

**Mémoire présenté devant l'ENSAE ParisTech  
pour l'obtention du diplôme de la filière Actuariat  
et l'admission à l'Institut des Actuaires  
le 19/02/2019**

Par : **Audrey ADJE**

Titre: **Rentabilité sous Solvabilité II d'une garantie de capital en cas  
de vie sur un produit épargne multisupports**

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

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

*Membres présents du jury de la filière*

*Entreprise : PREDICA*

*Nom :*

*Signature :*

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

*Directeur de mémoire en entreprise :*

*Nom : M. RICHARD Jean-Philippe*

*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*

*Secrétariat :*

*Signature du candidat*

*Bibliothèque :*



# Remerciements

*En premier lieu, je tiens à remercier M. Yann RENAUT, le directeur du département Actuariat ainsi que M David Paris, manager de l'équipe Produit Epargne Retraite de la direction actuarielle de PREDICA pour m'avoir accueillie en tant que stagiaire en deuxième année puis, alternante au sein de la direction actuarielle.*

*Je tiens également à exprimer ma reconnaissance à mon tuteur M. Jean-Philippe RICHARD pour ses conseils avisés ainsi que pour m'avoir encadrée et guidée tout au long de mon alternance. J'adresse également toute ma gratitude à l'ensemble de l'équipe de l'unité Produit Epargne Retraite ainsi que l'ensemble des collaborateurs de la Direction Actuariat pour l'accompagnement et le soutien durant cette période d'alternance .*

*Enfin, j'adresse mes remerciements à l'ensemble de l'équipe pédagogique de l'ENSAE pour l'encadrement durant ces trois années de cursus d'ingénieur.*

## *Résumé*

L'épargne orientée vers le fonds Euro constitue le support privilégié des assurés en France, car il bénéficie d'une garantie de capital à tout moment, contrairement à l'UC qui présente un risque suivant l'évolution des cours des sous-jacents. Cependant depuis quelques années, les activités des assureurs sur le marché de l'Assurance-Vie sont impactées par la baisse continue des taux sur le marché et, ceux-ci assistent à la baisse progressive de leurs rendements des actifs. Les principales conséquences s'observent au niveau de la baisse des marges financières accentuée par une augmentation de leurs exigences en capital.

Predica (filiale vie du groupe Crédit Agricole Assurances), à l'instar des autres compagnies d'assurances a mis en place plusieurs mécanismes d'anticipations et de gestion de son activité en vue d'adapter son activité dans ce contexte de taux bas en augmentant la collecte en UC. C'est ainsi que dans le cadre de ses travaux de veille concurrentielle, le département Marketing a initié au sein de Predica, une étude portant sur la mise en place d'une garantie de capital investi à la fois sur l'Euro et l'UC à une échéance de 8 ans en cas de vie de l'assuré.

Cette étude a mobilisé plusieurs lignes de métier et l'équipe Produit Epargne s'est vue confier la tâche de l'analyse de la rentabilité dans l'environnement Solvabilité 2. Cette garantie n'étant pas implémentée dans les modèles existants de Predica, des limites opérationnelles se sont donc posées. Ce mémoire a pour vocation d'illustrer les différentes missions effectuées : notamment, la construction d'un outil simplifié à l'échelle d'une équipe Produit, afin d'analyser le coût Solvabilité 2 inhérent à l'introduction de cette garantie via une étude de rentabilité. Dans un premier temps, après avoir introduit le contexte de l'étude et la présentation de la garantie, la méthodologie de construction de l'outil simplifié est présentée. Ensuite, une analyse comparative est réalisée entre un modèle qui ne comporte pas de garantie et un deuxième qui offre cette garantie, avec comme flux supplémentaires, des chargements au titre de cette garantie et une prestation à maturité. L'écart entre les deux modèles est apprécié via les indicateurs de VIF et de SCR.

Mots clés : Assurance -Vie, Actuariat Produit, contrats multisupports, rentabilité, Solvabilité 2, garantie de capital, ALM, SCR, VIF.

## *Abstract*

Savings oriented towards the Euro fund is the preferred medium for policyholders in France because it benefits from a capital guarantee at any time, unlike the Unit Linked, which presents a risk according to the price evolution of the underlyings. However, in recent years, insurers' activities in the life insurance market have been impacted by the continual decline in market rates and these are witnessing a gradual decline in their asset returns. The main consequences are observed in terms of the decline in financial margins accentuated by an increase in their capital requirements.

Predica (life subsidiary of the Crédit Agricole Assurances group), like other insurance companies, has set up several mechanisms for anticipating and managing its business in order to adapt its activity in this context of low interest rates by increasing the Unit Linked collection. Thus, as part of its competitive intelligence work, the Marketing Department initiated a study within Predica on setting up a capital guarantee invested on both the Euro and the Unit Linked at a maturity of 8 years in the life of the insured.

This study mobilized several lines of business and the Product Savings team was given the task of analyzing profitability in the Solvency 2 environment. This guarantee is not implemented in the existing models of Predica, operational limits were therefore posed. This dissertation aims to illustrate the different missions carried out : in particular the construction of a simplified tool at the scale of a product team in order to analyze the Solvency 2 cost inherent to the introduction of this guarantee through a profitability study. First, after introducing the context of the study and the presentation of the guarantee, the construction methodology of the simplified tool is presented. Then a comparative analysis is carried out between a model that does not include a guarantee and a second one that offers this guarantee with as additional management cost under this guarantee and a service at maturity. The difference between the two models is appreciated through the VIF and SCR indicators.

Key words : Life Insurance, Product Actuarial, Multi-fund life insurance policies, Profitability, Solvency 2, Capital Guarantee, ALM, SCR, VIF.

# Note de Synthèse

## I - Contexte et objectif

L'environnement économique de plus en plus difficile et incertain, avec un environnement de taux durablement bas, soulève de nombreuses problématiques tant pour l'assureur que pour le client. Notamment, la rentabilité du fonds euro de l'assureur est fragilisée, du fait de la dilution du rendement du portefeuille obligataire; alors qu'au contraire l'exigence réglementaire en capital économique sous Solvabilité 2 est accrue.

Face à ces enjeux, les assureurs se doivent de développer une vision prospective et d'anticiper une baisse progressive du rendement des actifs dans les années à venir. La majorité des assureurs ont ainsi commencé à prendre ou à envisager diverses mesures, tant au niveau de l'actif que du passif :

- optimisation de l'actif en recherchant les meilleurs choix des placements et les stratégies de gestion optimales du point de vue de la solvabilité et de la richesse;
- adaptation des caractéristiques du passif (passage de clause de participation aux bénéficiaires nette à une clause de participations aux bénéficiaires brute, baisse des taux garantis) et notamment, la souscription d'unités de compte (UC) est privilégiée par rapport à des versements sur des supports en Euro.

Le groupe Crédit Agricoles Assurances a de ce fait dans son plan d'objectifs à moyen-terme, un objectif de diversification de la collecte à travers l'augmentation de la part en UC.

Les UC ont l'avantage pour le client de présenter un rendement espéré supérieur au support en Euro, mais comportent en contrepartie un risque plus important pour l'assuré. En effet, sur les UC, la garantie ne porte que sur le nombre de supports acquis et non sur leur valeur. Sur ces supports, ce sont donc les assurés qui supportent le risque de perte de capital. Ce risque de perte de capital peut constituer pour l'assuré un frein important à la souscription d'UC.

Plusieurs solutions tendant à limiter le risque pour l'assuré, ont déjà été commercialisées par le Groupe (Euro-croissance, fonds à formule...). Le Groupe réfléchit néanmoins au développement d'une nouvelle garantie permettant au client d'investir son épargne sur des contrats en UC, tout en offrant des garanties sur le capital (Euro et UC) investi par le client, et s'appliquant dans les cas de survie de l'assuré.

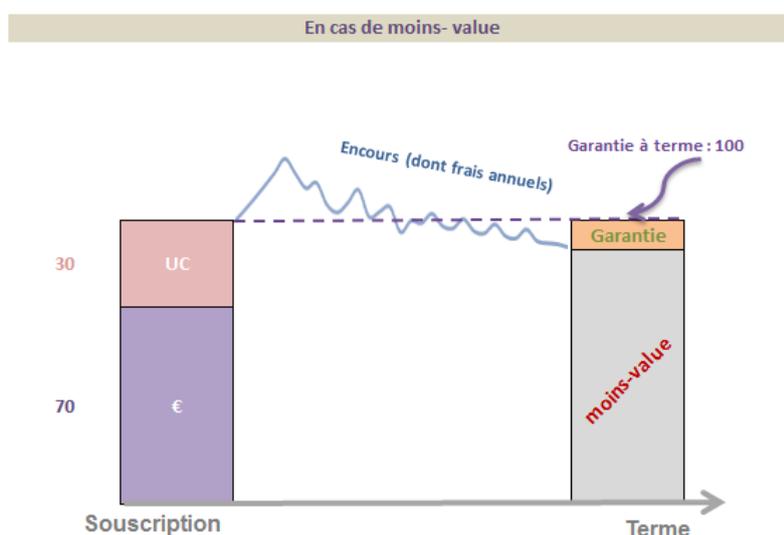
Pour l'assureur, le développement d'une telle garantie soulève de nombreuses questions, notamment au niveau de la rentabilité tant en termes de richesse que de solvabilité. **L'objectif de ce mémoire est l'étude assurantielle de cette garantie.**

## II - Présentation de la garantie

L'assuré pourra diversifier son placement en investissant à la fois sur l'Euro et l'UC, tout en sécurisant le capital investi (Euro + UC) au terme des **8 ans**.

De manière plus concrète, si l'assuré dispose de 100 euros à la souscription, il doit investir :

- 70 sur le support Euro;
- 30 en UC.



Au terme, quelque soit la situation de son épargne ( en plus ou moins value), il est sûr de récupérer au moins sa prime initiale.

Après l'analyse des différents périmètres et contraintes réglementaires affectant le mécanisme de la garantie, les hypothèses retenues pour l'étude de la rentabilité sont :

- la suppression de la garantie plancher décès;
- une garantie à terme sur 8 ans sur capital Euro + UC;
- une part Euro = 70% et une part UC = 30%;
- aucun rachat partiel, ni d'arbitrage avant le terme.

### III - Méthodologie

#### **1 - Limites opérationnelles**

Une fois le cadre de l'étude dressé, il s'est posé une contrainte opérationnelle par rapport à l'outil de projection actuelle chez Predica qui est *Prophet*. En effet, les limites actuelles de l'outil Prophet proviennent du fait que les projections des supports Euro et UC se font de manière séparées : ce qui est contraignant car la garantie au terme exige une modélisation qui prend en compte la liaison entre les flux des deux supports au terme . De plus, des éventuelles adaptations dans l'outil Prophet par les équipes modèles représenterait d'important temps en développement.

Le choix a donc été orienté sur l'analyse de la rentabilité via un outil simplifié ( sur Excel VBA). L'équipe Produit possédait déjà un outil existant mais celui-ci n'a jamais été utilisé car il est peu fiable et non complet pour une étude de rentabilité sous S2 ( incohérence dans la modélisation des actifs et de la dotation des provisions, absence de modélisation stochastique, etc..)

Il nous a donc fallu construire un outil simplifié mais cohérent du point de vue de l'étude.

