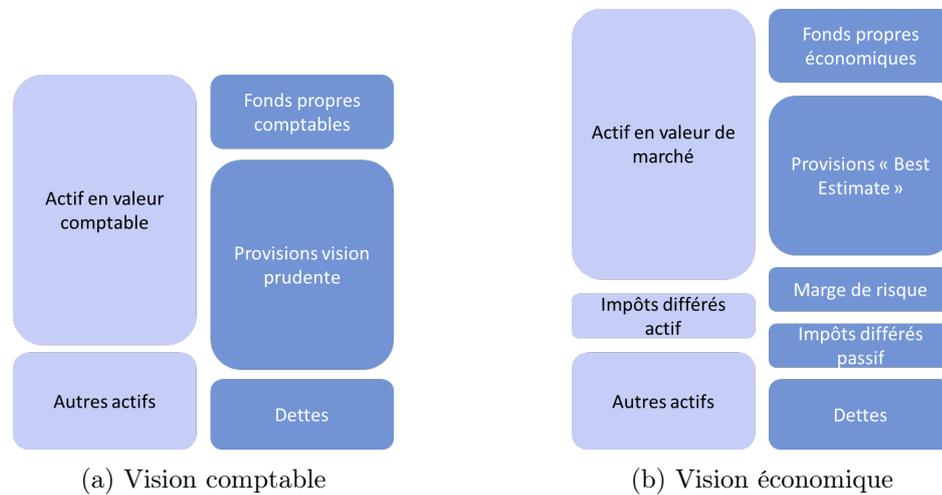


FIGURE 1.5 – Schémas du bilan comptable et du bilan économique

**Exigences de capital** Deux exigences de capital sont prévues par Solvabilité II :

- le SCR (*Solvency Capital Requirement* ou Capital de Solvabilité Requis) correspondant au niveau de fonds propres nécessaires pour que l'entreprise puisse faire face à 99,5 % de ses engagements à horizon d'un an ;
- le MCR (*Minimum Capital Requirement* ou Minimum de Capital Requis) correspondant au seuil minimum de fonds propres à ne pas franchir par l'organisme pour qu'il ne se fasse pas retirer son agrément nécessaire pour exercer une activité d'assurance.

Le SCR peut être calculé de deux manières différentes : soit par la formule standard prévue par la directive Solvabilité II, reposant sur une segmentation des risques, soit par l'utilisation d'un modèle interne.

La formule standard décompose le calcul du SCR en six modules, chacun correspondant à un risque auquel l'organisme d'assurance doit faire face. Chaque module est ensuite décomposé en sous-modules pour lesquels un SCR est calculé à l'aide d'un scénario fourni dans le Règlement Délégué. Le calcul du SCR par la formule standard est détaillé dans l'annexe B Calcul du SCR.

Les risques pris en compte sont les suivants :

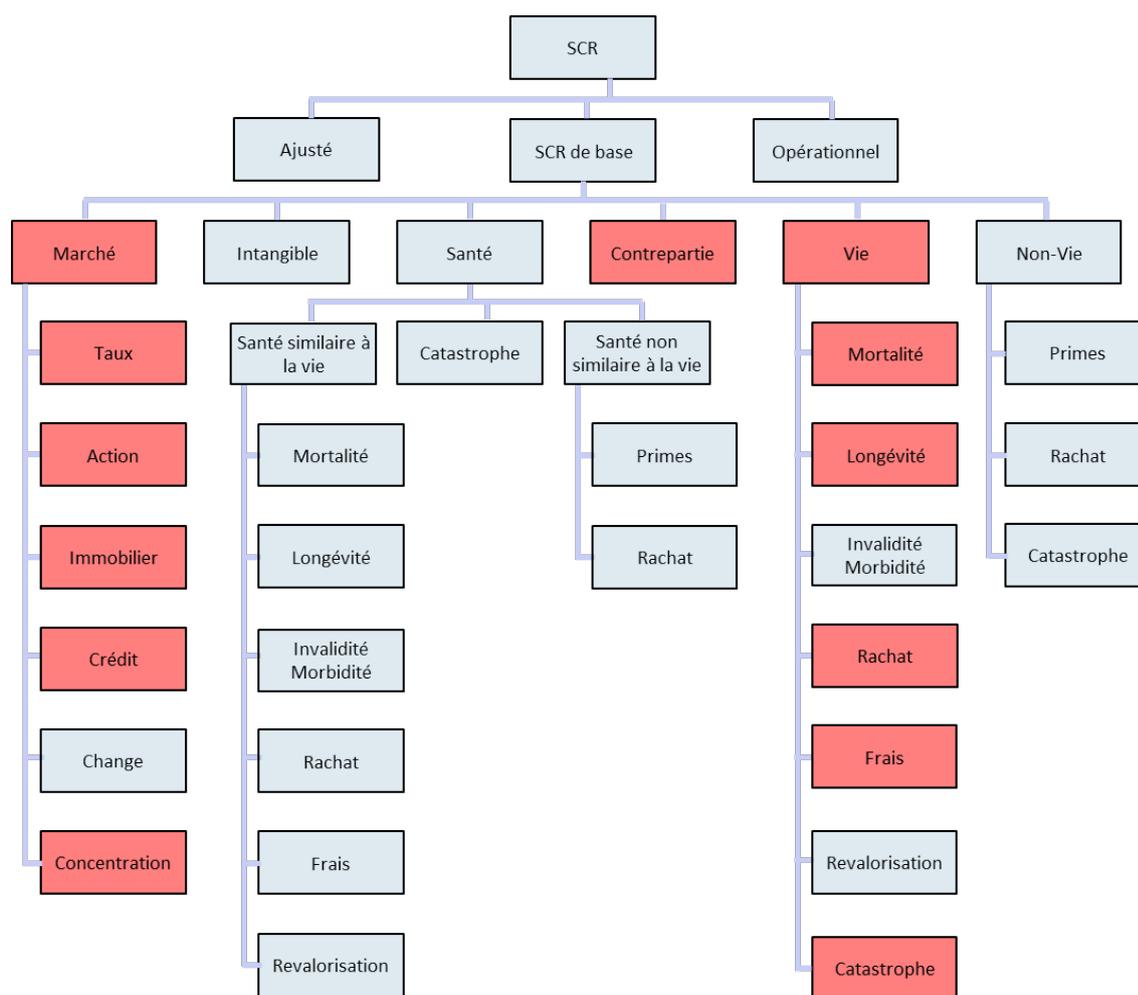


FIGURE 1.6 – Risques pris en compte dans la formule standard (en rouge ceux pour lesquels les fonds Euro-croissance sont particulièrement confrontés)

Les principaux risques de l'assurance-vie sont ceux de marché et de souscription en vie. Ainsi, ces deux risques sont détaillés dans la suite.

**Le risque de marché** Le risque de marché représente le risque de perte en capital sur les actifs détenus par l'assureur. Six risques sont pris en compte :

- Le risque de taux ;
- Le risque sur actions ;
- Le risque sur actifs immobiliers ;
- Le risque de crédit ;
- Le risque de change ;
- Le risque de concentration.

**Le risque de taux** Le risque de taux est le risque lié à l'augmentation ou à la diminution de la courbe des taux sans risque.

La courbe des taux sans risque représente les taux d'intérêt à terme sur des obligations d'Etat. Lorsque les taux d'intérêt évoluent à la baisse, la valeur des placements en obligations baisse ce qui implique une diminution de la marge financière.

Toutefois, une hausse de ces taux peut causer une inertie à court terme du portefeuille (la tendance du portefeuille à conserver sa répartition initiale des actifs à travers le temps) et donc entraîner une diminution de la valeur de marché ce qui peut donner lieu à des rachats et à des arbitrages (le passage d'un support à un autre).

**Le risque sur actions** Le risque sur actions est le risque d'une baisse du cours des actions. Pour un fonds Euro-croissance, l'organisme d'assurance est plus exposé au risque sur actions qu'un fonds en Euros du fait de son allocation d'actifs plus risquée comportant plus d'actions.

**Le risque sur actifs immobiliers** Le risque sur actifs immobiliers est le risque d'une diminution soudaine de 25 % de la valeur des actifs immobiliers.

**Le risque de crédit** Le risque de crédit est le risque de perte ou de changement défavorable résultant de fluctuations affectant la qualité de crédit d'émetteurs auxquels l'assureur est exposé.

**Le risque de change** Le risque de change est le risque lié aux variations de change par rapport à une monnaie de référence. Le fonds Euro-croissance est peu concerné par le risque de change puisqu'il s'inscrit dans la loi PACTE qui vise à favoriser le développement et la croissance des entreprises françaises.

**Le risque de concentration** Le risque de concentration représente le risque porté par l'organisme du fait d'un manque de diversification dans son portefeuille d'actifs.

**Le risque de souscription en vie** Le risque de souscription désigne les risques provenant des assurés, dépendant ou non de leur volonté. Parmi eux se retrouvent :

- Le risque de mortalité ;
- Le risque de longévité ;
- Le risque d'invalidité et de morbidité ;
- Le risque de rachat ;
- Le risque de frais ;
- Le risque de revalorisation ;
- Le risque de catastrophe ;

Pour l'assureur, il existe un risque de pertes lié à des changements de comportement des assurés en matière de rachats de leurs contrats. La hausse des rachats peut conduire l'assureur à vendre des actifs à une valeur inférieure à celle d'achat. Tandis que la baisse des rachats peut conduire l'assureur à investir dans des actifs avec des rendements plus faibles, afin de continuer à revaloriser les contrats lors d'une période de taux bas.

Deux types de rachats sont à distinguer : ceux structurels et ceux conjoncturels. Les rachats structurels font référence à ceux dépendant des caractéristiques des assurés et des contrats tandis que les rachats conjoncturels correspondent à ceux liés au contexte économique et financier.

L'assureur est également exposé à un risque de mortalité et de longévité des assurés. En effet, lorsque la mortalité est plus importante que celle prévue, la situation est similaire à celle d'une hausse des rachats : l'assureur doit verser plus rapidement qu'anticipé un capital. Au contraire, lorsque la mortalité est inférieure à celle envisagée, la situation est semblable à celle d'une baisse des rachats.

Dans le cadre du fonds Euro-croissance, le risque de souscription en vie est très dépendant de la conjoncture économique et du taux de capital garanti à l'échéance<sup>3</sup>.

**Ratios de couverture** Une fois les fonds propres économiques déterminés et les exigences de capital calculées il est possible d'obtenir les ratios de couverture du SCR et du MCR.

Les ratios de couverture du SCR et de couverture du MCR sont les deux principaux indicateurs de solvabilité et s'obtiennent de la façon suivante :

$$\text{Ratio de couverture du SCR} = \frac{\text{Fonds propres éligibles}}{\text{SCR}}$$

$$\text{Ratio de couverture du MCR} = \frac{\text{Fonds propres éligibles}}{\text{MCR}}$$

---

3. 3.4 Impacts sur la solvabilité de l'assureur

Pour être éligibles à la couverture du SCR, les fonds propres doivent être composés à au moins 50 % de Tier 1 et à moins de 15 % de Tier 3. Pour la couverture du MCR, les fonds propres sont éligibles s'ils sont composés à au moins 80 % de Tier 1 et à 0 % de Tier 3. L'éligibilité des fonds propres à la couverture du SCR et du MCR est présentée dans les deux schémas ci-dessous :

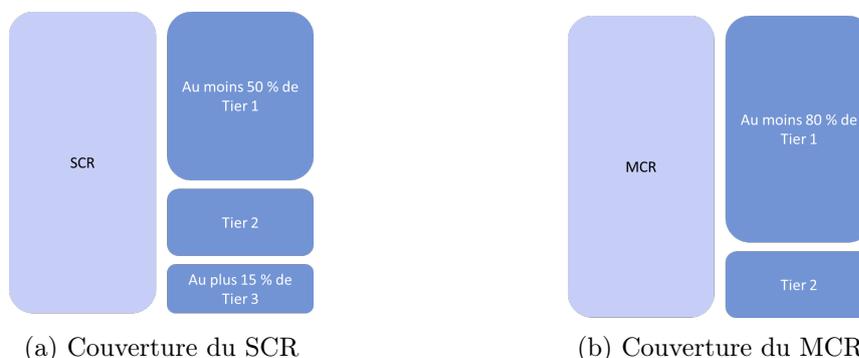


FIGURE 1.7 – Fonds propres éligibles à la couverture du SCR et du MCR

Les ratios de couverture du SCR et de couverture du MCR doivent être supérieurs à 1. Si ce n'est pas le cas, l'organisme d'assurance risque de perdre son agrément délivré par l'ACPR lui permettant d'exercer son activité en assurance.

## Pilier 2 : les exigences qualitatives

L'objectif du deuxième pilier est de fixer des règles qualitatives de suivi des risques en interne par l'organisme et de surveillance par l'autorité de contrôle. Il ne s'agit donc plus seulement de suivre la solvabilité à un instant donné, à la fin de l'exercice comptable, mais de s'assurer que l'organisme reste solvable de manière continue et qu'il possède une organisation adaptée.

Le deuxième pilier introduit ainsi un nouveau système de gouvernance dans lequel se trouvent trois catégories d'acteurs :

- L'organe d'administration, de gestion et de contrôle ou AMSB (*Administrative Management and Supervisory Body*). Cet organe de gouvernance spécifique à Solvabilité II est responsable de l'implémentation de cette directive au sein de l'organisme. Il s'agit souvent du Conseil d'Administration auquel se greffent les dirigeants effectifs ;
- Les quatre fonctions clés : la vérification de la conformité, la gestion des risques, la fonction actuarielle et l'audit interne. Elles ont un titre consultatif pour les administrateurs et sont expertes dans leur domaine. Pour chacune de ces fonctions clés, un responsable interne est désigné. Ces derniers participent à garantir une gestion saine et prudente de l'activité ;
- Les dirigeants effectifs, ce sont ceux qui dirigent l'organisme au quotidien. La directive introduit le principe des « quatre yeux » : toute décision de gestion doit

être prise en concertation d'un minimum de deux personnes. Ainsi, au moins deux dirigeants effectifs doivent être désignés.

Les dirigeants effectifs et les responsables de fonctions clés doivent respecter des exigences de compétences et d'honorabilité (*fit & proper*).

Dans le cadre du deuxième pilier, des politiques écrites doivent être formalisées. Ces documents décrivent les processus relatifs à l'activité de l'organisme d'assurance.

Le deuxième pilier prévoit également l'*ORSA* (*Own Risk and Solvency Assessment* ou Évaluation interne des Risques et de la Solvabilité). Il s'agit d'un ensemble de processus permettant d'évaluer régulièrement les besoins de solvabilité, compte tenu de la stratégie de l'entreprise, et d'identifier des déviations éventuelles du profil de risque.

L'*ORSA* a trois objectifs réglementaires :

- Mesurer le Besoin Global de Solvabilité (BGS) ;
- Assurer le respect permanent des exigences réglementaires ;
- Estimer la pertinence de la formule standard pour l'entreprise.

Ce processus est réalisé à minima annuellement et les résultats des travaux sont synthétisés au sein d'un rapport validé annuellement par le Conseil d'administration. Il est ensuite transmis à l'ACPR (Autorité de Contrôle Prudentielle et de Résolution) par l'intermédiaire du portail *OneGate* dans les cinq jours suivants sa consolidation.

### **Pilier 3 : les informations à destination du public et du superviseur**

L'objectif du troisième pilier est de tenir informés le public et le superviseur (l'ACPR en France) de la santé financière des organismes d'assurance.

Des états quantitatifs appelés QRT (*Quantitative Reporting Templates*) sont à remettre annuellement, certains trimestriellement, par les organismes d'assurance au superviseur. Les QRT correspondent à des informations quantitatives relatives aux résultats des travaux effectués dans le cadre du premier pilier.

Deux rapports doivent également être publiés de manière régulière : le RSR (*Regular Supervisory Report* ou Rapport Régulier au Contrôleur) au moins tous les trois ans et le SFCR (*Solvency and Financial Conditions Report* ou Rapport sur la Solvabilité et la Situation Financière) annuellement.

- Le RSR permet au superviseur d'apprécier la gouvernance mise en place par l'organisme. Il comprend des éléments qualitatifs et quantitatifs ainsi que des données historiques, actuelles et prospectives ;
- Le SFCR est à destination du public et correspond en une version moins détaillée du RSR.

Le rapport ORSA, à remettre tous les ans, fait partie de ces rapports.

### 1.1.3 Contexte économique

L'économie mondiale se trouve actuellement dans un contexte de forte inflation, alimentée par une combinaison de facteurs, notamment la pandémie de COVID-19, la guerre en Ukraine et les perturbations des chaînes d'approvisionnement. L'inflation a atteint des niveaux record dans de nombreux pays, et les banques centrales, dont la banque centrale européenne (BCE), ont commencé à relever les taux d'intérêt pour tenter de la contenir.

La hausse des taux d'intérêt a un impact direct sur les rendements des obligations d'État. En effet, les obligations d'État sont des actifs considérés comme sans risque, et les investisseurs exigent donc une prime de risque plus élevée pour investir dans des obligations à taux d'intérêt plus bas. Lorsque les taux d'intérêt augmentent, les rendements des obligations d'État augmentent également.

La hausse des rendements des obligations d'État a un impact sur l'économie de plusieurs façons. Tout d'abord, elle rend plus coûteux pour les entreprises d'emprunter de l'argent, ce qui peut freiner l'investissement et la croissance. Ensuite, elle rend les obligations d'État plus attractives pour les investisseurs, ce qui peut entraîner un flux sortant des actions et d'autres actifs risqués.

**La courbe des taux sans risque** La courbe des taux sans risque représente les taux d'intérêt à terme sur des obligations d'État. Ces dernières sont considérées comme des actifs sans risque puisqu'émises par des États souverains qui ont un historique de remboursement de leurs dettes.

L'EIOPA (*European Insurance and Occupational Pensions Authority* ou Autorité européenne des assurances et des pensions professionnelles) publie mensuellement une courbe des taux sans risque. Cette courbe paraît avec et sans correction pour volatilité.

La correction pour volatilité dans la courbe des taux sans risque est utilisée dans l'évaluation des contrats d'assurance-vie pour tenir compte de la fluctuation des taux d'intérêt. En effet, les compagnies d'assurance investissent généralement une partie des primes dans des obligations d'État à long terme pour s'assurer qu'elles disposent des fonds nécessaires pour honorer les engagements futurs envers les assurés. Si les taux d'intérêt augmentent de manière significative, la valeur de ces obligations diminue, ce qui peut affecter la solvabilité de l'assureur. La correction pour volatilité permet de tenir compte de ce risque et d'assurer que les contrats d'assurance-vie sont évalués de manière prudente.

Le courbe ci-dessous présente la valeur des taux EIOPA avec correction pour volatilité au 31 mai 2023 pour la zone Euro et pour une maturité allant de 1 an à 20 ans :

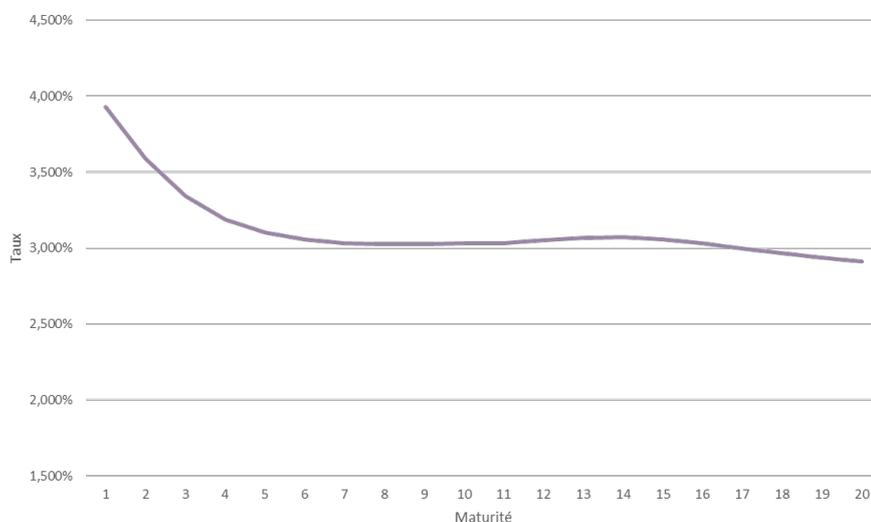


FIGURE 1.8 – Courbe des taux EIOPA au 31 mai 2023

La courbe des taux sans risque de l'EIOPA publiée le 31 mai 2023 présente une inversion. En effet, les taux d'intérêt à long terme sont plus faibles que ceux à court terme. Cela signifie que les investisseurs ne sont pas disposés à accepter un taux d'intérêt plus élevé pour investir dans des obligations à plus long terme, même si elles comportent un risque plus élevé. Cela est rendu possible par l'augmentation des taux d'intérêt par les banques centrales, ce qui rend les obligations à court terme plus attrayantes.

### **Impact de la conjoncture économique actuelle sur le fonds Euro-croissance**

La conjoncture économique actuelle a un impact significatif sur les fonds Euro-croissance. En effet, les taux d'intérêt sont en hausse, ce qui améliore le rendement de ces fonds composés en partie d'obligations.

Cependant, les fonds Euro-croissance sont composés d'actifs plus risqués que les fonds en Euros, tels que les actions. Le contexte actuel vient diminuer l'écart de rendement entre actifs plus risqués et actifs plus sûrs. Ainsi, le fonds Euro-croissance peut avoir plus de difficultés à se démarquer.

## 1.2 Le fonds Euro-croissance

Le fonds Euro-croissance, apparu sur le marché en 2014, est caractérisé par la présence d'une garantie partielle uniquement au terme d'une durée de détention minimale.

En contrepartie de cette garantie partielle, les assurés espèrent un rendement plus élevé que celui d'un fonds en Euros. En effet, la garantie partielle permet à l'assureur de diminuer ses engagements envers les assurés et d'effectuer des investissements plus risqués mais présentant un rendement plus élevé.

Le fonds Euro-croissance est connu dans sa version actuelle depuis la loi PACTE de 2019 mais son origine remonte à 2003.

### 1.2.1 Histoire du fonds Euro-croissance

Le fonds Euro-croissance tel qu'il est connu aujourd'hui est issu du fonds en Euros diversifiés. Ces derniers ont été introduits comme support du Plan d'épargne pour la retraite populaire (PERP) par la loi du 21 août 2003, également connue sous le nom de « loi Fillon sur les retraites ».

Par la suite, les fonds en Euros diversifiés ont été étendus aux contrats d'assurance-vie par la loi du 26 juillet 2005, appelée « loi Breton ». Ces fonds sont une variante des fonds en Euros traditionnels, avec cette différence qu'au lieu d'investir majoritairement dans des obligations d'État, ils allouent une partie de leurs actifs à d'autres produits comme des actions, des immobilisations ou des produits structurés. Ils ont été lancés pour tenter de générer des rendements plus élevés dans un contexte de taux d'intérêt historiquement bas. Cependant, ils ont souvent rencontré des difficultés en raison de performances inférieures aux attentes ou d'une plus grande volatilité par rapport aux fonds en Euros traditionnels.

Le concept du fonds Euro-croissance, inspiré des fonds en Euros diversifiés, est apparu sur le marché en 2014 suite à son introduction dans le rapport Berger-Lefebvre adressé au Premier Ministre en avril 2013. L'objectif initial de l'Euro-croissance était de rediriger l'épargne des ménages vers les entreprises françaises, en particulier les petites et moyennes entreprises (PME) ainsi que les entreprises de taille intermédiaire (ETI).

Cependant, le fonds Euro-croissance n'a pas rencontré le succès commercial escompté. En effet, le produit était compliqué à comprendre par les assurés avec une partie du produit exprimée en fonds en Euros et l'autre en part de provision technique de diversification.

Cet échec commercial a conduit à la création d'un nouvel Euro-croissance dans le cadre de la loi PACTE (Plan d'Action pour la Croissance et la Transformation des Entreprises), promulguée le 22 mai 2019 en France. Cette loi, visant à favoriser le développement et la croissance des entreprises françaises, contient diverses mesures permettant de simplifier la vie des entreprises, d'encourager l'innovation et les investissements et de renforcer

la participation des salariés aux résultats de l'entreprise. Dans ce but, la loi PACTE a introduit des mesures pour faciliter l'utilisation des fonds Euro-croissance en France, notamment en autorisant leur distribution par les compagnies d'assurance-vie et en simplifiant la fiscalité applicable à ces fonds.

### 1.2.2 Caractéristiques

Avant la loi PACTE, l'échéance du contrat d'assurance-vie devait être de 8 ans au minimum. Depuis 2019, l'assureur est libre de fixer cette durée d'engagement. Cependant, la fiscalité de l'assurance-vie est plus avantageuse pour les assurés lorsque le contrat dure plus de 8 ans<sup>4</sup>. C'est pourquoi tous les assureurs commercialisant des fonds Euro-croissance proposent des contrats avec une échéance supérieure ou égale à 8 ans.

La garantie à l'échéance est l'une des caractéristiques principales du fonds Euro-croissance. Elle peut être totale (l'assureur garantit au terme 100 % du capital investi net de frais) ou partielle. Théoriquement, lorsque la garantie n'est que partielle, le fonds devrait se nommer « croissance » plutôt qu'« Euro-croissance ». Cependant, par abus de langage et par souci de simplicité, le terme « Euro-croissance » est utilisé, quel que soit le taux de garantie dans ce mémoire.

Le fonds Euro-croissance est composé de trois provisions techniques qui lui sont propres :

- La provision technique de diversification (PTD) ;
- La provision collective de diversification différée (PCDD) ;
- La provision pour garantie au terme (PGT).

La PTD représente la valeur des actifs détenus par les assurés et fluctue suivant le cours du marché. Cette provision est calculée en nombre de parts multiplié par leurs valeurs liquidatives. La PTD est alors semblable à la provision technique des contrats en Unités de Compte (UC).

La PCDD est une provision destinée au lissage de la valeur de rachat du contrat. L'assureur a une grande liberté sur cette provision technique. La PCDD se rapproche de la provision pour participation aux bénéfices (PPB) constituée dans un fonds en Euro.

La PGT n'est pas une provision systématiquement constituée. Elle est dotée par les fonds propres de l'assureur seulement si les montants de PTD et de PCDD ne permettent pas à l'assureur de fournir le capital garanti à terme aux assurés. La PGT dépend ainsi du taux de garantie et n'est portée que par l'assureur.

Avant la loi PACTE de 2019, l'assureur constituait une provision mathématique (PM), la PTD et la PCDD. La part de prime affectée à la garantie au terme correspondait à la

---

4. 1.1.1 La fiscalité de l'assurance-vie

PM et le surplus était affecté à l'acquisition d'un nombre de parts de PTD.

La PGT, introduite dans la nouvelle version du fonds Euro-croissance, correspond alors à la différence entre la PM avec la somme des montants de la PTD et de la PCDD.

Les bilans d'un fonds Euro-croissance avant et après la loi PACTE sont représentés ci-dessous :

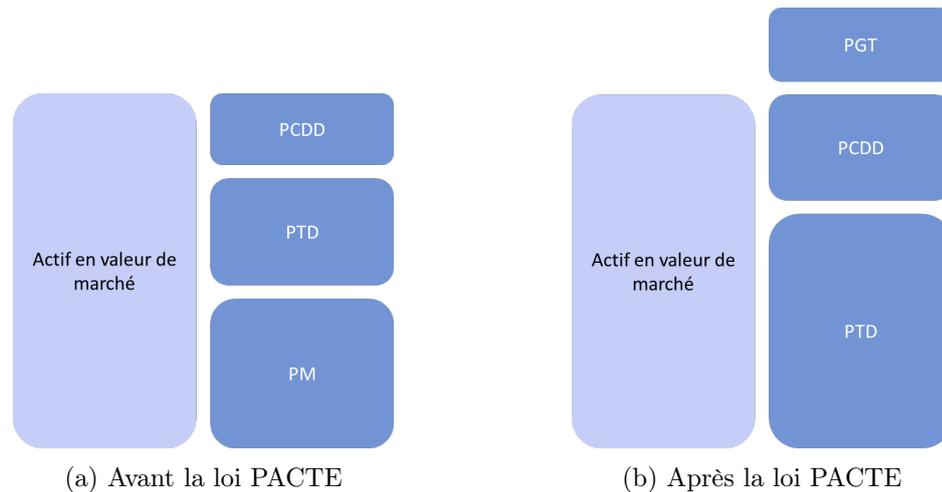


FIGURE 1.9 – Bilan du fonds Euro-croissance

### La provision technique de diversification (PTD)

En contrepartie de la prime nette versée par les souscripteurs des contrats Euro-croissance, l'assureur constitue une provision technique de diversification (PTD). Cette provision représente la valeur des actifs détenus par les assurés et fluctue suivant le cours du marché. Lors de leurs souscriptions, le montant versé par les assurés est converti en nombre de parts. Le nombre de parts détenues reste identique pour chaque assuré mais la valeur d'une part fluctue avec le marché.

La PTD s'exprime donc sous la forme :

$$PTD_t = \text{Nombre de parts de la } PTD_t \times VL_t$$

où  $VL_t$  correspond à la valeur liquidative d'une part de la PTD.

Sauf versements libres ou redistribution de la PCDD par l'assureur, le nombre de parts de la PTD détenues par un assuré reste constant de l'adhésion à l'échéance du contrat. À tout moment, le nombre de parts de la PTD disponible sur le fonds Euro-croissance vaut :

$$\begin{aligned}
 \text{Nombre de parts de } PTD_t &= \text{Nombre de parts de } PTD_{t-1} \\
 &+ \text{Nombre de parts de } PTD \text{ affaires nouvelles}_t \\
 &- \text{Nombre de parts de } PTD \text{ prestations}_t \\
 &+ \text{Nombre de parts de } PTD \text{ distribuées}_t
 \end{aligned}$$

### La provision collective de diversification différée (PCDD)

Les bénéficiaires des contrats sont transférés à la provision collective de diversification différée (PCDD) de manière à lisser les rendements des assurés. Elle est collective à tous les assurés. La Provision pour Participation aux Bénéfices (PBB) des fonds en Euros en est l'équivalent.

Un délai réglementaire de détention de la PCDD par les assureurs est fixé. Ce délai est de 15 ans depuis la loi PACTE contre 8 auparavant.

La distribution de la PCDD au terme du délai de détention par l'assureur se fait sous forme de nombre de parts de PTD en proportion de celles déjà détenues par les assurés.

La PCDD était également limitée à 8 % du maximum entre la valeur de l'actif du fonds et la valeur des garanties auprès des assurés. Post loi PACTE, le volume de la PCDD n'est plus limité.

L'assureur a une grande liberté dans la gestion de la PCDD ce qui fait de cette provision un levier de performance du fonds Euro-croissance. Dans la suite du mémoire, le pilotage de la PCDD par l'assureur sera étudié<sup>5</sup>.

### Évolutions de la PTD et la PCDD

Dans un premier temps, la valeur de l'actif associé au fonds Euro-croissance est calculée à partir de celui de la période précédente, des frais prélevés par l'assureur, du montant des entrées, du montant des prestations (rachats structurels, rachats conjoncturels et décès) et du rendement de l'actif :

$$\begin{aligned}
 \text{Actif}_t &= (\text{Actif}_{t-1} - \text{Frais } PTD_{t-1}) \times (1 - \text{Taux frais gestion}) \\
 &+ \text{Affaires nouvelles}_t \times (1 - \text{Taux frais sur versements}) \\
 &- \text{Prestations}_t \\
 &+ \text{Rendement}_t
 \end{aligned}$$

---

5. 2.2.3 Pilotage de la PCDD

Il est ainsi possible de déterminer l'évolution des deux provisions techniques en face de l'actif associé au fonds :

$$\begin{aligned} \text{Evolution provisions}_t &= \text{Actif}_{t-1} - \text{PTD}_{t-1} - \text{PCDD}_{t-1} + \text{Prestations}_t \\ &= \text{Rendement}_t - \text{Frais de gestion}_t - \text{Frais sur versements}_t \end{aligned}$$

Les frais de gestion et les frais sur les versements sont définis de la manière suivante :

$$\begin{aligned} \text{Frais de gestion}_t &= (\text{Actif}_{t-1} - \text{Frais PTD}_{t-1}) \times \text{Taux frais gestion} \\ \text{Frais sur versements}_t &= \text{Affaires nouvelles}_t \times \text{Taux frais sur versements} \end{aligned}$$

L'évolution des provisions représente une performance financière puisqu'elle correspond à l'écart de valorisation des contrats présents lors de la période précédente et qui le sont encore à la période d'évaluation. L'organisme d'assurance est alors en mesure de prélever des frais déterminés de la manière suivante :

$$\text{Frais PTD}_t = \max(\text{Taux frais PTD} \times \text{Evolution provisions}_t ; 0)$$

L'article A132-11 du code des assurances précise que le taux de frais ne peut pas excéder 15 % par an.

Lorsque l'évolution des provisions est positive, l'assureur peut faire une dotation de la PTD à la PCDD. En revanche, lorsque cette évolution est négative, une reprise de la PCDD vers la PTD peut être réalisée. Toutefois, cette reprise ne peut pas excéder la valeur de la PCDD déjà existante :

$$\begin{aligned} \text{Mouvement PCDD}_t &= \begin{cases} \text{Taux dotation}_t \times \text{Evolution provisions}_t & \text{si } \text{Evolution provisions}_t > 0 \\ \max(\text{Taux reprise}_t \times \text{Evolution provisions}_t ; -\text{PCDD}_{t-1}) & \text{sinon} \end{cases} \end{aligned}$$

Le montant de PCDD est ainsi égal à la valeur de la PCDD calculée à la période précédente augmentée de la dotation ou diminuée de la reprise et à laquelle la distribution de PCDD aux assurés est enlevée :

$$\text{PCDD}_t = \text{PCDD}_{t-1} + \text{Mouvement PCDD}_t - \text{Distribution}_t$$

Finalement, la PTD se calcule par différence de l'actif avec la PCDD et les frais sur les provisions :

$$\text{PTD}_t = \text{Actif}_t - \text{Frais PTD}_t - \text{PCDD}_t$$

### La provision pour garantie au terme (PGT)

La provision pour garantie au terme (PGT) est une provision constituée par l'assureur, le cas échéant, afin d'honorer ses engagements auprès des assurés. Lorsque la valeur actuelle des garanties est inférieure à la somme de la PTD et de la PCDD, une PGT est constituée.

$$PGT_t = \max(0 ; VA \text{ garanties}_t - PTD_t - PCDD_t)$$

La PGT est dépendante du taux garanti à l'échéance aux assurés : plus le taux garanti est faible moins l'organisme d'assurance devra doter la PGT.

La valeur actuelle des garanties correspond à la provision mathématique constituée dans la version pré loi PACTE du fonds Euro-croissance. Cette valeur est le montant global garanti aux assurés actualisé à un maximum de 90 % du taux TEC.  $TEC_T$  est le Taux de l'Echéance Constante  $T$  ans correspondant au taux de rendement actuariel d'une valeur du Trésor fictive dont la durée de vie serait à chaque instant égale à  $T$  années (avec  $T$  représentant l'échéance du contrat)<sup>6</sup>.