#### **2 - Construction de l'outil simplifié**

Les données et hypothèses de travail sont les suivantes :

- \* Les données d'actifs se composent d'une allocation obligations/actions de 80%/20% avec uniquement des obligations à taux fixes d'Etat et corporate ;
- \* La table de Générateur de Scénarios économiques calibrée au 31/12/2016 ;
- \* Les hypothèses de collecte utilisées concernent celles d'un prototype de contrat épargne multisupports de type Haut de Gamme.

#### Modélisation des flux de l'actif et du passif

La modélisation des flux de passifs et d'actifs a été obtenue via le processus ALM qui réalise :

- la projection des flux du passif (rachats, décès, commissions,etc..) à la fois sur l'Euro et l'UC ;
- le vieillissement de l'actif ainsi que la stratégie de ré-allocation financière ;
- les interactions actif/passif : rachats dynamiques, détermination des provisions (PRE, PPE) et réserves de capitalisation (RC) ;
- la génération des outputs de l'étude de rentabilité tels que le BEL et la VIF.

La courbe de taux utilisée pour l'actualisation des cash-flows futurs dans le calcul du Best Estimate Liabilities est la courbe des taux donnée par l'EIOPA (CEIOPS) au 31/12/2016.

### 3 - Méthodologie adoptée pour l'étude de rentabilité

L'étude de la rentabilité a été effectuée en approche stand-alone sur un scénario déterministe puis sur 1000 simulations (approche stochastique) suivant deux modèles :

- Un modèle 1 désigné *modèle sans garantie*, qui représente le modèle ALM sur un produit d'épargne multisupports classique avec une répartition 70% et 30% entre l'Euro et l'UC ;
- Un modèle 2 désigné *modèle avec la garantie*, qui reprend le modèle 1 avec en plus **l'introduction d'un chargement au titre de la garantie et d'une prestation à maturité.**

La prestation à maturité est définie par le maximum entre 0 et la différence entre la garantie et l'épargne de l'assuré au terme. Soit :

$$Prestation_{maturité} = \text{Max}(Prime - Epargne_T; 0)$$

Quant au chargement au titre de la garantie, celui-ci a été, dans un premier temps, déterminé via une étude de tarification en univers risque neutre et implémenté en tant que paramètre dans le modèle ALM. De manière détaillée, la tarification ainsi que le coût de la garantie ont été déterminés via une approche Monte Carlo sur 2000 simulations en supposant une diffusion de l'unité de compte (de type action) par le modèle de Black-Sholes.

Les indicateurs sous solvabilité retenus pour l'étude de rentabilité sont :

- la VIF (Value In Force) : qui représente une mesure de la richesse générée dans le futur à partir des contrats en cours au sein du portefeuille et revenant à l'assureur ;
- le SCR (Solvency Requirement Capital) qui représente le minimum de Fonds Propres dont doit disposer la compagnie d'assurance pour s'assurer avec une probabilité de 99.5% de ne pas être en faillite dans un horizon d'un an. Il a été calculé selon la formule standard.

L'écart en termes de rentabilité et de capital a été analysé à travers le  $\Delta VIF$  et le  $\Delta SCR$  entre les deux modèles.

## IV - Résultats

La première approche consistant à déterminer le coefficient de chargement annuel au titre de la garantie par une étude de tarification a conduit à une valeur de 1%.

L'analyse de l'étude de rentabilité entre les deux modèles a permis de révéler que toute chose égale par ailleurs, le contrat proposant la garantie au terme génère une VIF correspondant au double du modèle sans garantie et une baisse de l'exigence de capital d'environ 10%. Le ratio  $\frac{VIF}{SCR}$  est donc passé de 9% à 20,7% : ce qui traduit le fait que pour un montant immobilisé inférieur, la rentabilité s'améliore suite à l'introduction de la garantie. Le coefficient de chargement ainsi proposé arrive à couvrir la prestation à maturité moyenne qui est de 126 millions d'euros, soit 6% de la provision mathématique initiale.

La réduction du SCR est principalement due à la baisse du SCR de taux (hausse de taux) du passage d'un contrat sans garantie à un contrat avec garantie au terme. En effet, le choc de la hausse de taux entraîne une diminution des engagements de l'assureur (à travers le BEL) et de la valeur du marché. Le passage du modèle sans garantie au modèle avec garantie entraîne également une baisse du BEL. Étant donné que le montant de la valeur de marché après le choc est la même dans les deux modèles, la baisse du BEL par le choc de hausse se trouve donc accentuée par la baisse des BEL due à la garantie. Le  $\Delta SCR$  qui est donc fonction de la différence de variation des BEL entre les deux modèles devient négatif.

Ces principaux résultats ont permis de mettre en évidence le fait que le SCR lié à l'offre de garantie au terme est très sensible au risque de taux. De ce fait, des scénarios défavorables pourraient entraîner une augmentation de l'exigence en capital qu'il faudra alors prendre en compte dans la proposition du tarif.

Le comportement de l'assuré est aussi impacté dans le sens que les rachats totaux diminuent suite à l'introduction de la garantie. De plus, on observe une augmentation du SCR de rachat dominé par une augmentation des rachats à la baisse et qui traduit également le comportement des assurés à attendre jusqu'au terme avant d'effectuer des rachats.

Les indicateurs de rentabilité et de solvabilité sont également sensibles au coefficient de chargement au titre de la garantie qui a été inséré en input du modèle. Ainsi, si l'on considère un chargement annuel de 30% (chargement proposé selon un montage avec un Asset Manager qui assure la couverture de la partie risquée), on obtient une réduction de la VIF et une augmentation du SCR par rapport au modèle sans garantie. Predica devra alors servir un taux de PAB annuel d'environ 1.83% pour pouvoir satisfaire ses engagements au terme compte tenu de la valeur plancher proposé par l'Asset manager. Vu le contexte actuel de taux bas, il est difficile de pouvoir satisfaire cette condition.

En réalisant une tarification post-étude de rentabilité, le chargement minimum à appliquer dans le modèle avec garantie, pour obtenir le ratio  $\frac{VIF}{SCR}$  du modèle sans garantie est de 0.69%.

Par ailleurs, le coefficient de chargement annuel à appliquer au modèle avec garantie afin d'annuler la valeur de portefeuille nette du coût du capital est d'environ 1.20%. Il a été déterminé par une méthode analogue à la VPNCC (Valeur du portefeuille nette du coût du capital) qui permet d'imputer le coût du capital à la tarification.

## V- Conclusion et axes d'amélioration

L'étude de la rentabilité effectuée dans ce mémoire a permis dans un premier temps de doter l'équipe Produit d'un outil simplifié fiable et cohérent aux études actuelles sous Solvabilité 2.

L'analyse de la rentabilité intrinsèque liée à l'introduction de la garantie au terme a permis de mettre en exergue plusieurs points qui seront utiles pour la suite du projet. Ce sont notamment les sensibilités de la VIF et de SCR au chargement au titre de la garantie qui lui-même est fonction des rendements sur le marché.

La mise en place de la garantie au terme doit permettre de concilier les attentes :

- ✓ de l'assuré : un rendement attractif et un degré de sécurisation acceptable ;
- ✓ de l'assureur : une rentabilité optimale au regard du besoin de fonds propres.

Une rationalisation de la garantie en vue de la convergence des attentes entre assureurs et assurés s'impose.

Les paramètres à la main de l'assureur sont la clause de PB, les frais prélevés mais également son allocation d'actifs. Dans la perspective d'atteindre son objectif de diversification de la collecte en unités de compte avec un seuil de rentabilité/risque optimal, il lui faudra mettre en place des stratégies :

- de couverture financière pour se prémunir des éventuelles pertes en capital ;
- de tarification qui doivent prendre en compte la vision sur le terrain et donc commerciale afin d'inciter l'assuré sur ce support d'investissement.

# Executive summary

## I - Context and objective

The difficult and uncertain economic environment, with a persistently low interest rate environment, raises many issues for both the insurer and the customer. In particular, the profitability of the insurer's euro fund is weakened by the dilution of the yield on the bond portfolio; whereas, on the contrary, the regulatory requirement for economic capital under Solvency II is increased.

Faced with these challenges, insurers must develop a forward-looking vision and anticipate a gradual decline in asset returns in the coming years. The majority of insurers have started to consider various measures, both in terms of assets and liabilities :

- asset optimization by seeking the best investment choices and optimal management strategies from the point of view of solvency ;
- adaptation of the characteristics of the liabilities (change from a net profit-sharing clause to a gross profit-sharing clause, reduction of guaranteed rates) and in particular, the subscription of Units-Linked (UL) is preferred over payments on supports in Euro.

As a result, Crédit Agricoles Assurances Group's objective for the medium-term objectives is to diversify the collection of the Unitd-Linked's share.

The units linked have the advantage for the client of presenting a higher expected return than the support in Euros, but in return they carry a higher risk for the insured. Indeed, on the units-linked, the guarantee relates only to the number of acquired media and not on their value. On these supports, it is therefore the policyholders who bear the risk of loss of capital. This risk of loss of capital may constitute for the insured a significant obstacle to unit-linked's subscription.

Several solutions tending to limit the risk for the insured, have already been marketed by the Group (Euro-growth, formula funds ...). The Group is nevertheless considering the development of a new guarantee allowing the customer to invest his savings on UC contracts, while offering guarantees on the capital (Euro and UL) invested by the customer, and applying in cases survival of the insured.

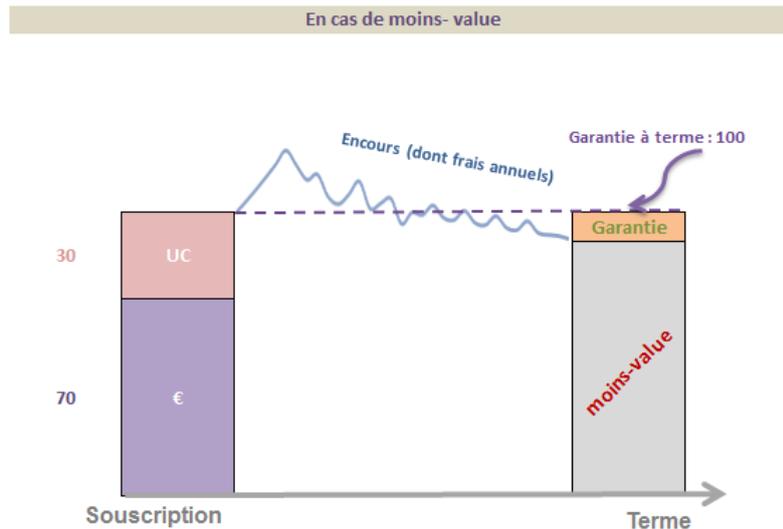
For the insurer, the development of such a guarantee raises many questions, particularly in terms of profitability both in terms of profitability and solvency. **The purpose of this thesis is the insurance study of this guarantee.**

## II - Presentation of the guarantee

The insured can diversify its investment by investing both on the Euro and the UL, while securing the invested capital (Euro + UL) at the end on the maturity : **8 years**.

More concretely, if the insured has 100 euros in the subscription, he must invest :

- 70 on the Euro fund ;
- 30 on the UL.



At the maturity, whatever the situation of his savings (gain or loss), he is sure to recover at least his initial premium.

After analyzing the various perimeters and regulatory constraints affecting the guarantee mechanism, the assumptions used for the profitability study are :

- the removal of the death benefit guarantee ;
- an 8-year term guarantee on Euro + UL capital ;
- Euro fund share = 70% and a UC share = 30% ;
- no partial lapse or arbitration before the maturity.

## III - Methodology

### 1 - Operational limits

Once the framework of the study was drawn up, it posed an operational constraint compared to the current projection tool at Predica which is *Prophet*. Indeed, the current limitations of the Prophet tool come from the fact that the projections of the Euro and UL supports

are done in a separate way : this is binding because the guarantee at the end requires a modeling that takes into account the connection between the flows of two supports at the end. Moreover, any adaptations in the Prophet tool by the model teams would represent important time in development.

The choice was therefore focused on the analysis of profitability through a simplified tool (Excel VBA). The Product team already had an existing tool but it was never used because it is unreliable and not complete for a profitability study under S2 (inconsistency in assets modeling and provisioning, lack of modeling stochastic, etc.)

We therefore had to build a simplified but coherent tool from the point of view of the study.

## **2 - Construction of the simplified tool**

The data and working hypotheses are :

- \* The asset data consists of a bond allocation of (80% / 20%) with only government and corporate fixed rate bonds ;
- \* The Economic Scenario Generator table calibrated at 12/31/2016 ;
- \* The collection hypotheses used are those of a prototype of a high-end multi-asset savings plan.

### Modeling of asset and liability cash flows

The modeling of the flows of liabilities and assets has been obtained via the ALM process which realizes :

- the projection of the flows of liabilities (lapses, deaths, commissions, etc.) on both the Euro and the UL ;
- the evolution of the asset as well as the financial re-allocation strategy ;
- asset / liability interactions :dynamic lapses, determination of the provisions (PRE, PPE) and reserves (RC) ;
- the generation of profitability study outputs such as BEL and VIF.

The interest rate curve used to discount future cash flows in the Best Estimate Liabilities calculation is the yield curve given by EIOPA (CEIOPS) on 12/31/2016.

## **3 -Methodology adopted for the profitability study**

The study of the profitability was carried out in stand-alone approach on a deterministic scenario then on 1000 simulations (stochastic approach) according to two models :

- One designated model 1 or *without guarantee model* which represents the ALM model on a classic multi-asset savings product with a 70% and 30% distribution between the Euro and UL;
- The second model named *model with the guarantee*) which takes over the model 1 with additionally **the introduction of a supplementary management cost for the guarantee and a maturity benefit**

The benefit at maturity is defined by the maximum between 0 and the difference between the guarantee and the maturity savings of the insured :

$$Benefit_{maturity} = \text{Max}(\text{Premium} - \text{Savings}_T; 0)$$

Concerning the loading under the guarantee, it was initially determined through a neutral risk pricing study and implemented as a parameter in the ALM model. In a detailed manner, the pricing as well as the cost of the guarantee were determined via a Monte Carlo approach on 2000 simulations by supposing a diffusion of the unit of account action by the Black-Sholes model.

The indicators under solvency retained for the profitability study are :

- the VIF (Value In Force) : which represents a measure of wealth generated in the future from current contracts within the portfolio and goes to the insurer ;
- le SCR ( Solvency Requirement Capital) which represents the minimum amount of equity the insurance company must have to insure with a probability of 99.5% not to be bankrupt within one year. It was calculated according to the standard formula.

The difference in terms of profitability and capital has been analyzed through the  $\Delta VIF$  and the  $\Delta SCR$  between the two models.

## IV - Results

The first approach of determining the annual load factor of the guarantee by a pricing study led to an estimation of 1%.

The analysis of the profitability analysis between the two models revealed that all things being equal, the contract offering the guarantee at the maturity generates a the VIF corresponding to twice of the without guarantee model VIF and a decrease of the capital requirement of a 10%. The  $\frac{VIF}{SCR}$  ratio has thus fallen from 9 % to 20.7 % : which reflects the fact that for a lower capital requirement, the profitability improves following the introduction of guarantee. The load factor thus proposed is able to cover the average maturity benefit of 126 million euros, ie 6% of the initial mathematical provision.

The reduction in the SCR is mainly due to the fall in the rate SCR (rate increase) from the transition from an unsecured contract to a guaranteed term contract. Indeed, the shock of the rate increase leads to a reduction in the insurer's liabilities (through the BEL) and the market value. The transition from the "without guarantee model" to the " model with guarantee" also leads to a decline in BEL. Given that the amount of the market value after the shock is the same in both models, the decline in the BEL by the upside shock is therefore accentuated by the decline in the BELs due to the guarantee and the  $\Delta SCR$ . which is therefore a function of the difference between the BELs with and without collateral becomes negative.

These main results made it possible to highlight the fact that the SCR linked to the guarantee offer at the end is very sensitive to interest rate risk. As a result, adverse scenarios could result in an increase in the capital requirement that will need to be considered in the rate proposal.

The behavior of the insured is also impacted in the sense that total redemptions decrease following the introduction of the guarantee. In addition, there is an increase in the lapse SCR dominated by an increase in lapses-down and also reflects the behavior of policyholders to wait until the end before making redemptions.

The profitability and solvency indicators are also sensitive to the load factor of the guarantee which has been inserted as input to the model. So if we consider an annual load of 30% (pricing according to an arrangement with an Asset Manager which ensures the coverage of the risky part), we get a reduction of the VIF and an increase of the SCR compared to the model without the guarantee. Predica will then have to pay an annual profit sharing rate of around 1.83% in order to meet its commitments at the end given the strike proposed by the asset manager. Given the current low interest rate environment, it is difficult to meet this condition.

By performing a post-study profitability pricing, then the minimum load applied in the guaranteed model to obtain the  $\frac{VIF}{SCR}$  ratio of the " without guarantee model" is 0.69 %.

In addition, the annual load factor to be applied to the model with guarantee in order to cancel the Net Asset Value of the Cost of Capital is approximately 1.20%. It was determined by a method analogous to the portfolio value net of cost of capital that allows the cost of capital to be charged to the rate.

## **V- Conclusion and points for improvement**

The study of the profitability carried out in this thesis allowed the product team to own a simplified tool reliable and coherent with the current studies under Solvency 2.

The analysis of the intrinsic profitability linked to the introduction of the guarantee at the end made it possible to highlight several points which will be useful for the continuation

of the project. These include the sensitivities of VIF and SCR to the load under warranty which itself is a function of market returns.

The implementation of the guarantee at the end must allow to reconcile both the insured and the Insurance compagny expectations :

- ✓ for the insered : an attractive return and an acceptable degree of security of his investments ;
- ✓ for the Insurance compagny : optimal profitability with regard to the need for the requirement capital.

A rationalization of the guarantee in view of the convergence of expectations between insurers and the insurance compagny is necessary.

The parameters at the insurer's hand are the profit sharaing rate strategy , the charged fee but also its asset allocation. In order to achieve its objective of diversifying the unit-linked collection with an optimal profitability /risk threshold, it will have to put in place strategies such as :

- financial hedging to protect against potential capital losses ;
- pricing that must take into account the vision on the ground and therefore commercial in order to encourage the insured on this investment support.

# Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>i</b>
<b>1 Contexte des taux bas : une volonté d’orienter l’épargne des assurés vers les unités de compte.</b>	<b>1</b>
1.1 L’épargne en Assurance-Vie . . . . .	1
1.2 Le contexte des taux bas et les impacts sur l’activité d’épargne de Predica .	2
1.3 Les différentes politiques adoptées pour favoriser la collecte en unités de comptes . . . . .	4
<b>2 Présentation de la garantie en cas de vie.</b>	<b>7</b>
2.1 Mécanisme de la garantie . . . . .	9
2.2 Problématiques liées à la mise en place de la garantie . . . . .	11
2.3 Expression de la garantie . . . . .	14
<b>3 Mesure de la rentabilité sous Solvabilité 2 par une équipe Produit</b>	<b>17</b>
3.1 Cadre de l’étude de la rentabilité d’un produit sous solvabilité 2 : approche stand-alone <i>vs</i> marginale . . . . .	17
3.2 Mise en oeuvre pratique de l’étude de rentabilité sous solvabilité 2 . . . . .	18
3.2.1 Présentation de la structure du modèle ALM . . . . .	18
3.2.2 Limites de l’outil Prophet dans le cadre de l’étude de rentabilité de la garantie . . . . .	20
3.3 Méthodologie adoptée pour la construction de l’outil ALM . . . . .	21
3.4 Définition d’une procédure d’indicateurs de rentabilité . . . . .	21
<b>4 Construction de l’outil simplifié</b>	<b>23</b>
4.1 Données en entrée du modèle . . . . .	23
4.1.1 Données d’Actifs . . . . .	23
4.1.2 Générateur de Scénarios Economiques . . . . .	24
4.1.3 Les Fonds Propres et autres Passifs . . . . .	25
4.1.4 Données initiales en stock de contrat . . . . .	26
4.1.5 Calage en $t=0$ : adéquation entre l’ Actif et le Passif . . . . .	27
4.2 Modélisation de l’Actif . . . . .	27
4.2.1 Modélisation des actifs de type actions . . . . .	27
4.2.2 Modélisation des obligations . . . . .	28
4.3 Modélisation des flux du passif . . . . .	30

4.4	Interactions actif-passif . . . . .	31
4.5	Implémentation de la garantie dans l'outil . . . . .	41
4.6	Structure générale de l'étude de la rentabilité . . . . .	42
4.7	Approche stochastique . . . . .	43
<b>5</b>	<b>Proposition d'une tarification de la garantie</b>	<b>45</b>
5.1	Principes de la tarification en assurance . . . . .	45
5.2	Analyse du coût de la garantie uniquement sur une UC . . . . .	46
5.3	Détermination du coût et du tarif de la garantie sur le capital Euro + UC . . . . .	47
5.3.1	Hypothèses sur les frais de gestion et le taux de PAB . . . . .	50
5.4	Prise en compte de la probabilité de survie au terme . . . . .	52
<b>6</b>	<b>Détermination des indicateurs sous solvabilité 2</b>	<b>58</b>
6.1	Valorisation du bilan sous Solvabilité 2 . . . . .	58
6.1.1	Détermination du Best Estimate Liabilities . . . . .	59
6.1.2	Détermination de la Value In force . . . . .	61
6.1.3	Détermination de la Risk Margin (marge pour risque) . . . . .	64
6.2	Méthodologie de détermination du SCR . . . . .	66
6.2.1	Les chocs dans la formule standard . . . . .	67
	Détermination du SCR Opérationnel . . . . .	70
<b>7</b>	<b>Présentation des résultats de l'étude de la rentabilité</b>	<b>73</b>
7.1	Approche stochastique : Monte Carlo . . . . .	74
7.1.1	Convergence du BEL . . . . .	74
7.1.2	Test de fuite . . . . .	75
7.1.3	Comparaison du BEL et de la VIF . . . . .	75
7.1.4	Comparaison des SCR . . . . .	82
7.2	Analyse des sensibilités. . . . .	86
7.3	Tarification post-étude de rentabilité . . . . .	89
7.4	Conciliation entre la rentabilité de l'assuré et celle de l'assureur . . . . .	92
<b>8</b>	<b>Conclusion</b>	<b>94</b>
<b>9</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>96</b>
<b>A</b>	<b>Annexes</b>	<b>97</b>

# Glossaire

<b>PER</b>	<i>Produit Epargne Retraite</i>
<b>UC</b>	<i>Unité de Compte</i>
<b>ALM</b>	<i>Asset Liabilities Management</i>
<b>PAB</b>	<i>Participation Aux Bénéfices</i>
<b>BEL</b>	<i>Best Estimate Liabilities</i>
<b>VIF</b>	<i>Value In Force</i>
<b>PRE</b>	<i>Provision pour Risque d' Exigibilité</i>
<b>PPE</b>	<i>Provision pour Participation aux Excédents</i>
<b>RC</b>	<i>Réserve de Capitalisation</i>
<b>SCR</b>	<i>Solvency Capital Requirement</i>
<b>TRMA</b>	<i>Taux de Rendement Moyen des Actifs</i>
<b>MV</b>	<i>Market Value</i>

# Introduction

Le marché de l'Assurance-Vie français est l'un des plus importants d'Europe et représente plus de 1600 milliards d'euros de provisions techniques à fin 2015, dont plus de 82% pour les supports en euros <sup>1</sup>.