A l'échéance deux situations sont possibles :

- Le montant de la valeur liquidative d'une part de la PTD multipliée par le nombre de parts de PTD détenu par l'assuré est inférieur à celui garanti par l'assureur ;
- Ce montant est supérieur à celui garanti par l'assureur.

Dans le premier cas, l'assuré reçoit le montant garanti. Tandis que, dans le second, l'assuré reçoit la valeur liquidative d'une part de la PTD multipliée par le nombre de parts de la PTD qu'il détient.

#### 1.2.3 Illustration

Pour mieux comprendre le fonctionnement du fonds Euro-croissance, notamment des trois provisions techniques qui le composent et des résultats pour l'assureur et les assurés, cette sous-partie présente le fonctionnement simplifié de ce produit.

Tout au long, de ce mémoire deux taux de garantie sont considérés : une garantie partielle de 80 % et une totale. Ainsi, dans cette première étude, le fonctionnement simplifié du fonds est étudié pour une garantie partielle et pour une garantie totale.

---

6. [Banque de France, 2023]

Le schéma ci-dessous présente le mécanisme du fonds Euro-croissance pour trois scénarios d'évolution du rendement des actifs :

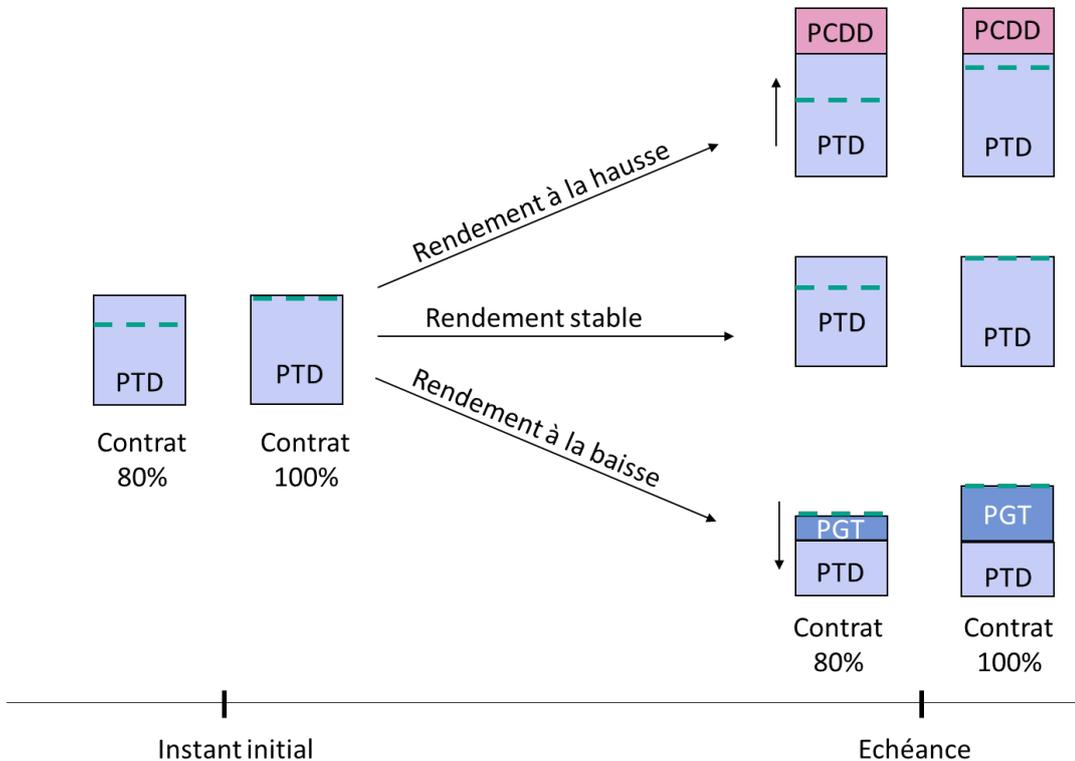


FIGURE 1.10 – Illustration du fonctionnement du fonds Euro-croissance

**Scénario de déclenchement de la provision collective de diversification différée (PCDD)** Dans le scénario d'une hausse de la valeur de l'actif, la valeur de rachat à l'échéance du contrat Euro-croissance (le montant de la PTD) est supérieure au montant versé. Puisque les rendements de l'actif sont bons sur la durée, l'assureur est en mesure de constituer une PCDD. Une PGT n'est pas nécessaire étant donné que l'assureur est en mesure de tenir ses engagements de garantie à l'échéance auprès des assurés.

**Stabilité du rendement des actifs** Dans le scénario de stabilité du rendement des actifs au fil des ans, la valeur de rachat à l'échéance du contrat (le montant de la PTD) est identique au montant versé. Une PGT n'est ainsi pas nécessaire étant donné que l'assureur est en mesure de tenir ses engagements de garantie à l'échéance auprès des assurés. Cependant, les rendements n'ont pas été suffisants pour alimenter la PCDD qui est donc nulle à l'échéance.

**Scénario de déclenchement de la provision pour garantie au terme (PGT)** Dans le scénario de baisse de la valeur de l'actif, la valeur de rachat à l'échéance du

contrat Euro-croissance (le montant de la PTD) est inférieure au montant versé. Ce montant est même inférieur au montant garanti à l'échéance. L'assureur doit alors constituer la PGT afin d'honorer ses engagements auprès des assurés. Lorsque le taux de garanti est plus élevé, la PGT constituée doit être plus importante. De plus, la PCDD n'a pas pu être alimentée au cours du contrat étant donnée la constance des rendements négatifs.

La variation du taux de garantie a un impact sur la PGT, et donc sur le résultat de l'assureur et sur la prestation versée à l'assuré. En revanche, le taux de garantie n'a pas d'impact sur les deux autres provisions techniques que l'assureur constitue : la PTD et la PCDD.

Également, les interactions entre la PTD et la PCDD, n'affectent pas la valeur de la PGT dont la valeur dépend de la somme entre ces deux premières provisions.

Dans ce cas simplifié, le montant de la PCDD est identique pour les deux taux de garanties considérés. En pratique, la garantie partielle permet d'obtenir des rendements potentiellement plus intéressants qu'avec une garantie totale. Il est alors possible de s'attendre à ce que l'assureur constitue une PCDD d'un montant plus important avec la garantie partielle plutôt que totale.

De plus, les taux de rendement sont constants. Ainsi, l'assureur ne constitue pas à la fois une PCDD et une PGT. En réalité, le marché fluctuant, les deux provisions techniques peuvent très bien coexister.

A travers ces scénarios, il est légitime de se demander où se trouve l'intérêt du produit du point de vue des assurés. En effet, à taux de rendement égal, les plus-values des assurés ayant souscrit à une garantie partielle sont inférieures ou égales à ceux ayant souscrit à une garantie totale.

Cependant, l'intérêt même du produit réside dans la présence même de cette garantie à terme qui peut n'être que partielle. La garantie partielle permet en effet à l'organisme d'assurance de diminuer ses engagements envers ses assurés et donc de placer l'actif sur des placements plus risqués mais avec une espérance de rendement plus élevée.



## Chapitre 2

# Construction du modèle

Ce mémoire a pour but de déterminer si le fonds Euro-croissance est intéressant des deux points de vue : celui de l'assureur et celui des assurés. De plus, l'Euro-croissance étant caractérisé par son taux de garantie à l'échéance, l'objectif est de savoir si la présence d'une garantie partielle permet d'améliorer la performance du produit.

Pour cela deux outils sont utilisés :

- Un générateur de scénarios économiques (GSE) ;
- Un modèle de gestion actif-passif.

Afin de capter le mieux possible les interactions entre l'actif et le passif, des techniques de simulation sont utilisées en assurance-vie.

En effet, en se basant sur une situation moyenne des marchés financiers, le coût du taux de garantie n'est pas valorisé à sa juste valeur.

En revanche, lorsqu'un ensemble de scénarios générés aléatoirement autour d'une moyenne est considéré, il est possible de déterminer l'impact de ce taux.

Avec une approche déterministe :

$$\text{Coût de la garantie} = \max(\text{Taux de garantie} - \text{Taux de rendement} ; 0)$$

Avec une approche stochastique de N scénarios reposant sur la loi des grands nombres :

$$\text{Coût de la garantie} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \max(\text{Taux de garantie} - \text{Taux de rendement}_i ; 0)$$

Le schéma ci-dessous illustre l'intérêt de considérer un ensemble de scénarios plutôt qu'un scénario central afin de valoriser le taux de garantie :

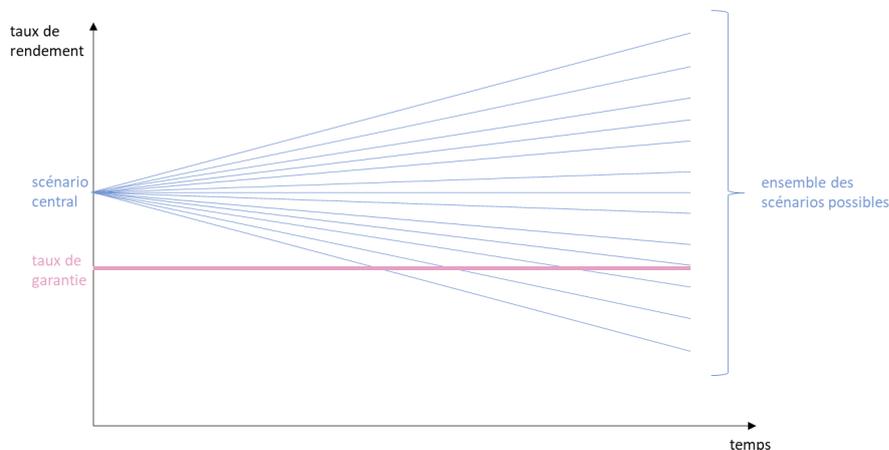


FIGURE 2.1 – Valorisation du taux de garantie selon une approche stochastique

Ainsi, ce chapitre présente le générateur de scénarios économiques (GSE) utilisé, l'outil de gestion actif-passif, le contrat d'assurance-vie proposé ainsi que le portefeuille de l'assureur.

Le fonctionnement général est le suivant :

- Le GSE intègre en entrée des prix d'actifs utilisés pour calibrer les paramètres du modèle de taux afin de refléter la volatilité des marchés et la courbe de taux sans risque ;
- Un échantillon de scénarios économiques indépendants (1 000 scénarios) sont ensuite produits par le GSE qui constitue une entrée du modèle ALM avec les caractéristiques du contrat proposé et les hypothèses sur le comportement des assurés ;
- Pour chaque scénario économique l'outil de gestion actif-passif projette sur l'horizon de temps considéré des données comptables et prudentielles en effectuant les interactions entre l'actif et le passif.

Le schéma ci-dessous représente :

- Les outils utilisés, le GSE et le modèle ALM, en bleu clair ;
- Les données du marché, les caractéristiques du contrat et les hypothèses nécessaires en bleu foncé ;
- Les données comptables et prudentielles de sortie des outils en vert.

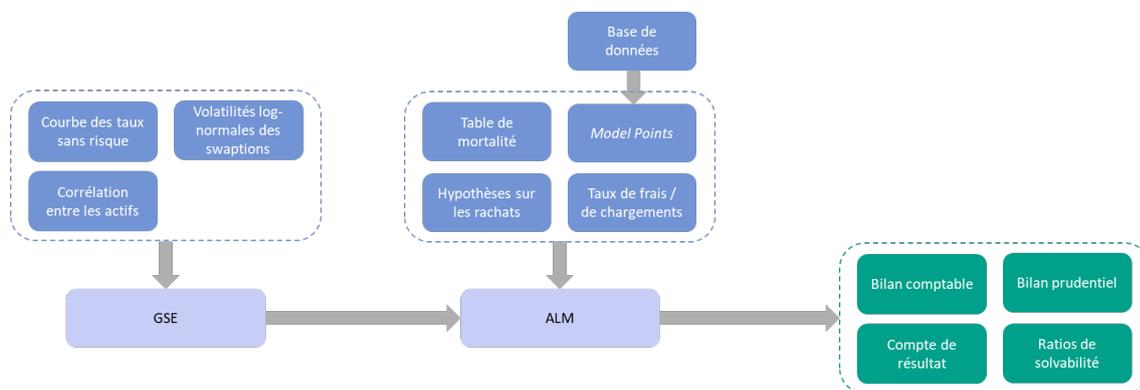


FIGURE 2.2 – Fonctionnement général du GSE et de l’outil ALM

## 2.1 Le générateur de scénarios économiques

Un générateur de scénarios économiques (GSE) désigne un ensemble de modèles utilisés pour simuler de manière aléatoire des scénarios futurs des marchés financiers.

Le GSE considéré dans cette étude a été développé sur *Excel* et *VBA* lors d’un précédent mémoire au sein du cabinet Actuelia<sup>1</sup>. L’objectif ici est de l’adapter au mieux aux enjeux du mémoire.

Un GSE peut être structuré selon deux approches : en univers « monde réel » et en univers « risque neutre ». Dans le cadre de ce mémoire, les deux univers sont utilisés.

L’objectif de ce mémoire est d’étudier la pertinence du fonds Euro-croissance pour l’organisme d’assurance et pour les assurés. Il est ainsi nécessaire de générer des scénarios réalistes. Pour cela, le GSE « monde réel » crée dans chaque scénario un état plausible du marché financier.

L’univers « risque neutre » est utilisé dans le cadre de la meilleure estimation *Best Estimate* des engagements de l’assureur dans le référentiel Solvabilité II. Le *Best Estimate* correspond au montant que l’organisme d’assurance devrait payer s’il transmettait ses droits et ses obligations à une autre entreprise.

1. [Laurent, 2022]

### Univers « monde réel »

L'objectif de ce mémoire est de modéliser le produit Euro-croissance afin de connaître ses évolutions futures. Pour cela le GSE doit être calibré en vision « monde réel ».

Cet univers permet la recherche de l'allocation d'actifs optimale. En effet, il est primordial pour l'organisme d'assurance d'optimiser les rendements de son portefeuille d'actifs afin de satisfaire à la fois les assurés mais également de tenir compte des contraintes en termes de risques. Pour cela, les scénarios économiques générés par le GSE « monde réel » sont des entrées de l'outil de gestion actif-passif construit pour être le plus représentatif possible de l'activité de l'assureur.

Dans cette vision le GSE doit être cohérent avec l'évolution des marchés afin d'obtenir des résultats réalistes.

### Univers « risque neutre »

Lorsque le GSE est utilisé pour l'évaluation de la meilleure estimation *Best Estimate (BE)* des engagements d'assurance-vie, il doit respecter les exigences décrites dans l'article 22 du règlement délégué<sup>2</sup> :

- Le GSE génère des prix d'actifs cohérents avec les prix des actifs observés sur les marchés financiers (le GSE doit être *Market consistent*) ;
- Le GSE ne suppose aucune opportunité d'arbitrage (le GSE doit être « risque neutre ») ;
- Le calibrage des paramètres et des scénarios est cohérent avec la courbe des taux sans risque pertinents utilisée pour calculer le *Best Estimate*.

Le *Best Estimate* est utilisé dans ce mémoire comme un indicateur de suivi des risques. Cependant, la directive Solvabilité II impose l'utilisation de l'univers « risque neutre » pour l'évaluation des provisions et pour le calcul des ratios de solvabilité. Dans l'univers « risque neutre », tous les processus de prix actualisés sont des martingales, ce qui signifie que le rendement moyen des actifs correspond à la courbe des taux sans risque. Les actifs ne diffèrent alors que par la volatilité.

### Fonctionnement du GSE

Le GSE intègre en entrée les prix de *swaptions* utilisés pour calibrer le modèle de taux. En sortie du GSE un échantillon de 1 000 scénarios économiques est produit sur 65 ans. Ces échantillons permettent l'obtention de l'évolution de quatre classes d'actifs sur l'horizon de temps considéré :

- La liquidité ;
- Les obligations ;
- Les actions ;
- L'immobilier.

---

2. [Journal officiel de l'Union Européenne, 2014]

Des tests afin de permettre de valider le générateur de scénarios économiques sont également réalisés. Les scénarios obtenus constituent ensuite une entrée de l'outil ALM.

### 2.1.1 Le marché des taux d'intérêt

Avant de présenter le modèle de taux utilisé au sein du générateur de scénarios économiques, les notions relatives au marché des taux d'intérêt sont introduites.

**Obligation** Une obligation est un accord prêt/emprunt pour des durées supérieures à un an. Les deux parties s'entendent sur un montant nominal, un échéancier de remboursement et un taux de coupon qui peut être fixe ou variable.

**Obligation et taux zéro-coupon** Un zéro-coupon est une obligation ne versant pas de flux intermédiaire. Les seuls flux sont le flux initial d'échange de nominal et le flux final de remboursement. Les caractéristiques d'un zéro-coupon sont son montant nominal et sa date de remboursement.

Le prix d'un zéro-coupon de nominal 1 € et de maturité  $T$  à la date  $t$  est noté  $B(t, T)$ . Le taux zéro-coupon est le taux  $R(t, T)$  tel que  $B(t, T) = e^{-(T-t)R(t, T)}$ . Le schéma ci-dessous illustre le fonctionnement d'un zéro-coupon :

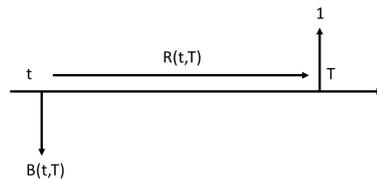


FIGURE 2.3 – Flux d'un zéro-coupon

**Taux *forward*** Un contrat *forward* est un engagement décidé à un instant initial donné à acheter ou à vendre à une échéance fixée un actif à un prix d'exercice également fixé. Le taux *forward* établi à  $t$  pour un emprunt qui aura lieu sur la période future  $[T, S]$  est noté  $F(t, T, S)$ . L'illustration ci-dessous montre le principe du taux *forward* et permet de l'évaluer :

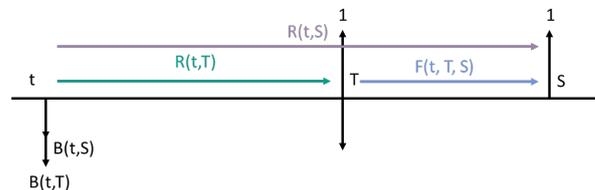


FIGURE 2.4 – Évaluation d'un contrat *forward* par le principe d'absence d'opportunité d'arbitrage (taux *forward* en bleu)

Du graphique présenté il est possible de déduire que :

Un investissement de  $B(t, T) = e^{-(T-t)R(t, T)}$  en  $t$  donne 1 en  $T$  ;

Un investissement de  $e^{-(S-T)F(t, T, S)}$  en  $T$  donne 1 en  $S$  ;

Un investissement de  $B(t, S) = e^{-(S-t)R(t, S)}$  en  $t$  donne 1 en  $S$ .

Ainsi :

Un investissement de  $B(t, T)e^{-(S-T)F(t, T, S)}$  en  $t$  donne 1 en  $S$  ;

Un investissement de  $B(t, S)$  en  $t$  donne 1 en  $S$ .

Le principe d'absence d'opportunité d'arbitrage permet de dire que l'investissement de  $B(t, T)e^{-(S-T)F(t, T, S)}$  en  $t$  est équivalent à celui de  $B(t, S)$ .

Il découle de  $B(t, T)e^{-(S-T)F(t, T, S)} = B(t, S)$  que :

$$F(t, T, S) = -\frac{1}{S-T} \ln \left( \frac{B(t, S)}{B(t, T)} \right)$$

**Taux swap forward** Un *swap* de taux d'intérêt est un contrat d'échange entre deux parties, dans lequel chaque partie s'engage à verser (ou à recevoir) à l'autre partie, de manière périodique, des taux d'intérêt (un taux fixe et un taux variable).

Le taux *swap forward* est un taux d'intérêt convenu à l'avance pour un contrat de *swap* qui entrera en vigueur à une date future spécifiée.

Soit  $S_{m,n}(t)$  la valeur à  $t$  du taux *swap forward* couvrant la période entre  $T_m$  et  $T_n$  :

$$S_{m,n}(t) = \frac{B(t, T_m) - B(t, T_n)}{\sum_{i=m+1}^n (T_{i-1} - T_i) B(t, T_i)}$$

avec  $B(t, T_i)$  le prix d'un zéro-coupon de nominal 1 € et de maturité  $T_i$  à la date  $t$ .

**Swaption** Une *swaption* est un contrat donnant la possibilité à son détenteur d'acheter un *swap* de taux à une date future (la maturité de la *swaption*). La maturité du *swap* sous-jacent correspond au ténor de la *swaption*. La *swaption* est également caractérisée par le taux du *swap* sous-jacent.

Soit une *swaption* payeuse de maturité  $T_m$ , de ténor  $T_m - T_n$ , de nominal  $N$  et de prix d'exercice  $K$ . Le prix  $P_{swaption}^{Black}$  de cette *swaption* est donné par la formule du modèle de Black :

$$P_{swaption}^{Black} = N(S_{m,n}(0)\mathcal{N}(d_1) - K\mathcal{N}(d_2)) \sum_{i=m+1}^n (T_{i-1} - T_i) B(0, T_i)$$

où  $S_{m,n}(0)$  est la valeur à 0 du taux *swap forward* couvrant la période entre  $T_m$  et  $T_n$  ;  
où  $d_1 = (\ln(S_{m,n}(0)/K) + \sigma_{m,n}^2 T_m / 2) / (\sigma_{m,n} \sqrt{T_m})$  ;

où  $d_2 = (\ln(S_{m,n}(0)/K) - \sigma_{m,n}^2 T_m/2)/(\sigma_{m,n}\sqrt{T_m}) = d_1 - \sigma_{m,n}\sqrt{T_m}$  ;  
 où  $\sigma_{m,n}$  est la volatilité log-normale des *swaptions* de maturité  $T_m$  et de ténor  $T_m - T_n$  du marché ;  
 où  $\mathcal{N}$  est la fonction de répartition de loi normale ;  
 et où  $B(0, T_i)$  est le prix d'un zéro-coupon de nominal 1 € et de maturité  $T_i$  à la date 0.

### 2.1.2 Modèle de taux

Au sein du générateur de scénarios économique, le taux court est modélisé par le modèle de Hull-White à un facteur. Ce modèle a été choisi puisque simple à comprendre et à utiliser. Il est également capable de reproduire les principales caractéristiques de la courbe des taux d'intérêt, telles que la pente et la convexité.

#### Modèle de Hull-White à un facteur

Le modèle de Hull-White à un facteur est une extension du modèle à un facteur de Vasicek, proposé par Oldřich Vašíček en 1977 pour modéliser les taux d'intérêt à court terme. John C. Hull et Alan White ont publié leur modèle en 1990 dans un article intitulé « *Pricing Interest-Rate Derivative Securities* ».

Il convient tout d'abord de se placer sur  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$  un espace probabilisé complet muni d'une filtration  $(\mathcal{F}_t)_{0 \leq t \leq T}$ .

Le modèle de Hull-White suppose que le taux court instantané  $r_t$  à  $t$  est solution de l'équation différentielle stochastique suivante sous la probabilité risque neutre  $\mathbb{Q}$  :

$$dr_t = (\theta(t) - \alpha r_t)dt + \sigma dW_t, \quad t \in [0, T]$$

où :

- $\theta(t)$  est une fonction déterministe du temps ;
- $\alpha$  est une constante positive représentant la vitesse de retour à la moyenne ;
- $\sigma$  est une constante positive représentant la volatilité du taux court ;
- $(W_t)_{0 \leq t \leq T}$  est un mouvement brownien standard.

Le modèle de Hull-White à un facteur reproduit la courbe des taux d'intérêt actuellement anticipés par le marché pour la fonction  $\theta(t)$  suivante :

$$\theta(t) = \frac{\partial F(0, t)}{\partial t} + \alpha F(0, t) + \frac{\sigma^2}{2\alpha}(1 - e^{-2\alpha t}), \quad t \in [0, T]$$

où  $F(0, t)$  est le taux *forward* instantané du marché observé à la date 0 pour la maturité  $t$ .

En appliquant la formule d'Itô<sup>3</sup> au processus  $e^{\alpha t}r_t$ , il est possible de montrer<sup>4</sup> que le taux court instantané  $r_t$  est un processus gaussien de moyenne et de variance :

- $\mathbb{E}[r_t|\mathcal{F}_s] = e^{-\alpha(t-s)}r_s + \alpha(t) - e^{-\alpha(t-s)}\alpha(s)$  ;
- $Var[r_t|\mathcal{F}_s] = \sigma^2 \frac{1 - e^{-2\alpha(t-s)}}{2\alpha}$ .

où  $\alpha(t)$  est défini tel que :

$$\alpha(t) := F(0, t) + \frac{\sigma^2}{2\alpha^2}(1 - e^{-\alpha t})^2 = F(0, t) + \frac{\sigma^2}{2\alpha^2}(1 + e^{-2\alpha t} - 2e^{-\alpha t})$$

Ainsi, il est possible d'exprimer  $r_t$  sous la forme :

$$r_t \stackrel{\mathcal{L}}{=} e^{-\alpha(t-s)}r_s + \alpha(t) - e^{-\alpha(t-s)}\alpha(s) + \sigma \sqrt{\frac{1 - e^{-2\alpha(t-s)}}{2\alpha}} Z_{taux,t,s}, \quad t \in [0, T]$$

où  $(Z_{taux,t,s})$  sont des variables aléatoires indépendantes et identiquement distribuées de loi normale centrée réduite.

Le calibrage du modèle de Hull-White est effectué sur la courbe des taux EIOPA avec *Volatility Adjustment* au 31 décembre 2022, qui correspond donc à  $F(0, t)$ .

### Calibrage du modèle sur des *swaptions* européennes

Le modèle de Hull-White intègre une fonction déterministe (notée  $\theta(t)$ ) permettant de répliquer par construction la courbe des taux d'intérêt actuellement anticipés par le marché. Pour cela il est nécessaire de calibrer le modèle de taux sur des dérivés de taux. Dans ce mémoire le calibrage est réalisé sur des *swaptions*. Ainsi, il a été nécessaire de récupérer les volatilités log-normales des *swaptions* du marché européen au 31 mai 2023 via *Bloomberg*<sup>5</sup>.

La vitesse de retour à la moyenne  $\alpha$  et la volatilité du taux court  $\sigma$  sont choisies pour permettre au prix des *swaptions* du modèle d'être le plus proche possible du prix des *swaptions* du marché.

Le calibrage de ces deux paramètres est réalisé en trois étapes :

1. Calcul de la valeur empirique du prix des *swaptions* avec la formule du modèle de Black<sup>6</sup> ;
2. Calcul de la valeur théorique du prix des *swaptions* avec le modèle de Hull-White à un facteur<sup>7</sup> ;

- 
3. A.1 Généralités
  4. A.2 Modèle de Hull-White à un facteur
  5. A.2.2 Volatilités log-normales des *swaptions*
  6. 2.1.1 *Swaption*
  7. A.2.3 Prix des *swaptions*

3. Minimisation de l'erreur quadratique moyenne (EQM) entre la valeur empirique et la valeur théorique pour trouver les paramètres  $\sigma$  et  $\alpha$  optimaux.

L'erreur quadratique moyenne est définie telle que :

$$EQM = \frac{1}{\text{Nombre de swaptions}} \sum_{\text{Nombre de swaptions}} (P_{swaption}^{Black} - P_{swaption}^{Hull-White})^2$$

où  $P_{swaption}^{Black}$  est la valeur empirique des *swaptions* avec la formule de Black et dépendant des volatilités log-normales des *swaptions* du marché au 31 mai 2023 et où  $P_{swaption}^{Hull-White}$  est la valeur théorique du prix des *swaptions* avec le modèle de Hull-White à un facteur dépendant des paramètres  $\alpha$  et  $\sigma$ .

Après minimisation de l'erreur quadratique moyenne, les paramètres  $\alpha$  et  $\sigma$  obtenus sont les suivants :

$\alpha$	5,16 %
$\sigma$	2,22 %

TABLE 2.1 – Paramètres du modèle de Hull-White à un facteur sur la courbe des taux sans risque publiée par l'EIOPA le 31 mai 2023

### Vérification

Le modèle de Hull-White à un facteur est calibré de façon à ce que les taux courts simulés suivent la courbe des taux sans risque publiée par l'EIOPA le 31 mai 2023. Ainsi, il est vérifié graphiquement que la moyenne des taux simulés est proche de la courbe des taux sans risque :

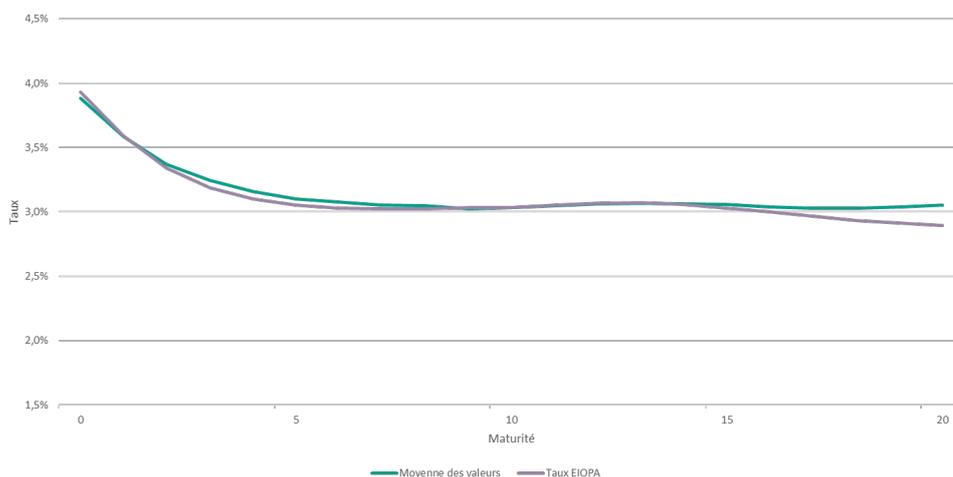


FIGURE 2.5 – Calibrage de la courbe des taux sans risque publiée par l'EIOPA le 31 mai 2023 par le modèle de Hull-White à un facteur

La courbe calibrée a tendance à légèrement sous-estimer les taux sans risque pour des maturités inférieures à 1 an, puis à les surestimer pour des maturités de 2 à 6 ans et pour des maturités plus élevées (après 15 ans). Cela peut être dû à la qualité des données utilisées pour le calibrage. En effet, pour calibrer le modèle de taux dans le GSE, les volatilités log-normales des *swaptions* disponibles sur *Bloomberg* ont été utilisées. Or le cabinet Actuelia n'a pas accès au site de *Bloomberg* et ces éléments ont dû être récupérés par un tiers.

Une surestimation de la courbe des taux sans risque entraîne une sous-estimation des flux de trésorerie futurs. Tandis qu'une sous-estimation surévalue ces flux. L'écart résiduel au carré moyen entre la courbe calibrée et la courbe réelle est de 0,0419 %. Ainsi, le calibrage du modèle de taux est jugé suffisamment précis.

En réalité, la courbe des taux a été calibrée sur 65 ans. Cependant, dans ce mémoire, l'horizon maximal considéré est de 10 ans.

Le générateur de scénarios économiques permet la modélisation des quatre classes d'actifs :

- Les obligations d'état ;
- Les actions ;
- Les biens immobiliers ;
- La liquidité.

### 2.1.3 Modélisation des obligations d'Etat

Les obligations d'Etat sont moins présentes dans l'actif d'un fonds Euro-croissance que dans celui d'un fonds en Euros puisque la garantie à l'échéance pour les assurés n'est que partielle. Ainsi, dans le fonds Euro-croissance, cette classe d'actif représente la part actualisée des garanties à l'échéance.

Dans un souci de simplification de l'outil, les obligations modélisées sont des obligations souveraines de la zone Euro notées AAA et achetées au pair. Ces obligations étant considérées comme sans risque, leur taux de rendement moyen est le taux sans risque.

La valeur comptable ( $VC$ ) et la valeur de marché ( $VM$ ) d'une obligation valent :

$$VC_t = \sum_{k=t+1}^{T-1} \frac{\text{coupon}}{(1 + \text{taux de coupon})^{k-t}} + \frac{\text{coupon} + \text{nominal}}{(1 + \text{taux de coupon})^{T-t}}$$

$$VM_t = \sum_{k=t+1}^{T-1} \frac{\text{coupon}}{(1 + F(t, k))^{k-t}} + \frac{\text{coupon} + \text{nominal}}{(1 + F(t, T))^{T-t}}$$

où  $\text{coupon} = \text{taux de coupon} \times \text{nominal}$  et où  $F(t, T)$  est le taux *forward* déterminé à partir du modèle de taux de Hull-White à un facteur.

En adéquation la durée considérée du passif, la duration moyenne des obligations est de 10,3 ans. La composition du portefeuille obligataire à l'instant initial est la suivante :

Maturité	Taux de coupon	Répartition
1	4,24 %	3 %
5	3,41 %	15 %
10	3,34 %	55 %
15	3,37 %	27 %

TABLE 2.2 – Portefeuille obligataire au 31 mai 2023

### 2.1.4 Modélisation des actions

Le modèle de Black & Scholes est utilisé dans le GSE afin de modéliser les actions.

Il convient tout d'abord de se placer sur un espace probabilisé  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$ .

Le prix des actions  $S_t$  au temps  $t$  est régi par l'équation différentielle stochastique suivante :

$$dS_t = (\mu - q)S_t dt + \sigma S_t dW_t$$

où  $\mu$  représente la dérive,  $q$  le taux de dividende,  $\sigma$  la volatilité et  $(W_t)$  un mouvement brownien standard.

Ainsi, en appliquant la formule d'Itô à  $f(S_t, t) := \ln(S_t)$ , il est possible d'obtenir :

$$\begin{aligned} d(\ln(S_t)) &= d(f(S_t, t)) \\ &= \frac{\partial f}{\partial t}(S_t, t)dt + \frac{\partial f}{\partial x}(S_t, t)dS_t + \frac{1}{2}(\sigma S_t)^2 \frac{\partial^2 f}{\partial x^2}(S_t, t)dt \\ &= \frac{1}{S_t}dS_t - \frac{1}{2}\sigma^2 dt \\ &= (\mu - q - \frac{1}{2}\sigma^2)dt + \sigma dW_t \end{aligned}$$

Puis, en intégrant l'équation obtenue ci-dessus :

$$\begin{aligned} \ln(S_t) &= \ln(S_s) + \int_s^t (\mu - q - \frac{1}{2}\sigma^2)du + \int_s^t \sigma dW_u \\ &= \ln(S_s) + (\mu - q - \frac{1}{2}\sigma^2)(t - s) + \sigma(W_t - W_s) \end{aligned}$$

D'où :

$$S_t = S_s \exp \left( (\mu - q - \frac{1}{2}\sigma^2)(t - s) + \sigma(W_t - W_s) \right)$$

Ainsi, la dynamique du cours des actions est la suivante :

$$S_{actions,t} = S_{actions,t-1} \exp \left( (\mu - q - \frac{1}{2}\sigma^2) + \sigma(W_{actions,t} - W_{actions,t-1}) \right)$$

### Calibrage en univers « monde réel »

En univers « monde réel », l'historique du cours d'un actif permet d'anticiper son évolution future.