Globalement, les taux garantis aux épargnants sur la durée du contrat restent peu élevés, notamment pour les supports en Euro des contrats individuels qui représentent la majeure partie des passifs. Toutefois, la baisse observée sur les taux obligataires à long terme ainsi que celle du taux de rendement de l'actif des assureurs vie depuis 2006 affectent les conditions d'exercice de leurs activités qui risquent d'être sensiblement modifiées. Ainsi, le niveau durablement bas des taux d'intérêt pèsera en moyenne sur les revalorisations des produits d'Assurance-Vie.

Il est donc apparu nécessaire pour les compagnies d'assurances de développer une vision prospective et d'anticiper une baisse progressive du rendement des actifs dans les années à venir.

Predica à l'instar de plusieurs autres compagnies d'Assurance-Vie s'est inscrit depuis quelques années dans un processus d'adaptation dans ce contexte de baisse des taux à travers une politique de croissance de collecte d'unités de compte (UC). C'est ainsi que dans les réflexions émanant de la direction de Marketing, une nouvelle offre de garantie sur le capital Euro + UC a été proposée dans l'objectif d'assurer à moyen terme une diversification de la collecte, à travers l'augmentation de la part d'UC.

La mission qui m'a été confiée au sein de l'équipe Produit Epargne de Predica consistait à produire une analyse du coût de cette garantie ainsi que la rentabilité espérée dans l'environnement actuelle de Solvabilité 2 à travers la construction d'un outil simplifié.

Ce mémoire se décompose en trois principales reparties sur 7 chapitres.

- La première partie (*chapitre 1 et 2*) dresse d'abord un état des lieux du contexte des taux bas suivi des conséquences en termes de politiques adoptées par Predica et ensuite présente le mécanisme du projet de la nouvelle garantie.
- La deuxième partie (*chapitre 3 à 6*) présente la méthodologie de l'étude de la rentabilité de la garantie : à savoir, les hypothèses retenues pour la construction de l'outil simplifié ainsi que celles concernant l'étude de la rentabilité en elle-même et les indicateurs retenus pour l'analyse des résultats.

---

1. Source FFA, INSEE

- Dans la troisième partie, les différents résultats sont présentés et se résument par la comparaison du SCR et de la VIF entre un modèle sans garantie et un modèle avec garantie. Dans cette étude, des sensibilités ont été menées afin d'analyser leur impact sur la profitabilité S2 . Tous ces résultats seront rapportés au problème posé et critiqués à la lumière de cette confrontation avec des axes d'améliorations.

# 1 Contexte des taux bas : une volonté d'orienter l'épargne des assurés vers les unités de compte.

## 1.1 L'épargne en Assurance-Vie

Les produits d'épargne occupent une place importante au sein du marché de l'Assurance-Vie en France. Contrairement à des produits plus classiques, ces contrats se positionnent clairement comme des produits de placement, tirant profit d'une fiscalité avantageuse pour séduire une vaste clientèle. L'épargne proposée par Predica (filiale vie du groupe Crédit Agricole Assurances ) représente l'activité principale en termes de collecte. Pour le placement de son épargne, l'assuré a le choix entre deux types de supports : le support Euro ou les supports en unités de compte (UC).

Le fonds Euro est un portefeuille financier constitué et géré par un assureur pour le compte des épargnants. Conformément au Code des Assurances, au moins 85% des produits financiers de ce portefeuille doivent être reversés à la communauté des assurés sous forme de revalorisation de l'épargne de **manière directe (participation aux bénéfices) ou indirecte (dotation de la PPE<sup>1</sup>)**.

Traditionnellement, ce support présente une garantie sur le capital. Ainsi, parce que l'assureur s'engage sur des sommes placées en Euro, la valeur du capital qui lui est confiée ne peut jamais diminuer, hormis par le prélèvement des frais sur versements.

Lorsque le client choisit d'investir sur une UC, la somme qu'il verse correspond à l'achat d'un certain nombre de parts d'un support défini. L'engagement de l'assureur porte alors uniquement sur le nombre de parts que l'assuré possède, et non sur leur valorisation, qui dépend de l'évolution du cours du support. Ce support ne présente généralement pas de garantie sur le capital.

---

1. Provision pour Participation aux Excédents

Le fonds euro demeure, ce jour sur le marché de l'Assurance-Vie le placement le plus privilégié. Chez Predica l'encours du fonds euro représente environ 83% de l'encours total des contrats d'assurance vie.

## 1.2 Le contexte des taux bas et les impacts sur l'activité d'épargne de Predica

Avec près de 80 % des investissements dirigés vers des titres obligataires, les fonds en Euro affichent une forte dépendance aux produits de taux. Or, depuis quelques années, les taux d'intérêts des emprunts d'États mais aussi ceux émis par les entreprises ont fortement chuté. Cela a, comme principale conséquence, **la baisse progressive des rendements des actifs des compagnies**. En effet, le taux de rendement de l'actif des compagnies d'Assurance-Vie connaît une baisse tendancielle depuis 2016 .

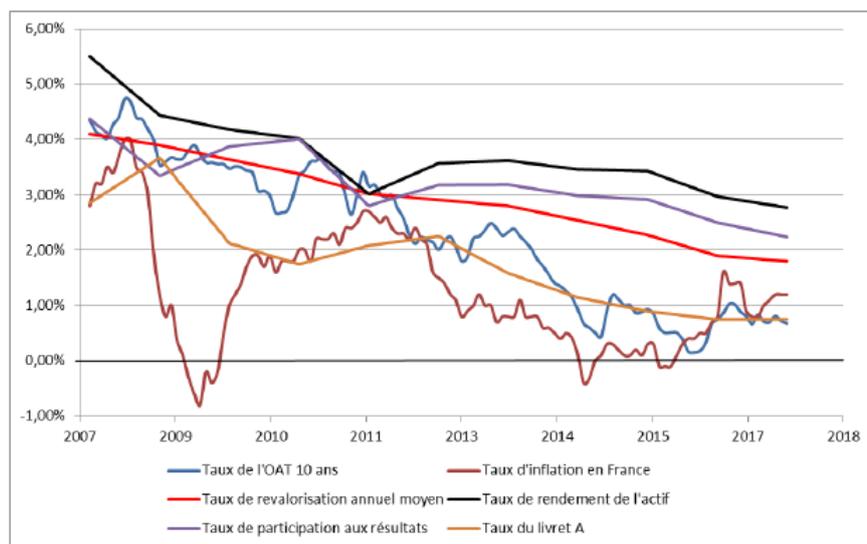
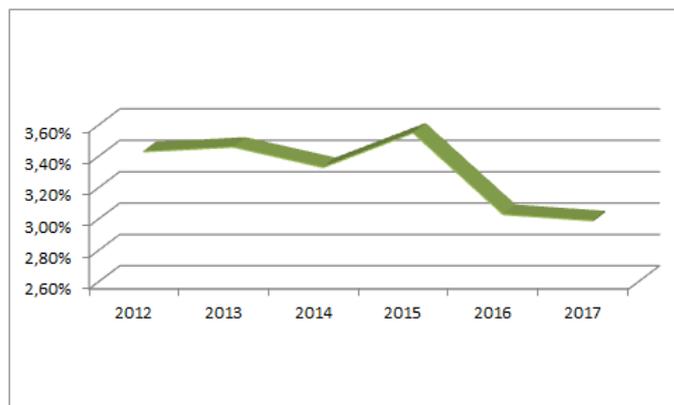


FIGURE 1.1 – Évolution comparée des taux de rendements d'actifs financiers des 16 principaux assureurs vie : (Source ACPR[2017])

Comme l'illustre le graphique ci-dessous issu d'une enquête de l'ACPR, il est passé de 5% en 2008 à 3% en 2016 avec des pics importants en 2008 et 2011. Par ailleurs, le taux moyen des emprunts d'État, qui constituent environ 30% des portefeuilles des assureurs a fortement diminué, passant de 3,9% à 0,9% en moyenne annuelle entre 2008 et 2015.

Predica, à l'instar de la moyenne sur le marché, a également enregistré une baisse plutôt significative de son TRMA;<sup>2</sup> avec une prévision d'une baisse annuelle de 0.3% dans les années à venir.

2. Taux de rendement moyen des actifs



Evolution du TRMA dans les 6 dernières années chez Predica

### Les conséquences chez Predica

- i) La première conséquence représente une baisse du résultat engendré par le support Euro à travers les résultats financiers. En effet, à taux de marge égal, on enregistre une baisse des produits financiers.
- ii) La deuxième conséquence correspond à une augmentation de l'exigence en capital sous solvabilité 2 (SCR). En effet, les scénarios de taux bas empêchent de servir les garanties de capital sur les fonds Euro, ce qui engendre un coût supplémentaire en termes de capitaux.

Pour ces principales raisons, Predica cherche à orienter la collecte vers les UC, d'autant plus que la collecte sur l'Euro continue à diluer le rendement de l'actif (effet d'accentuation de la baisse des rendements).

Le choix de l'orientation vers une collecte en UC est également appuyé par le fait que :

- de par les conditions actuelles de marché, ce support est plus rentable que le fonds Euro.
- le besoin en fonds propres sous solvabilité 2 est actuellement dû au fait que le SCR marché (la composante de SCR la plus importante en intensité) est principalement porté par l'Euro.

En tant qu'assureur et, face à ce risque de baisse continue des taux, plusieurs travaux mobilisant différentes lignes de métiers ont été entrepris. C'est le cas du département Gestion Actif -Passif qui s'intéresse au moyen d'investir sur des actifs moins coûteux en SCR. Il y a également eu des travaux sur la suppression des garanties, du développement des pôles de prévoyance pour compenser le choc d'activité sur l'épargne et enfin, des stratégies au niveau du développement produit pour favoriser l'augmentation de la collecte en UC.

### 1.3 Les différentes politiques adoptées pour favoriser la collecte en unités de compte

Depuis plusieurs années, notamment depuis 2 à 3 ans, les assureurs ont mis en place plusieurs changements au niveau de leurs produits pour favoriser la collecte en UC. Ce sont des mécanismes qui ont pour but d'encourager les épargnants à diversifier leur épargne. Cette section dresse le bilan des mécanismes développés au niveau du pôle Produit de Predica.

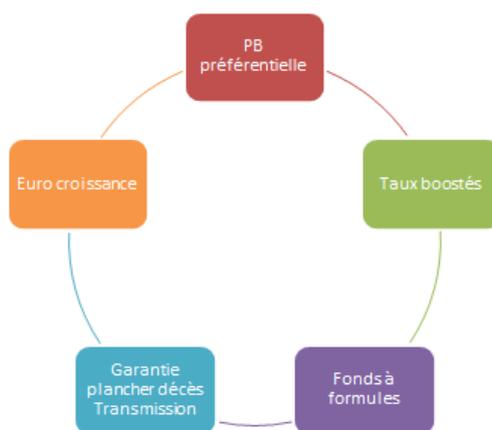


FIGURE 1.2 – Les principaux mécanismes incitatifs à la collecte en UC proposés par Predica

Ces mesures peuvent être classées en 3 catégories :

#### 1) Une amélioration de la rémunération Euro pour les assurés ayant investis de manière significative sur les unités de compte

##### 1.a - La Participation au bénéfice préférentielle

La participation au bénéfice préférentielle est un système mis en place en fin d'année 2016 à travers lequel la rémunération du support en Euro fait l'objet d'une attribution préférentielle en fonction de la proportion de l'encours de l'assuré investie sur des supports en unités de compte. Le support en Euro de l'assuré peut bénéficier d'une attribution préférentielle dans la limite de la participation aux bénéfices disponible pour ce contrat. Elle est en effet possible grâce au caractère discrétionnaire de la participation aux bénéfices. A titre d'exemple :

- 0,50%<sup>3</sup> est attribué aux adhésions dont la proportion de l'encours investi sur les supports en unités de compte au 31 décembre 2018 est supérieure ou égale à 40%.

3. taux annualisé, hors contributions sociales

### 1.b - Les taux boostés

Le mécanisme de taux boostés est presque identique à celui de la PB Préférentielle avec comme principale différence le fait que la rémunération nette de frais de gestion est attribuée à la part investie sur le support en Euro tandis qu'avec la PB Préférentielle l'attribution préférentielle se fait sur la proportion de l'encours investi en UC. A titre d'exemple :

- un bonus de 0,30% est attribué pour les versements dont 30% minimum sont investis sur des supports en unités de compte.

## 2) Des supports avec garantie de capital

### 2.a- L'Euro-croissance

L' Euro-croissance a été lancé en 2013 dans le but de « consolider la confiance des français dans l'assurance-vie en privilégiant les placements de long terme et en incitant à la prise de risque en faveur des entreprises. L'Euro-croissance » garantit le capital généralement sur au moins 8 ans (avec des durées plus élevées pouvant aller jusqu'à 40 ans). Le support est composé de deux parties :

- une première partie qui comporte une garantie de capital dont le niveau est choisi par l'assuré et ce, jusqu'à 95%;
- une deuxième partie qui constitue une provision de diversification qui vient lisser les éventuels chocs tout en générant un rendement à l'assuré.

Contrairement aux fonds Euro, le capital n'est pas garanti à chaque instant.

Depuis son lancement, et malgré quelques ajustements réglementaires pour faciliter son essor, « l'Euro-croissance a souffert de conditions de commercialisation difficiles dues à la persistance d'un environnement de taux bas. Predica a lancé son support Euro-croissance en 2014 et les niveaux actuels de collecte représentent environ 1% de la collecte totale.

### 2.b- Les Fonds à formules

Les fonds à formules regroupent plusieurs catégories d'OPCVM (Organismes de placement collectif en valeurs mobilières). Ils ont en commun d'offrir une perspective de gain dépendant des évolutions des marchés financiers, selon des paramètres définis à la souscription. Ils peuvent également offrir une garantie partielle ou totale sur le capital initialement investi.

Ces fonds à formules sont donc des produits hybrides, constitués de deux composantes :

- une composante obligataire, afin de garantir à l'échéance le capital investi;

- une composante en produits risqués dont la valeur fluctue au cours de la vie du fonds selon l'évolution des marchés.

Predica a mis en place des Fonds à formules (FAF) de type Fonds à capital protégé depuis 2011.

### 3) Une Garantie plancher rendue viagère

La garantie complémentaire en cas de décès est une garantie payante, incluse dans la plupart des contrats d'assurance-vie qui permet d'annuler tout ou une partie du montant des moins-values boursières sur le capital décès. Ainsi au décès du client, si le capital acquis est inférieur au montant investi (hors frais sur versements et rachats éventuels), alors Predica garantit la différence. Cela permet donc au client de diversifier pour tenter d'améliorer les performances de son contrat tout en préservant le capital qui sera transmis aux bénéficiaires désignés. C'est une garantie de capital (Euro + UC) en cas de décès et cela constitue un moyen incitatif pour l'assuré à aller vers les UC.

Cependant, les garanties existantes avaient jusque là une limite d'âge. C'est ainsi qu'une nouvelle forme de garantie sans limite d'âge et donc viagère a été développée et introduite sur un certain nombre de produits récents afin de garantir l'objectif de transmission de l'épargne des assurés et ainsi inciter à plus de collecte de l'UC.

## Synthèse

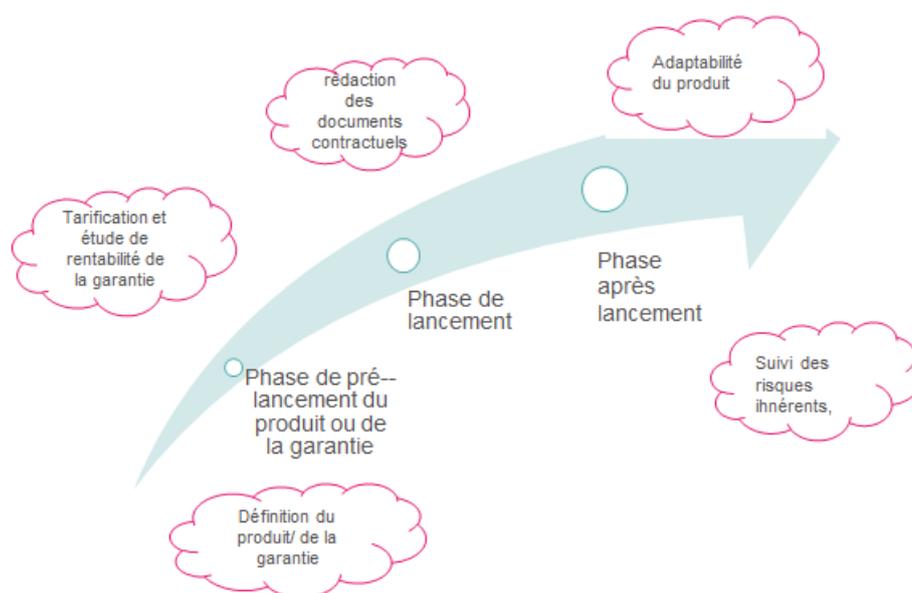
En plus de ces différents mécanismes, Predica réfléchit à d'autres moyens d'incitations et de croissance de la collecte en UC. C'est ainsi que l'équipe Marketing, à l'issue de ses travaux de veille concurrentielle, a envisagé la mise en place d'une nouvelle garantie portant sur le capital Euro et UC et qui s'exercerait à une échéance donnée ( par exemple 8 ans après la souscription) en cas de vie de l'assuré.

## 2 Présentation de la garantie en cas de vie.

Suite à ses travaux de veille concurrentielle, le département Marketing a initié au sein de Predica une étude portant sur la mise en place d'une garantie observée chez un assureur et qui garantit à l'assuré son capital investi à la fois sur l'Euro et l'UC à une échéance de 8 ans.

Cette étude est transverse à plusieurs lignes de métier et fait intervenir :

- l'équipe Marketing ;
- Le Juridique ;
- l'Actuariat ( plus spécifiquement l'Actuariat Produit) ;
- les services de développement informatique ;
- les Assets Manager, les fonctions de risques et les équipes ALM.



*Rôle de l'équipe Produit dans le processus de mise en place d'un produit*

Le rôle de l'Actuariat Produit dans un projet de création d'un nouveau produit ou d'une nouvelle garantie consiste notamment à :

**Phase de pré-lancement du produit :**

- définir, en collaboration avec le marketing et le juridique la garantie et le produit : quel besoin client, quelle vision marketing ? quelle population cible ? tout en tenant compte des contraintes réglementaires, des contraintes de gestion et des contraintes de coût ;
- définir la tarification de la garantie ;
- éventuellement définir un besoin en réassurance ;
- étudier la rentabilité du produit dans le cadre réglementaire S2 ;
- participer à la rédaction des documents contractuels, notamment la notice d'information (ou conditions générales) du produit ;
- définir les principes de gestion informatique de la garantie, et de calcul des éventuelles provisions .

**Après le lancement du produit :**

- effectuer un suivi du produit : suivi du risque, suivi contractuel,
- - adapter la garantie ou le produit aux nouveaux besoins (en reproduisant d'éventuelles étapes ci-dessus)

Le mémoire présente ci-après 3 des étapes de la conception d'une garantie :

- Définition de la garantie

Ces travaux ont été réalisés en amont de mon stage. Je rappelle dans ce mémoire les principales caractéristiques et problématiques associées à la garantie et nécessaires pour le contexte de l'étude. Certaines hypothèses simplificatrices ont été réalisées pour l'étude de la rentabilité.

- Tarification de la garantie

Dans le cadre du projet, une tarification avait été réalisée par Amundi, filiale du groupe Crédit Agricole. En effet, un montage impliquant Amundi pour porter le risque avait été imaginé.

Pour mon étude, un montage sans Amundi a été conçu. Cette partie a pour objectif de présenter les grands principes de la tarification.

- Rentabilité dans un cadre Solvabilité 2

Il s'agit du cœur des missions réalisées dans le cadre de mon stage. Ce genre d'étude étant encore récent pour l'équipe où j'ai effectué mon stage, il a fallu créer un outil ALM

simplifié permettant d'améliorer la compétence technique et opérationnelle pour ce type de projet et, participer aux réflexions de la définition de la rentabilité.

### Objectif du projet sur la garantie

L'objectif de la mise en place de la garantie consiste en la proposition d'une offre assez claire qui répond au besoin de rendement et de sécurité des assurés. Plus précisément, elle vise à accompagner la clientèle sécuritaire vers la diversification.

Le profil de la clientèle<sup>1</sup> est un segment de type *Haut-de-gamme*, (avec un versement initial > 40 000 euros) majoritairement âgée de 50 à 75 ans avec des projets de long terme nécessitant une sécurisation des placements (retraite, transmission).

## 2.1 Mécanisme de la garantie

L'assuré pourra diversifier son placement en investissant à la fois sur l'Euro et l'UC, tout en sécurisant le capital investi (Euro + UC) au terme des **8 ans**. De manière plus concrète, si l'assuré dispose de 100 euros à la souscription, il doit investir :

- 70 sur le support Euro ;
- 30 en UC

Ainsi à l'échéance, il récupérera au moins les investissements nets de frais investis sur les deux fonds. Il a donc la certitude de retrouver au moins 100% de son investissement initial.