Le calibrage de la classe action est réalisé sur l'observation des valeurs de l'historique mensuel, du 1<sup>er</sup> juin 2009 au 31 mai 2023 du CAC40. La profondeur de l'historique est ainsi de 14 ans, cohérente avec l'horizon de projection utilisé dans ce mémoire et permet de pas surprésenter la période de crise financière qui a eu lieu en 2008.

Le CAC 40 est un indice boursier qui représente les 40 plus grandes capitalisations boursières françaises. Cet indice a été choisi puisqu'il comprend un large éventail d'entreprises, de différents secteurs d'activité. Cela permet d'obtenir une vue d'ensemble de la performance de l'économie française. De plus, il s'agit d'un indice liquide et transparent : un grand nombre d'actions y sont négociées chaque jour et les performances sont calculées et publiées chaque jour.

Le cours du CAC40 est présenté dans la figure ci-dessous :

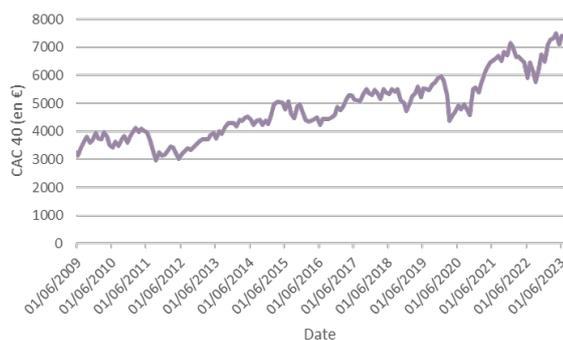


FIGURE 2.6 – Évolution du CAC40 de 2009 à 2023

Les valeurs de la dérive  $\mu$ , du taux de dividende  $q$  et de la volatilité  $\sigma$  sont déterminées à l'aide de l'équation de la dynamique du cours des actions. Après passage au logarithme

népérien il est possible d'obtenir l'équation suivante :

$$\ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right) = \mu - q - \frac{1}{2}\sigma^2 + \sigma(W_t - W_{t-1})$$

La dérive et la volatilité valent alors :

$$\mu = \mathbb{E}\left[\ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right)\right] + q + \frac{1}{2}\text{Var}\left[\ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right)\right]$$

$$\sigma = \sqrt{\text{Var}\left[\ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right)\right]}$$

Les paramètres finalement obtenus du modèle de Black & Scholes sont les suivants (un taux de dividende, déterminé à dire d'expert, est évalué à 0,5 %) :

$\mu$	7,44 %
$\sigma$	16,84 %

TABLE 2.3 – Paramètres du modèle de Black & Scholes pour l'indice action en univers « monde réel »

Les 1000 trajectoires obtenues du cours des actions sont présentées dans le graphique ci-dessous :



FIGURE 2.7 – Scénarios de l'indice action en univers « monde réel »

Après la simulation de la valeur des actions, les espérances et les variances simulées sont vérifiées :

	Premier quartile	Médiane	Moyenne	Troisième quartile
$\mu$	5,77 %	7,41 %	7,42 %	9,17 %
$\sigma$	15,52 %	16,58 %	16,69 %	17,45 %

TABLE 2.4 – Vérification des paramètres de la modélisation de l'indice action en univers « monde réel »

Les paramètres obtenus sont donc conformes à ceux calibrés.

### Calibrage en univers « risque neutre »

Sous la probabilité risque neutre le taux de rendement moyen des actifs est égal au taux sans risque. Ainsi pour l'indice action la dérive vaut  $\mu_t = tr_t - (t - 1)r_{t-1}$  où  $r_t$  est le taux court instantané diffusé par le modèle de Hull-White à un facteur.

La volatilité retenue pour le cours des actions est celle utilisée en vision « monde réel » :

$\sigma$	16,84 %
----------	---------

TABLE 2.5 – Paramètre du modèle de Black & Scholes pour l'indice action en univers « risque neutre »

Un test de martingalité est réalisé pour vérifier que le prix actualisé des actions est une martingale sous l'univers « risque neutre ». Ainsi ce test vérifie qu'il n'y a pas de création de valeur en sortie de l'outil de gestion actif-passif lorsqu'il est sous cet univers.

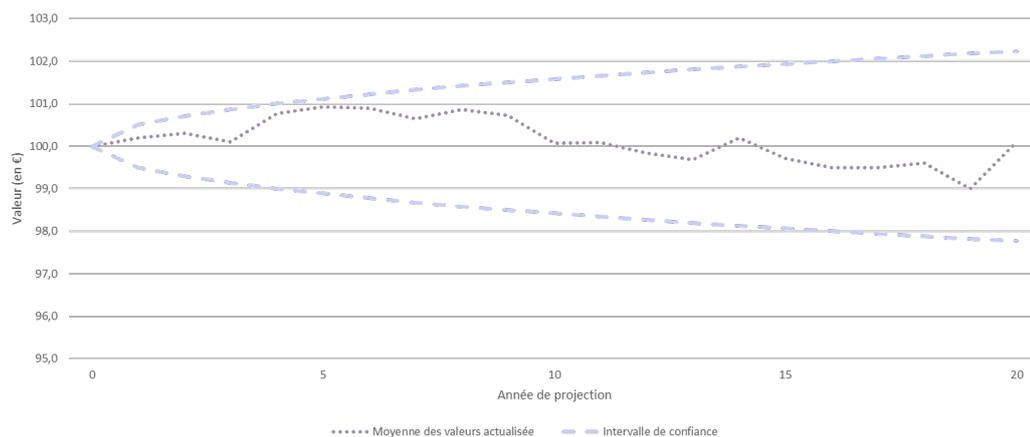


FIGURE 2.8 – Test de martingalité pour la modélisation des actions

La courbe de la moyenne du prix actualisé des actions n'est pas égale à 100 (la valeur initiale) à chaque pas de temps mais elle est constamment dans l'intervalle de confiance à 95 %. Ainsi, le test de martingalité est validé pour l'indice action.

### 2.1.5 Modélisation de l'immobilier

Le marché immobilier présente une complexité intrinsèque en raison de divers facteurs tels que l'évaluation délicate des biens, les frais de transaction élevés et l'opacité des prix. Comme pour les actions, afin de modéliser l'immobilier, le modèle de Black & Scholes est utilisé dans le GSE :

$$S_{immo,t} = S_{immo,t-1} \exp\left(\left(\mu - q - \frac{1}{2}\sigma^2\right) + \sigma(W_{immo,t} - W_{immo,t-1})\right)$$

#### Calibrage en univers « monde réel »

Le calibrage de l'actif immobilier est réalisé à partir des valeurs de l'historique trimestriel, du 1<sup>er</sup> juin 2009 au 31 mai 2023, de l'indice des prix aux logements (IPL)<sup>8</sup> de la zone euro. Dans un souci de cohérence, la profondeur de l'historique a été choisie identique à celle de la classe actions.

L'IPL mesure les variations de prix des biens immobiliers à usage résidentiel achetés par les ménages. Les valeurs de cet indice sont disponibles sur *Eurostat*. Cet indice permet d'obtenir une vue d'ensemble de la performance du marché immobilier de la zone euro. L'IPL de la zone Euro a été préféré à celui de la France puisque plus transparent : les performances de la zone Euro sont calculées et publiées chaque trimestre tandis que celles de la France ne sont publiées que chaque année.

L'évolution de l'IPL est présentée dans la figure ci-dessous :

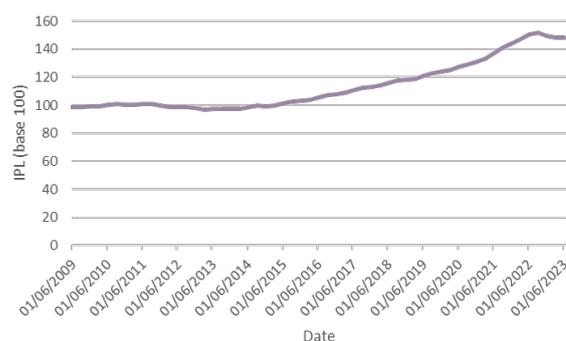


FIGURE 2.9 – Évolution de l'IPL de 2009 à 2023

8. [Eurostat, 2023]

Le calibrage du modèle de Black & Scholes pour l'immobilier est réalisé de manière identique à celui du cours des actions. Les paramètres obtenus sont les suivants (un taux de loyer, déterminé à dire d'expert, est évalué à 0,5 %) :

$\mu$	2,97 %
$\sigma$	1,99 %

TABLE 2.6 – Paramètres du modèle de Black & Scholes pour l'indice immobilier en univers « monde réel »

Les 1000 trajectoires obtenues du cours de l'immobilier sont présentées dans le graphique ci-dessous :

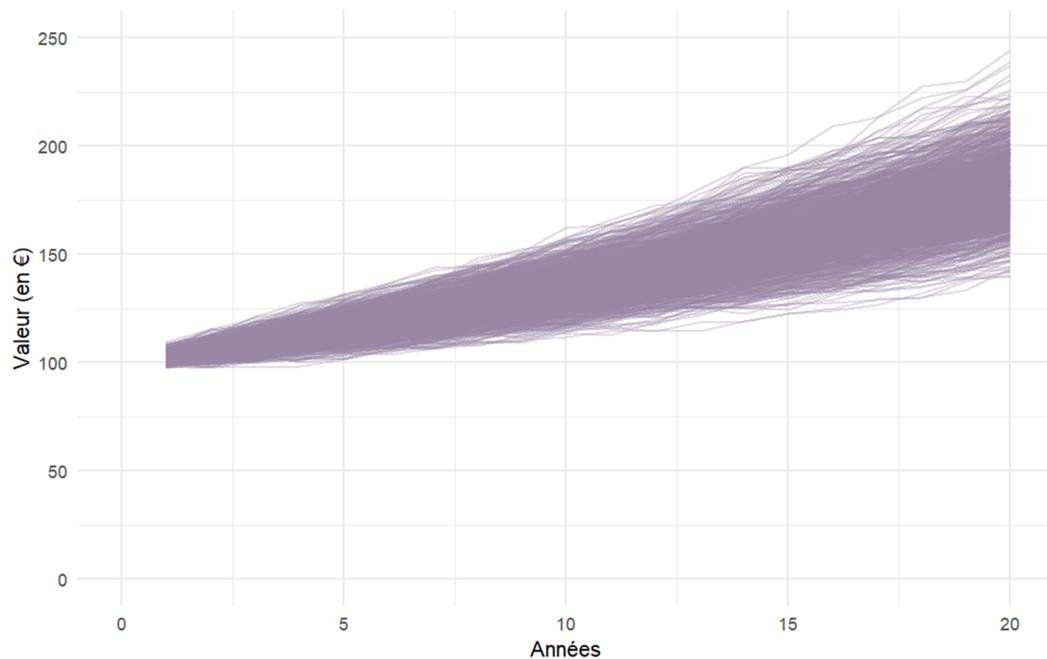


FIGURE 2.10 – Scénarios de l'indice immobilier en univers « monde réel »

Après la simulation de la valeur de l'immobilier, les espérances et les variances simulées sont vérifiées :

	Premier quartile	Médiane	Moyenne	Troisième quartile
$\mu$	2,79 %	2,97 %	2,98 %	3,17 %
$\sigma$	1,84 %	1,97 %	1,97 %	2,61 %

TABLE 2.7 – Vérification des paramètres de la modélisation de l'indice immobilier en univers « monde réel »

Les paramètres obtenus sont donc conformes à ceux calibrés.

### Calibrage en univers « risque neutre »

Sous la probabilité « risque neutre » la volatilité retenue dans le modèle du cours de l'immobilier est celle calibrée en vision « monde réel » :

$\sigma$	1,99 %
----------	--------

TABLE 2.8 – Paramètre du modèle de Black & Scholes pour l'indice immobilier en univers « risque neutre »

Un test de martingalité est également réalisé afin de vérifier que le prix actualisé de l'immobilier est une martingale sous l'univers « risque neutre ».

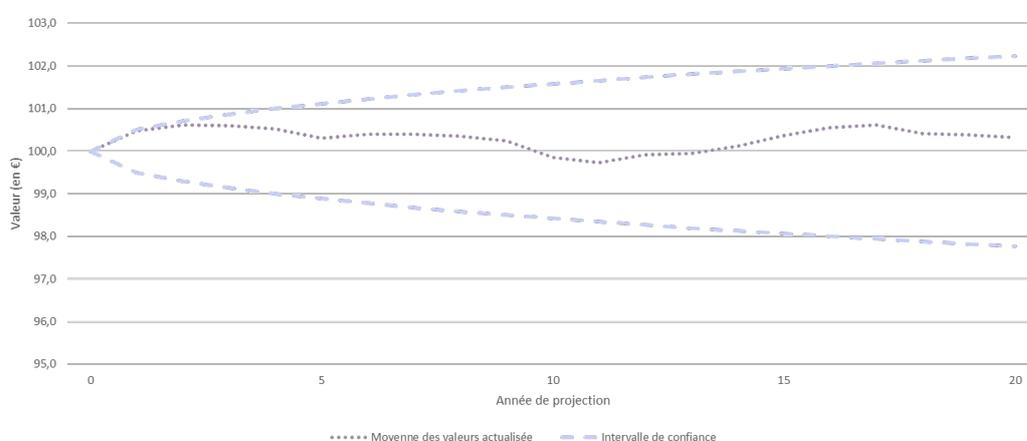


FIGURE 2.11 – Test de martingalité pour la modélisation de l'immobilier

La courbe de la moyenne du prix actualisé de l'immobilier n'est pas égale à 100 (la valeur initiale) à chaque pas de temps mais elle est constamment dans l'intervalle de confiance à 95 %. Ainsi, le test de martingalité est également validé pour l'indice immobilier.

#### 2.1.6 Corrélation entre les actifs

Dans le générateur de scénarios économiques, la corrélation entre les différents actifs est prise en compte.

#### Choix des indices

L'estimation des corrélations entre les différents actifs est réalisée grâce à l'observation des indices suivants :

- Les valeurs de l'historique mensuel, du 1<sup>er</sup> juin 2009 au 31 mai 2023, du CAC40 pour l'indice action dans un souci de cohérence avec le calibrage des paramètres du cours des actions modélisé ;

- Les valeurs de l'historique trimestriel, du 1<sup>er</sup> juin 2009 au 31 mai 2023, de l'indice de prix des logements (IPL)<sup>9</sup> de la zone euro pour l'indice immobilier comme lors de la modélisation du cours de l'immobilier ;
- Les valeurs de l'historique mensuel, du 1<sup>er</sup> juin 2009 au 31 mai 2023, du taux d'intérêt à court terme<sup>10</sup> pour l'indice taux. Ces taux représentent les taux d'emprunt à court terme.



FIGURE 2.12 – Évolution des taux d'intérêt à court terme de 2009 à 2023

### Matrice de corrélation

Les corrélations sont calculées à partir des données suivantes où, à l'instant  $t$ , les valeurs des indices action, immobilier et taux sont respectivement notées  $S_t$ ,  $I_t$  et  $T_t$  :

- Entre les indices action et immobilier à partir des données trimestrielles de la série des log-rendements du CAC40  $(\ln(S_t/S_{t-1}))_{t \in [T2/2009, T1/2023]}$  et de celle des log-rendements de l'IPL  $(\ln(I_t/I_{t-1}))_{t \in [T2/2009, T1/2023]}$  ;
- Entre les indices action et taux à partir des données mensuelles de la série des log-rendements du CAC40  $(\ln(S_t/S_{t-1}))_{t \in [01/1992, 12/2022]}$  et de la série des variations du taux d'intérêt à court terme  $(R_t - R_{t-1})_{t \in [06/2009, 05/2023]}$  ;
- Entre les indices immobilier et taux à partir des données trimestrielles de la série des log-rendements de l'IPL  $(\ln(I_t/I_{t-1}))_{t \in [T2/2009, T1/2023]}$  et de la série des variations du taux d'intérêt à court terme  $(R_t - R_{t-1})_{t \in [T2/2009, T1/2023]}$  ;

9. [Eurostat, 2023]

10. [OCDE, 2023]

Les valeurs des corrélations sont ensuite obtenues en calculant le coefficient de corrélation de Pearson. Le coefficient de corrélation de Pearson entre deux variables X et Y vaut :

$$corr_{X,Y} = \frac{cov_{X,Y}}{\sigma_X \times \sigma_Y}$$

où  $cov_{X,Y} = \sum_{t=début}^{fin} (x_t - \bar{x})(y_t - \bar{y})$ ,  $\sigma_X = \sqrt{\sum_{t=début}^{fin} (x_t - \bar{x})^2}$ ,  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{t=début}^{fin} x_t$  et  $(x_i)_{i \in [début, fin]}$  correspond aux observations de la variable X et où *début* vaut T2/2009 ou 06/2009 selon les indices et *fin* T1/2023 ou 05/2023.

La matrice de corrélation instantanée obtenue est la suivante (arrondie au centième) :

$$\begin{array}{l} \text{Taux} \\ \text{Action} \\ \text{Immobilier} \end{array} \begin{pmatrix} \text{Taux} & \text{Action} & \text{Immobilier} \\ 1 & -0,01 & -0,10 \\ -0,01 & 1 & -0,18 \\ -0,10 & -0,18 & 1 \end{pmatrix}$$

### Décomposition de Cholesky

Les aléas corrélés sont générés à partir de la décomposition de Cholesky<sup>11</sup> qui permet

d'obtenir une matrice  $L := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -0,01 & 1 & 0 \\ -0,10 & -0,18 & 0,98 \end{pmatrix}$  (arrondie au centième) telle que

$$LL^T = \begin{pmatrix} 1 & -0,01 & -0,10 \\ -0,01 & 1 & -0,18 \\ -0,10 & -0,18 & 1 \end{pmatrix}.$$

### Générations des aléas corrélés

Les aléas corrélés sont ensuite générés à partir de la matrice  $L$  décrite ci-dessus et d'un vecteur aléatoire de loi normale centrée réduite noté  $Z$  correspondant aux aléas utilisés pour modéliser les taux, les actions et l'immobilier.

$$\text{Aléas corrélés} = LZ$$

---

11. A.3 Décomposition de Cholesky

### Vérification

Les corrélations observées entre les trois actifs sont les suivantes :

$$\begin{array}{l} \text{Taux} \\ \text{Action} \\ \text{Immobilier} \end{array} \begin{pmatrix} & \text{Taux} & \text{Action} & \text{Immobilier} \\ \begin{pmatrix} 1 & -0.01184068 & -0.10369428 \\ -0.01184068 & 1 & -0.17940856 \\ -0.10369428 & -0.17940856 & 1 \end{pmatrix} \end{pmatrix}$$

Le test d'adéquation de Kolmogorov est utilisé ici pour vérifier que les trois aléas générés suivent bien une loi normale centrée réduite.

#### Test d'adéquation de Kolmogorov :

Soit un échantillon  $(X_1, \dots, X_n)$  de variables indépendantes et identiquement distribuées (i.i.d.) de fonction de répartition  $F$  et dont la fonction de répartition empirique est notée  $F_{X_n}$  et soit  $F_0$  une fonction de répartition supposée connue.

Le test d'adéquation de Kolmogorov teste l'hypothèse nulle  $H_0 : F = F_0$  contre l'hypothèse alternative  $H_1 : F \neq F_0$ .

Il est défini par la statistique de test  $D_n$  telle que :

$$D_n := \sup_{x \in \mathbb{R}} |F_{X_n}(x) - F_0(x)|$$

Le test rejette l'hypothèse nulle  $H_0$  si  $D_n \geq d_{n,\alpha}$  où  $d_{n,\alpha}$  sont les quantiles tels que  $\mathbb{P}_{H_0}(D_n \geq d_{n,\alpha}) \leq \alpha$  pour  $\alpha$  donné.

Dans un test statistique, la *p-value* est la probabilité pour un modèle statistique donné sous l'hypothèse nulle d'obtenir une valeur au moins aussi extrême que celle observée. La *p-value* est ensuite comparée à un seuil préalablement défini (le  $\alpha$ ), souvent de 5 %. Si la *p-value* est inférieure à ce seuil l'hypothèse nulle est rejetée en faveur de l'hypothèse alternative. Si, au contraire, elle est supérieure à ce seuil alors l'hypothèse nulle ne peut pas être rejetée.

Les *p-values* du test d'adéquation de Kolmogorov pour chacun des trois aléas sont décrites dans le tableau ci-dessous :

Aléa	Taux	Action	Immobilier
<i>p-values</i>	0,877	0.7735	0.8502

TABLE 2.9 – *p-values* du test d'adéquation de Kolmogorov pour chacun des trois aléas

Pour chaque aléa la  $p$ -value du test d'adéquation de Kolmogorov est supérieure à 5 %. Il est ainsi considéré qu'il n'y a pas de présomption contre le fait que les aléas générés suivent une loi normale centrée réduite.

En plus du test d'adéquation de Kolmogorov, les diagrammes Quantile-Quantile de comparaison de chaque aléa avec la loi normale centrée réduite sont tracés :

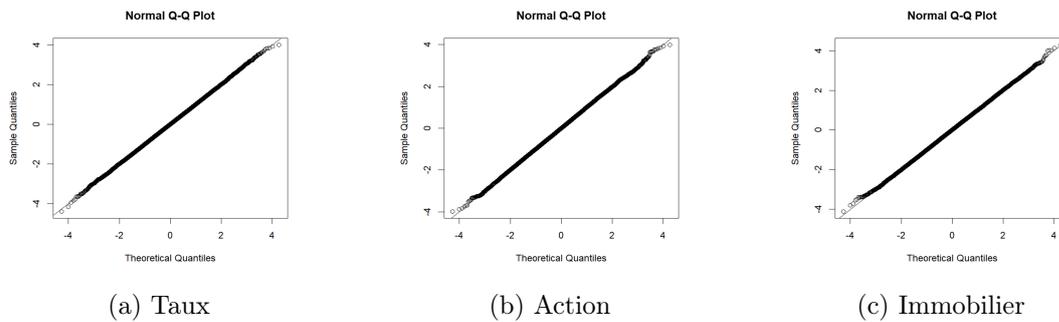


FIGURE 2.13 – Diagramme Quantile-Quantile de chacun des trois aléas

Pour les trois aléas générés les points se trouvent sur la première bissectrice. Ainsi les aléas suivent probablement une loi normale centrée réduite.

## 2.2 L'outil de gestion actif-passif

Une fois l'échantillon de scénarios économiques indépendants (1 000 scénarios) produits par le GSE, ils peuvent constituer une entrée du modèle ALM (*Asset and Liability Management*).

Un outil de gestion actif-passif, développé sur *Excel* dans le cadre de précédents mémoires portant sur les fonds en Euros, est utilisé comme base de départ dans cette étude.

Diverses modifications sont apportées dans cet outil afin de le rendre compatible aux caractéristiques du fonds Euro-croissance et à la modélisation menée dans ce mémoire :

- Passage de l'actif du bilan de la valeur comptable à la valeur de marché;
- Transformation des provisions techniques au passif du bilan (PTD, PCDD, PGT, intégration de la notion de nombre de parts de la PTD);
- Changement dans la manière de prélever les frais par l'organisme d'assurance;
- Modification du comportement des assurés en termes de rachats;
- Projection sur un horizon de temps plus court;
- Étude en univers « monde réel » avec la présence nouveaux contrats en plus de l'univers « risque neutre » en *run-off* (pas de nouvelles entrées).

Dans le cadre de ce mémoire, il est considéré un assureur ne commercialisant que le produit Euro-croissance. Ainsi, les interactions potentielles avec d'autres fonds comme les fonds en Euros ne sont pas prises en comptes (pas d'interférences entre la provision collective de diversification différée et une provision pour participation aux bénéfices).

Dans le modèle d'*Asset and Liability Management* (ALM) utilisé, la technique de simulation choisie est celle de Monte-Carlo, reposant sur la loi des grands nombres. Les indicateurs en sortie du modèle de gestion d'actif-passif sont calculés pour chaque scénario économique et la moyenne de tous les scénarios générés est retenue.

### 2.2.1 Fonctionnement général du modèle

L'outil de gestion actif-passif projette pour chaque année des données comptables et prudentielles. Le fonctionnement est le suivant :

1. Initialisation du bilan;
2. Vieillessement du bilan (rendement de l'actif et prestations);
3. Calcul du solde de trésorerie (produits financiers, frais prélevés, prestations et frais réels);
4. Investissements et désinvestissements;
5. Établissement du compte de résultat.

Le bilan du fonds Euro-croissance utilisé dans l'outil de gestion actif-passif se présente comme ceci :

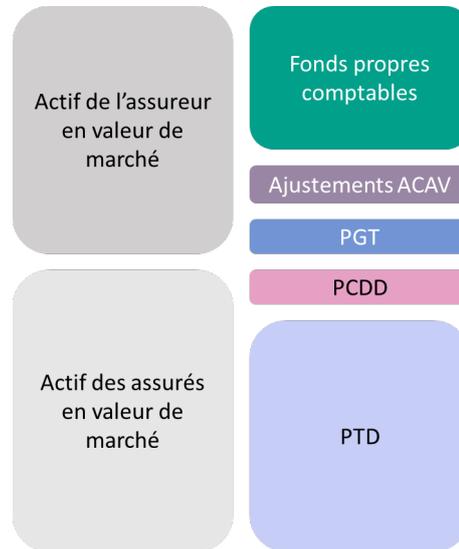


FIGURE 2.14 – Bilan du fonds Euro-croissance dans l'outil de gestion actif-passif

Au passif, le fonds Euro-croissance est composé des trois provisions techniques caractéristiques (la provision technique de diversification, la provision collective de diversification différée et la provision pour garantie à terme) ainsi que des fonds propres de l'assureur :

$$Passif_t = Fonds\ propres_t + PTD_t + PCDD_t + PGT_t$$

Puisque la partie de l'actif reflétant les fonds propres appartient à l'assureur, à chaque pas de temps, les parts de l'actif appartenant à l'assureur et à l'assuré sont définies :

$$Part\ assureur_t = \frac{Fonds\ propres_t}{Actif_t} \text{ et } Part\ assuré_t = 1 - Part\ assureur_t$$

Les fonds propres de l'assureur correspondent à la somme des fonds propres comptables et des ajustements ACAV :

$$Fonds\ propres_t = Fonds\ propres\ comptables_t + Ajustements\ ACAV_t$$

Les fonds propres comptables sont augmentés (à la hausse ou à la baisse) du résultat technique et du résultat financier :

$$\begin{aligned} Fonds\ propres\ comptables_t &= Fonds\ propres\ comptables_{t-1} \\ &+ Résultat\ technique_t \\ &+ Résultat\ financier_t \end{aligned}$$

Avec le résultat technique déterminé de la manière suivante :

$$\text{Résultat technique}_t = \text{Résultat technique avant impôts}_t - \text{Impôts}_t$$

où  $\text{Impôts}_t = \max(\text{Résultat technique avant impôts}_t \times \text{Taux d'imposition}; 0)$  avec le taux d'imposition égal à 25 % et où le résultat technique avant impôts vaut :

$$\begin{aligned} \text{Résultat technique avant impôts}_t &= \text{Affaires nouvelles}_t + \text{Rendement assuré}_t \\ &\quad - \text{Prestations}_t - \text{Frais réels}_t \\ &\quad - \text{Charge PTD}_t - \text{Charge PCDD}_t - \text{Charge PGT}_t \\ &= \text{Frais réels}_t - \text{Frais prélevés}_t \end{aligned}$$

Les  $\text{Prestations}_t$  sont les décès, les rachats et les fins de contrats. Les  $\text{Frais réels}_t$  se rapportent aux frais auxquels est exposé l'organisme d'assurance<sup>12</sup>.

Les  $\text{Frais prélevés}_t$  correspondent aux frais sur les versements, aux frais de gestion et aux frais sur la PTD.

La charge d'une provision est son évolution d'une année à la suivante :  $\text{Charge provision}_t = \text{provision}_t - \text{provision}_{t-1}$ .

Le rendement des assurés est défini tel que  $\text{Rendement assuré}_t = \text{Part assuré}_t \times \text{Rendement}_t$  où :

$$\begin{aligned} \text{Rendement}_t &= \text{Rendement obligations}_t + \text{Coupons}_t \\ &\quad + \text{Rendement actions}_t + \text{Dividendes}_t \\ &\quad + \text{Rendement immobilier}_t + \text{Loyers}_t \end{aligned}$$

Le résultat financier vaut :

$$\text{Résultat financier}_t = \text{Part assureur}_t \times (\text{Coupons}_t + \text{Dividendes}_t + \text{Loyers}_t)$$

Les ajustements ACAV (ajustements en assurance à capital variable) sont les ajustements pour comptabiliser les plus ou moins-values des actifs :

$$\begin{aligned} \text{Ajustements ACAV}_t &= \text{Ajustements ACAV}_{t-1} + \text{Part assureur}_{t-1} \times \left( \text{Actif}_t \right. \\ &\quad \left. - \text{Actif}_{t-1} - \text{Prestations}_t - \text{Frais réels}_t \right. \\ &\quad \left. + \text{Coupons}_t + \text{Dividendes}_t + \text{Loyers}_t \right) \end{aligned}$$

---

12. 2.2.2 Les frais réels de l'assureur

D'une année d'exercice à une autre, l'actif (en valeur de marché) évolue de la manière suivante :

$$\begin{aligned}
 \text{Actif}_t &= \text{Actif}_{t-1} \\
 &+ \text{Rendement obligations}_t + (\text{Des})\text{investissement obligations}_t \\
 &+ \text{Rendement actions}_t + (\text{Des})\text{investissement actions}_t \\
 &+ \text{Rendement immobilier}_t + (\text{Des})\text{investissement immobilier}_t \\
 &+ \text{Solde de trésorerie}_t + (\text{Des})\text{investissement liquidité}_t
 \end{aligned}$$

Le processus d'investissement ou de désinvestissement est explicité dans la sous-partie 2.2.5 *L'allocation d'actifs* et le solde de trésorerie est déterminé comme suit :

$$\begin{aligned}
 \text{Solde de trésorerie}_t &= \text{Coupons}_t + \text{Dividendes}_t + \text{Loyers}_t \\
 &- \text{Prestations}_t - \text{Frais réels}_t
 \end{aligned}$$

### 2.2.2 Les frais réels de l'assureur

Les frais réels auxquels l'assureur est confronté sont pris en compte dans le modèle de gestion actif-passif :

- Les frais d'acquisition concernant les coûts liés à la vente et à la distribution du produit ;
- Les frais de gestion des sinistres englobant les coûts associés au traitement et à la gestion des demandes de règlement ou de sinistres déposées par les assurés ;
- Les frais administratifs représentant les coûts généraux de fonctionnement de la compagnie d'assurance ;
- Les frais de placements associés à la gestion des investissements effectués avec les fonds.

Les frais d'acquisition sont calculés sur le montant versé par les nouveaux assurés, les frais administratifs sur la valeur de la PTD, les frais de placements sur le montant de l'actif et les frais de gestion des sinistres sur les prestations :

$$\begin{aligned}
 \text{Frais d'acquisition}_t &= \text{Taux} \times \text{Affaires nouvelles}_t \times (1 + \text{Taux d'inflation})^{t-t_0} \\
 \text{Frais administratifs}_t &= \text{Taux} \times \text{PTD}_t \times (1 + \text{Taux d'inflation})^{t-t_0} \\
 \text{Frais de placements}_t &= \text{Taux} \times \text{Actif}_t \times (1 + \text{Taux d'inflation})^{t-t_0} \\
 \text{Frais de gestion des sinistres}_t &= \text{Taux} \times \text{Prestations}_t \times (1 + \text{Taux d'inflation})^{t-t_0}
 \end{aligned}$$

où  $t_0$  est l'instant initial soit le 31 mai 2023.

### 2.2.3 Pilotage de la PCDD

La provision technique de diversification (PTD) représente la valeur des actifs détenus par les assurés, tandis que la provision collective de diversification différée (PCDD) est une provision destinée au lissage de la valeur de rachat du contrat.

L'assureur a une grande liberté dans la gestion de la PCDD, ce qui fait de cette provision un levier de performance du fonds Euro-croissance.

L'assureur peut augmenter la valeur de la PTD en diminuant la valeur de la PCDD. Cela permet d'augmenter la valeur de la part liquidative de PTD, qui est la part de l'actif du contrat qui est attribuée à chaque assuré au moment du rachat.

Au contraire, lorsque l'assureur récupère sur la PTD pour doter la PCDD, la valeur d'une part sera revue à la baisse.

La performance du fonds Euro-croissance peut être limitée pour deux raisons :

- Afin de se servir des années où il y a des bons rendements pour compenser celles où l'actif serait moins performant ;
- Afin de diminuer les rachats structurels et conjoncturels. Il sera vu dans la suite<sup>13</sup> que les rachats conjoncturels peuvent être causés par des assurés pouvant être tentés de racheter leurs contrats lorsque la valeur de rachat dépasse celle de la garantie. Tandis que des rachats structurels ont lieu lorsque le contrat arrive à échéance et que le taux servi est élevé puisque les assurés peuvent être tentés de racheter leurs contrats pour ne pas risquer de ne se limiter qu'au capital garanti.

Ainsi, un algorithme est mis en place pour gérer les dotations et les reprises entre la PTD et la PCDD.

---

13. 2.2.4 Les sorties des assurés

L'algorithme considéré est celui présenté ci-dessous :

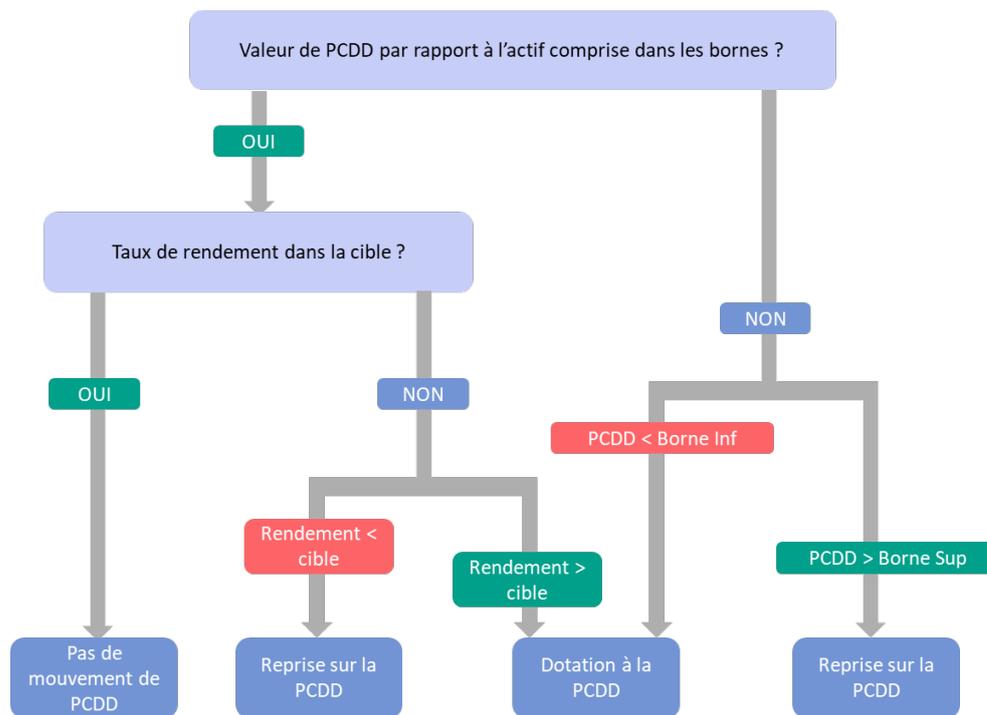


FIGURE 2.15 – Schéma des interactions entre la PTD et la PCDD

Avant le lancement du fonds Euro-croissance, des bornes pour la valeur de la PCDD par rapport à l'actif des assurés sont déterminées. Ces bornes peuvent être amenées à évoluer au fil du temps.