Cette hypothèse sur la part d'UC à 30% est justifiée par les prévisions actuelles de collecte. En effet, elle correspond aux parts de collecte d'UC enregistrées sur les deux produits multisupports phares en épargne de Predica (*Florianne et Lionvie Rouge Corinthe*)

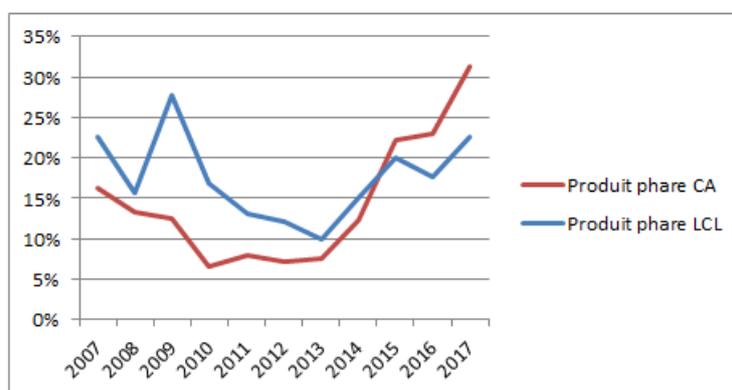


FIGURE 2.1 – Evolution de part de collecte en unités de compte sur les produits multisupports épargne Florianne et Corinthe

---

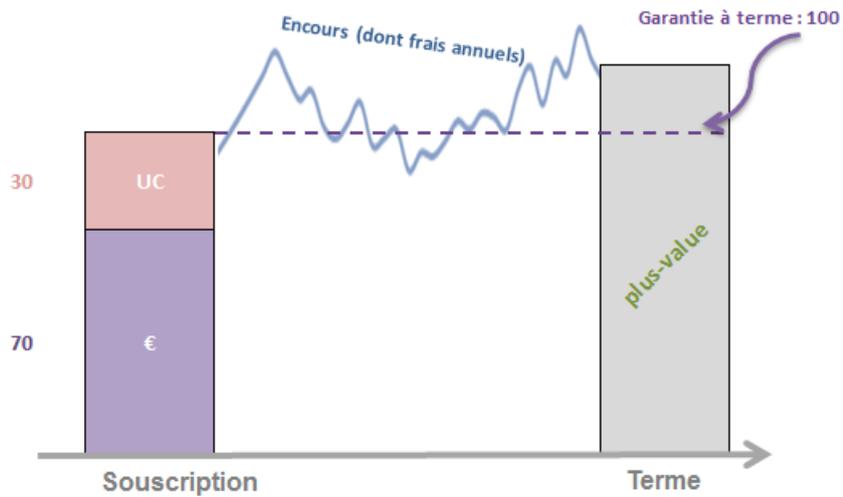
1. clientèle déjà en stock qui présente un potentiel de transformation important

La part de collecte des UC s'estiment respectivement à environ 31% (pour le premier) et 24% pour le deuxième en fin d'année 2017.

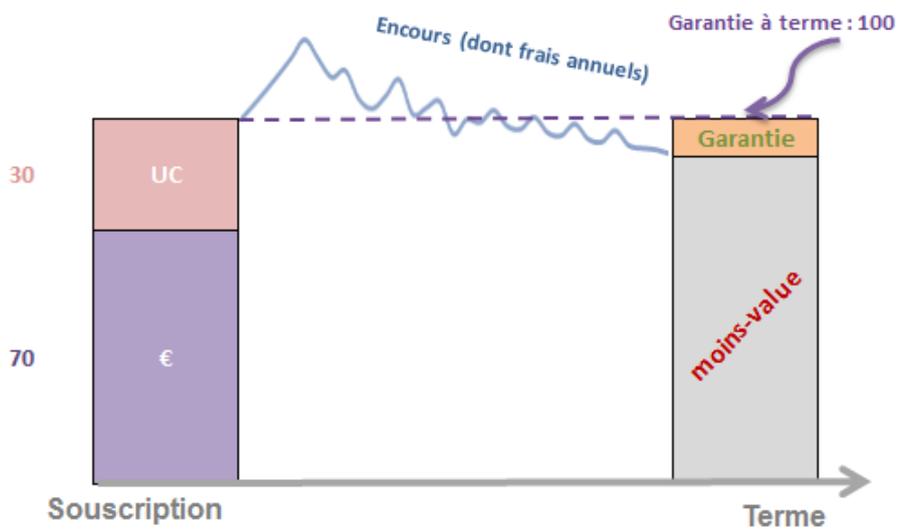
Le mécanisme décrivant la situation au terme est alors représenté dans les schémas ci-après :

**A terme**

**En cas de plus-value**



**En cas de moins-value**



- Dans une situation de plus-value, l'assuré récupère au terme le montant total de son encours.
- Dans une situation de moins-value, l'assuré récupère son investissement initial. Par conséquent, la garantie s'exerce et Predica doit alors s'assurer de payer la différence entre l'investissement initial et la valeur de l'épargne au terme.

## 2.2 Problématiques liées à la mise en place de la garantie

### a) Une problématique réglementaire en cas de décès

En cas de décès avant le terme, en présence d'une garantie plancher (garantie décès), une contrainte réglementaire s'impose. En effet le code des Assurances précise que la prestation en cas de vie ne peut pas excéder celle en cas de décès (*cf Article L132-21-1 du Code des Assurances*).

*Article L132-21-1 : « Pour tout contrat d'assurance sur la vie et pour tout contrat de capitalisation, la valeur de rachat ou de transfert, lorsqu'elle existe, est égale à la somme de la provision mathématique et du montant de la conversion des droits exprimés en parts de la provision de diversification mentionnée à l'article L. 134-1, dans la limite, pour la valeur de rachat des contrats d'assurance sur la vie, du montant assuré en cas de décès ».*

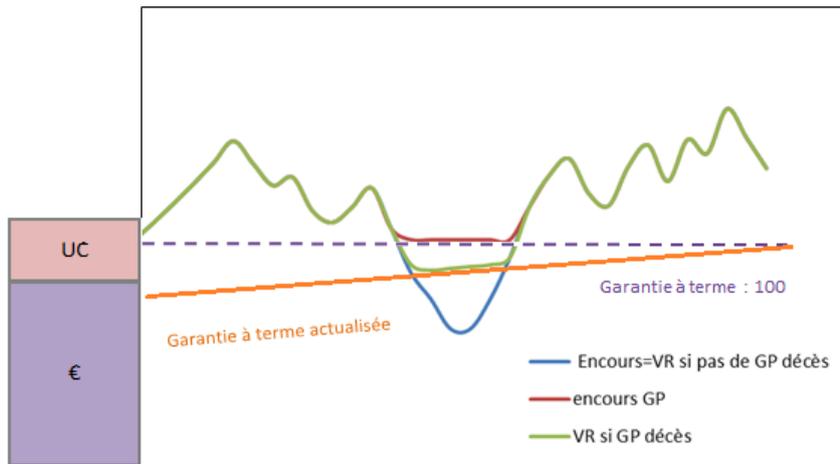
Rappelons que pour une garantie plancher (GP) décès on a :

$$\text{Capital Décès} = \begin{cases} \text{Encours} & \text{si pas de GP décès} \\ \text{Max}(\text{Encours}; \text{Garantie Plancher}) & \text{si GP décès} \end{cases}$$

Ainsi, en appliquant cette contrainte à notre contrat de garantie à terme, la valeur de rachat (VR) devient :

$$\text{Valeur de Rachat} = \text{Min}(\text{Garantie à terme actualisée}; \text{Capital Décès})$$

Ci-dessous, le schéma du mécanisme de la garantie au terme avec la présence d'une garantie plancher décès :



Ainsi, en cas de présence d'une garantie plancher décès la garantie au terme en cas de vie devient alors une garantie à tout moment.

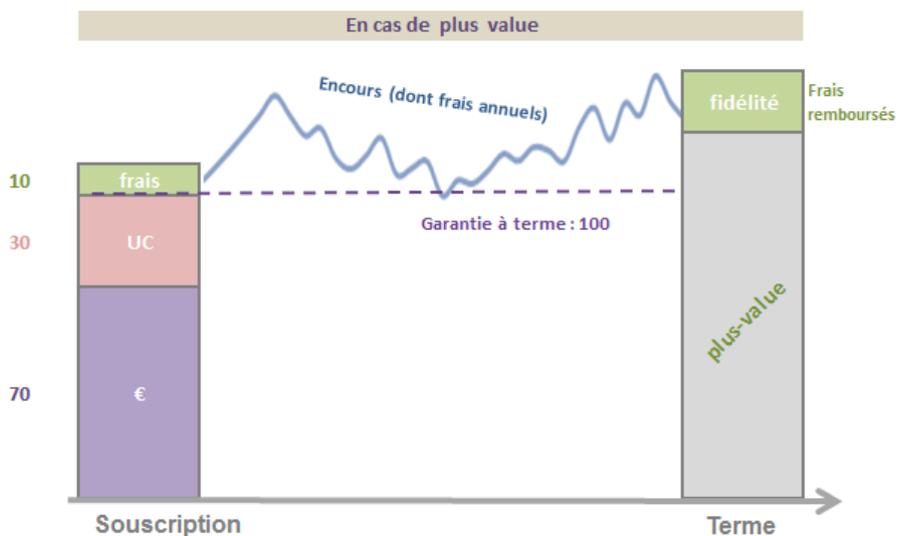
Plusieurs questions se sont alors posées et la prépondérante était de savoir :

**Comment Predica financerait cette garantie à tout moment ?**

Des réflexions ont été menées sur la manière de financer ou trouver une solution permettant de contourner le caractère rachetable cette garantie à tout moment.

i- *Tout d'abord, une hypothèse d'application de pénalité de rachat n'était pas envisageable.*

ii- *Une première approche consistait en une transformation de la garantie à terme en une garantie de Fidélité*



L'assuré paye à la souscription un montant qui lui sera remboursé au terme sous forme de prime de fidélité.<sup>2</sup>

Pour rappel, un contrat à bonus de fidélité est un contrat d'assurance-vie sur lequel les primes versées et les produits générés en tout ou partie sont placés sur deux compartiments différents : un compartiment rachetable sur lequel les primes sont versées et un compartiment non rachetable appelé bonus de fidélité, alimenté par les produits générés par le compartiment rachetable, pendant une période prédéfinie au contrat dite période d'indisponibilité. Le bonus de fidélité est ainsi bloqué pendant une période prédéfinie, fixée à huit ans et prolongeable une à deux fois. Au terme, les sommes seront réintégrées au capital et versé directement par le souscripteur.

Ainsi le contrat de garantie de fidélité à terme possède une partie non rachetable ( n'est pas exigible en cas de rachat ), donc non inclus dans la valeur de rachat ( cf Article R331-5 Code des Assurances).

⇒ Ce mécanisme permettrait donc de résoudre la problématique de provision rachetable : on aurait pas alors une garantie à tout moment.

Ainsi avec la garantie de fidélité, une partie des bénéfices reversés par l'assureur est générée grâce au comportement fidèle de l'assuré.