Dans ce mémoire, il est considéré que l'organisme d'assurance souhaite que la PCDD représente 1 à 4 % de l'actif des assurés. Ces bornes sont choisies afin de restreindre toute préférence accordée à certains assurés par rapport à d'autres (qui serait due au délai de réversion) et pour limiter la réduction de la valeur de rachat des assurés.

Une performance cible pour les assurés est également déterminée en amont. Le taux de rendement cible correspond au temps attendu par les assurés. Ce taux a été construit à partir du taux estimé servi sur le livret A et d'un portefeuille d'actif composé à 50 % d'actions et à 50 % d'obligations. Il est défini tel que :

$$Taux\ attendu_t = 0,7\% \times \max(F(t, 1) + 0,25\% , 50\% \times Rendement\ moyen\ actions_0\ à\ t + 50\% \times Rendement\ obligations_t)$$

où  $F(t, 1)$  est le taux *forward* à un an utilisé pour estimer le taux servi sur le livret A.

La stratégie de pilotage de la PCDD par l'assureur s'effectue en plusieurs étapes.

### Première étape

Dans un premier temps, la valeur de la PCDD à l'ouverture par rapport à l'actif à la fermeture est calculée :

$$Taux_t = \frac{PCDD_{t-1}}{Actif_t}$$

Si ce taux n'est pas compris dans les bornes déterminées en amont puisque la PCDD représente plus de  $Taux\ sup$  alors la partie de la PCDD qui dépasse  $Taux\ inf$  est reprise pour alimenter la PTD :

$$Reprise_t = Actif_t \times (Taux_t - Taux\ inf_t)$$

À l'inverse, si la PCDD représente moins de  $Taux\ inf$  de l'actif alors elle est dotée dans la limite du possible de l'évolution des provisions techniques :

$$Dotation_t = \min \left( Actif_t \times (Taux\ inf_t - Taux_t) ; \max(Evolution\ provisions_t ; 0) \right)$$

où  $Evolution\ provisions_t$  vaut :

$$Evolution\ provisions_t = Actif_{t-1} - PTD_{t-1} - PCDD_{t-1} + Prestations_t$$

### Deuxième étape

Si le montant de la PCDD à l'ouverture par rapport à l'actif à la fermeture est bien compris dans les bornes cibles, la moyenne pondérée du taux de rendement est regardée :

$$TR\ moyen\ net = \frac{\sum_{t=0}^T (TR\ net\ sans\ PCDD_t \times Actif\ assuré_t)}{\sum_{t=0}^T Actif\ assuré_t}$$

où :

$$TR\ net\ sans\ PCDD_t = \frac{Rendement_t - Frais\ prélevés_t - PCDD_{t-1}}{Actif_t - PCDD_{t-1}}$$

Si le taux de rendement moyen est égal au taux de rendement cible, plus ou moins l'écart toléré, il n'y a ni reprise ni dotation à la PCDD.

Si, par contre, le taux de rendement moyen est supérieur au taux de rendement cible alors il y a une dotation de la PTD à la PCDD :

$$Dotation_t = (Actif_t - Rendement_t) \times (TR\ net_t - Taux\ attendu_t)$$

En revanche, si le taux de rendement pondéré est inférieur au taux de rendement cible alors, une reprise de la PCDD vers la PTD s'effectue dans la limite de la valeur minimale de la PCDD par rapport à l'actif :

$$Reprise_t = \min \left( (Actif_t - Rendement_t) \times (Taux attendu_t - TR net_t) ; \right. \\ \left. Actif_t \times (Taux_t - Taux inf_t) \right)$$

### Troisième étape

Le montant de dotation à la PCDD ou de reprise à cette provision est ainsi déterminé et la PCDD évolue en fonction :

$$PCDD_t = PCDD_{t-1} + Mouvement PCDD_t - Distribution_t$$

où  $Mouvement PCDD_t = +Dotation_t$  ou  $-Reprise_t$ .

Ensuite, la PTD se calcule par différence de l'actif avec la PCDD et les frais sur les provisions :

$$PTD_t = Actif_t - Frais PTD_t - PCDD_t$$

L'algorithme de pilotage de la PCDD présente une limite due au délai de réversion obligatoire aux assurés dans les 15 ans. En effet, la baisse soudaine de cette provision au bout de 15 ans de détention par l'assureur n'est pas prévue dans l'algorithme et peut donner lieu à des scénarios où la valeur de la PCDD par rapport à l'actif est en dessous de la borne inférieure souhaitée.

#### 2.2.4 Les sorties des assurés

Il est important pour l'organisme d'assurance d'anticiper au mieux les sorties. En effet, si les rachats ou les décès sont supérieurs à ceux escomptés, l'organisme d'assurance pourra se retrouver contraint de vendre plus d'actifs que prévu afin d'avoir de la liquidité.

Trois types de sorties possibles des assurés sont considérées :

- Les rachats structurels ;
- Les rachats conjoncturels ;
- Les décès.

Les arbitrages vers d'autres fonds sont considérés comme étant des rachats classiques.

Les sorties du contrat sont exprimées en pourcentage de la provision technique de diversification (PTD). De plus, il est considéré que les sorties interviennent en milieu d'année donc avant la revalorisation de l'actif et des trois provisions techniques.

Lors d'un rachat ou d'un décès, la prestation versée vaut le nombre de parts détenues multiplié par le montant d'une part au moment de la sortie.

Les sorties des assurés ont un impact dans le calcul de la provision pour garantie au terme (PGT) par l'organisme d'assurance. En effet, comme il a été vu précédemment <sup>14</sup>, la PGT est déterminée de la manière suivante :

$$PGT_t = \max(0; VA \text{ garanties}_t - PTD_t - PCDD_t),$$

La valeur actuelle des garanties  $VA \text{ garanties}_t$  est définie comme étant la somme des valeurs actuelles des garanties pour chaque assuré  $i$   $VA \text{ garanties}_{t,i}$  valant :

$$VA \text{ garanties}_{t,i} = \frac{\text{Montant garanti}_{t,i} \times \text{Probabilité de rester en vie jusqu'à l'échéance}_i}{(1 + \text{taux d'actualisation}_T)^{T-t}}$$

où :

- $\text{taux d'actualisation}_T$  est égal à 90 % du  $TEC_T$  ;
- Les rachats et les décès sont exprimés en pourcentage de chaque assuré dans l'outil de gestion actif-passif. Ainsi, la proportion de parts détenues par un assuré est déterminée pour le calcul du montant garanti à l'échéance  $\text{Montant garanti}_{t,i}$  de l'assuré  $i$  à  $t$  :

$\text{Montant garanti}_{t,i}$

$$= \text{Montant versé}_i \times \text{Pourcentage garanti} \times (1 - \text{Taux frais sur versements}) \\ \times \left(1 - \frac{\sum_{t=0}^t (\text{Nombre parts PTD prestations}_{t,i} - \text{Nombre parts PTD distribution}_{t,i})}{\text{Nombre parts PTD souscription}_i}\right)$$

- $\text{Montant versé}_i$  vaut le montant versé par l'assuré  $i$  lors de sa souscription au produit Euro-croissance ;
- $\text{Nombre parts PTD souscription}_i$  est le nombre de parts de la PTD que l'assuré  $i$  a acheté lors de son entrée sur le produit ;
- $\text{Nombre parts PTD prestations}_{t,i}$  correspond au nombre de parts de la PTD des décès et des rachats survenus à  $t$  pour l'assuré  $i$  ;
- $\text{Nombre parts PTD distribution}_{t,i}$  représente la PCDD redistribuée à  $t$  sous forme de nombre de parts de la PTD par l'assureur à l'assuré  $i$ .

### Les rachats structurels

Les rachats structurels sont ceux liés aux caractéristiques du contrat et des assurés. En assurance-vie, ce type de rachat est fortement influencé par la fiscalité. En effet, la

14. 1.2.2 La provision pour garantie au terme (PGT)

fiscalité devient intéressante pour les assurés à partir de 8 ans sur les produits d'assurance-vie<sup>15</sup>. Un pic de rachats par les assurés est alors constaté par les organismes d'assurances au bout de 8 ans de détention d'un contrat.

Le fonds Euro-croissance, notamment celui transformé par la loi PACTE, étant un produit récent, des lois de rachats structurels ne sont pas encore proposées. L'objectif est d'estimer de la façon la plus réaliste possible le comportement probable des assurés en termes de rachats liés aux caractéristiques du contrat.

Il s'agit ainsi de déterminer quelles sont les variables qui peuvent expliquer ce type de rachats et comment elles les impactent. Dans un fonds en Euros, plus le taux minimum garanti (TMG) est élevé, moins les assurés effectuent des rachats structurels. Pour le fonds Euro-croissance, un principe se retrouve : plus le taux de garantie indiqué sur le contrat est élevé, moins les assurés seront tentés de racheter leurs contrats.

Le TMG du fonds en Euros et le taux de garantie du fonds Euro-croissance n'ont cependant pas le même fonctionnement. Le TMG est le taux que l'assureur s'engage à servir à ses assurés sur une durée déterminée alors que le taux de garantie est le pourcentage du montant versé garanti à l'échéance. Le TMG peut être strictement positif : les assurés auront un montant supérieur à celui versé (moins les frais). Par contre, le taux de garantie à l'échéance pour le fonds Euro-croissance est inférieur ou égal à 1 : les assurés ne sont pas certains de récupérer au moins leur capital initial.

En plus du taux de garantie, d'autres variables sont considérées pour modéliser les taux de rachats structurels des contrats Euro-croissance, comme le taux servi<sup>16</sup> et le stock PCDD constitué en fonction du temps restant jusqu'à l'échéance du contrat. En effet, plus le contrat arrive à échéance et plus le taux servi est élevé, plus les assurés peuvent être tentés de racheter leurs contrats pour ne pas risquer de réaliser des moins-values et redescendre au niveau du capital garanti. Alors que si le contrat approche du terme et que le taux servi est bas, les assurés auront tendance à rester pour au moins obtenir le capital garanti par l'assureur.

Le stock PCDD peut influencer les rachats de la manière suivante : si le stock de PCDD communiqué par l'assureur est considéré comme « élevé » par les assurés, ces derniers peuvent espérer une amélioration du taux de rendement et donc avoir moins tendance à racheter leurs contrats.

Afin de déterminer la perception du stock de PCDD par les assurés, la réflexion est la suivante : avant le lancement du fonds Euro-croissance, des bornes pour la valeur de la PCDD par rapport à l'actif sont déterminées par l'organisme d'assurance. Dans ce mémoire, il est considéré que l'assureur souhaite que la PCDD représente 1 à 4 % de l'actif. Si le stock de PCDD est supérieur à la borne inférieure, alors il est estimé que les

---

15. 1.1.1 La fiscalité de l'assurance-vie

16. 2.2.3 Pilotage de la PCDD

assurés perçoivent le stock de PCDD comme « élevé » et comme « faible » sinon. Dans toutes les configurations envisagées, un pic de rachats dû à la fiscalité avantageuse au cours de la huitième année sur le contrat est considéré.

Le tableau ci-dessous récapitule l'impact estimé des différents paramètres considérés sur les rachats structurels estimés :

Variation des paramètres	Impact
Hausse du taux de garantie	Baisse des taux de rachats
Hausse du stock de PCDD	Baisse des taux de rachats
Proche de l'échéance et bon taux servi	Forte hausse des taux de rachats
Proche de l'échéance et mauvais taux servi	Forte baisse des taux de rachats
Proche de la souscription et bon taux servi	Légère hausse des taux de rachats
Proche de la souscription et mauvais taux servi	Légère baisse des taux de rachats

TABLE 2.10 – Impact des différents paramètres sur les taux de rachats structurels

Les taux de rachats structurels ont été modélisés pour varier entre 0 et 10 %, avec une moyenne de 3 %. Ces taux sont relativement bas en raison de la structure même du fonds Euro-croissance. La présence d'une garantie à terme encourage les assurés à rester sur le produit, même si les taux de rendement sont inférieurs au taux garanti. Cependant, si les taux de rendement sont supérieurs au taux garanti, les assurés peuvent avoir tendance à racheter leurs contrats à l'approche de l'échéance, par crainte d'une baisse soudaine des rendements. En revanche, s'ils sont plus loin de l'échéance et que les taux de rendement sont élevés, les assurés seront plus enclins à rester pour continuer à bénéficier de ces rendements.

Les taux de rachats structurels en fonction du temps passé sur le contrat et du taux servi sont illustrés dans le graphique ci-dessous :

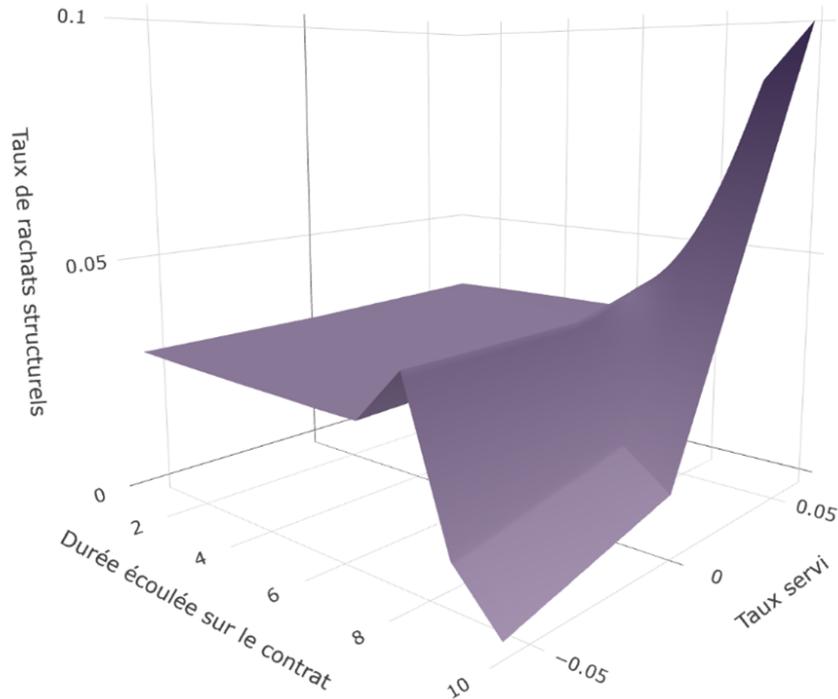


FIGURE 2.16 – Taux de rachats structurels en fonction du temps écoulé sur le contrat et du taux servi

Un pic important de rachat est observé lors de la huitième année et la dynamique des rachats structurels est très différente lors de la fin du contrat selon que le taux servi couvre ou non la garantie à l'échéance.

Ainsi, pour mieux se rendre compte du comportement des assurés en termes de rachats structurels avant la huitième année, les taux de rachats sont représentés dans la figure ci-dessous pour des anciennetés inférieures à huit ans :

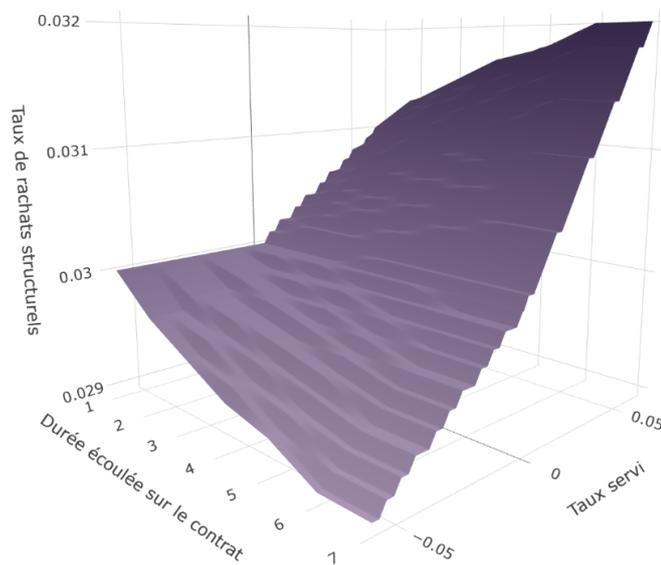


FIGURE 2.17 – Taux de rachats structurels en fonction du temps écoulé sur le contrat et du taux servi moyen (pour une maturité du contrat inférieure à huit ans)

Dans le graphique ci-dessus les taux de rachats présentés sont ceux pour un capital garanti à 100 % à l'échéance du contrat et pour un stock de PCDD considéré comme « faible » par les assurés. Pour un stock de PCDD plus important ou pour un capital garanti seulement à 80 % les taux sont revus à la baisse ou à la hausse comme décrits dans le tableau présenté plus haut<sup>17</sup>.

Par exemple, le taux de rachats pour un taux servi moyen de -5 % au bout de 9 ans passés sur le contrat est de 1 % (les assurés préfèrent attendre l'échéance). Tandis que pour le même taux servi mais après seulement 2 ans d'ancienneté il est de 2,97 % (les assurés auront plus tendance à partir vers un produit potentiellement plus intéressant lorsqu'ils ont moins d'ancienneté).

### Les rachats conjoncturels

Les rachats conjoncturels sont le deuxième type de rachats observés et correspondent à ceux qui sont expliqués par les conditions du marché. Pour un organisme d'assurance, la modélisation de ce type de rachat peut être difficile puisqu'il n'y a pas d'historique

17. 2.10 Impact des différents paramètres sur les taux de rachats structurels

disponible. Pour les fonds en euros, les assureurs peuvent s'appuyer sur les lois de rachat maximales et minimales publiées dans les Orientations Nationales Complémentaires du QIS 5<sup>18</sup>.

Cependant, la dynamique des rachats conjoncturels dans un contrat Euro-croissance semble différente de celle d'un fonds en Euros. En effet, les fonds Euro-croissance ne disposent pas de l'effet cliquet comme les fonds en euros, où une fois acquis, les intérêts ne peuvent pas être perdus et sont ajoutés au capital. Ainsi, en cas de rendement plus faible qu'espéré, les assurés ont intérêt à conserver leurs contrats pour au moins obtenir la garantie. Alors que pour un fonds en Euros, il est considéré que les assurés auront tendance à racheter leurs contrats s'ils estiment pouvoir obtenir un meilleur taux de rendement chez un concurrent. Toutefois, puisqu'il n'y a pas cet effet cliquet, les assurés peuvent être tentés de racheter leurs contrats lorsque la valeur de rachat dépasse celle de la garantie.

Dans les Orientations Nationales Complémentaires du QIS 5, le taux de rachats conjoncturels maximal est fixé à 40 %. Cependant, les taux ont été réévalués à la baisse pour les fonds Euro-croissance. En effet, les fonds Euro-croissance ont une garantie à terme, donc les assurés peuvent être tentés de rester plus longtemps sur le contrat que pour les fonds en Euros qui disposent de l'effet cliquet. De plus, la dynamique de rachats est considérée comme opposée, avec une plus grande tendance des assurés à rester sur leurs contrats lorsque l'écart entre le taux servi et le taux attendu est négatif.

En outre, les rachats sont plus importants pour des assurés ayant moins de capital garanti promis à échéance que pour ceux à qui il est promis 100 % du capital au terme du contrat. L'âge moyen est également pris en compte, avec une plus forte tendance au rachat pour les assurés les plus jeunes.

Comme pour les rachats structurels, les taux de rachats conjoncturels ont été volontairement choisis bas. En effet, par la structure même du fonds Euro-croissance, il a été considéré que les assurés avaient plutôt tendance à rester sur le produit jusqu'à l'échéance qu'à racheter leurs contrats.

---

18. [ACPR, 2013]

Le graphique ci-dessous présente les taux de rachats pour chaque *Model Point* en fonction de l'écart entre le taux servi et le taux attendu :

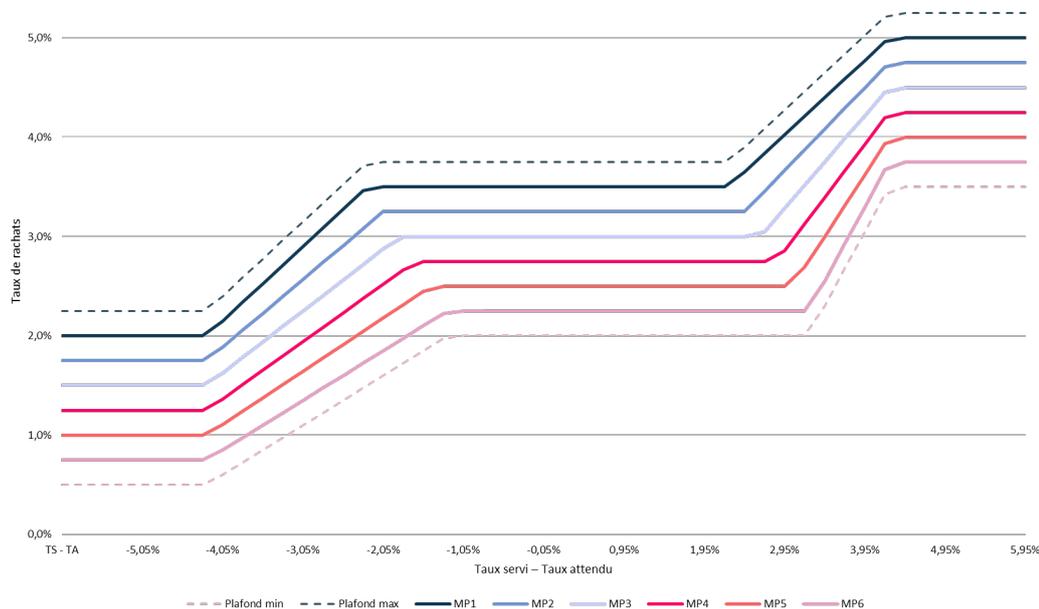


FIGURE 2.18 – Taux de rachats conjoncturels pour chaque *Model Point* en fonction de l'écart entre le taux servi et le taux attendu pour une garantie à l'échéance de 100 %

### Les décès

La table utilisée pour modéliser les décès au sein du portefeuille d'assurés est la TGF05. Il s'agit d'une table de mortalité générationnelle établie par l'INSEE de manière prospective pour la population féminine.

Les données sont limitées à une tranche d'âge comprise entre 0 et 120 ans et sont fournies pour des générations allant de 1900 à 2005. Pour chaque âge et chaque génération, la table fournit le nombre de personnes vivantes pour une population initiale de 100 000 individus par génération.

Le graphique ci-dessous présente les effectifs de la table TGF05 pour une génération donnée à chaque âge :

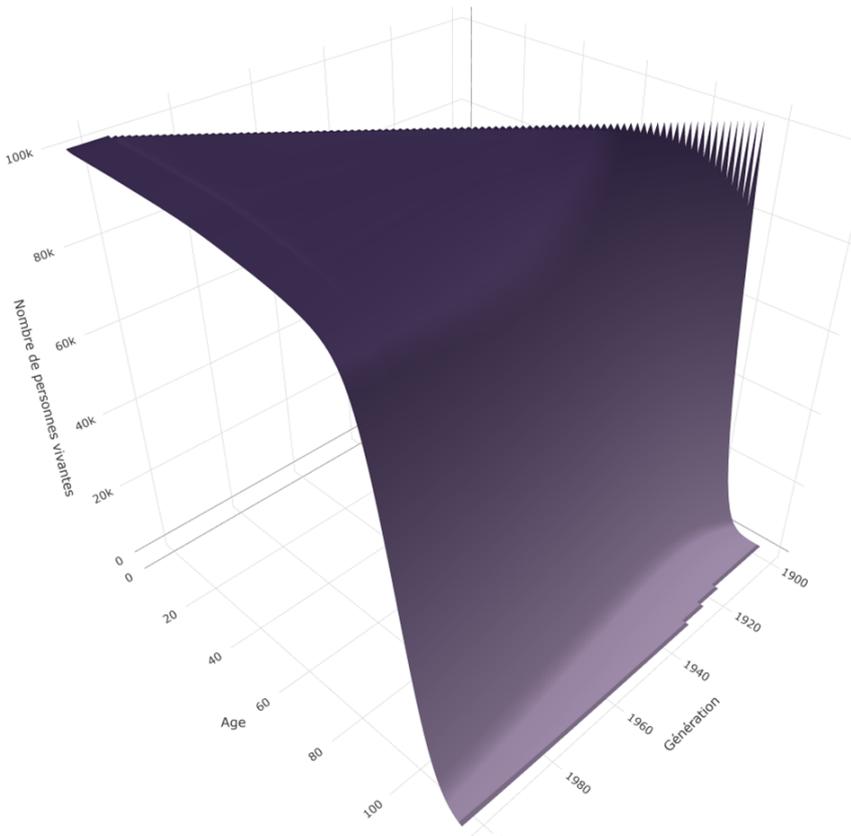


FIGURE 2.19 – Table de mortalité générationnelle TGF05

### 2.2.5 L'allocation d'actifs

L'allocation d'actifs est choisie prudente pour que l'assureur puisse tenir ses engagements. Pour cela, les valeurs actualisées des montants garantis aux assurés sont couvertes par des actifs peu risqués : des obligations d'état. Le reste est investi dans des actifs plus risqués. Dans un souci de simplification, l'allocation de l'actif appartenant à l'assureur est supposée identique à celle des assurés.

L'allocation est évolutive puisque plus les contrats arrivent à échéance moins le portefeuille d'actifs est risqué. Ainsi, l'espérance de gains est élevée lorsque des contrats sont souscrits et le portefeuille plus sécurisé à l'approche de l'échéance des contrats.

A chaque pas de temps une répartition cible en actifs non risqués et actifs risqués est

déterminée. La part cible d'actifs non risqués est la suivante :

$$\text{Allocation cible actifs non risqués}_t = \min \left( \frac{VA \text{ garanties}_t}{PTD_t + PCCDD_t} ; 100\% \right)$$

où  $VA \text{ garanties}_t$  est tel que défini dans la sous-section 2.2.4 Les sorties des assurés.

La part cible d'actifs risqués est la suivante :

$$\text{Allocation cible actifs risqués}_t = 1 - \text{Allocation cible actifs non risqués}_t$$

Les actifs considérés comme risqués sont les actions et l'immobilier tandis que les non risqués sont les obligations et la liquidité.

La part cible de l'actif correspondant à de la liquidité est supposée stable à 5 % donc la part cible d'obligations est égale à la différence entre la part cible d'actifs non risqués et la part cible de liquidité. De plus, il est retenu que la part cible des actions vaut trois fois celle de l'immobilier. En effet, les biens immobiliers présentent des rendements stables et intéressants mais sont moins liquides que les actions. Les parts des actifs doivent se situer dans un intervalle qui varie de plus ou moins 2 % par rapport à la part cible.

À chaque pas de temps, il est regardé si les objectifs d'allocation de l'actif sont atteints. Si ce n'est pas le cas, des investissements et des désinvestissements sont effectués pour que les cibles soient atteintes.

Les répartitions initiales de l'actif pour les deux taux de garantie à l'échéance (80 % et 100 %) sont les suivantes :

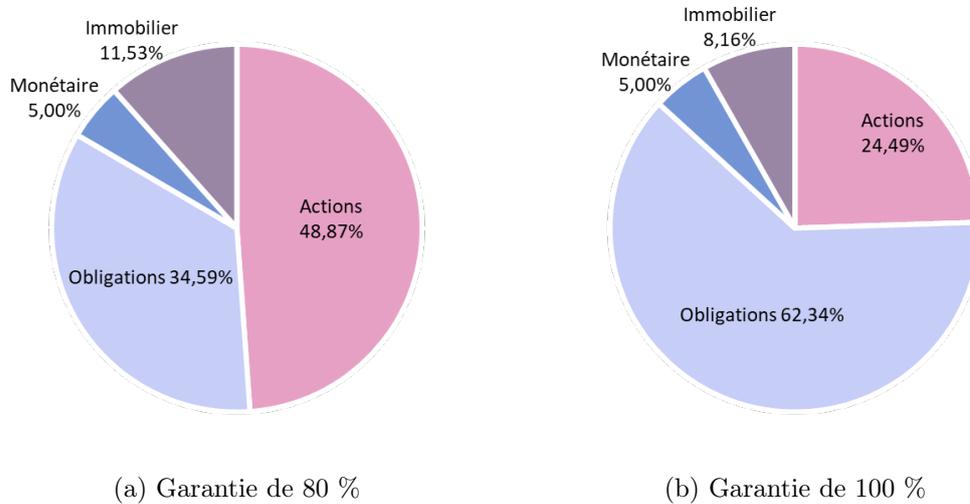


FIGURE 2.20 – Allocation initiale de l'actif du fonds Euro-croissance dans le modèle ALM

A titre de comparaison, les allocations moyennes de l'actif des fonds Euro-croissance dans le paysage assurantiel français étaient les suivantes en 2021 et 2022 :

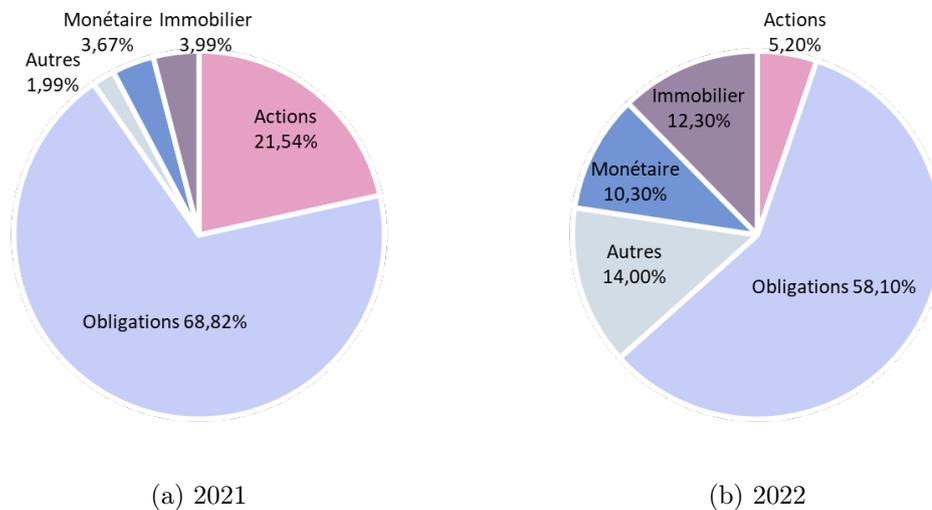


FIGURE 2.21 – Composition moyenne des fonds Euro-croissance à fin 2021 et à fin 2022, source : [Good Value For Money, 2023]

Les parts d'immobilier et de liquidité sont comprises entre celles observées sur le marché en 2021 et 2022. La part initiale des obligations est inférieure à celle observée dans la

réalité et celle des actions est légèrement supérieure. Ces différences sont expliquées par le fait que le fonds Euro-croissance est considéré dès son lancement. Au fil des ans, la part des actions et des biens immobiliers aura tendance à diminuer au profit des obligations pour que l'organisme d'assurance honore ses engagements.

De plus, les allocations présentées dans les diagrammes circulaires ci-dessus sont celles pour les fonds Euro-croissance tous taux de garanties confondus ce qui explique la part d'obligations supérieure à celle considérée dans cette étude.

### 2.2.6 Validation du modèle de gestion actif-passif

Afin de valider l'outil de gestion actif-passif utilisé des tests sont réalisés : des tests de convergence, un test de fuite et un test d'écart de valorisation.

#### Tests de convergence

Des tests de convergence ont été réalisés afin de valider le nombre de scénarios économiques considérés.

Lorsque les outils sont utilisés en univers « monde réel » la convergence de la provision technique de diversification est étudiée :

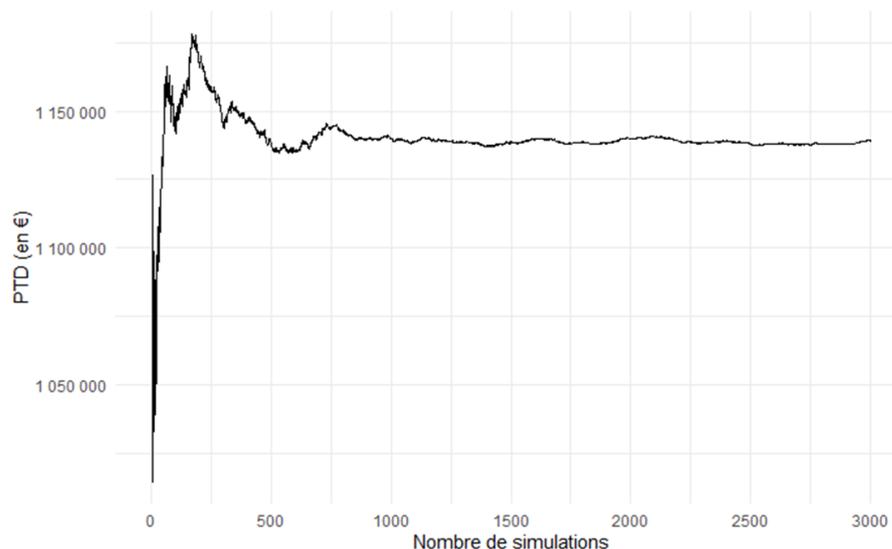


FIGURE 2.22 – Évolution de la moyenne cumulée de la PTD en fonction du nombre de scénarios

Lorsque le GSE est utilisé en vision « risque neutre » la convergence du *Best Estimate* est regardée :

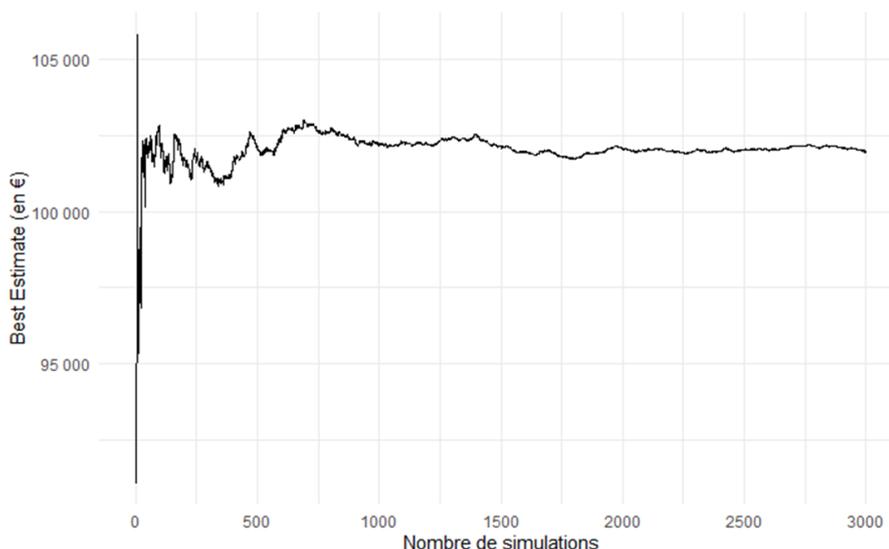


FIGURE 2.23 – Évolution de la moyenne cumulée du *Best Estimate* en fonction du nombre de scénarios

Il apparaît que la moyenne cumulée de la PTD se stabilise autour de 700 scénarios et que celle du *Best Estimate* aux alentours de 800 scénarios.

De plus, les écarts relatifs entre la moyenne des 1 000 premières simulations et de celle des 3 000 simulations sont de respectivement 0,02 % et de 0,04 % pour le montant de PTD et pour le *Best Estimate*.

Ainsi, dans le cadre de ce mémoire 1 000 scénarios économiques sont jugés suffisants en sortie du GSE. Par ailleurs, il s'agit du nombre conseillé par l'ACPR lorsque les GSE sont utilisés pour l'évaluation du *Best Estimate* des engagements d'assurance-vie<sup>19</sup>.

### Test de fuite

Lorsque le GSE est utilisé en univers « risque neutre » il convient de vérifier qu'il n'y a pas de fuite ou de création de valeur en sortie de l'outil de gestion actif-passif. Il s'agit de s'assurer que la valeur de marché de l'actif à l'instant initial est égale à l'engagement de l'organisme d'assurance envers les assurés<sup>20</sup>.

19. [ACPR, 2020]

20. 3.2.3 Indicateurs au niveau prudentiel

La fuite du modèle est définie de la façon suivante :

$$\text{Fuite du modèle (en \%)} = 1 - \frac{\text{Valeur de marché de l'actif à l'instant initial}}{\text{Best Estimate} + \text{Richesse future}}$$

L'écart de convergence pour le scénario central avec une garantie de 80 % à l'échéance promise aux assurés est de 0,011 %. Puisque cet écart est faible, le test de fuite est validé.

Néanmoins, afin de rester dans une approche prudente, la fuite du modèle est intégrée au *Best Estimate* puisque positive. En effet, un organisme d'assurance prudent préférera surestimer son *Best Estimate* plutôt que de surévaluer sa richesse.

### **Ecart de valorisation**

En univers « monde réel », il est nécessaire de veiller à ce qu'il n'y ait pas d'écart de valorisation en sortie de l'outil de gestion actif-passif. Pour cela il faut vérifier qu'à l'échéance la valeur de marché de l'actif (le fonds Euro-croissance est valorisé en valeur de marché plutôt qu'en valeur comptable) est égale à la somme de la provision technique de diversification, de la provision collective de diversification différée, de la provision pour garantie à terme et des fonds propres (fonds propres comptables et ajustements ACAV).

L'écart de valorisation du modèle est défini de la façon suivante :

$$\text{Ecart de valorisation (en \%)} = 1 - \frac{\text{Valeur de marché de l'actif}}{\text{PTD} + \text{PCDD} + \text{PGT} + \text{Fonds propres}}$$

Pour le scénario central considéré avec une garantie du capital à l'échéance de 80 % l'écart de valorisation est de - 0,041 %. Cet écart étant faible, le test de valorisation est validé.

## Chapitre 3

# Étude de la pertinence de l'Euro-croissance

Ce mémoire vise à évaluer la pertinence du fonds Euro-croissance pour l'organisme d'assurance et pour les assurés. Deux taux de garanties pour les assurés à l'échéance sont étudiés : un partiel et un total.

L'objectif est de savoir si, en acceptant de prendre un risque, le rendement des contrats avec une garantie partielle offre une meilleure performance que ceux, plus sûrs, présentant une garantie totale.

Afin de répondre à cette problématique, ce chapitre présente les différents indicateurs utilisés pour évaluer la pertinence du fonds Euro-croissance. Les résultats obtenus sont ensuite discutés.

### 3.1 Hypothèses

Avant d'étudier les impacts du taux de garantie, les hypothèses sur l'organisme d'assurance considéré, le contrat et les assurés sont présentés.

Dans le cadre de ce mémoire, il est considéré que l'organisme d'assurance procède au lancement du fonds Euro-croissance au 31 mai 2023. Deux types de garanties à l'échéance sont étudiés : une partielle avec un taux de garantie de 80 % et une totale.

#### 3.1.1 Le portefeuille d'assurés

Le portefeuille d'assurés considéré dans cette étude est obtenu d'après celui, réel, observé au 31 décembre 2019, chez une mutuelle cliente du cabinet Actuelia proposant un contrat d'assurance-vie sur un fonds en Euros. Le portefeuille est composé de 1 200 adhérents.

### La base de données

Des adaptations de cette base de données sont réalisées afin de considérer l'arrivée de nouveaux assurés, pour l'adapter au produit Euro-croissance et pour le rendre cohérent avec cette étude :

- Au 31 mai 2023, 120 assurés arrivent sur le fonds Euro-croissance en investissant chacun 1 000 € correspondant à 100 parts de la PTD d'une valeur de 10 € ;
- Sur toute la durée, du contrat le reste des assurés (soit 1 080 nouveaux clients) arrive de manière constante entre 2023 et 2032 ;
- Lors de la souscription, chaque client achète 100 parts de la PTD dont la valeur fluctue avec le temps.

Pour cette étude, des hypothèses ont du être faites sur la souscription des assurés au cours du temps. En effet, il est supposé que les assurés souscrivent tous pour le même nombre de parts de la provision technique de diversification (100 parts). Or la valeur d'une part de la PTD fluctue au cours du temps. Donc selon les années où les assurés arrivent les montants qu'ils versent ne sont pas identiques. Les hypothèses faites sont forcément simplificatrices mais se veulent les plus réalistes possible.

### Les *Model Points*

Afin de diminuer le temps de calcul nécessaire à l'obtention des résultats, des *Model Points* ont été créés. Les *Model Points* correspondent à des regroupements de contrats ayant une ou plusieurs caractéristiques communes. Ici, les assurés ont été rassemblés par âge.

<i>Model Point</i>	Année de naissance moyenne	Année d'adhésion moyenne	Âge moyen à l'adhésion	Nombre moyen de parts de PTD
1	1989	2028	43	100
2	1985	2028	48	100
3	1979	2028	54	100
4	1973	2028	59	100
5	1970	2028	62	100
6	1964	2028	68	100

TABLE 3.1 – *Model Points* issus de la base de donnée

### 3.1.2 Bilan

Au 31 mai 2023, le bilan du fonds Euro-croissance se décompose comme suit :

- A l'actif :
  - L'actif appartenant à l'assureur est de 100 000 € ;
  - L'actif appartenant aux assurés vaut 120 000 € ;

- Au passif :
  - Les fonds propres comptables sont de 100 000 € ;
  - La PTD est de 120 000 € (120 assurés avec chacun 100 parts de PTD d'une valeur de 10 €) ;
  - La PCDD est nulle ;
  - La PGT est nulle.

### 3.1.3 Frais réels et frais prélevés

Les frais réels auxquels est soumis l'organisme d'assurance sont pris en compte dans le modèle. Ils sont estimés à partir de ceux observés chez les mutuelles et assureurs clients du cabinet Actuelia :

Frais	Taux de frais
Frais d'acquisition	0,10 %
Frais de gestion des sinistres	0,13 %
Frais administratifs	0,10 %
Frais de placements	0,03 %

TABLE 3.2 – Taux de frais réels de l'assureur dans l'outil de gestion actif-passif

Le modèle ALM projette le bilan de l'assureur sur un horizon de temps (10 ans). Ainsi, il a été choisi de prendre en compte l'inflation pour les frais auxquels il est soumis. Pour cela, les taux de frais de l'assureur sont revalorisés à un taux d'inflation de 2 % correspondant au taux d'inflation à moyen terme visé par la banque centrale européenne.

Pour se rémunérer, couvrir son travail de gestion des placements et se protéger contre ses frais réels, l'organisme d'assurance prélève des frais aux assurés.

Les frais applicables au titre du contrat sont les suivants :

- Les frais sur versements ;
- Les frais de gestion ;
- Les frais prélevés sur le solde créditeur du compte de participation aux résultats spécifiques ;
- Les frais de sorties anticipés.

Les taux de frais qui seront prélevés par l'assureur aux assurés ont été déterminés à partir d'une étude sur les contrats d'assurance-vie existant dans le paysage assurantiel français et proposant des fonds Euro-croissance<sup>1</sup> :

Frais	Taux de frais
Frais sur versements	0,75 %
Frais de gestion	0,75 %
Frais prélevés sur le solde créditeur du compte de participation aux résultats spécifiques	15 %
Frais de sorties anticipés	0 %

TABLE 3.3 – Taux de frais prélevés sur les contrats

Le montant garanti aux assurés à l'échéance est net de frais sur les versements. Ainsi, pour la garantie partielle, les assurés sont certains de récupérer à terme 79,40 % du capital investi. Tandis que ceux ayant souscrit à un contrat présentant une garantie totale auront, à l'échéance, au minimum 99,50 % du montant versé.

---

1. Le taux de frais de gestion du contrat Euro-croissance commercialisé par Boursorama est indiqué comme étant de 0,75 % par an maximum. Pour celui commercialisé par AXA, ce taux ne peut pas dépasser 0,80 % par an.

## 3.2 Indicateurs

Chaque indicateur utilisé est calculé à l'aide de la méthode de Monte-Carlo : il est calculé pour chaque simulation et la moyenne de tous les scénarios générés est retenue :

$$Indicateur = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Indicateurs_i$$

où N correspond au nombre de scénarios considérés (1 000 dans ce mémoire).

### 3.2.1 Indicateurs du fonds

Afin d'avoir une vision globale de la rentabilité du fonds Euro-croissance, des taux de rendement du produit sont calculés.

Le taux de rendement brut se définit ensuite comme étant le ratio entre le rendement et l'actif :

$$TR\ brut_t = \frac{Rendement_t}{Actif_t}$$

Le taux de rendement brut est donc identique pour l'assureur et l'assuré puisque l'allocation de l'actif de l'assureur est supposée identique à celle de l'actif appartenant aux assurés.

Néanmoins, afin d'être un indicateur réaliste du fonds du point de vue des assurés le taux de rendement moyen net de frais est regardé :

$$TR\ moyen\ net = \frac{\sum_{t=0}^T (TR\ net_t \times Actif\ assuré_t)}{\sum_{t=0}^T Actif\ assuré_t}$$

avec :

$$TR\ net_t = \frac{Rendement_t - Frais\ prélevés_t}{Actif_t}$$

Le taux de rendement regardé tient compte de la performance du fonds Euro-croissance, PCDD incluse. Ainsi, le taux de rendement obtenu sur la valeur liquidative d'une part de la PTD peut être inférieur.

Il a été choisi d'intégrer la PCDD dans ce taux de rendement puisque le pilotage de la PCDD est propre à chaque assureur. De plus, la PCDD est une provision qui appartient aux assurés et qui leur sera reversée.

### 3.2.2 Indicateurs de la rentabilité des assurés

Afin de déterminer la pertinence du produit pour les assurés, la plus ou moins-value à la sortie du contrat est mesurée. Les sorties correspondent aux décès, aux rachats structurels, aux rachats conjoncturels et aux fins de contrats. Pour les fins de contrats, la plus ou moins-value par rapport au montant garanti est toujours positive par définition du taux de garantie proposé.

Lorsque la sortie du produit Euro-croissance a lieu par un rachat ou un décès, les assurés reçoivent un montant égal au nombre de parts de la provision technique de diversification qu'ils détiennent multiplié par la valeur d'une part de la PTD. Cependant, à l'échéance du contrat, les assurés obtiennent le montant maximal entre la garantie et le nombre possédé de parts de la PTD multiplié par la valeur d'une part de la PTD.

La plus ou moins-value par rapport au montant garanti est définie telle que :

$$PVL \text{ par rapport au montant garanti} = Prestation - Montant garanti$$

$$PVL \text{ par rapport au montant garanti (en \%)} = \frac{Prestation - Montant garanti}{Montant garanti}$$

Le fonds Euro-croissance représente un réel intérêt pour les assurés lorsqu'ils font une plus-value par rapport au montant versé :

$$PVL \text{ par rapport au montant versé} = Prestation - Montant versé$$

$$PVL \text{ par rapport au montant versé (en \%)} = \frac{Prestation - Montant versé}{Montant versé}$$

Dans ces indicateurs, *Prestation* correspond au montant versé par l'assureur à l'assuré lorsqu'il sort du fonds Euro-croissance que soit par un rachat, un décès ou l'arrivée à l'échéance du contrat.

En plus des plus ou moins-values des assurés, le Taux de Rentabilité Interne ou TRI (*Internal Rate of Return* IRR) est regardé pour déterminer la rentabilité des assurés. Le TRI est un indicateur de rentabilité financière permettant de mesurer la pertinence d'un produit. Les flux entrants et sortants sont pris en compte pour être ramenés sur une année. En général, c'est l'investissement dont le TRI est le plus important qui est le plus souhaitable, car c'est celui qui est le plus susceptible de générer plus de croissance.

Du point de vue des assurés, le taux de rentabilité interne, noté  $TRI_{assuré}$ , est défini de la manière suivante :

$$\text{Montant versé} = \frac{\text{Prestation}}{(1 + TRI_{assuré})^T}$$

où  $T$  correspond au nombre d'années passées sur le fonds Euro-croissance.

Il est possible de noter que le  $TRI_{assuré}$  correspond à l'annualisation de la plus ou moins-value par rapport au montant versé, les versements libres n'étant pas modélisés.

En plus de ces indicateurs, le risque de perte des assurés est également regardé. Ce risque correspond à la fréquence d'obtention d'une prestation inférieure au montant versé. En effet, les assurés ayant souscrit à une garantie totale peuvent enregistrer une perte maximale de 0,75 % et les assurés avec une garantie totale de 20,6 % (correspondant à  $1 - \text{Pourcentage de garantie} \times (1 - \text{Taux frais sur versements})$ ). Cet indicateur est important puisqu'il permet de déterminer l'appétence au risque nécessaire avant de souscrire à un contrat. Il se définit de la façon suivante :

$$\text{Risque de perte}_{assuré} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \mathbb{1}_{\{\text{Prestation} < \text{Montant versé}\}}$$

### 3.2.3 Indicateurs pour l'organisme d'assurance

En plus de se rendre compte d'un potentiel intérêt du produit pour les assurés, il est important de regarder s'il est intéressant de lancer un tel fonds pour les organismes d'assurances.

#### Indicateurs de rentabilité

Afin de se rendre compte de la rentabilité de l'organisme d'assurance, son résultat technique actualisé (ou *Present Value of Future Profits PVFP*) est regardé :

$$\text{Résultat technique actualisé} = \sum_{t=0}^T \frac{\text{Résultat technique}_t}{(1 + r_t)^t}$$

avec  $T$  correspondant à l'horizon de temps considéré.

Comme pour les assurés, le risque de perte de l'assureur est analysé. Il correspond à la fréquence d'obtention d'un résultat technique actualisé négatif :

$$\text{Risque de perte}_{\text{assureur}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \mathbb{1}_{\{\text{Résultat technique actualisé} < 0\}}$$

### Indicateurs au niveau prudentiel

En plus de cet indicateur de rentabilité, il convient de suivre les risques auxquels l'assureur est exposé. Pour cela, le *Best Estimate* et le ratio de couverture du SCR sont étudiés. Afin de calculer ces deux grandeurs, il est nécessaire de se placer dans un univers « risque neutre » et d'utiliser le portefeuille d'assurés en *run-off* (pas de nouvelles souscriptions).

Le *Best Estimate* correspond au montant que l'organisme d'assurance devrait payer s'il transmettait ses droits et ses obligations à une autre entreprise. Il est défini de la manière suivante :

$$BE = \sum_{t=1}^T \frac{\text{Flux sortants}_t - \text{Flux entrants}_t}{(1 + r_t)^t}$$

où :

- $\text{Flux sortants}_t$  est égal à la somme des prestations (rachats structurels, rachats conjoncturels, décès et prestations de fin de contrats), des frais réels de l'assureur et du montant éventuel à doter à la provision pour garantie à terme ;
- $\text{Flux entrants}_t$  est la somme des cotisations et des frais prélevés aux assurés ;
- $r_t$  correspond au taux sans risque à l'instant  $t$  déterminé par le modèle de Hull-White à un facteur ;
- $T$  correspond à l'horizon de temps considéré (ici 10 ans puisque le produit considéré et commercialisé par l'assureur arrive à échéance au terme de dix années).

Il est à noter, qu'en fin de projection, la PCDD restante est intégrée au *Best Estimate*.

Le ratio de SCR se détermine comme suit<sup>2</sup> :

$$\text{Ratio de couverture du SCR} = \frac{\text{Fonds propres éligibles}}{\text{SCR}}$$

Le capital de solvabilité requis (SCR) correspond au niveau de fonds propres nécessaires pour que l'assureur puisse faire face à 99,5 % de ses engagements à horizon d'un an. Dans le cadre de ce mémoire, le SCR est calculé à partir de la formule standard prévue par la

2. 1.1.2 Pilier 1 : les exigences quantitatives

directive Solvabilité II reposant sur une segmentation des risques.

La formule standard décompose le calcul du SCR en six modules, chacun correspondant à un risque auquel l'organisme d'assurance doit faire face. Ici, l'organisme d'assurance considéré s'expose à trois de ces risques : celui de marché, de souscription vie et enfin celui de contrepartie.

Chaque sous-module de SCR est calculé de la manière suivante :

$$SCR_{choc} = \max(Actif_{instant\ initial} - BE - (Actif_{instant\ initial,choqué} - BE_{choqué}) ; 0)$$

Les méthodologies de calcul des SCR pour chaque risque et les formules d'agrégation des risques entre eux sont détaillées dans l'annexe B Calcul du SCR.

### 3.3 Rentabilité du fonds Euro-croissance

Cette partie a pour objectif la rentabilité du produit à la fois pour les assurés et pour l'assureur avec les deux taux de garantie considéré : 80 % et 100 %.

Avant d'analyser les résultats du comportement du produit Euro-croissance pour les assurés et pour l'assureur le bilan du fonds à l'échéance est regardé.

A l'instant initial, le passif du fonds Euro-croissance n'est composé que dans la provision technique de diversification, constituée du montant versé par les premiers assurés (d'un montant de 120 000 € correspondant à 120 assurés avec chacun 100 parts de la PTD d'une valeur liquidative de 10 €) et des fonds propres de l'organisme d'assurance. Durant les dix années de projections, des nouveaux assurés arrivent sur le produit et viennent alimenter la PTD.

Le graphique ci-dessous présente les trois provisions techniques caractéristiques du fonds Euro-croissance pour les deux pourcentages de garanties considérés (80 % et 100 %) dix ans après le lancement :

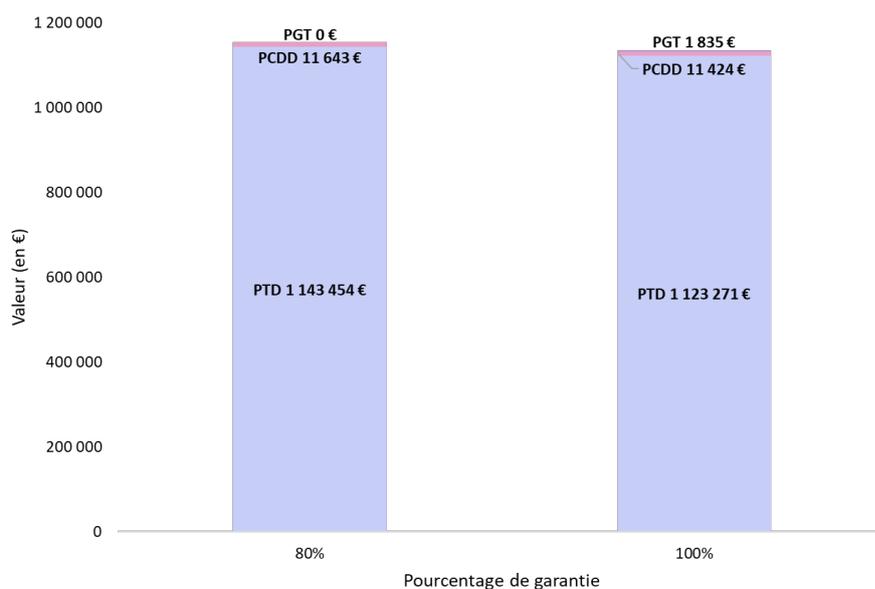


FIGURE 3.1 – Provisions techniques du fonds Euro-croissance dans le scénario central considéré dix ans après le lancement du produit pour les deux pourcentages de garantie proposés

La valeur de la provision technique de diversification est plus importante pour le produit Euro-croissance proposant une garantie de 80 % que pour celui proposant une garantie de 100 %. Cela s'explique par des meilleurs rendements.

La provision collective de diversification différée (PCDD) représente 1,008 % de l'actif pour une garantie de 80 %. Le poids de cette provision est similaire pour la garantie à l'échéance de 100 %, avec 1,006 %.

La PCDD est donc très légèrement plus représentée pour la garantie partielle que pour la garantie totale. Cela est expliqué par le fait qu'une garantie partielle permet à l'organisme d'assurance d'obtenir de meilleurs rendements et donc de doter plus à la PCDD.

Pour rappel, des bornes ont été déterminées pour encadrer le montant de la PCDD. Elle doit représenter entre 1 et 4 % de la valeur de l'actif. Cependant, dans l'algorithme de pilotage de la PCDD, afin d'atteindre le taux de rendement cible, des reprises sont effectuées sur la PCDD jusqu'à la borne inférieure. Ainsi, la PCDD a tendance à rester à sa valeur plancher plutôt qu'à atteindre le montant plafond.

Le montant final de la PGT est nul pour la garantie partielle alors que pour la garantie totale la PGT est de 1 835 € : l'organisme d'assurance s'engage moins envers ses assurés en proposant une garantie partielle. Il doit, en effet, moins provisionner en conséquence en prévision de l'échéance. Pour la garantie totale, la valeur de la provision pour garantie à terme reste tout de même faible par rapport au montant des deux autres provisions techniques (0,16 %). Cela est rendu possible grâce à la gestion de l'actif qui se veut évolutive afin de couvrir les montants garantis aux assurés.

Le fonds Euro-croissance performe mieux pour la garantie partielle que pour la garantie totale. En effet, le taux de rendement moyen net de frais à 10 ans est de 3,54 % pour un taux de garantie à 80 % et est de 3,02 % pour la garantie totale.

Taux de garantie	80 %	100 %
Taux de rendement moyen net	<b>3,54 %</b>	<b>3,02 %</b>

TABLE 3.4 – Taux de rendement moyen net de frais pour les deux taux de garantie sur 10 ans

La garantie partielle permet de gagner 0,52 point sur le taux de rendement moyen net par rapport à la garantie totale, soit un taux de rendement meilleur de 17 %.

### 3.3.1 Rentabilité pour l'assuré

Le fonds Euro-croissance se veut être un produit intéressant pour les assurés. Ainsi, il est regardé pour quel taux de garantie souscrit les rendements sont les plus profitables que ce soit au terme du contrat ou au cours de la vie du produit.

#### À l'échéance

Les montants versés lors de la souscription au fonds Euro-croissance sont identiques pour les contrats proposant la garantie partielle et pour ceux proposant une garantie totale.

Les assurés à qui il n'est promis que 80 % du capital à l'échéance observent une plus-value de 27,46 % tandis que ceux certains de récupérer tout leur capital (moins les frais) observent une plus-value légèrement plus basse, de 26,08 % à l'échéance. Ces plus-values sont ensuite annualisées afin d'avoir un équivalent du gain des assurés à l'échéance en performance servie annuellement. Les plus-values annualisées sont respectivement de 2,46 % et de 2,34 % pour les deux taux de garantie considérés.

Taux de garantie	80 %	100 %
PVL à l'échéance	<b>27,46 %</b>	<b>26,08 %</b>
PVL à l'échéance annualisée	2,46 %	2,34 %

TABLE 3.5 – Indicateurs des rendements des assurés à l'échéance par rapport au montant versé pour des taux de garantie de 80 % et de 100 %

En moyenne, le fonds Euro-croissance offre une meilleure plus-value à l'échéance pour les contrats présentant une garantie partielle par rapport à ceux présentant la garantie totale. L'intuition est confirmée : les assurés souscrivant à une garantie partielle permettent à l'organisme d'assurance d'investir dans des actifs plus risqués, mais offrant des rendements potentiels meilleurs.

Cependant, ce gain est tout de même à relativiser, la différence entre les deux plus-values observées n'étant pas si significative. Du point de vue de l'assuré, il est à se demander s'il acceptera de potentiellement perdre 20 % du montant qu'il a versé pour une espérance de plus-value supérieure de seulement 1,38 point sur 10 ans.

Cette grandeur seule ne suffit pas pour être un bon indicateur dans cette étude. En effet, elle correspond à une moyenne des plus-values sur les 1 000 scénarios économiques présentant tous des évolutions différentes de la situation économique future. Pour cela, les quartiles des plus-values acquises par les assurés au terme du contrat sont regardés :

Taux de garantie	80 %	100 %
Premier quartile	6,80 %	5,55 %
Médiane	23,97 %	21,40 %
Troisième quartile	43,99 %	40,17 %

TABLE 3.6 – Statistiques des plus-values des assurés à l'échéance par rapport au montant versé pour des taux de garantie de 80 % et de 100 %

A travers ces quartiles il est possible de remarquer, qu'en plus d'avoir en moyenne un meilleur gain avec une garantie de 80 %, les profits potentiels sont également plus élevés. Les pertes possibles sont également plus grandes puisque les assurés ayant souscrit à une garantie totale enregistrent une perte maximale de 0,75 %. La perte potentielle des assurés au contrat avec une garantie partielle est de 20,6 % (correspondant à  $1 - \text{Pourcentage de garantie} \times (1 - \text{Taux frais sur versements})$ ).

En plus de ces quartiles, la moyenne est à mettre en perspective avec la fréquence d'obtention d'une plus-value par rapport au montant versé.

Cette fréquence, pour les assurés ayant souscrit à un contrat présentant une garantie partielle, est de 83,80 %. Le pourcentage de plus-value, lorsqu'il y en a une pour ces assurés, est de 34,71 %.

Cette même fréquence, pour les assurés à qui il est proposé une garantie totale, est de 82,10 % (car ces assurés ont une garantie sur leur capital de 99,25 %). Le pourcentage de plus-value, lorsqu'il y en a une pour ces assurés, est de 31,93 %.

De plus, pour la garantie au terme de 80 %, la fréquence d'obtention d'un montant plus élevé que celui garanti est de 97,4 % alors qu'elle est de 82,70 % pour la garantie de 100 %.

En plus du risque de perte, il est possible de regarder la perte réalisée quand il y en a une. Cette dernière est plus élevée pour la garantie partielle que pour la garantie totale : - 10,02 % contre - 0,73 %. Ce résultat s'explique par la perte plafonnée à - 0,75 % pour la garantie totale.

Taux de garantie	80 %	100 %
Fréquence d'une plus-value par rapport au montant versé (1 - <i>Risque de perte</i> <sub>assuré</sub> )	83,80 %	82,10 %
Plus-value quand gain	34,71 %	31,93 %
Moins-value quand perte	- 10,02 %	- 0,73 %

TABLE 3.7 – Fréquence d'obtention pour les assurés d'une plus-value à l'échéance pour des taux de garantie de 80 % et de 100 %

Les fréquences observées donnent de l'appui aux résultats observés dans les quartiles : pour les contrats avec une garantie de 80 % à l'échéance, une plus-value est plus souvent observée que pour les contrats avec une garantie de 100 %. Et lorsqu'une plus-value à terme est enregistrée par les assurés, l'espérance de cette dernière est supérieure avec le contrat proposant la garantie partielle.

Un certain recul doit être pris à la vue de ces résultats : la fréquence d'une plus-value n'est que très légèrement plus élevée pour les contrats à garantie partielle par rapport à totale. De plus, les pertes potentielles sont plus importantes avec la garantie partielle par rapport à la garantie totale.

Ces résultats s'illustrent dans la distribution des plus ou moins-values dans les scénarios générés des assurés à l'échéance de leurs contrats. Elles sont représentées dans le graphique ci-dessous :

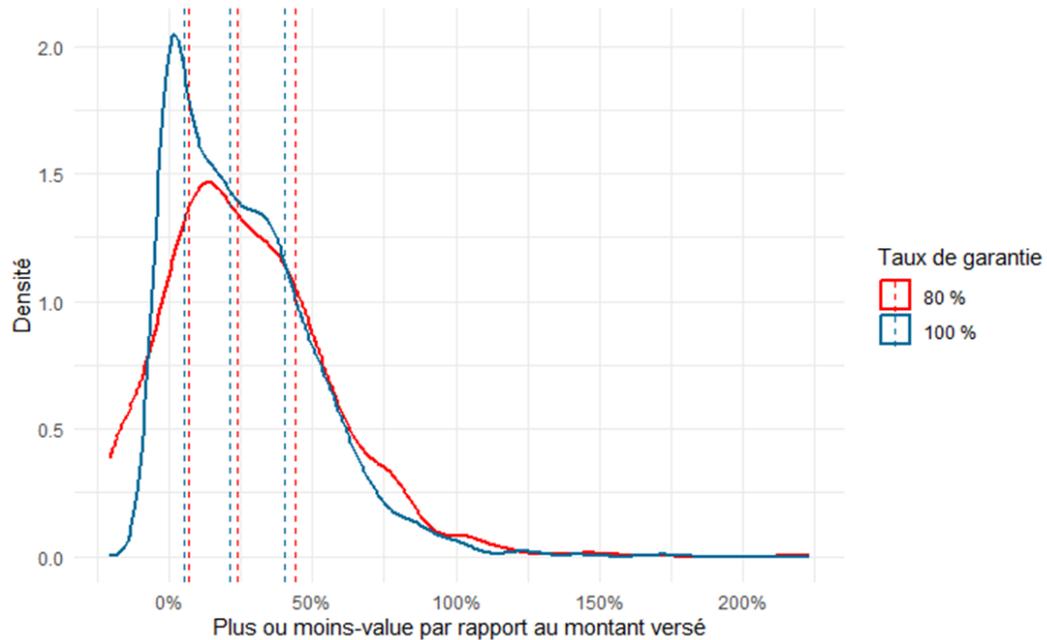


FIGURE 3.2 – Distribution de la plus ou moins-value des assurés à l'échéance par taux de garantie avec les trois quartiles tracés en pointillés

La courbe de la distribution des plus ou moins-values des assurés par rapport au montant qu'ils ont versé illustre la plus grande dispersion des plus ou moins-values pour la garantie à 80 % par rapport à la garantie totale. En effet, l'écart interquartile (*troisième quartile - premier quartile*) pour la garantie de 80 % est de 37,18 % contre 34,62 % pour la garantie totale. Le pic observé au niveau du montant garanti à terme est également plus important lorsque la garantie est de 100 % par rapport à celle de 80 %.

### Au cours de la vie du produit

La valeur liquidative d'une part de la PTD est le montant détenu par les assurés à tout moment. L'évolution de la valeur d'une part est présentée ci-dessous :

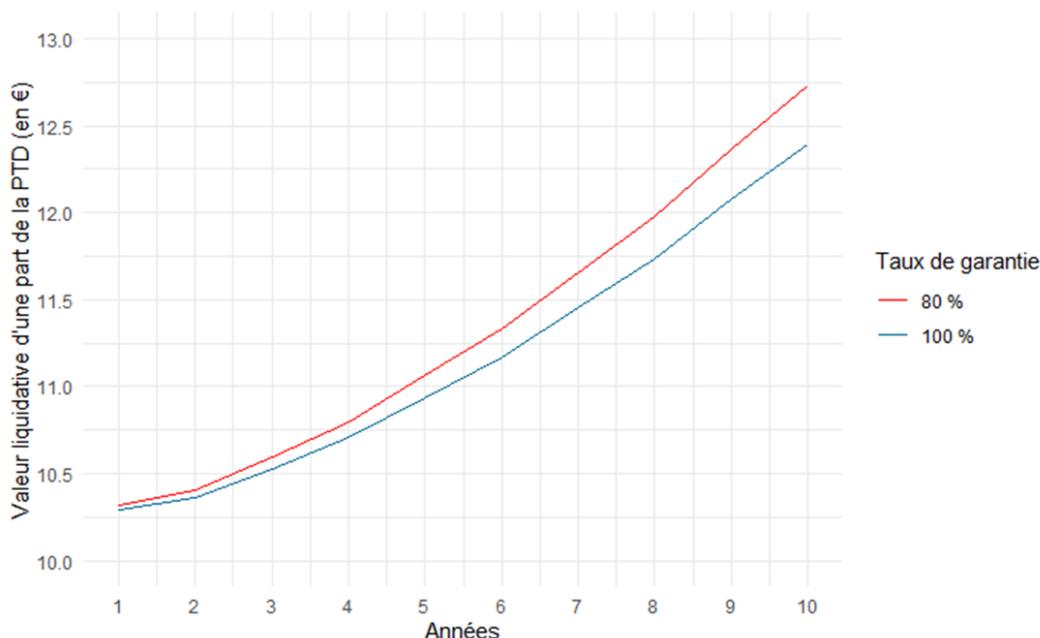


FIGURE 3.3 – Valeur d'une part de la PTD pour les deux taux de garantie sur dix ans

La valeur d'une part de la PTD croît au fil du temps : les assurés enregistrent des plus-values sur toute la durée considérée.

Chaque année, la valeur d'une part de la PTD est supérieure lorsque la garantie proposée à l'échéance n'est que partielle plutôt que lorsque la garantie est totale. L'écart entre les deux garanties proposées a tendance à s'accroître au fil des années. En effet, les premiers rendements enregistrés permettent d'obtenir des plus-values futures sur une assiette d'actifs plus grande.

Le fonds Euro-croissance se présente comme intéressant à la fois pour les assurés ayant souscrit à un contrat avec une garantie totale et ceux avec une garantie partielle. Le produit a tout de même tendance à mieux performer lorsque la garantie proposée est partielle plutôt que totale. Ceci est dû à la plus grande liberté laissée à l'assureur dans la gestion de son portefeuille d'actifs qui investit alors dans des produits plus risqués.