Cependant, la garantie à terme n'est pas compatible en termes de principes avec la garantie à fidélité. En effet, la garantie versée à terme est possible grâce aux cotisations de l'assuré lui-même et non grâce aux bénéfices générés par sa fidélité

### iii - La deuxième approche concernait la suppression de la Garantie Plancher décès.

C'est une hypothèse assez forte car la plupart des contrats multisupports de Predica propose une garantie complémentaire décès. Cependant l'on est parti en premier lieu sur cette hypothèse dans le but de réaliser une première étude plutôt simpliste afin d'analyser les premiers impacts en termes de coûts pour Predica. Le projet étant lui même en cours de réflexion à la fois chez les équipes Marketing, Juridique et de Développement.

### **b) Une problématique par le moyen de faire coexister la garantie au sein d'un contrat multisupports classique**

Contrairement à la garantie observée chez la concurrence, le Marketing de Predica souhaite que la garantie existe au sein d'un contrat multisupports classique, c'est-à-dire que la garantie soit souscriptible au sein d'un contrat comportant notamment la possibilité de

---

2. La Garantie de fidélité est peu décrite dans le Code des assurances

versements sur les supports en Euro et UC (poche libre sans garantie de capital), et de versements à plusieurs dates sur les supports en Euro et UC avec garantie de capital (poches dédiées). Cela nécessite ainsi la création d'une poche dédiée (Euro et UC) par génération de garantie afin de permettre la gestion de poches spécifiques avec une rémunération indépendante du fonds Euro de la poche libre. Predica n'ayant qu'un seul fonds Euro, contrairement à d'autres compagnies d'assurance qui ont plusieurs fonds Euro, la gestion des différentes poches apparaît comme très contraignante et nécessiterait la création de N fonds Euro avec des coûts et délais de développement informatiques très importants.

## 2.3 Expression de la garantie

En résumé, les hypothèses de la garantie modélisée dans le mémoire sont les suivantes :

- **La suppression de la garantie plancher décès;**
- **Une garantie à terme sur 8 ans sur capital Euro + UC;**
- **une part Euro = 70% et une part UC = 30%;**
- **aucun rachat partiel, ni d'arbitrage avant le terme.**

Ainsi en notant :

-les frais de gestion euro :  $\tau_{ges}^{euro}$  et ceux de l'UC :  $\tau_{ges}^{UC}$  ;

- les frais de chargement au titre de la garantie :  $f_{gar}$  ;

- le taux de revalorisation de l'épargne Euro =  $PAB$  et  $Prime$  = la prime initiale;

- la valeur liquidative de l'UC à la date  $t$  :  $VL_t$ .

La valeur de l'épargne de l'assuré au terme, pour 1 euro investi s'écrit sous la forme suivante :

$$Epargne_T = (1 - f_{gar})^T * \left[ (70\% \times (1 + PAB)^T \times (1 - \tau_{ges}^{euro})^T + 30\% \times (1 - \tau_{ges}^{UC})^T \times \frac{VL_T}{VL_0} \right]$$

A l'échéance Predica verse à l'assuré :

$$Max(Epargne_T; Prime)$$

### Focus sur le fonctionnement de la garantie

Au cours des premiers travaux sur le fonctionnement de la garantie, il avait été question pour l'Asset Manager Amundi de porter le coût de la garantie, avec en compensation, des commissions versées par Predica.

Le package proposé était constitué de 70% pour le support Euro et un panier de trois UC d'Amundi à hauteur de 30% (répartis en 40% UC1 + 40% UC2 et 20% UC3).<sup>3</sup>

La garantie individuelle à l'échéance des 8 ans correspond à 100% du montant investi. En plus des frais de gestion sur les deux supports Euro et UC, il y avait des frais d'assurance du package  $f_{gar}$  qui étaient fixés à 0,30% par an sur l'encours du package.

Pour chaque date de souscription à l'offre, Amundi garantit à Predica à la date d'échéance, que la valeur de l'allocation d'UC ne passera pas en dessous d'un Strike de la valeur initiale (i.e. de souscription) de l'allocation. Soit à l'échéance T de la garantie :

$$40\% * \frac{VL_T^{UC1}}{VL_0^{UC1}} + 40\% * \frac{VL_T^{UC2}}{VL_0^{UC2}} + 20\% * \frac{VL_T^{UC3}}{VL_0^{UC3}} \geq Strike$$

Le paiement d'Amundi au titre de sa garantie vis-à-vis de Predica est plafonné à la somme des versements effectifs de Predica sur les contrats des assurés.

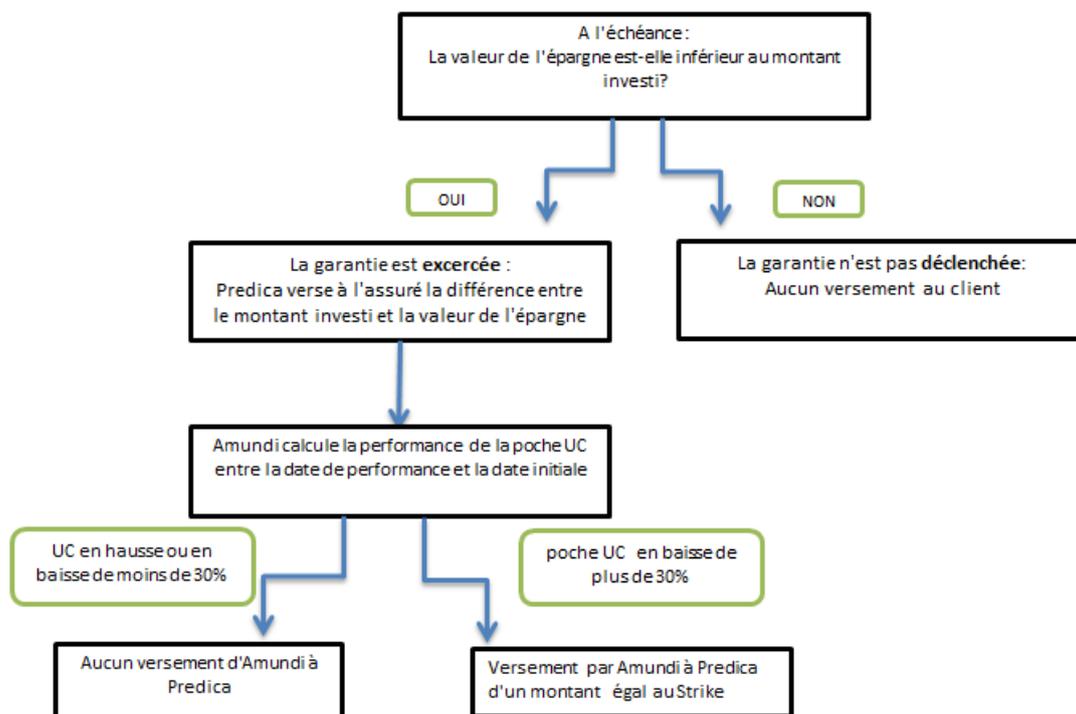


Schéma illustrant l'exercice de la garantie sur un package 70% Euro et une UC de 30%

3. Par soucis de confidentialité, les noms spécifiques des supports UC ne seront pas cités

Amundi porte ainsi le risque d'une baisse des UC en deçà de la garantie offerte et Predica porte le risque de servir une  $PAB$  inférieure à une  $PAB_{min}$  et qui est nécessaire compte-tenu du plancher sur les UC garanti par Amundi pour garantir le capital des assurés.

**Dans la suite du mémoire , le coût et la tarification de la garantie ont été analysés en supposant que Predica supporte intégralement le risque.**

# 3 Mesure de la rentabilité sous Solvabilité 2 par une équipe Produit

## 3.1 Cadre de l'étude de la rentabilité d'un produit sous solvabilité 2 : approche stand-alone vs marginale

Les études de rentabilité nécessitent la projection de l'ensemble des flux financiers du compte de résultat et du bilan, spécifiques au produit et nécessaires pour calculer les indicateurs. Deux approches sont en général considérées pour l'étude de rentabilité : l'approche dite en **stand-alone** et l'approche **marginale**.

Dans l'approche **stand-alone**, on suppose que l'on se situe dans le cadre d'une entreprise fictive démarrant son activité avec un bilan et des réserves vides puis, l'on cherche à déterminer la valeur du New Business (NB). Avec l'approche **marginale**, on évalue la variation de la richesse de la société liée à la souscription du New Business. Ainsi, l'approche marginale est caractérisée par la présence d'effets croisés, c'est-à-dire les impacts sur le New Business due à la présence de l'In force.

Ainsi, la présence ou non d'effets croisés permet à ces deux approches d'avoir leurs propres avantages et inconvénients. Par exemple, l'absence d'effets croisés rend l'approche stand-alone simple et intuitive car les risques intrinsèques du produit sont plus aisément visibles. C'est pourquoi cette approche est plutôt utilisée dans un objectif de pricing. En revanche, l'approche marginale est beaucoup plus adaptée à la prise de décision au sein d'une entreprise avec comme inconvénient que les effets croisés peuvent rendre le SCR volatil et les résultats difficilement interprétables. Par ailleurs, les risques intrinsèques du produit sont non visibles. Ceci est dû à la mutualisation des richesses latentes entre le stock et le New business.

Afin de mieux apprécier la rentabilité comme si l'on se situe en phase de lancement, la méthode de stand-alone est utilisée par Predica.

L'étude de rentabilité se fera donc en « **stand alone** » selon les conditions du moment avec la chronique des taux sans risque du marché ( courbe EIOPA des taux sans risque avec VA<sup>1</sup>).

---

1. Volatility Adjustment

L'étude sera faite sans tenir compte des réserves et plus-values afférentes au stock d'affaires en cours.

## 3.2 Mise en oeuvre pratique de l'étude de rentabilité sous solvabilité 2

La directive Européenne *Solvabilité 2* impose aux sociétés d'assurance de disposer d'un montant minimum réglementaire de fonds propre appelé SCR (*Solvency Capital Requirement*) et qui correspond à un capital économique détenu par l'assureur permettant de l'assurer avec une probabilité de 99.5% de ne pas être en faillite à horizon d'1 an . Autrement dit, le SCR représente le capital permettant d'absorber un éventuel choc dû à la survenance dans l'année, d'évènements extrêmes, ne se produisant qu'une fois tous les 200 ans.

La directive *Solvabilité 2* propose deux principales approches pour évaluer le capital de solvabilité requis :

- **la formule Standard** : méthodologie de calcul du SCR dont les principales techniques de calcul ainsi que les paramètres sont encadrés par la réglementation. Les paramètres utilisés sont calibrés sur le marché européen.
- **le modèle Interne** : application de méthodologies et de paramètres de calculs du SCR propres à l'entreprise. Les paramètres sont calibrés à partir des données spécifiques à l'entreprise.

Dans ce mémoire nous nous intéressons exclusivement à l'approche Standard de calcul du SCR qui est celle utilisée par Predica . Du fait de l'interaction entre le Passif et l'Actif du bilan et des garanties financières, son calcul nécessite un modèle ALM (*Asset Liabilities Management*).

### 3.2.1 Présentation de la structure du modèle ALM

Le modèle ALM est un modèle de projection des flux de passif et d'actif avec des interactions entre les flux d'actif et de passif. Afin de modéliser correctement ces interactions, il intègre les décisions stratégiques de la société d'assurance en termes de participations aux bénéfices, d'allocation d'actifs, de réalisations de plus ou moins value latentes, de constitutions de provisions, etc.