Avec une garantie partielle, les assurés ont des perspectives de rendements plus intéressantes qu'avec une garantie totale. La plus-value des prestations aux assurés (rachats, décès et fins de contrats) par rapport au montant versé est supérieure pour la garantie

partielle plutôt que pour la garantie totale sur tout l'horizon de temps et à l'échéance.

La garantie partielle permet ainsi de gagner 0,52 point sur le taux de rendement moyen net sur 10 ans.

Le contexte économique actuel explique cet écart faible entre les taux de rendement qui pourraient être plus importants. Avec une garantie partielle, une meilleure performance était attendue du fait de l'allocation d'actifs plus risquée. Cependant, les taux d'intérêt sont hauts ce qui donne lieu à un meilleur rendement des obligations d'Etat qu'avec des taux plus bas. Là où les actifs plus risqués avaient tendance à offrir de meilleures performances que les obligations, l'écart se resserre. Or, l'actif du produit présentant une garantie partielle est composé à majorité d'obligations et celui du produit présentant une garantie totale à majorité d'actifs risqués.

### 3.3.2 Rentabilité pour l'assureur

Maintenant que l'intérêt du fonds Euro-croissance a été montré pour les assurés, il convient de regarder si l'organisme d'assurance serait rentable avec le lancement d'un tel produit. Pour cela son résultat est regardé.

Le résultat technique actualisé de l'organisme d'assurance lorsqu'il propose un taux de garantie à 100 % est de 15 290 € alors que lorsque la garantie proposée aux assurés n'est que de 80 % son résultat technique actualisé est de 22 875 €. Le résultat observé par l'assureur est ainsi presque 1,5 fois plus élevé avec des contrats à garantie partielle plutôt qu'à garantie totale. Ce résultat conforte l'idée pressentie : l'assureur est plus rentable en proposant un contrat avec une garantie partielle.

Taux de garantie	80 %	100 %
Résultat technique actualisé	22 875 €	15 290 €

TABLE 3.8 – Indicateurs de rentabilité du fonds Euro-croissance pour l'assureur

En plus du résultat technique moyen, il est pertinent de regarder la distribution du résultat technique actualisé pour les deux taux de garantie proposés :

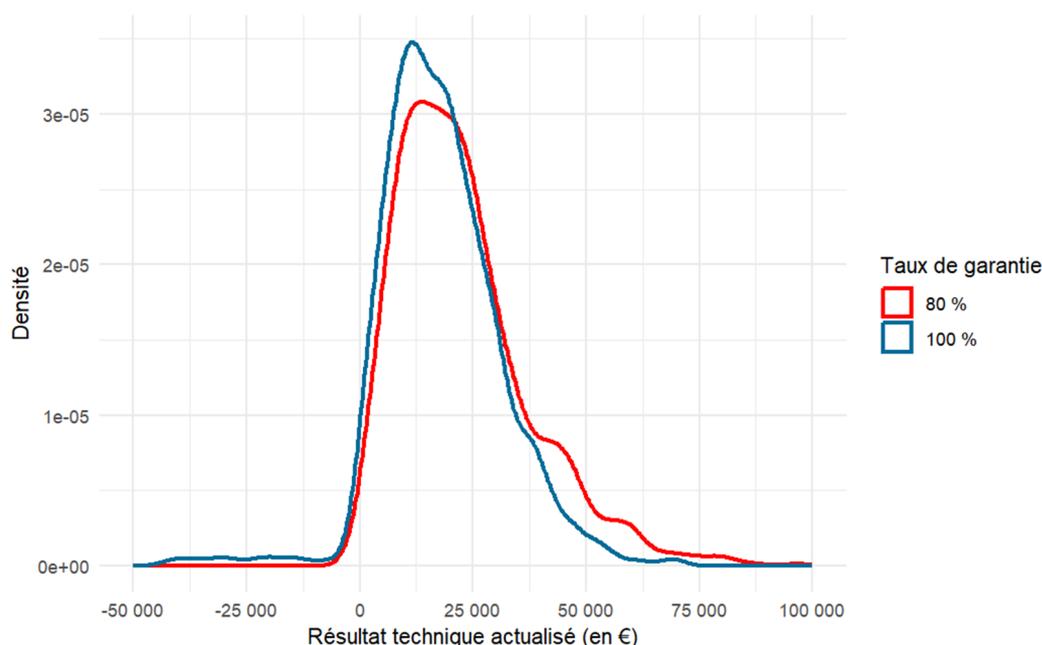


FIGURE 3.4 – Distributions du résultat technique actualisé pour les deux taux de garantie proposés

La courbe de densité du résultat technique de l'assureur est décalée vers la droite pour la garantie partielle par rapport à celle de la garantie totale. La distribution du résultat technique actualisé de l'assureur dans les scénarios permet d'appuyer la moyenne utilisée : l'assureur est plus rentable en proposant une garantie partielle plutôt que totale.

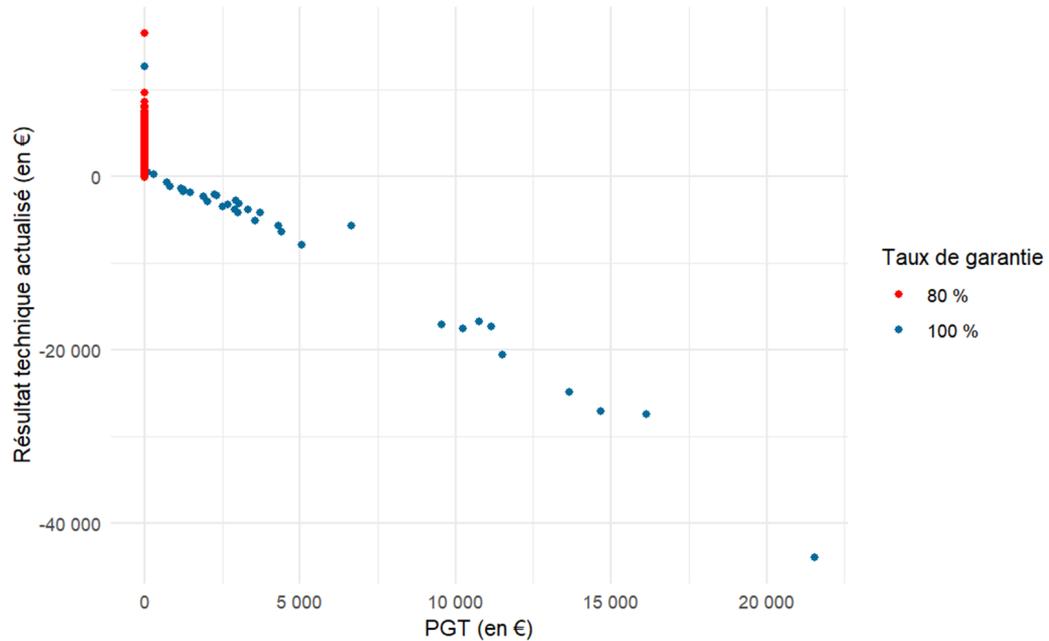
L'assureur se doit de constituer une provision pour garantie à terme s'il n'est pas en mesure d'honorer ses engagements. Cette provision est directement constituée à partir de ses fonds propres. Ainsi, la fréquence pour l'assureur d'avoir un résultat positif est regardée :

Taux de garantie	80 %	100 %
Fréquence d'obtention d'un résultat technique actualisé positif ( $1 - \text{Risque de perte}_{\text{assureur}}$ )	99,80 %	96,40 %

TABLE 3.9 – Fréquence d'obtention d'un résultat technique actualisé positif et de déclenchement de la PGT à l'échéance

La fréquence d'obtention d'un résultat négatif est plus importante pour l'assureur en proposant un produit à garantie totale plutôt que partielle. Cela est directement relié

aux nombres de dotations à la PGT. Pour la garantie partielle, la PGT n'est déclenchée sur aucune des dix années considérées. En revanche, pour la garantie totale, la fréquence de dotations des fonds propres à la PGT évolue de 0,2 % de la septième année à 3,50 % à l'échéance. Le graphique ci-dessous illustre le résultat technique actualisé en fonction du montant de PGT à l'échéance :



### 3.4 Impacts sur la solvabilité de l'assureur

Les organismes d'assurance étant soumis à la directive Solvabilité II, il est également nécessaire de regarder au niveau prudentiel l'impact qu'ont les deux taux de garantie.

#### 3.4.1 Bilan économique

Dans le bilan économique, les actifs sont valorisés en valeur de marché. Au passif, se trouvent le *Best Estimate*, la marge de risque et les fonds propres. Les impôts différés, actifs et passifs, sont également présents.

##### *Best Estimate*

Avec la garantie partielle, le *Best Estimate* est de 102 190 € alors qu'avec une garantie de 100 % le *Best Estimate* atteint 108 075 €. En ne proposant qu'une garantie partielle par rapport à une garantie totale, l'organisme d'assurance diminue ses engagements contractuels ce qui induit la baisse du *Best Estimate*. Il est donc plus profitable, en termes de *Best Estimate*, pour l'assureur de proposer un contrat avec une garantie de 80 % qu'un contrat présentant une garantie de 100 %.

Taux de garantie	80 %	100 %
<i>Best Estimate</i>	<b>102 190 €</b>	<b>108 075 €</b>

TABLE 3.10 – *Best Estimate* pour les deux taux de garantie proposés

#### Marge de risque

Le calcul de la marge de risque est réalisé selon la méthode de simplification par duration :

$$\text{Marge de risque} = \frac{CoC}{1 + r_1} \times \text{Duration modifiée} \times SCR_{\text{Marge de risque}}$$

Avec :

- *CoC* le taux de coût du capital fixé à 6 % par l'EIOPA. Il est utilisé pour déterminer le coût que représente la mobilisation du montant de fonds propres éligibles ;
- $r_1$  le taux sans risque pour une maturité de 1 an ;
- *Duration modifiée* la duration modifiée des engagements de l'assureur ;

$$\text{Duration modifiée} = \frac{\sum_{t=1}^T \text{Prestations}_t \times \frac{t}{(1+rt)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{t}{(1+rt)^t}}$$

- $SCR_{\text{Marge de risque}}$  le capital de solvabilité requis pour se couvrir contre le risque de souscription et le risque opérationnel.

Pour le taux de garantie à 80 %, la marge de risque de l'assureur est de 16 537 €. Elle est de 21 239 € pour le taux de garantie à 100 %.

Les impôts différés permettent de tenir compte des gains ou des pertes d'impôts dus aux écarts de valorisation entre vision comptable et économique. Dans le cadre de ce mémoire, par souci de simplification, ils ne sont pas considérés.

Finalement, les bilans prudentiels au 31 mai 2023 pour les deux taux de garanties proposés sont les suivants :

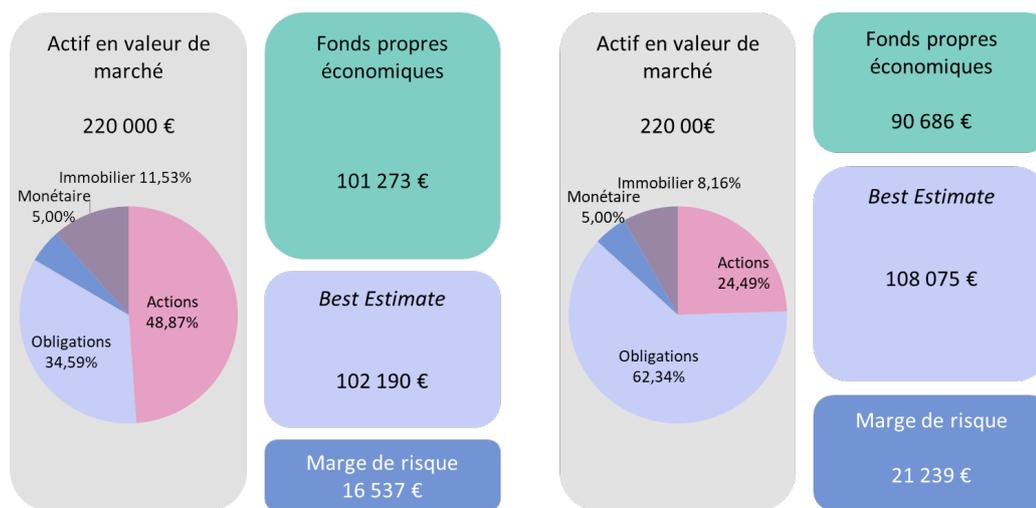


FIGURE 3.6 – Bilans économiques pour les deux taux de garantie proposés (80 % à gauche et 100 % à droite)

### 3.4.2 Risque de marché

Dans le cadre du calcul du capital de solvabilité requis pour le risque de marché, trois modules sont pris en compte :

- Le risque de taux (hausse et baisse des taux sans risque) ;
- Le risque actions avec une baisse soudaine de 39 % des actions cotées ajouté de l'effet Dampener (d'une valeur de -0,7353 % au 31 mai 2023) ;
- Le risque immobilier avec une baisse soudaine de 25 % des biens immobiliers .

Les risques de crédit, de change et de concentration ne sont pas calculés ici. En effet, les obligations sont considérées comme souveraines européennes : le risque de crédit est nul. De plus, le risque de change est le risque lié aux variations de change par rapport à une monnaie de référence. Le fonds Euro-croissance est peu concerné par le risque de change puisqu'il s'inscrit dans la loi PACTE qui vise à favoriser le développement et la croissance des entreprises françaises. Enfin, le risque de concentration représente le risque porté par

l'organisme du fait d'un manque de diversification dans son portefeuille d'actifs. Ici, le portefeuille d'actifs est considéré comme suffisamment diversifié.

### **Le risque de taux**

Du fait de la nature même du support Euro-croissance, le produit est peu exposé au risque de taux d'intérêt. Pour le taux de garantie à 100 %, l'assureur n'est pas sensible au risque de taux (capital de solvabilité requis nul). Tandis, que pour le contrat présentant le taux de garantie à 80 %, une baisse des taux augmente ses engagements contractuels.

En effet, lorsque les taux d'intérêt baissent, les obligations existantes deviennent plus attrayantes en offrant des rendements plus élevés par rapport aux nouvelles émissions à taux réduits. Or, le portefeuille d'actifs du contrat avec une garantie totale est composé de plus d'obligations que celui du contrat avec une garantie partielle.

Cependant, un choc de baisse des taux implique une baisse des rendements des actions et des biens immobiliers. Le portefeuille d'actifs de la garantie partielle étant composé de plus d'actifs risqués, l'assureur est impacté par le risque de taux.

L'assureur n'est pas sensible à un risque de hausse des taux. L'évaluation du *Best Estimate* se fait en univers « risque neutre » : les actifs suivent le rendement sans risque. Ainsi, une hausse des taux entraîne une hausse des rendements des actions et des biens immobiliers qui permettent de compenser la performance plus faible des obligations. L'organisme d'assurance peut alors honorer les garanties proposées à terme.

Ainsi, l'assureur est plus exposé au risque de taux en proposant un contrat avec une garantie partielle plutôt que totale (2 612 € contre 0 €).

### **Le risque sur actions**

Le risque sur actions est plus important pour la garantie partielle que pour la garantie totale. En effet, la composition initiale de l'actif du produit avec une garantie partielle comporte plus d'actifs risqués comme des actions que pour le produit proposant une garantie totale.

Le delta sur l'actif est plus important pour la garantie partielle par rapport à la garantie totale dont le portefeuille d'actifs contient plus d'actions.

Le choc de baisse sur la valeur des actions vient également augmenter les engagements de l'assureur. Pour la garantie partielle, une proportion d'actifs en actions importante rend plus difficile l'atteinte de la garantie proposée. Ce phénomène est moins présent pour la garantie totale, dont le portefeuille d'actifs est moins composé d'actions. Cependant en proposant une garantie totale, l'assureur est plus engagé envers les assurés.

Ainsi, le choc sur actions a plus d'impact (négativement) sur le passif de l'assureur lorsqu'il propose une garantie totale.

Au global, cet écart sur le passif ne vient pas compenser celui sur l'actif : le capital de solvabilité requis par l'assureur est plus important en proposant une garantie partielle plutôt que totale (33 778 € contre 29 462 €).

### Le risque immobilier

D'une façon similaire au risque sur actions, l'assureur est plus exposé au risque d'une chute de la valeur des biens immobiliers en proposant une garantie partielle plutôt que totale (7 545 € contre 5 966 €).

Ainsi, les capitaux requis par l'assureur afin de se couvrir contre le risque de marché pour les deux taux de garantie se décomposent de la manière suivante :

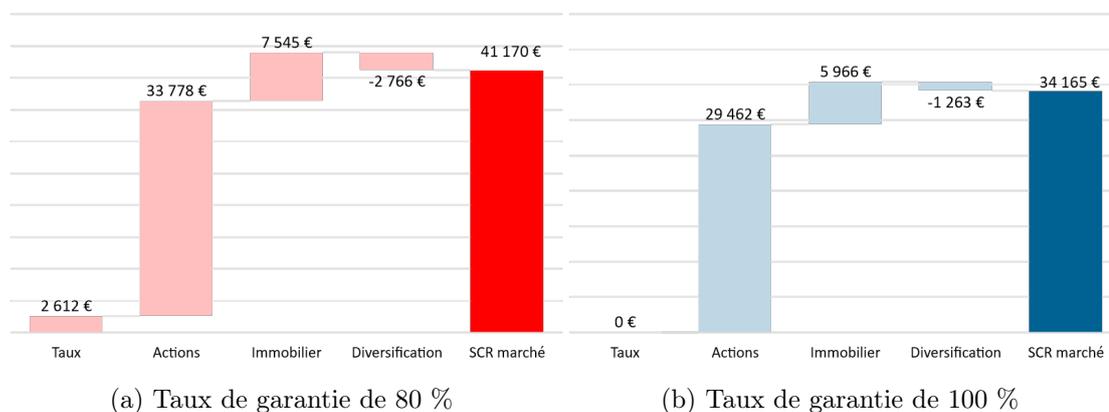


FIGURE 3.7 – SCR Marché pour les deux taux de garantie proposés

Le capital de solvabilité requis par l'assureur afin de se couvrir contre le risque de marché est donc plus important lorsqu'il propose une garantie partielle par rapport à une totale (41 170 € contre 34 165 €).

Cela s'explique par l'allocation d'actif indexée sur le type de garantie choisie : l'actif est plus risqué avec la garantie partielle.

### 3.4.3 Risque de souscription en vie

Dans le cadre du calcul du capital de solvabilité requis afin de couvrir le risque de souscription en vie, cinq modules de risque sont considérés dans cette étude :

- Le risque de mortalité correspondant à une hausse soudaine et permanente des taux de mortalité utilisés de 15 % ;

- Le risque de longévité avec une baisse soudaine et permanente des taux de mortalité utilisés de 20 % ;
- Le risque de rachats où l'impact le plus important entre une hausse soudaine et permanente des rachats de 50 %, une baisse soudaine et permanente des rachats de 50 % et un rachat massif de 40 % est retenu ;
- Le risque de dépenses en vie correspondant à une hausse de 10 % des dépenses (les frais réels) et à une hausse d'un point de l'inflation ;
- Le risque de catastrophe en vie avec une hausse soudaine de 0,15 point des taux de mortalité utilisés.

Le risque d'invalidité et de morbidité n'est pas calculé ici puisqu'il n'impacte pas le produit Euro-croissance tout comme le risque de révision. En effet, les montants versés par l'organisme d'assurance ne dépendent pas d'une définition de l'invalidité et des annuités ne sont pas prévues par le contrat.

L'assureur n'est pas exposé aux mêmes risques de souscription en vie s'il propose un taux de garantie de 80 % ou de 100 %. De plus, pour le fonds Euro-croissance, ce risque est très dépendant de la conjoncture économique.

### **Le risque de mortalité**

Dans un contexte où les rendements sont faibles et qu'il est difficile pour l'assureur de servir le taux garanti à l'échéance, une mortalité à la hausse pourra entraîner la non-nécessité d'une PGT éventuellement créée.

Dans un meilleur contexte économique, une augmentation de la mortalité des assurés implique un prélèvement moins important de frais par l'assureur ce qui vient diminuer son résultat. De plus, l'assiette d'actifs sera moins importante d'où un montant de rendement plus faible.

Dans cette étude, le capital nécessaire à l'assureur pour se couvrir contre une hausse de la mortalité est faible pour la garantie partielle en capital (588 €). En effet, le portefeuille d'assurés constitué est relativement jeune (56 ans) et la durée considérée du contrat est de 10 ans. Ainsi le choc de mortalité calibré dans la formule standard (15 %) a peu d'impact sur la mortalité des assurés puisque les taux de mortalité utilisés sont déjà bas.

Pour le taux de garantie à 100 %, l'assureur n'a pas à se couvrir contre ce risque. En effet, la présence de la garantie totale en univers « risque neutre » rend plus difficile pour l'assureur d'avoir des rendements suffisants pour honorer la garantie à terme. Ainsi, une hausse de la mortalité lui permet d'immobiliser moins de capital.

### Le risque de longévité

Dans le calcul de la provision pour garantie à terme, la probabilité des assurés de rester en vie jusqu'à l'échéance est prise en considération. Ainsi, lorsque la mortalité est à la baisse (risque de longévité), la PGT prévue peut être insuffisante à celle potentiellement nécessaire.

Dans un contexte de faible rendement, le risque de longévité est impactant pour l'assureur puisqu'il devra servir aux assurés le montant garanti, ce qu'il n'aurait pas eu à faire s'ils étaient décédés au cours du contrat.

Cependant, avec des rendements observés plus importants, la longévité des assurés permet d'accroître les assiettes d'actifs et donc les rendements. Cette configuration permet également à l'organisme d'assurance de prélever plus de frais.

L'assureur est plus exposé au risque de longévité en proposant un taux de garantie à 100 % qu'en proposant une garantie partielle (284 € contre 132 €). En effet, la présence de la garantie totale en univers « risque neutre » rend plus difficile pour l'assureur d'avoir des rendements suffisants pour honorer la garantie à terme. Ainsi, une baisse de la mortalité entraîne la nécessité d'utiliser ses fonds propres pour garantir le capital à l'échéance.

### Le risque de rachats

Le risque de rachats est le risque auquel l'assureur est le plus exposé parmi ceux de souscription. Trois risques le constituent :

- Le risque d'une baisse des rachats ;
- Le risque d'une hausse des rachats ;
- Le risque de rachats massifs.

Avec la structure même du produit Euro-croissance où l'organisme d'assurance ne promet le capital garanti qu'au terme d'une détention minimale, une hausse des rachats peut apparaître comme bénéfique dans les situations où il est difficile d'honorer le taux de garantie à terme.

Au contraire, lorsque les rendements sont élevés, une hausse des rachats donne moins l'occasion à l'assureur de prélever des frais aux assurés et d'augmenter son résultat technique. De plus, une hausse des rachats dans ce contexte oblige l'organisme d'assurance à céder une partie de ses actifs pour faire face à des besoins de liquidité et occasionnera la baisse des rendements potentiels futurs.

A l'inverse, une baisse des rachats se montre comme une opportunité pour l'organisme d'assurance dans un contexte de rendement élevé. En effet, cela permet à l'assureur de conserver ses actifs et de profiter des bons rendements du marché.

Cependant, dans les situations où il est plus difficile de servir le taux garanti à l'échéance,

une baisse des rachats amènera l'obligation pour l'assureur de puiser dans ses fonds propres afin d'honorer ses engagements.

Le risque de rachats retenu ici est celui de rachats massifs puisque le plus impactant. Le contexte de cette étude est un contexte de taux hauts : les rendements des actifs en vision « risque neutre » sont importants. Dans une situation de faibles rendements, une hausse des rachats permet de diminuer les engagements de l'assureur. Mais, dans la conjoncture économique actuelle, les rachats entraînent une diminution des frais prélevés par l'assureur (correspondant à la marge de l'assureur) et des rendements potentiels futurs (l'assiette de l'actif diminue).

Il apparaît que le capital requis afin de se couvrir contre le risque de rachats est plus important pour la garantie totale que pour celle partielle (31 630 € contre 23 116 €). En effet, les taux de rachats modélisés dans l'étude pour chaque taux de garantie sont différents : avec une garantie de 100 % du capital à terme ils sont considérés plus faibles que pour une garantie à terme partielle. Or, pour le risque de rachats massifs explicité dans la formule standard, un taux de rachats de 40 % est considéré pour les deux taux de garanties proposés. Ainsi, le delta entre les taux modélisés initialement et ceux du choc est plus important pour le contrat proposant une garantie totale, d'où l'immobilisation de capital plus importante.

Le capital de solvabilité requis par l'assureur afin de se couvrir contre le risque de rachats est alors cohérent avec le contexte économique et le principe du fonds Euro-croissance.

### **Le risque de frais**

Peu importe la configuration économique, une diminution des fonds propres de l'assureur sera observée si ses frais réels augmentent et que l'inflation évolue à la hausse.

L'assureur est plus exposé au risque de frais en proposant une garantie partielle plutôt que totale (673 € contre 218 €). En effet, avec une garantie partielle les rachats sont plus importants qu'avec une garantie totale. Cette différence donne lieu à une hausse des frais de gestion des sinistres.

### **Le risque de catastrophe**

Dans un contexte économique avec de faibles rendements, le risque de catastrophe vient diminuer les engagements de l'organisme d'assurance.

Cependant, dans un contexte avec un haut rendement de l'actif, le risque de catastrophe implique un prélèvement moins important de frais par l'assureur ce qui vient diminuer son résultat (d'une manière similaire à une hausse des décès).

Le capital requis est élevé pour ce risque par rapport au risque de mortalité. En effet, le choc considéré dans la formule standard entraîne une hausse de la mortalité plus importante et soudaine. L'aspect soudain vient diminuer l'assiette d'actifs permettant d'avoir des rendements potentiels futurs.

Le choc de catastrophe a plus d'impact sur le montant nécessaire pour se couvrir contre ce risque pour la garantie totale par rapport à la garantie partielle (4 234 € contre 1 993 €).

Ainsi, les capitaux requis par l'assureur afin de se couvrir contre le risque de souscription en vie pour les deux taux de garantie se décomposent de la manière suivante :

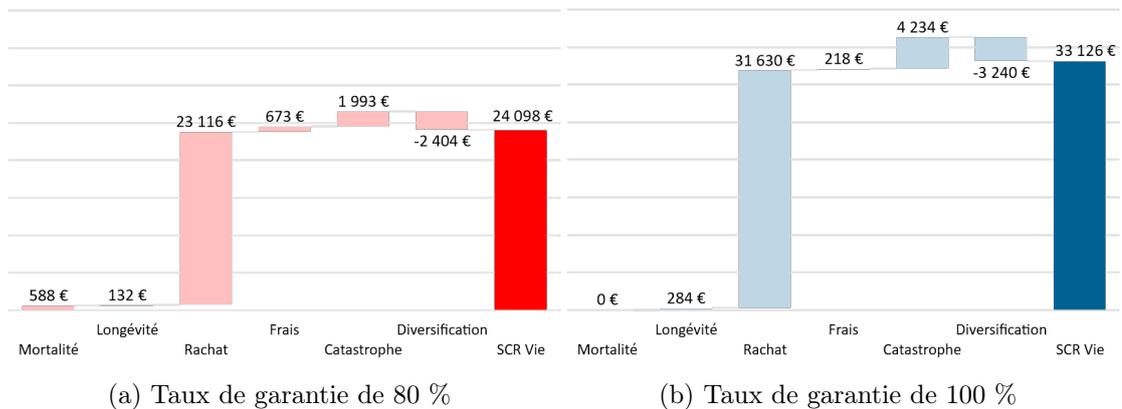


FIGURE 3.8 – SCR Souscription Vie pour les deux taux de garantie proposés

Il apparaît que le capital de solvabilité requis pour risque de souscription en vie est plus important pour l'assureur s'il propose des contrats avec une garantie totale à terme plutôt que s'il ne propose qu'une garantie partielle (33 126 € contre 24 098 €).

Cet écart est expliqué par la présence même de la garantie : l'assureur est plus engagé envers les assurés en proposant une garantie totale. La garantie partielle permet à l'assureur de transférer une partie de son risque aux assurés.

### 3.4.4 Risque de contrepartie

Pour l'organisme d'assurance étudié, il est considéré que seule la trésorerie implique le risque de contrepartie. La part de trésorerie dans l'actif est identique pour l'assureur, qu'il propose un contrat à garantie partielle ou totale. Ainsi, le montant de capital de solvabilité requis contre le risque de contrepartie est identique et vaut 571 €.

### 3.4.5 Ratios de capital de solvabilité requis

Le SCR opérationnel est de 9 600 € pour les deux garanties.

Finalement, après agrégation des capitaux, les SCR obtenus pour les deux taux de garantie sont les suivants (il n'y a pas d'ajustements du fait de l'absence de participation aux bénéfices dans le produit Euro-croissance et de l'absence de considération des impôts différés) :

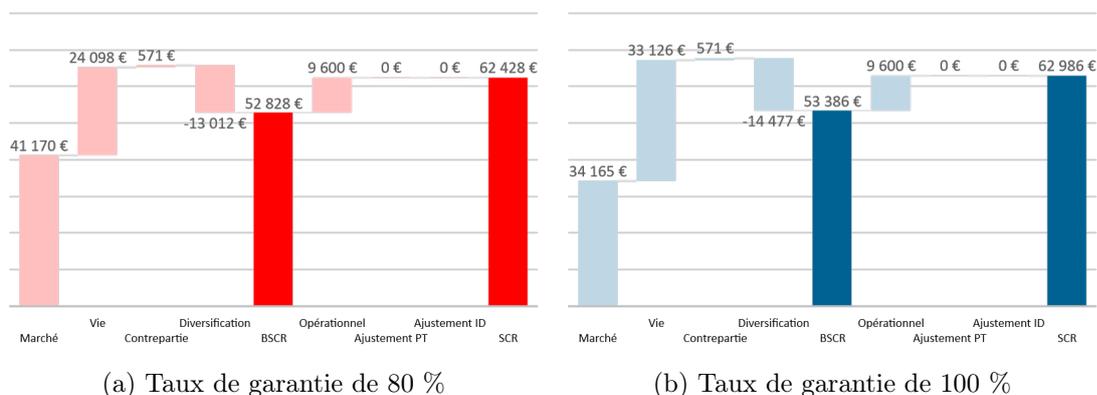


FIGURE 3.9 – SCR pour les deux taux de garantie proposés

Le capital de solvabilité requis est ainsi de 62 428 € pour la garantie partielle et de 62 986 € pour la garantie totale. Avec une garantie totale à l'échéance, l'assureur doit disposer de plus de fonds propres pour pouvoir honorer ses engagements envers les assurés.

Le bilan prudentiel a été établi et les exigences de capital ont été calculées. Ainsi il est possible de déterminer les ratios de couverture :

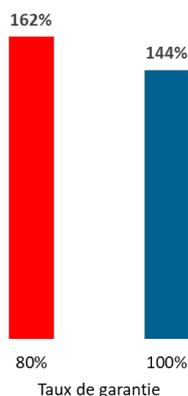


FIGURE 3.10 – Ratios de couverture du SCR pour les deux taux de garantie proposés

Le ratio de couverture du SCR se montre meilleur de 18 points pour l'assureur lorsqu'il ne propose qu'une garantie partielle du capital à l'échéance par rapport à une garantie totale.

Ce résultat obtenu conforte l'idée pressentie : avec une garantie partielle, l'assureur est plus solvable que lorsqu'il propose une garantie totale.

### 3.5 Contexte de retour à des taux plus bas

Le contexte économique actuel est un contexte de taux hauts. Face à l'avenir incertain, il est possible de se demander quel intérêt aura le produit Euro-croissance si les taux viennent à diminuer.

De plus, les écarts entre garantie partielle et garantie totale au niveau des gains des assurés ne sont pas si importants par rapport à ce qui pouvait être attendu. Il est alors regardé si dans un contexte de taux plus bas la garantie partielle se démarque de celle totale.

Pour cela, une nouvelle courbe des taux sans risque est calibrée afin d'étudier le produit dans un nouvel environnement.

La figure ci-dessous présente la courbe des taux sans risque de l'EIOPA au 31 mai 2023 ainsi que la courbe des taux bas utilisée dans cette partie (celle sans risque publiée le 31 mai 2022) :

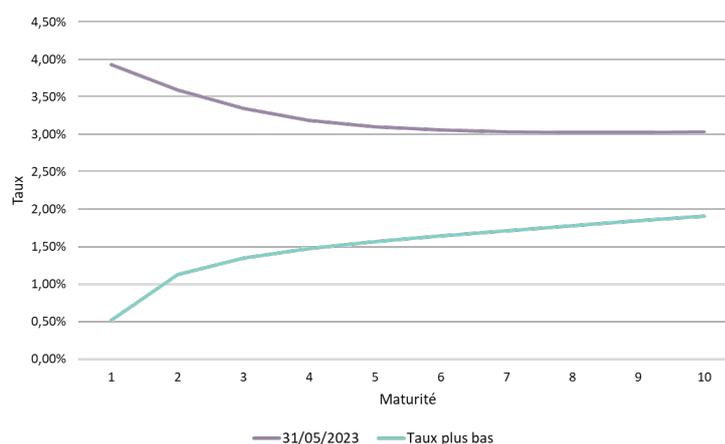


FIGURE 3.11 – Courbe des taux sans risque EIOPA au 31 mai 2023 et courbe d'un scénario de taux plus bas

La sensibilité sur la courbe des taux sans risque permet de montrer que le fonds Euro-croissance est moins performant en contexte de taux bas. En effet, dans cette conjoncture économique, les obligations d'Etat rapportent moins alors qu'elles constituent une partie non négligeable du portefeuille d'actif.

Les indicateurs de rentabilité du produit du point de vue des assurés sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Taux de garantie Courbe des taux	80 %		100 %	
	31/05/2023	Taux bas	31/05/2023	Taux bas
Taux de rendement moyen net	3,54 %	<b>3,24 %</b>	3,02 %	<b>2,63 %</b>
PVL à l'échéance	27,46 %	22,50 %	26,08 %	18,12 %
Fréquence d'une plus-value par rapport au montant versé	83,80 %	82,70 %	82,10 %	81,20 %

TABLE 3.11 – Comparaison des indicateurs de rentabilité pour les assurés entre deux conjonctures économiques

Les résultats observés sont cependant intéressants afin de mieux comprendre l'impact du taux de garantie.

Dans le contexte économique actuel, la garantie partielle permet un gain de 0,52 point par rapport à la garantie totale. Cet écart, en contexte de baisse des taux, est de 0,61 point. De plus, le risque de perte est légèrement supérieur dans la nouvelle conjoncture économique étudiée. Cela est directement relié au taux de rendement inférieur du fonds.

Le produit Euro-croissance est plus intéressant, en termes de rentabilité des assurés et de l'assureur, dans la conjoncture économique actuelle. Cependant, dans un contexte de niveau plus bas, l'avantage de la garantie partielle par rapport à la garantie totale est plus évident que dans le contexte économique actuel.

De plus, le graphique ci-dessous illustre la valeur d'une part de la PTD avant et après changement de la courbe des taux :

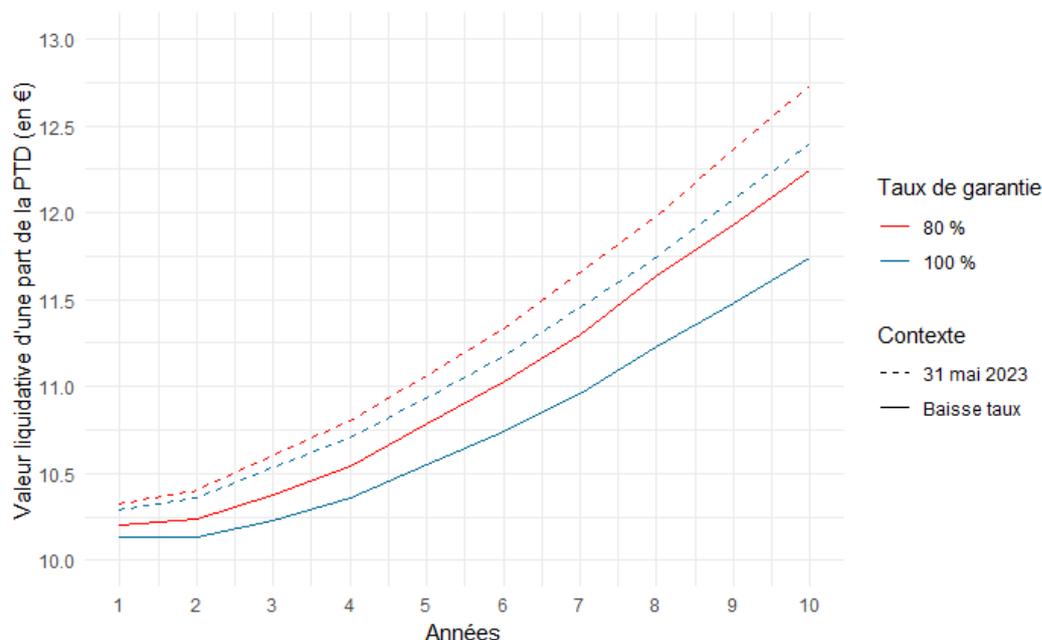


FIGURE 3.12 – Valeur d'une part de la PTD pour les deux taux de garantie sur dix ans pour les deux taux de garantie proposés selon le contexte économique

Le contexte de baisse des taux se montre moins intéressant pour les assurés où la valeur liquidative de leurs parts de PTD se retrouve diminuée.

En revanche, le résultat technique actualisé de l'assureur est revu à la hausse. Cette hausse s'explique par un effet d'actualisation dû au changement de la courbe des taux. De plus, chaque année l'assureur reste rentable, les taux de rendement sont certes plus bas mais permettent tout de même à l'assureur de se dégager une marge.

Taux de garantie	80 %		100 %		
	Courbe des taux	31/05/2023	Taux bas	31/05/2023	Taux bas
Résultat technique actualisé		22 875 €	24 155 €	15 290 €	17 717 €
Fréquence d'obtention d'un résultat technique positif		99,80 %	<b>99,70 %</b>	96,40 %	<b>95,40 %</b>

TABLE 3.12 – Comparaison des indicateurs de rentabilité pour les assurés entre deux conjonctures économiques

Les résultats techniques actualisés ne sont alors pas réellement comparables entre les deux scénarios économiques considérés. En revanche, ils le sont entre les deux taux de garantie. Le résultat pour l'assureur est meilleur en proposant la garantie partielle, ce qui se traduit également dans son risque de perte.

### 3.6 Piste d'amélioration de la performance

En vue d'améliorer le taux de rendement du fonds Euro-croissance, l'assureur procède à une gestion plus risquée de son portefeuille d'actifs.

Une plus grande volatilité des résultats est attendue avec cette nouvelle méthode : en investissant dans des actifs plus risqués les rendements potentiels sont plus importants mais les pertes également.

L'objectif est d'étudier si une gestion plus risquée pour le produit Euro-croissance est intéressante, à la fois en termes de rentabilité et au niveau prudentiel, dans le contexte économique.

#### 3.6.1 Gestion offensive de l'actif

Dans un objectif d'amélioration du taux de rendement du fonds Euro-croissance une nouvelle gestion de l'actif, plus risquée, a été considérée. Le procédé est inspiré de la méthode CPPI (*Constant Proportion Portfolio Investment* ou « gestion du coussin »).

Pour rappel, l'allocation d'actifs utilisée était prudente : la valeur actualisée des garanties à terme était couverte par des actifs non risqués.

Dans le cadre de cette nouvelle méthode de gestion de l'actif, les notions de montants planchers et plafonds sont introduites. Le plancher correspond à la valeur actualisée des garanties à l'échéance et le coussin est la différence entre la part d'actifs appartenant aux assurés et le plancher.

$$\text{Plancher}_t = VA \text{ garanties}_t \text{ et } \text{Coussin}_t = \text{Actif assurés}_t - \text{Plancher}_t$$

Un coefficient multiplicateur noté  $M$  est ensuite défini arbitrairement et la part d'actifs risqués retenue vaut :

$$\text{Part d'actifs risqués} = M \times \max\left(\frac{\text{Coussin}_t}{\text{Actif assurés}_t} ; 100\%\right)$$

$$\text{Part d'actifs non risqués} = 1 - \text{Part d'actifs risqués}$$

Il est possible de noter que ce nouveau mode de gestion de l'actif est le même que celui considéré initialement (vision prudente) lorsque le coefficient multiplicateur vaut 1.

Le schéma ci-dessous illustre le passage d'une gestion d'actifs prudente à celle plus offensive :

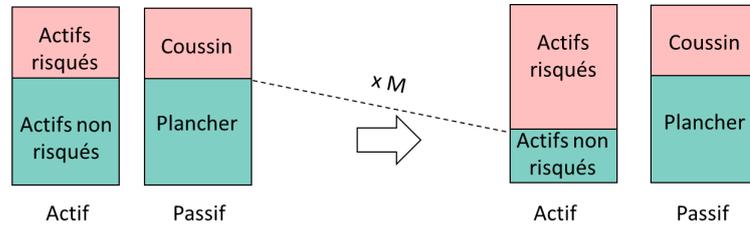


FIGURE 3.13 – Passage d'une gestion de l'actif prudente à une plus risquée

Il est retenu un coefficient multiplicateur de 1,5. Cette valeur a été choisie puisqu'avec une gestion prudente la part d'actifs risqués pour la garantie partielle est supérieure à 50 %. Un coefficient supérieur à 2 aurait donné lieu à une part d'actifs trop importante et un coefficient trop proche de 1 aurait eu moins d'impact.

L'objectif est ainsi d'obtenir un meilleur rendement à la fois pour les assurés et pour l'assureur.

### 3.6.2 Résultats sur la rentabilité

Le taux de rendement moyen net de frais pour les deux taux de garantie sur 10 ans est tout d'abord regardé. Cette nouvelle méthode de gestion de l'actif permet un gain de 0,1 point sur le taux de rendement moyen pour la garantie partielle. Le gain est uniquement de 0,01 point pour la garantie totale. La méthode plus offensive permet de légèrement creuser l'écart de rendement entre la garantie partielle et totale :

Taux de garantie	80 %		100 %	
	Prudente	Offensive	Prudente	Offensive
Allocation				
Taux de rendement moyen net	3,54 %	<b>3,64 %</b>	3,02 %	<b>3,03 %</b>
PVL à l'échéance	27,46 %	28,39 %	26,08 %	26,28 %
Fréquence d'une plus-value par rapport au montant versé	83,80 %	74,49 %	82,10 %	67,76 %

TABLE 3.13 – Comparaison des indicateurs de rentabilité pour les assurés entre la méthode de gestion de l'actif prudente et celle offensive

Il est possible d'observer que la plus-value des assurés à l'échéance est meilleure pour les assurés lorsque l'allocation d'actifs est choisie offensive : de 0,93 point pour la garantie partielle et de 0,20 point pour la garantie totale. Là où, avec une gestion prudente de

l'actif, la différence de plus-value était de 1,38 point entre les deux taux de garantie elle est maintenant de 2,11 points.

Cependant, même si cette nouvelle gestion de l'actif permet un meilleur taux de rendement, il est possible de se demander si ce gain est intéressant à la vue de la fréquence d'obtention d'une plus-value dans les scénarios générés. Une plus-value est moins souvent observée avec cette nouvelle gestion : l'actif est plus volatile. Ce résultat est notamment visible pour la garantie totale où la fréquence d'une plus-value est plus basse de 14,34 points contre 9,31 points pour la garantie partielle.

De plus, les gains générés par cette gestion offensive peuvent paraître moins intéressants qu'attendu. Il est possible d'expliquer ce phénomène par le contexte économique : l'écart de rendement entre obligations et actifs plus risqués est plus faible qu'avec des taux d'intérêt plus bas.

Le graphique ci-dessous, illustre la différence de valeur d'une part de la PTD entre les deux modes de gestion de l'actif :

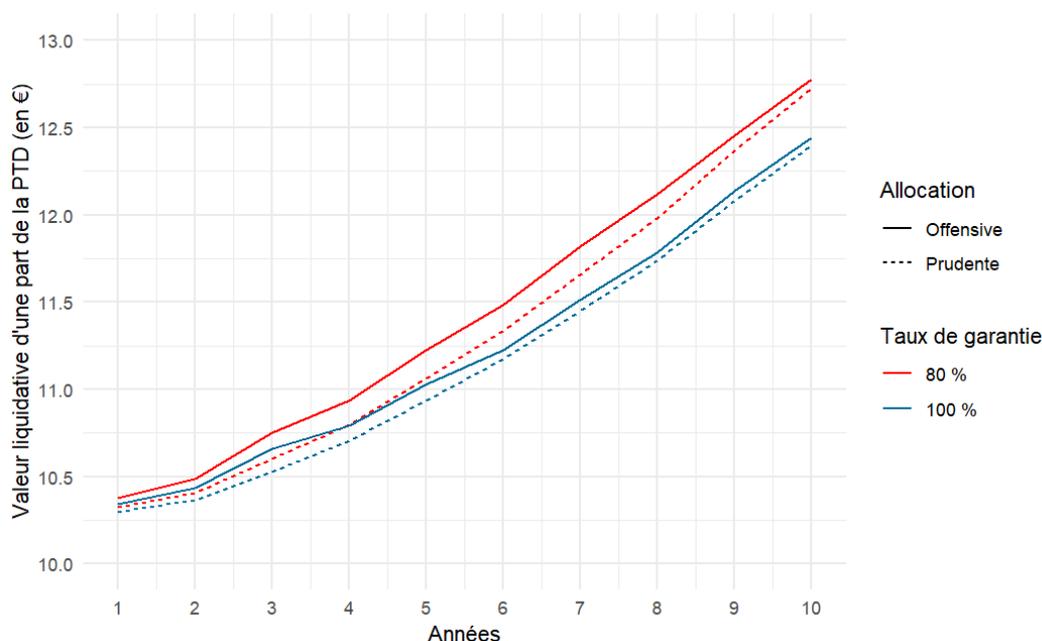


FIGURE 3.14 – Valeur d'une part de la PTD pour les deux taux de garantie sur dix ans pour les deux taux de garantie proposés selon la gestion de l'actif

La valeur d'une part de la PTD se présente donc comme plus importante avec un mode de gestion de l'actif plus offensif sur tout l'horizon de projection. Toutefois, l'écart se resserre lors de la dixième année pour la garantie partielle. Cela s'explique par la proportion d'obligations plus importante au fur et à mesure des années, quel que soit le mode

de gestion de l'actif considéré, qui vient apporter un rendement plus faible que les actifs plus risqués.

L'assureur également observe une meilleure rentabilité en modifiant son allocation d'actif. Cependant, ses résultats sont également moins certains puisque la fréquence d'obtention d'un résultat technique positif est plus faible. Ces résultats sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

Taux de garantie	80 %		100 %	
	Prudente	Offensive	Prudente	Offensive
Résultat technique actualisé	22 875 €	<b>27 836 €</b>	15 290 €	<b>17 193 €</b>
Fréquence d'obtention d'un résultat technique actualisé positif	99,80 %	97,47 %	96,40 %	85,40 %

TABLE 3.14 – Comparaison des indicateurs de rentabilité pour l'assureur entre la méthode de gestion de l'actif prudente et celle offensive

Le risque de perte de l'assureur est fortement impacté par cette nouvelle gestion de l'actif en proposant une garantie totale. Cette diminution de la fréquence d'obtention d'un résultat technique actualisé positif s'explique par l'augmentation de la fréquence de transfert de fonds propres vers la PGT :

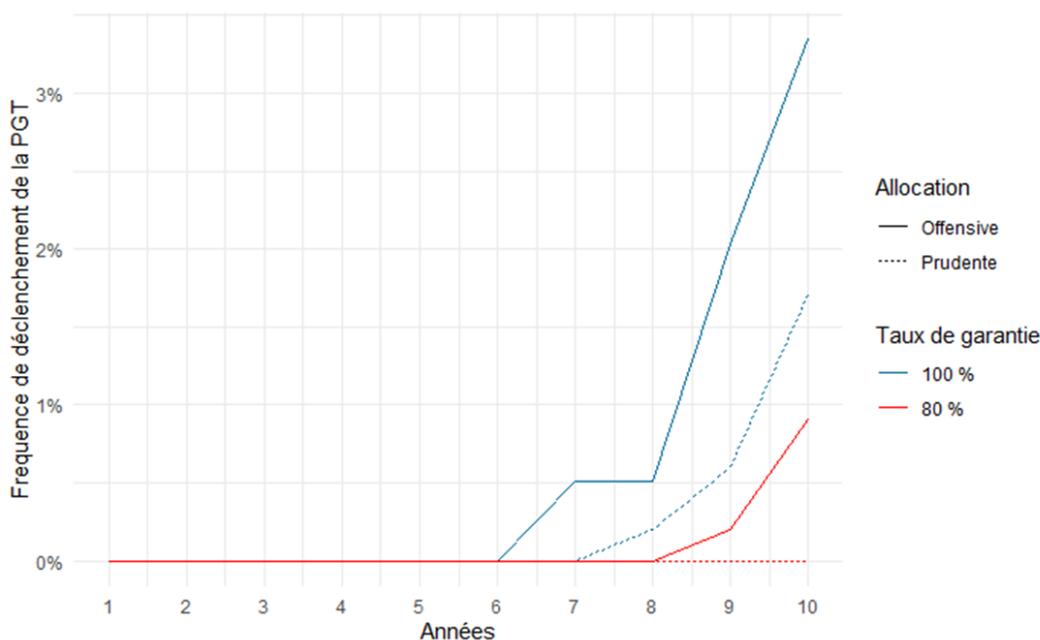


FIGURE 3.15 – Fréquence de transfert des fonds propres vers la PGT

Une méthode de gestion de l'actif plus offensive permet ainsi d'obtenir une meilleure performance sur le produit Euro-croissance : le taux de rendement du fonds est amélioré, la plus-value des assurés à l'échéance est plus importante et le résultat technique de l'assureur plus élevé.

Cette nouvelle méthode permet également de mieux justifier aux assurés la pertinence d'une garantie partielle : la différence entre les deux taux de garantie est plus importante avec une allocation offensive plutôt que prudente.

Cependant, une gestion plus offensive de l'actif implique également une plus forte volatilité au niveau des résultats. En effet, les probabilités pour les assurés et pour l'assureur d'être en bénéfice sont plus faibles qu'avec la gestion plus prudente. Cet écart d'autant plus marqué avec la garantie totale.

Une gestion plus offensive de l'actif apparaît surtout pertinente pour les assurés ayant souscrit à un contrat avec une garantie partielle. En effet, l'écart observé sur la plus-value à l'échéance est plus important pour la garantie partielle que pour la garantie totale, tout en diminuant moins que la garantie totale sa fréquence d'obtention d'une plus-value.

### 3.6.3 Résultats sur la solvabilité

Le *Best Estimate* est plus élevé, pour les deux taux de garantie, avec la nouvelle gestion d'actif considérée. En effet, en présence de l'univers neutre, cette évolution de stratégie apporte de la volatilité supplémentaire sans les rendements. Ainsi, la fréquence d'apparition de scénarios où l'assureur a des difficultés à servir le taux garanti est plus grande ce qui vient augmenter ses engagements. De plus, cette augmentation de la volatilité en univers « risque neutre » occasionne moins de frais prélevés alors que ces frais constituent la marge de l'assureur.

Taux de garantie	80 %		100 %	
	Prudente	Offensive	Prudente	Offensive
<i>Best Estimate</i>	102 190 €	<b>107 861 €</b>	108 075 €	<b>116 210 €</b>

TABLE 3.15 – *Best Estimate* selon le mode de gestion de l'actif considéré

Le SCR Marché se retrouve impacté de la façon suivante :

- Le SCR Taux augmente par le biais du choc de baisse des taux : le rendement des actifs risqués est revu à la baisse et les obligations, plus attrayantes, permettent de moins compenser cette baisse que dans une gestion d'actifs plus prudente (le choc de hausse ne requiert pas de capital puisque la situation serait bénéfique à l'assureur) ;

- Les SCR Actions et Immobiliers augmentent de par leurs places plus importantes dans le portefeuille d'actifs.

Au niveau du SCR Vie les résultats obtenus sont les suivants :

- Le SCR Mortalité vient à diminuer : la présence de l'univers « risque neutre » avec l'allocation d'actif plus risquée donne lieu à une utilisation plus fréquente de la PGT due à une plus grande volatilité, les décès avant l'échéance se retrouvent alors comme une opportunité pour l'assureur même s'il prélève un peu moins de frais ;
- Le SCR Longévité augmente, en particulier pour la garantie totale. La raison est celle opposée de celle du SCR Mortalité, la hausse est légère par l'augmentation des frais prélevés ;
- Le SCR Rachat baisse : l'augmentation de la volatilité dans les scénarios entraîne des situations plus défavorables où les rachats se présentent comme une opportunité ;
- Le SCR Frais est stable ;
- Le SCR Catastrophe baisse pour des raisons similaires au risque de rachats.

Au global, le SCR vient à augmenter lorsque la gestion de l'actif est choisie plus offensive. Cette hausse est causée par le SCR Marché qui devient plus impactant et qui ne compense pas la baisse du SCR Vie. Ce résultat était prévisible : l'assureur prend plus de risques. Les montants des SCR sont décrits dans le graphique ci-dessous :

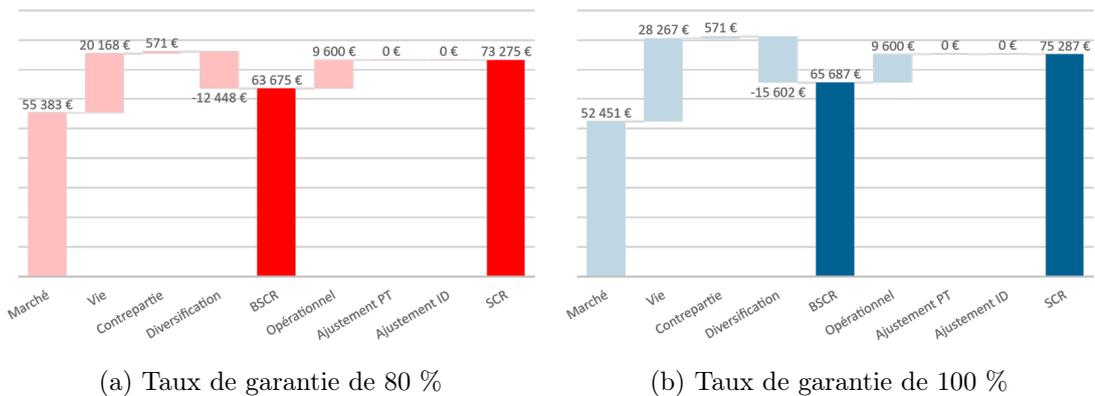


FIGURE 3.16 – SCR pour les deux taux de garantie proposés avec une gestion offensive de l'actif

Avec cette hausse du SCR et la baisse des fonds propres (du fait de la hausse du *Best Estimate*) le ratio de couverture du SCR se retrouve dégradé pour les deux taux de garantie :

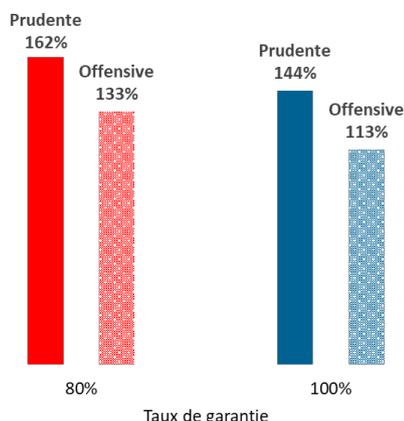


FIGURE 3.17 – Ratios de couverture du SCR pour les deux taux de garantie proposés selon la gestion de l'actif

Il est possible de remarquer que le ratio de couverture du SCR se retrouve moins impacté pour la garantie partielle que totale. En effet, pour le contrat avec une garantie partielle le gap entre les deux gestions d'actifs est moins important (la part d'actif risquée ne peut pas dépasser 100 %). De plus, avec une garantie partielle l'assureur est moins engagé envers les assurés : les chocs ont donc moins d'impact.

Le ratio de couverture pour la garantie partielle est dégradé de 29 points. La dégradation est de 31 points pour la garantie totale.

Cette nouvelle gestion plus risquée, inspirée de la méthode *CPPI*, permet d'offrir un meilleur rendement aux assurés et permet à l'assureur une meilleure rentabilité. Néanmoins, ces gains peuvent être relativisés lorsque les risques associés sont évalués. En effet, une gestion plus offensive de l'actif impacte fortement la solvabilité de l'organisme d'assurance. La présence d'une garantie, partielle ou totale, implique que l'assureur est engagé envers ses assurés. Un actif plus risqué donne lieu à plus de volatilité sans plus de rendements en univers « risque neutre ». Le capital de solvabilité requis est alors plus important tout comme ses engagements.



# Conclusion

Le développement de l'Euro-croissance dans le paysage de l'assurance en France reste limité jusqu'à présent. En effet, à la fin mars 2023, ces contrats ne représentent qu'une part de 0,4 % de l'encours total de l'assurance-vie. Cependant, ils commencent à susciter de l'intérêt avec une augmentation de l'encours de 50 % sur un an à la même période.

Ce mémoire s'est proposé d'étudier l'intérêt de ce fonds : pour les assureurs mais également pour les assurés. L'objectif était également de déterminer pour quel taux de garantie le produit est le plus attractif.

Dans cette optique, les mécanismes propres au fonds Euro-croissance ont été présentés comme le rôle des trois provisions techniques.

Dans l'objectif d'évaluer l'intérêt du produit, une modélisation de la gestion actif-passif du fonds Euro-croissance a été proposée. Ainsi, un algorithme permettant de piloter la PCDD a été détaillé et le comportement attendu des assurés en termes de rachats étudié. De plus, une gestion du portefeuille d'actifs propre au fonds Euro-croissance avec un actif aligné sur le passif a été exposée.

Ensuite, le comportement du produit a été évalué avec différents indicateurs tant en termes de rentabilité qu'au niveau prudentiel. En effet, les espérances de rendement sont déterminées mais également les risques pris par les deux parties ainsi que les impacts au niveau prudentiel.

Le taux de rendement moyen net de frais est de 3,54 % pour une garantie à 80 % du capital à terme et de 3,02 % pour une garantie à 100 %. La performance du fonds Euro-croissance se montre alors meilleure dans le premier cas. Cette amélioration du rendement est expliquée par l'allocation d'actif choisie : la garantie à terme actualisée est couverte par des actifs considérés comme peu risqués. Cependant, ce gain est à mettre en perspective avec le risque de perte des assurés plus important qu'avec la présence d'une garantie totale.

La présence d'une garantie partielle permet également à l'assureur d'améliorer sa solvabilité : une partie du risque est portée par les assurés contrairement à la garantie totale où le risque est entièrement porté par l'assureur.

En guise d'éclairage sur les taux de garantie proposés aux assurés, les impacts au niveau de la rentabilité ont été regardés dans un contexte de taux plus bas. Là où le taux de rendement était meilleur de 17 % pour une garantie partielle plutôt que totale, il est 23 % supérieur pour la garantie partielle par rapport à celle totale dans le nouvel environnement économique.

Ensuite, dans l'optique d'améliorer la performance du fonds Euro-croissance, une gestion plus offensive de l'actif a été évaluée. Cette méthode permet d'améliorer les plus-values des assurés. Cependant, ce procédé paraît surtout impactant pour la garantie partielle avec une amélioration du taux de rendement moyen net de frais de 2,82 % (l'amélioration est de 0,33 % pour la garantie totale).

Naturellement, cette allocation d'actif choisie conduit à une prise de risque plus importante, pour les assurés mais également pour l'assureur. Cela se traduit par une fréquence d'une plus-value à l'échéance plus faible pour les assurés et par une fréquence plus faible d'un résultat technique actualisé positif pour l'assureur. Ces écarts se traduisent surtout pour la garantie totale où la nouvelle gestion de l'actif apporte du risque, porté par l'assureur. Cela se retranscrit également au niveau prudentiel où le ratio de couverture du SCR est dégradé.

Une gestion offensive de l'actif pourrait alors être un choix de l'assureur, pour les contrats présentant une garantie partielle, afin de proposer de meilleures performances aux assurés. Une telle option semble moins pertinente pour la garantie totale : l'écart de gain y est moins important et la solvabilité de l'assureur plus impactée négativement.

Le fonds Euro-croissance s'inscrit dans une démarche de partage de risque entre les assurés et l'assureur. En contrepartie d'une garantie au moins partielle qu'au terme d'une durée de détention minimale, les assurés ont la perspective d'un rendement plus élevé que celui d'un fonds en Euros.

Pour l'assureur, l'Euro-croissance présente plusieurs avantages. Tout d'abord, ce produit permet de générer des rendements plus élevés que les fonds en Euros classiques, ce qui peut attirer les épargnants. De plus, L'Euro-croissance offre une diversification des risques par rapport aux fonds en Euros principalement investis en obligations d'Etat qui sont sensibles aux variations des taux d'intérêt.

Pour les assurés, en plus du rendement potentiel plus élevé que ceux des fonds en Euro, le fonds Euro-croissance permet une meilleure maîtrise des risques par rapport aux fonds en unité de compte par la présence d'une garantie, au moins partielle.

Plusieurs raisons peuvent expliquer la présence limitée du fonds Euro-croissance dans le paysage assurantiel français. Tout d'abord, ce produit est relativement récent puisqu'il n'est connu, sous sa forme actuelle, que depuis la loi PACTE, promulguée en 2019. De plus, il s'agit d'un produit complexe qui combine des actifs risqués et des actifs à faible risque. Cette spécificité nécessite une gestion active de la part des gérants.

Enfin, la conjoncture économique n'était pas réellement favorable au lancement de ce produit : les taux d'intérêt étaient bas puis négatifs jusqu'au début de l'année 2022. Le

fonds Euro-croissance, composé en partie d'obligations, n'était alors pas attrayant. La remontée des taux rend le fonds Euro-croissance potentiellement plus attractif avec un rendement amélioré.

Le fonds Euro-croissance possède tous les atouts, tant du point de l'assureur que de l'assuré, pour devenir un véritable placement attractif et s'installer comme une alternative crédible aux fonds en Euros et en unité de compte.

Ce travail a été l'opportunité de bien comprendre les mécanismes d'une gestion actif-passif et de développer les connaissances sur ce nouveau produit qu'est l'Euro-croissance. D'autres études pourraient être menées afin d'évaluer la pertinence de ce fonds, avec une modélisation plus fine de l'actif prenant en compte les obligations d'entreprise par exemple. Il serait également envisageable d'étudier l'impact de la durée de détention minimale. De plus, afin d'améliorer la précision du modèle de gestion-actif, le générateur de scénarios économiques développé en interne pourrait être optimisé lors de futurs travaux afin de réduire le temps de calcul.



# Annexe A

## Démonstrations relatives au GSE

### A.1 Généralités

#### Tribu

Soit  $\Omega$  un ensemble.

Un ensemble  $\mathcal{F}$  de parties de  $\Omega$  est une tribu sur  $\Omega$  si :

- $\Omega \in \mathcal{F}$ ;
- $\mathcal{F}$  est stable par passage au complémentaire i.e. si  $A \in \mathcal{F}$  alors  $A^C \in \mathcal{F}$  où  $A^C$  est le complémentaire de  $A$ ;
- $\mathcal{F}$  est stable par union dénombrable i.e. si  $(A_n)_{n \in \mathbb{N}}$  est une suite d'éléments de  $\mathcal{F}$  alors  $\bigcup_{n \in \mathbb{N}} A_n$  appartient aussi à  $\mathcal{F}$ .

#### Espace mesurable

Soit  $\Omega$  un ensemble et  $\mathcal{F}$  une tribu sur  $\Omega$ .

Le couple  $(\Omega, \mathcal{F})$  est appelé espace mesurable.

#### Mesure

Soit  $(\Omega, \mathcal{F})$  un espace mesurable.

Une application  $\mu$  de  $\mathcal{F}$  dans  $[0, +\infty[$  est une mesure sur  $(\Omega, \mathcal{F})$  si :

- $\mu(\emptyset) = 0$ ;
- Si  $(A_n)_{n \in \mathbb{N}}$  est une suite d'éléments de  $\mathcal{F}$  deux à deux disjoints alors  $\mu(\bigcup_{n \in \mathbb{N}} A_n) = \sum_{n \in \mathbb{N}} \mu(A_n)$ .

#### Fonction mesurable

Soient  $(\Omega_1, \mathcal{F}_1)$  et  $(\Omega_2, \mathcal{F}_2)$  deux espaces mesurables.

Une fonction  $f$  de  $\Omega_1$  vers  $\Omega_2$  est dite  $(\mathcal{F}_1, \mathcal{F}_2)$ -mesurable si :  $\forall B \in \mathcal{F}_2, f^{-1}(B) \in \mathcal{F}_1$ .

### Espace probabilisé

Un triplet  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$  est un espace probabilisé si :

- $\Omega$  est un ensemble ;
- $\mathcal{F}$  est une tribu sur  $\Omega$  ;
- $\mathbb{P}$  est une mesure sur  $(\Omega, \mathcal{F})$  telle que  $\mathbb{P}(\Omega) = 1$ .

### Espace probabilisé complet

Soit  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$  un espace probabilisé.

Soit  $\mathcal{N}_{\mathbb{P}} = \{A \subset \Omega \mid \exists B \in \mathcal{F} \text{ tel que } A \subset B \text{ et } \mathbb{P}(B) = 0\}$  l'ensemble des sous ensembles de probabilité nulle.

L'espace probabilisé  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$  est complet si et seulement si  $\mathcal{N}_{\mathbb{P}} \subset \mathcal{F}$ .

### Variable aléatoire

Soit  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$  un espace probabilisé et  $(E, \mathcal{E})$  un espace mesurable.

Toute fonction mesurable de  $\Omega$  vers  $E$  est une variable aléatoire de  $\Omega$  vers  $E$ .

### Processus stochastique

Soit  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$  un espace probabilisé,  $(E, \mathcal{E})$  un espace mesurable et  $T$  un ensemble non vide.

Une famille  $(X_t)_{t \in T}$  de variables aléatoires définies sur  $\Omega$  à valeurs dans  $E$  est un processus stochastique.

### Mouvement brownien standard

Soit  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$  un espace probabilisé complet.

Un processus stochastique  $(W_t)_{t \geq 0}$  est un mouvement brownien standard si :

- $W_0 = 0$   $\mathbb{P}$ -presque sûrement i.e.  $\mathbb{P}(W_0 = 0) = 1$  ;
- Pour tout  $n \geq 2$  et tous  $0 =: t_0 < t_1 < \dots < t_n$ , les accroissements  $W_{t_1} - W_{t_0}, \dots, W_{t_n} - W_{t_{n-1}}$  sont indépendants ;
- $(W_t)_{t \geq 0}$  est presque sûrement continu i.e.  $\forall \omega \in \Omega$ , la trajectoire  $t \rightarrow W_t(\omega)$  est continue sur  $\mathbb{R}^+$  ;
- Pour tous  $t > s \geq 0$ , l'accroissement  $W_t - W_s$  suit une variable aléatoire normale de moyenne nulle et de variance  $t-s$  i.e.  $W_t - W_s \sim \mathcal{N}(0, t - s)$ .

### Filtration

Soit  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$  un espace probabilisé complet.

$(\mathcal{F}_t)_{t \geq 0}$  est une filtration sur  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$  si :

- Pour tout  $t \geq 0$ ,  $\mathcal{F}_t \subset \mathcal{F}$  ;
- Pour tout  $0 \leq s \leq t$ ,  $\mathcal{F}_s \subset \mathcal{F}_t$ .

**Espace probabilisé filtré**

Soit  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$  un espace probabilisé complet et  $(\mathcal{F}_t)_{t \geq 0}$  une filtration sur  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$ .  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P}, (\mathcal{F}_t)_{t \geq 0})$  est appelé espace probabilisé filtré.

**Adapté**

Soit  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P}, (\mathcal{F}_t)_{t \geq 0})$  est un espace probabilisé filtré.

Un processus stochastique  $(X_t)_{t \in T}$  est dit  $(\mathcal{F}_t)_{t \geq 0}$ -adapté si pour tout  $t \geq 0$ ,  $(X_t)_t$  est  $\mathcal{F}_t$ -mesurable.

**Martingale**

Soit  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P}, (\mathcal{F}_t)_{t \geq 0})$  un espace probabilisé filtré.

Un processus stochastique  $(X_t)_{t \geq 0}$  est une martingale par rapport à la filtration  $(\mathcal{F}_t)_{t \geq 0}$  si :

- $(X_t)_{t \in T}$  est  $(\mathcal{F}_t)_{t \geq 0}$ -adapté ;
- Pour tout  $t \geq 0$ ,  $\mathbb{E}[X_t] \leq \inf$  ;
- Pour tout  $0 \leq s \leq t$ ,  $\mathbb{E}[X_t | \mathcal{F}_s] = X_s$ .

**Processus d'Itô**

Soit  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$  un espace probabilisé complet,  $(W_t)_{t \geq 0}$  un mouvement brownien standard et  $(X_t)_{t \in [0, T]}$  un processus stochastique.

$(X_t)_{t \in [0, T]}$  est un processus d'Itô s'il est de la forme :

$$X_t = X_0 + \int_0^t \mu_s ds + \int_0^t \sigma_s dW_s, \quad t \in [0, T]$$

Soit, en écriture infinitésimale,  $dX_t = \mu_t dt + \sigma_t dW_t$ ,  $t \in [0, T]$  où  $X_0$  est  $\mathcal{F}_0$ -mesurable,  $\mu$  est un processus  $(\mathcal{F}_t)$ -adapté tel que  $\int_0^t |\mu_s| ds < \infty$  presque sûrement et  $\sigma$  est un processus  $(\mathcal{F}_t)$ -adapté tel que  $\mathbb{E}[\int_0^t \sigma_s^2 ds] < \infty$ .

**Formule d'Itô**

Soit  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$  un espace probabilisé complet,  $(W_t)_{t \geq 0}$  un mouvement brownien standard et  $(X_t)_{t \in [0, T]}$  un processus d'Itô de la forme  $dX_t = \mu_t dt + \sigma_t dW_t$ ,  $t \in [0, T]$ .

Soit  $f$  une fonction continûment dérivable en temps et deux fois continûment dérivable en espace (i.e.  $f$  de classe  $\mathcal{C}^{1,2}(\mathbb{R}_+, \mathbb{R})$ ).

Alors l'équation suivante est vérifiée :

$$f(X_t, t) = \int_0^t \frac{\partial f}{\partial t}(X_t, t) dt + \int_0^t \frac{\partial f}{\partial x}(X_t, t) dX_t + \frac{1}{2} \int_0^t \sigma_t^2 \frac{\partial^2 f}{\partial x^2}(X_t, t) dt, \quad t \in [0, T]$$

Soit, en écriture infinitésimale,  $df(X_t, t) = \frac{\partial f}{\partial t}(X_t, t) dt + \frac{\partial f}{\partial x}(X_t, t) dX_t + \frac{1}{2} \sigma_t^2 \frac{\partial^2 f}{\partial x^2}(X_t, t) dt$ ,  $t \in [0, T]$

**Espaces**

L'ensemble des matrices réelles à  $n$  lignes et  $p$  colonnes est noté  $\mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{R})$ .

Si  $n = p$ , les matrices sont dites carrées et l'ensemble est noté  $\mathcal{M}_n(\mathbb{R})$ .

**Matrice symétrique**

Soit  $A = (a_{ij})_{1 \leq i,j \leq n}$  une matrice carrée de  $\mathcal{M}_n(\mathbb{R})$ .

$A$  est une matrice symétrique si  $A = A^T$  i.e. si  $a_{ij} = a_{ji}$  pour tout  $1 \leq i, j \leq n$ .

**Matrice symétrique définie positive**

Soit  $A$  une matrice symétrique de  $\mathcal{M}_n(\mathbb{R})$ .

$A$  est une matrice symétrique définie positive si pour tout  $X \in \mathbb{R}^n$ ,  $X^T A X > 0$ .

**Matrice triangulaire**

Soit  $A = (a_{ij})_{1 \leq i,j \leq n}$  une matrice carrée de  $\mathcal{M}_n(\mathbb{R})$ .

$A$  est une matrice triangulaire supérieure si  $a_{ij} = 0$  pour tout  $1 \leq i < j \leq n$ .

$A$  est une matrice triangulaire inférieure si  $a_{ij} = 0$  pour tout  $1 < j < i \leq n$ .

## A.2 Modèle de Hull-White à un facteur

Afin de modéliser le taux court dans le Générateur de Scénarios Economiques le modèle de Hull-White à un facteur est retenu.

### A.2.1 Caractère gaussien du modèle de Hull-White à un facteur

Soit  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$  un espace probabilisé complet muni d'une filtration  $(\mathcal{F}_t)_{0 \leq t \leq T}$ .

Dans le modèle de Hull-White à un facteur, utilisé pour reproduire la courbe des taux d'intérêt actuellement anticipés par le marché, le taux court  $r_t$  vérifie l'équation différentielle suivante sous la probabilité risque neutre  $\mathbb{Q}$  :

$$dr_t = (\theta(t) - \alpha r_t)dt + \sigma dW_t$$

où :

- $\theta(t)$  est une fonction déterministe du temps ;
- $\alpha$  est une constante positive représentant la vitesse de retour à la moyenne ;
- $\sigma$  est une constante positive représentant la volatilité du taux court ;
- $(W_t)_{0 \leq t \leq T}$  est un mouvement brownien standard ;
- $\theta(t)$  est défini tel que :

$$\theta(t) = \frac{\partial F(0, t)}{\partial t} + \alpha F(0, t) + \frac{\sigma^2}{2\alpha}(1 - e^{-2\alpha t})$$

- $F(0, t)$  est le taux *forward* instantané du marché observé à la date 0 pour la maturité  $t$ .

En appliquant la formule d'Itô à  $f(r_t, t) := e^{\alpha t} r_t$  il en découle :

$$\begin{aligned} d(e^{\alpha t} r_t) &= d(f(r_t, t)) \\ &= \frac{\partial f}{\partial t}(r_t, t)dt + \frac{\partial f}{\partial x}(r_t, t)dr_t + \frac{1}{2}\sigma^2 \frac{\partial^2 f}{\partial x^2}(r_t, t)dt \\ &= \alpha e^{\alpha t} r_t dt + e^{\alpha t} dr_t \\ &= \alpha e^{\alpha t} r_t dt + e^{\alpha t}(\theta(t) - \alpha r_t)dt + \sigma e^{\alpha t} dW_t \\ &= e^{\alpha t} \theta(t) dt + \sigma e^{\alpha t} dW_t \end{aligned}$$

Puis en intégrant l'équation obtenue ci-dessus :

$$e^{\alpha t} r_t = e^{\alpha s} r_s + \int_s^t e^{\alpha u} \theta(u) du + \sigma \int_s^t e^{\alpha u} dW_u$$

Où :

$$\begin{aligned}
\int_s^t e^{\alpha u} \theta(u) du &= \int_s^t e^{\alpha u} \left( \frac{\partial F(0, u)}{\partial u} + \alpha F(0, u) + \frac{\sigma^2}{2\alpha} (1 - e^{-2\alpha u}) \right) du \\
&= \int_s^t e^{\alpha u} \frac{\partial F(0, u)}{\partial u} du + \alpha \int_s^t e^{\alpha u} F(0, u) du + \frac{\sigma^2}{2\alpha} \int_s^t (e^{\alpha u} - e^{-\alpha u}) du \\
&= e^{\alpha t} F(0, t) - e^{\alpha s} F(0, s) + \frac{\sigma^2}{2\alpha^2} (e^{\alpha t} - e^{\alpha s} + e^{-\alpha t} - e^{-\alpha s}) \\
&= e^{\alpha t} \alpha(t) - e^{\alpha s} \alpha(s)
\end{aligned}$$

Car, par intégration par parties,

$$\int_s^t e^{\alpha u} \frac{\partial F(0, u)}{\partial u} du = e^{\alpha t} F(0, t) - e^{\alpha s} F(0, s) - \alpha \int_s^t e^{\alpha u} F(0, u) du$$

Et où  $\alpha(t)$  est défini tel que :

$$\alpha(t) := F(0, t) + \frac{\sigma^2}{2\alpha^2} (1 - e^{-\alpha t})^2 = F(0, t) + \frac{\sigma^2}{2\alpha^2} (1 + e^{-2\alpha t} - 2e^{-\alpha t})$$

Ainsi :

$$r_t = e^{-\alpha(t-s)} r_s + \alpha(t) - e^{-\alpha(t-s)} \alpha(s) + \sigma \int_s^t e^{-\alpha(t-u)} dW_u$$

Il est alors possible de déterminer l'espérance et la variance du taux court  $r_t$  :

$$\begin{aligned}
\mathbb{E}[r_t | \mathcal{F}_s] &= e^{-\alpha(t-s)} r_s + \alpha(t) - e^{-\alpha(t-s)} \alpha(s) \\
\text{Var}[r_t | \mathcal{F}_s] &= \sigma^2 \mathbb{E} \left[ \int_s^t (e^{-\alpha(t-u)})^2 du | \mathcal{F}_s \right] = \sigma^2 \frac{1 - e^{-2\alpha(t-s)}}{2\alpha}
\end{aligned}$$

Ainsi l'égalité en loi suivante est obtenue :

$$r_t \stackrel{\mathcal{L}}{=} e^{-\alpha(t-s)} r_s + \alpha(t) - e^{-\alpha(t-s)} \alpha(s) + \sigma \sqrt{\frac{1 - e^{-2\alpha(t-s)}}{2\alpha}} Z_{\text{taux}, t, s}$$

où  $(Z_{\text{taux}, t, s})$  sont des variables aléatoires indépendantes et identiquement distribuées de loi normale centrée réduite.

### A.2.2 Volatilités log-normales des *swaptions*

Le calibrage du modèle de Hull-White à un facteur est réalisé sur des *swaptions* européennes.

Les volatilités log-normales des *swaptions* du marché au 31/05/2023 sont présentées ci-dessous :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25
1	113,30	118,30	114,60	110,80	107,30	105,20	103,40	101,70	100,00	97,80	94,00	90,00	88,50
2	112,50	113,10	110,70	108,30	105,90	104,40	102,60	101,20	99,40	97,70	92,30	88,50	86,20
3	108,00	107,70	105,20	103,20	101,30	100,10	98,90	97,60	96,30	94,70	89,30	85,40	83,30
4	103,30	103,10	100,80	98,80	96,70	95,90	95,00	93,70	92,40	90,90	85,50	81,50	79,60
5	99,10	98,80	96,60	94,50	92,50	91,40	90,30	89,20	88,30	87,00	81,70	77,80	75,70
6	96,00	95,85	93,40	91,35	89,70	88,45	87,20	86,05	85,10	83,95	78,85	75,05	72,80
7	92,90	92,90	90,20	88,20	86,90	85,50	84,10	82,90	81,90	80,90	76,00	72,30	69,90
8	90,73	90,73	88,10	86,17	84,70	83,30	81,90	80,77	79,67	78,57	73,50	69,97	67,60
9	88,57	88,57	86,00	84,13	82,50	81,10	79,70	78,63	77,43	76,23	71,00	67,63	65,30
10	86,40	86,40	83,90	82,10	80,30	78,90	77,50	76,50	75,20	73,90	68,50	65,30	63,00
15	78,30	78,20	76,20	74,50	71,90	70,40	68,90	67,40	66,00	65,00	59,30	57,00	54,60
20	73,00	72,90	70,80	68,60	66,30	64,80	63,20	61,80	60,50	59,00	53,20	51,20	48,90
25	69,60	69,10	67,30	64,70	62,40	60,70	59,00	57,40	55,90	54,80	49,20	46,80	44,50

TABLE A.1 – Volatilités log-normales des *swaptions* (expiration en abscisse et ténor en ordonnée) au 31 mai 2023

### A.2.3 Prix des *swaptions*

Le prix  $B(t, T)$  d'un zéro-coupon de nominal 1 € et de maturité  $T$  à la date  $t$  est le suivant :

$$B(t, T) = \mathbb{E}(e^{-\int_t^T r_s ds} | r_t)$$

où  $r_t$  est le taux court instantané à  $t$ .

Avec le taux court instantané déterminé par le modèle de Hull-White le prix du zéro-coupon est le suivant :

$$B(t, T) = A(t, T)e^{-C(t, T)r_t}$$

$$\text{où } A(t, T) = \frac{B(0, T)}{B(0, t)} \exp\left(C(t, T)F(0, t) - \frac{\sigma^2}{4\alpha}(1 - e^{-2\alpha t})C(t, T)^2\right)$$

$$\text{et où } C(t, T) = \frac{1}{\alpha}(1 - e^{-\alpha(T-t)}).$$

Le prix d'un put zéro-coupon en 0 de prix d'exercice  $X_i$ , de maturité  $T_i$  et pour lequel le sous-jacent est un zéro-coupon de maturité  $T_j$  s'exprime sous la forme :

$$Put_{ZC}(T_i, T_j, X_i) = X_i \times B(0, T_i)\mathcal{N}(d_1) - B(0, T_j)\mathcal{N}(d_2)$$

où  $d_1 = \ln(X_i B(0, T_i) / B(0, T_j)) / \sqrt{V_p(0, T_i, T_j)} + \sqrt{V_p(0, T_i, T_j)} / 2$ ;

où  $d_2 = \ln(X_i B(0, T_i) / B(0, T_j)) / \sqrt{V_p(0, T_i, T_j)} - \sqrt{V_p(0, T_i, T_j)} / 2$ ;

où  $V_p(0, T_i, T_j) = \sigma^2 \frac{1 - e^{-2\alpha T_i}}{2\alpha} C(T_i, T_j)^2$ ;

où  $\mathcal{N}$  la fonction de répartition de loi normale ;

où  $B(t, T)$  le prix d'un zéro-coupon de nominal 1 € et de maturité  $T$  à la date  $t$  ;

et où  $X_i = A(T_m, T_n) e^{-C(T_m, T_n) r^*}$

tel que  $r^*$  vérifie  $\sum_{i=m}^n K \times (T_{i-1} - T_i) \times A(T_m, T_i) e^{-C(T_m, T_i) r^*} = 1$ .

Ainsi, le prix d'une *swaption* payeuse de maturité  $T_m$ , de ténor  $T_m - T_n$  et de prix d'exercice  $K$  dans le modèle de Hull-White à un facteur est le suivant :

$$P_{swaption}^{Hull-White} = \sum_{i=m}^n K \times (T_{i-1} - T_i) \times Put_{ZC}(T_m, T_i, X_i) + Put_{ZC}(T_m, T_n, X_n)$$

### A.3 Décomposition de Cholesky

Les aléas corrélés sont générés à partir de la décomposition de Cholesky.

#### Théorème (Décomposition de Cholesky) :

Soit  $A$  une matrice symétrique définie positive. Alors il existe une matrice réelle triangulaire inférieure  $L$  telle que :  $A = LL^T$ .

De plus, cette décomposition est unique s'il est imposé à  $L$  d'avoir des coefficients diagonaux strictement positifs.

#### Application pour la génération d'aléas corrélés

La matrice de corrélation entre les différents actifs est notée  $A$  :

$$A = \begin{pmatrix} 1 & -0,01 & -0,10 \\ -0,01 & 1 & -0,18 \\ -0,10 & -0,18 & 1 \end{pmatrix}$$

D'après le théorème ci-dessus, il existe une unique matrice notée  $L := \begin{pmatrix} a & 0 & 0 \\ b & c & 0 \\ d & e & f \end{pmatrix}$

dont les coefficients diagonaux sont strictement positifs ( $a, c, f > 0$ ) telle que  $LL^T = A$ .  
Ainsi :

$$\begin{pmatrix} a & 0 & 0 \\ b & c & 0 \\ d & e & f \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a & b & d \\ 0 & c & e \\ 0 & 0 & f \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -0,01 & -0,10 \\ -0,01 & 1 & -0,18 \\ -0,10 & -0,18 & 1 \end{pmatrix}$$

Il est alors possible d'obtenir le système d'équations suivant :

$$\begin{cases} a^2 & = 1 \\ ab & = -0,01 \\ ad & = -0,10 \\ b^2 + c^2 & = 1 \\ bd + ce & = -0,18 \\ d^2 + e^2 + f^2 & = 1 \\ a, c, f & > 0 \end{cases}$$

Les coefficients de la matrice  $L$  sont ensuite déterminés :

$$\begin{cases} a = 1 \\ b = -0,01 \\ c = \sqrt{1 - (-0,01)^2} \\ d = -0,10 \\ e = (-0,18 - (-0,01) \times (-0,10)) / \sqrt{1 - (-0,01)^2} \\ f = \sqrt{1 - (-0,10)^2 - (-0,18 - (-0,01) \times (-0,10))^2 / (1 - (-0,01)^2)} \end{cases}$$

De ce fait, la matrice  $L$  (arrondie au centième) telle que  $LL^T = A$  vaut :

$$L = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -0,01 & 1 & 0 \\ -0,10 & -0,18 & 0,98 \end{pmatrix}$$

## Annexe B

# Calcul du SCR

Le ratio de couverture du SCR est utilisé dans ce mémoire comme un indicateur de suivi des risques auxquels l'organisme d'assurance est confronté. Pour cela, il convient de calculer le capital de solvabilité requis (SCR) :

$$SCR = Ajustements + BSCR + SCR_{Opérationnel}$$

Le *BSCR* se définit comme l'agrégation des SCR de modules à laquelle est ajouté le SCR du module des actifs intangibles :

$$BSCR = \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{i,j} \times SCR_i \times SCR_j} + SCR_{Intangibles}$$

où :

- $Corr_{i,j}$  représente le coefficient de corrélation relatif au risque de souscription en vie pour les sous-modules  $i$  et  $j$  ;
- $SCR_i$  est le capital de solvabilité requis pour chaque module  $i$  considéré (ici marché, souscription vie et contrepartie) ;
- $SCR_{Intangibles}$  est l'exigence de capital pour risque lié aux immobilisations incorporelles.

Les coefficients de corrélation du SCR sont présentés dans la matrice ci-dessous :

	Vie	Non-Vie	Santé	Marché	Contrepartie
Vie	1	0	0,25	0,25	0,25
Non-Vie	0	1	0	0,25	0,50
Santé	0,25	0	1	0,25	0,25
Marché	0,25	0,25	0,25	1	0,25
Contrepartie	0,25	0,50	0,25	0,25	1

TABLE B.1 – Coefficients de corrélation du SCR

### Souscription en vie

L'exigence de capital pour le risque de souscription en vie se calcule de la façon suivante :

$$SCR_{Souscription\ Vie} = \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{i,j} \times SCR_i \times SCR_j}$$

où :

- $Corr_{i,j}$  représente le coefficient de corrélation relatif au risque de souscription en vie pour les sous-modules  $i$  et  $j$  ;
- $SCR_i$  est l'exigence de capital pour le sous module  $i$ .

Les coefficients de corrélation relatifs au risque de souscription en vie entre les différents sous-modules sont présentés dans la matrice ci-dessous :

	Mortalité	Longévitité	Invalidité	Frais	Révision	Rachats	Catastrophe
Mortalité	1	- 0,25	0,25	0,25	0	0	0,25
Longévitité	- 0,25	1	0	0,25	0,25	0,25	0
Invalidité	0,25	0	1	0,5	0	0	0,25
Frais	0,25	0,25	0,5	1	0,5	0,5	0,25
Révision	0	0,25	0	0,5	1	0	0
Rachats	0	0,25	0	0,5	0	1	0,25
Catastrophe	0,25	0	0,25	0,25	0	0,25	1

TABLE B.2 – Coefficients de corrélation relatifs au risque de souscription en vie

Les exigences en capital pour les différents sous-modules considérés dans ce mémoire sont les suivantes :

- Mortalité : perte des fonds propres suite à une hausse soudaine et permanente de 15 % des taux de mortalité utilisés pour le calcul des provisions techniques ;
- Longévitité : perte des fonds propres suite à une baisse soudaine et permanente de 20 % des taux de mortalité utilisés pour le calcul des provisions techniques ;
- Frais : perte des fonds propres suite à une augmentation de 10 % des frais réels et de la hausse d'un point du taux d'inflation ;
- Rachats : perte des fonds propres suite au choc le plus impactant entre une hausse soudaine et permanente de 50 % des taux de rachats, une baisse soudaine et permanente de 50 % des taux de rachats et des rachats massifs de 40 % ;
- Catastrophe : perte des fonds propres suite à hausse soudaine de 0,15 point des taux de mortalité.

### Marché

L'exigence de capital pour le risque de marché se calcule de la façon suivante :

$$SCR_{Marché} = \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{i,j} \times SCR_i \times SCR_j}$$

où :

- $Corr_{i,j}$  représente le coefficient de corrélation relatif au risque de marché pour les sous-modules  $i$  et  $j$  ;
- $SCR_i$  est l'exigence de capital pour le sous module  $i$ .

Les coefficients de corrélation relatifs au risque de marché entre les différents sous-modules sont présentés dans la matrice ci-dessous :

	Taux	Actions	Immobilier	Marge	Concentration	Change
Taux	1	0,5	0,5	0,5	0	0,25
Actions	0,5	1	0,75	0,75	0	0,25
Immobilier	0,5	0,75	1	0,5	0	0,25
Marge	0,5	0,75	0,5	1	0	0,25
Concentration	0	0	0	0	1	0
Change	0,25	0,25	0,25	0,25	0	1

TABLE B.3 – Coefficients de corrélation relatifs au risque de marché

Les exigences en capital pour les différents sous-modules sont les suivantes :

- Taux : perte des fonds propres suite au choc le plus impactant entre l'augmentation de la courbe des taux d'intérêt et la diminution de la courbe des taux d'intérêt ;
- Actions : perte des fonds propres suite à une diminution soudaine de 39 % des actions cotées et de 49 % des actions non cotées (l'effet Dampener de - 0,7353 % au 31 mai 2023 s'ajoute à ces chocs)
- Immobilier : perte des fonds propres suite à une diminution soudaine de 25 % des biens immobiliers ;
- Spread : perte des fonds propres suite à un choc sur les obligations en fonction de leurs notations et de leurs durations (le choc nul pour les obligations souveraines européennes) ;
- Concentration : perte des fonds propres suite à un choc permettant d'évaluer le risque lié au manque de diversification dans le portefeuille ;
- Change : perte des fonds propres suite à un choc permettant d'évaluer le risque de change pour chaque monnaie étrangère.

## Ajustements et opérationnel

Les ajustements viennent à tenir compte de la capacité d'absorption de pertes des provisions techniques et des impôts différés.

L'exigence de capital pour le risque opérationnel « prend en compte le risque qui découle de pertes dues à des procédures, des membres du personnel ou des systèmes internes inadéquats ou défaillants, ou bien à des événements externes »<sup>1</sup>. Il se calcule comme étant une fonction du BSCR, des primes et des provisions.

---

1. [Journal officiel de l'Union Européenne, 2014]

# Table des figures

1	Bilan du fonds Euro-croissance . . . . .	vi
2	Allocation initiale de l'actif du fonds Euro-croissance dans le modèle de gestion actif-passif . . . . .	viii
3	Ratios de couverture du SCR pour les deux taux de garantie proposés . . .	ix
4	Ratios de couverture du SCR pour les deux taux de garantie proposés selon la gestion de l'actif . . . . .	x
5	<i>Euro-croissance</i> fund balance sheet . . . . .	xiv
6	Initial asset allocation of the <i>Euro-croissance</i> fund in the asset-liability management model . . . . .	xv
7	SCR coverage ratios for the two proposed guarantee rates . . . . .	xvi
8	SCR coverage ratios for the two proposed guarantee rates based on asset management . . . . .	xviii
1.1	Collecte brute et collecte nette de l'assurance-vie de 2011 à 2022, source : [ACPR, 2023] . . . . .	4
1.2	Collectes nettes des fonds en Euros et des fonds en Unités de Compte de 2011 à 2022, source : [ACPR, 2023] . . . . .	5
1.3	Composition moyenne des fonds en Euros et des fonds Euro-croissance à fin 2022, source : [Good Value For Money, 2023] . . . . .	8
1.4	Schéma des trois piliers de la directive Solvabilité II . . . . .	9
1.5	Schémas du bilan comptable et du bilan économique . . . . .	10
1.6	Risques pris en compte dans la formule standard (en rouge ceux pour lesquels les fonds Euro-croissance sont particulièrement confrontés) . . . . .	11
1.7	Fonds propres éligibles à la couverture du SCR et du MCR . . . . .	14
1.8	Courbe des taux EIOPA au 31 mai 2023 . . . . .	17
1.9	Bilan du fonds Euro-croissance . . . . .	20
1.10	Illustration du fonctionnement du fonds Euro-croissance . . . . .	24
2.1	Valorisation du taux de garantie selon une approche stochastique . . . . .	28
2.2	Fonctionnement général du GSE et de l'outil ALM . . . . .	29
2.3	Flux d'un zéro-coupon . . . . .	31
2.4	Évaluation d'un contrat <i>forward</i> par le principe d'absence d'opportunité d'arbitrage (taux <i>forward</i> en bleu) . . . . .	31

2.5	Calibrage de la courbe des taux sans risque publiée par l'EIOPA le 31 mai 2023 par le modèle de Hull-White à un facteur . . . . .	35
2.6	Évolution du CAC40 de 2009 à 2023 . . . . .	38
2.7	Scénarios de l'indice action en univers « monde réel » . . . . .	39
2.8	Test de martingalité pour la modélisation des actions . . . . .	40
2.9	Évolution de l'IPL de 2009 à 2023 . . . . .	41
2.10	Scénarios de l'indice immobilier en univers « monde réel » . . . . .	42
2.11	Test de martingalité pour la modélisation de l'immobilier . . . . .	43
2.12	Évolution des taux d'intérêt à court terme de 2009 à 2023 . . . . .	44
2.13	Diagramme Quantile-Quantile de chacun des trois aléas . . . . .	47
2.14	Bilan du fonds Euro-croissance dans l'outil de gestion actif-passif . . . . .	49
2.15	Schéma des interactions entre la PTD et la PCDD . . . . .	53
2.16	Taux de rachats structurels en fonction du temps écoulé sur le contrat et du taux servi . . . . .	59
2.17	Taux de rachats structurels en fonction du temps écoulé sur le contrat et du taux servi moyen (pour une maturité du contrat inférieure à huit ans) . . . . .	60
2.18	Taux de rachats conjoncturels pour chaque <i>Model Point</i> en fonction de l'écart entre le taux servi et le taux attendu pour une garantie à l'échéance de 100 % . . . . .	62
2.19	Table de mortalité générationnelle TGF05 . . . . .	63
2.20	Allocation initiale de l'actif du fonds Euro-croissance dans le modèle ALM . . . . .	65
2.21	Composition moyenne des fonds Euro-croissance à fin 2021 et à fin 2022, source : [Good Value For Money, 2023] . . . . .	65
2.22	Évolution de la moyenne cumulée de la PTD en fonction du nombre de scénarios . . . . .	66
2.23	Évolution de la moyenne cumulée du <i>Best Estimate</i> en fonction du nombre de scénarios . . . . .	67
3.1	Provisions techniques du fonds Euro-croissance dans le scénario central considéré dix ans après le lancement du produit pour les deux pourcentages de garantie proposés . . . . .	78
3.2	Distribution de la plus ou moins-value des assurés à l'échéance par taux de garantie avec les trois quartiles tracés en pointillés . . . . .	82
3.3	Valeur d'une part de la PTD pour les deux taux de garantie sur dix ans . . . . .	83
3.4	Distributions du résultat technique actualisé pour les deux taux de garantie proposés . . . . .	85
3.5	Résultat technique actualisé en fonction de la provision pour garantie à terme . . . . .	86
3.6	Bilans économiques pour les deux taux de garantie proposés (80 % à gauche et 100 % à droite) . . . . .	88
3.7	SCR Marché pour les deux taux de garantie proposés . . . . .	90
3.8	SCR Souscription Vie pour les deux taux de garantie proposés . . . . .	94
3.9	SCR pour les deux taux de garantie proposés . . . . .	95

---

3.10 Ratios de couverture du SCR pour les deux taux de garantie proposés . . .	95
3.11 Courbe des taux sans risque EIOPA au 31 mai 2023 et courbe d'un scénario de taux plus bas . . . . .	97
3.12 Valeur d'une part de la PTD pour les deux taux de garantie sur dix ans pour les deux taux de garantie proposés selon le contexte économique . . .	99
3.13 Passage d'une gestion de l'actif prudente à une plus risquée . . . . .	102
3.14 Valeur d'une part de la PTD pour les deux taux de garantie sur dix ans pour les deux taux de garantie proposés selon la gestion de l'actif . . . . .	103
3.15 Fréquence de transfert des fonds propres vers la PGT . . . . .	104
3.16 SCR pour les deux taux de garantie proposés avec une gestion offensive de l'actif . . . . .	106
3.17 Ratios de couverture du SCR pour les deux taux de garantie proposés selon la gestion de l'actif . . . . .	107



# Liste des tableaux

1	Taux de rendement moyen net de frais pour les deux taux de garanti sur 10 ans . . . . .	viii
2	Taux de rendement moyen net de frais pour les deux taux de garanti sur 10 ans entre les deux contextes économiques considérés . . . . .	ix
3	Taux de rendement moyen net de frais pour les deux taux de garanti sur 10 ans entre la méthode de gestion de l'actif prudente et celle offensive . . . . .	x
4	Average rate of return net of fees for both 10-year guaranteed rates . . . . .	xvi
5	Average rate of return net of fees for the two guaranteed rates over 10 years between the two economic contexts considered . . . . .	xvii
6	Average rate of return net of fees for the two guaranteed rates over 10 years between the cautious asset management method and the offensive asset management method . . . . .	xvii
2.1	Paramètres du modèle de Hull-White à un facteur sur la courbe des taux sans risque publiée par l'EIOPA le 31 mai 2023 . . . . .	35
2.2	Portefeuille obligataire au 31 mai 2023 . . . . .	37
2.3	Paramètres du modèle de Black & Scholes pour l'indice action en univers « monde réel » . . . . .	39
2.4	Vérification des paramètres de la modélisation de l'indice action en univers « monde réel » . . . . .	40
2.5	Paramètre du modèle de Black & Scholes pour l'indice action en univers « risque neutre » . . . . .	40
2.6	Paramètres du modèle de Black & Scholes pour l'indice immobilier en univers « monde réel » . . . . .	42
2.7	Vérification des paramètres de la modélisation de l'indice immobilier en univers « monde réel » . . . . .	42
2.8	Paramètre du modèle de Black & Scholes pour l'indice immobilier en univers « risque neutre » . . . . .	43
2.9	<i>p-values</i> du test d'adéquation de Kolmogorov pour chacun des trois aléas . . . . .	46
2.10	Impact des différents paramètres sur les taux de rachats structurels . . . . .	58
3.1	<i>Model Points</i> issus de la base de donnée . . . . .	70
3.2	Taux de frais réels de l'assureur dans l'outil de gestion actif-passif . . . . .	71
3.3	Taux de frais prélevés sur les contrats . . . . .	72

3.4	Taux de rendement moyen net de frais pour les deux taux de garantie sur 10 ans . . . . .	79
3.5	Indicateurs des rendements des assurés à l'échéance par rapport au montant versé pour des taux de garantie de 80 % et de 100 % . . . . .	80
3.6	Statistiques des plus-values des assurés à l'échéance par rapport au montant versé pour des taux de garantie de 80 % et de 100 % . . . . .	80
3.7	Fréquence d'obtention pour les assurés d'une plus-value à l'échéance pour des taux de garantie de 80 % et de 100 % . . . . .	81
3.8	Indicateurs de rentabilité du fonds Euro-croissance pour l'assureur . . . . .	84
3.9	Fréquence d'obtention d'un résultat technique actualisé positif et de déclenchement de la PGT à l'échéance . . . . .	85
3.10	<i>Best Estimate</i> pour les deux taux de garantie proposés . . . . .	87
3.11	Comparaison des indicateurs de rentabilité pour les assurés entre deux conjonctures économiques . . . . .	98
3.12	Comparaison des indicateurs de rentabilité pour les assurés entre deux conjonctures économiques . . . . .	99
3.13	Comparaison des indicateurs de rentabilité pour les assurés entre la méthode de gestion de l'actif prudente et celle offensive . . . . .	102
3.14	Comparaison des indicateurs de rentabilité pour l'assureur entre la méthode de gestion de l'actif prudente et celle offensive . . . . .	104
3.15	<i>Best Estimate</i> selon le mode de gestion de l'actif considéré . . . . .	105
A.1	Volatilités log-normales des <i>swaptions</i> (expiration en abscisse et ténor en ordonnée) au 31 mai 2023 . . . . .	119
B.1	Coefficients de corrélation du SCR . . . . .	123
B.2	Coefficients de corrélation relatifs au risque de souscription en vie . . . . .	124
B.3	Coefficients de corrélation relatifs au risque de marché . . . . .	125

# Bibliographie

- [ACPR, 2013] ACPR (2013). *Orientations Nationales Complémentaires aux Spécifications Techniques pour l'exercice 2013 de préparation à Solvabilité II*.
- [ACPR, 2019] ACPR (2019). *Solvabilité II*.
- [ACPR, 2020] ACPR (2020). *Générateurs de scénarios économiques : points d'attention et bonnes pratiques*.
- [ACPR, 2023] ACPR (2023). *Le marché de l'assurance-vie en 2022*.
- [Banque de France, 2023] BANQUE DE FRANCE (2023). *Les indices obligataires*.
- [Berger et Lefebvre, 2013] BERGER, K. et LEFEBVRE, D. (2013). *Dynamiser l'épargne financière pour financer l'investissement et la compétitivité*. Rapport au premier ministre.
- [Bossut, 2019] BOSSUT, S. (2019). *Eurocroissance : Construction d'un mécanisme de bonification équitable*. Mémoire d'actuariat.
- [Briand, 2019] BRIAND, C. (2019). *Fonds euro-croissance : perspectives offertes par la Loi PACTE au marché de l'assurance-épargne*. Mémoire d'actuariat.
- [Code des Assurances, 2020a] CODE DES ASSURANCES (2020a). *Article R134-2*.
- [Code des Assurances, 2020b] CODE DES ASSURANCES (2020b). *Article A134-1*.
- [Dalongeville, 2014] DALONGEVILLE, M. (2014). *Étude de l'Eurocroissance, nouveau fonds eurodiversifiés*. Mémoire d'actuariat.
- [EIOPA, 2023] EIOPA (2023). *Courbe des taux sans risque*.
- [Eurostat, 2023] EUROSTAT (2023). *Indice de prix des logements*.
- [France assureurs, 2023] FRANCE ASSUREURS (2023). *Communiqué de presse*.
- [Good Value For Money, 2023] GOOD VALUE FOR MONEY (2023). *Composition financière des fonds en Euro*.
- [Insee, 2022a] INSEE (2022a). *Taux d'inflation*.
- [Insee, 2022b] INSEE (2022b). *La composition du patrimoine des ménages évolue peu à la suite de la crise sanitaire*.
- [Joly, 2021] JOLY, A. (2021). *Taux bas, remontée des taux : quel avenir pour les fonds euros ?* Mémoire d'actuariat.
- [Journal officiel de l'Union Européenne, 2014] JOURNAL OFFICIEL DE L'UNION EUROPÉENNE (2014). *Règlement délégué (UE)*.

- [Laurent, 2022] LAURENT, E. (2022). *Solvabilité d'un organisme vie et optimisation dans un contexte de taux négatifs*. Mémoire d'actuariat.
- [OCDE, 2023] OCDE (2023). *Taux d'intérêt à court terme*.
- [Payen, 2016] PAYEN, A. (2016). *Générateur de scénarios économiques risque réel dans le cadre d'une problématique Eurocroissance*. Mémoire d'actuariat.
- [Peltier et Odier, 2021] PELTIER, M. et ODIER, C. (2021). *Eurocroissance : quels sont les impacts attendus de la loi PACTE ?* Mémoire d'actuariat.
- [Planchet et Kamega, 2012] PLANCHET, F. et KAMEGA, A. (2012). *Générateurs de scénarios économiques (GSE) en assurance*. Cours Master 2 EURIA.
- [Servant, 2016] SERVANT, A. (2016). *L'Eurocroissance peut-il être un relais crédible de l'euro dans un contexte de taux bas ?* Mémoire d'actuariat.
- [WikiStat, 2023] WIKI STAT (2023). *Tests non paramétriques*.