A partir d'une réalisation de GSE<sup>2</sup> et de l'implémentation des stratégies dynamiques de la compagnie, un modèle ALM projette sur un horizon donné (en général 30 ans chez Predica) l'ensemble des flux de l'assureur tels que :

- la provision mathématique ;
- les primes versées par les assurés ;

---

2. Générateur de Scénarios Économiques

- les produits et charges financières ;
- les prestations versées aux assurés : rachats, décès, revalorisations des contrats ;
- le Bénéfice ou perte Technique ;
- la participations aux bénéfices ;
- les produits financiers après les décisions (après les Participations aux Bénéfices) ;
- Etc.

Ces flux permettent de déterminer la projection des résultats futurs de l'assureur pour une réalisation de GSE donnée. Avec un ensemble de réalisations suffisantes, un modèle ALM apporte les informations quant à l'intérêt d'une nouvelle stratégie d'investissement ou la rentabilité future d'un produit. Il s'impose donc comme un outil indispensable d'aide à la décision pour une société d'Assurance-Vie.

Ci-dessous le schéma récapitulatif des principales étapes du processus ALM chez Predica.

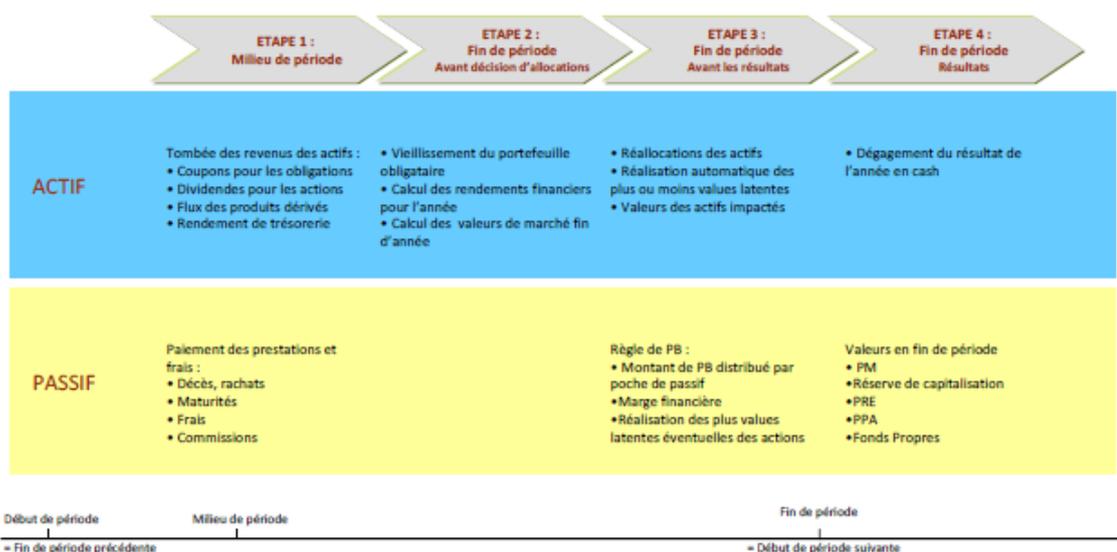


FIGURE 3.1 – Principales étapes du processus ALM chez PREDICA

Cette modélisation prospective prend en compte :

- les cash-flows liés aux contrats du passif et des produits financiers : la modélisation du passif et la valorisation des produits financiers ;
- la modélisation du comportement des assurés : lois d'expérience structurelles et lois postulées ;
- l'évolution des actifs financiers dans le temps : modèles de diffusion pour les sous-jacents financiers ;
- les règles de management de l'assureur : les investissements, les marges et la participation ; aux bénéfices, etc.

### 3.2.2 Limites de l'outil Prophet dans le cadre de l'étude de rentabilité de la garantie

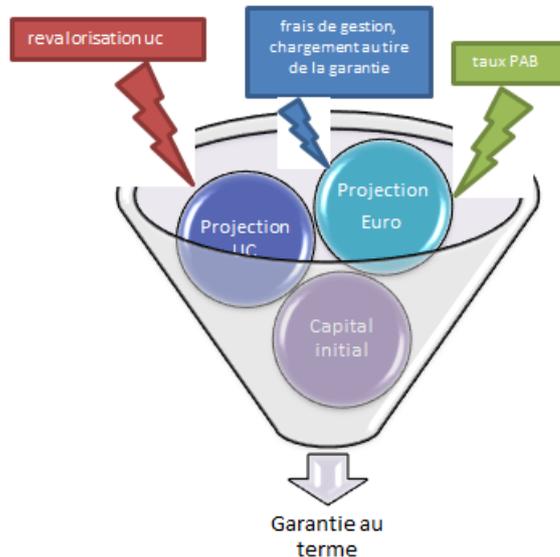
Le principal outil de modélisation Actif/Passif utilisé depuis environ deux ans par l'équipe Produit Épargne Retraite est *Prophet*.

Le logiciel Prophet est utilisé par de nombreuses sociétés d'assurance en tant que support pour le modèle ALM. Il permet de réaliser des projections déterministes et stochastiques :

- une projection déterministe correspond à la projection d'un unique scénario central ;
- une projection stochastique correspond à la projection de N réalisations du scénario central. En général N est compris entre 1000 et 5000.

Les limites actuelles de l'outil Prophet proviennent du fait que :

- Les projections des supports Euro et UC se font de manière séparées et cela constitue un problème pour l'étude car la garantie au terme exige une modélisation qui prend en compte l'appariement (la liaison) des flux au terme entre les deux supports ;
- Des éventuelles adaptations dans l'outil Prophet par les équipes modèles nécessitent un temps de développement non négligeable et risquerait d'impacter le timing assez restreint consacré à l'étude de la garantie.



⇒ Face à ces principales contraintes, le choix a été orienté vers la construction d'un outil simplifié sur VBA (*Visual Basic for Applications*) et qui répondrait aux attentes actuelles de l'équipe Produit : à savoir, se doter d'un outil de projection ALM fiable et permettant de réaliser l'étude.

### 3.3 Méthodologie adoptée pour la construction de l'outil ALM

Des travaux préliminaires sur la construction de l'outil avaient été entrepris mais ceux-ci comportaient plusieurs anomalies qui impactaient la fiabilité de l'outil. Ce sont à titre d'exemples : des incohérences dans la modélisation des actifs et des UC, des erreurs dans la modélisation de certains chocs S2, l'absence de modélisation stochastique, etc.

J'ai donc repris la construction du processus ALM en respectant les principales étapes du processus décrit ci-dessus et réalisé les principaux tests de cohérence des résultats.

De manière plus concrète, les différentes étapes de mon travail se résument ainsi :

- la construction et la fiabilisation des différentes fonctions et macros du processus ALM (vieillesse de l'actif, projection des flux des passifs, stratégie de ré-allocation, algorithme de PB, Réserve de Capitalisation, PRE, etc..);
- procéder à des runs en univers déterministe et vérification de la cohérence des comptes de résultats sur un produit monosupport Euro, UC uniquement puis multisupports suivis des tests de cohérence des différents chocs actifs et passifs ;
- implémentation de la garantie à travers l'ajout de flux additionnels liés à la garantie ;
- runs en stochastique pour un modèle avec et sans garantie sur un nombre de scénarii issus du Générateur de Scénario Economiques (GSE), tests d'écart de convergence ;
- détermination des BEL, VIF moyens en central puis des différents chocs ;
- détermination du SCR et analyse comparative des deux modèles (avec et sans garantie) ;

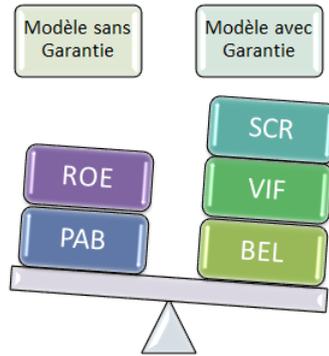
### 3.4 Définition d'une procédure d'indicateurs de rentabilité

De manière générale, quatre indicateurs sont utilisés dans l'évaluation de la rentabilité des produits chez Predica . Ils ont été choisis en cohérence avec le cadre d'appétence au risque de Predica. Ce sont :

1. la Value Of Inforce (VIF) qui correspond à la valeur actuelle des résultats futurs distribuables à l'actionnaire générés par le portefeuille de contrats de la société qui évolue en run-off (l'assureur ne souscrit pas de nouveaux contrats après la première année) ;
2. la PNB ( Profit New Business) qui représente la marge technique et financière ;
3. le RNPG (Résultat Net du Groupe) équivalent à la PNB diminué des frais généraux et de l'impôt sur les sociétés ;
4. le ROE ( Return on Equity ) ou retour des investissements sur fonds propres. Ce ratio est essentiel car il permet de connaître la rentabilité de l'investissement fait par l'actionnaire ;

5. la NBV (New Business Value) : c'est Valeur des affaires nouvelles et un indicateur de la profitabilité du New Business. Elle prend en compte la VIF (Value in Force) relative aux nouveaux contrats, c'est-à-dire les profits que généreront ces nouveaux contrats au cours de l'année (y compris les coûts d'acquisition).

Le principal objectif de l'analyse de rentabilité sous Solvabilité 2 de la garantie est de quantifier l'écart relatif en termes de richesse et de coût de capital entre **un modèle avec garantie** et un **modèle sans garantie**.



Dans ce mémoire, la comparaison entre les deux modèles est principalement faite par l'analyse des  $\Delta VIF$   $\Delta SCR$ .

Le calcul de ces différents indicateurs est détaillé dans la section 6.

# 4 Construction de l'outil simplifié

Cette étape a constitué le cœur de mes travaux opérationnels durant mon stage. L'objectif était de produire un outil simplifié à l'échelle de l'équipe Produit permettant de produire les comptes de résultats ainsi que les indicateurs de l'analyse de la rentabilité et de coût de capital pour ce type de garantie.

Cette section résume les hypothèses simplificatrices et les différents flux intervenant dans la construction de l'outil simplifié et nécessaire à l'aboutissement du calcul des indicateurs définis dans le chapitre précédent.

## 4.1 Données en entrée du modèle

### 4.1.1 Données d'Actifs

Le portefeuille d'actifs de PREDICA est constitué par des :

#### 1. Obligations

- obligations à taux fixe (Etat et Corporate),
- obligations à taux variable (Etat et Corporate),
- obligations indexées sur l'inflation (OATi),
- obligations structurées,

#### 2. Actions

- participations
- actions cotées zone euro, Etats-Unis, Japon,

#### 3. Immobilier

- immobilier physique,
- actions foncières,

#### 4. Opcvm taux

#### 5. Opcvm action

#### 6. Private Equity, Trésorerie, Dérivés ( Swaptions), etc.

La table d'actifs de Predica, au dernier trimestre de 2016 se compose majoritairement d'une allocation de 80% d'obligations (environ 2000 lignes d'obligations) et de 20% actions réparties suivant les cantons Crédit Agricole et LCL.

Obligations		Actions	
5,86%	HTM Taux fixe (Etat)	ACTIONS_EURO	5,57%
19,77%	AFS et TRADING Taux fixe (Etat)	IMMOBILIER	4,67%
1,17%	AFS Taux variable (Corporate)	OPCVM_TAUX	4,31%
0,64%	AFS OATi (Etat)	ALTERNATIF	0,76%
46,79%	AFS Taux fixe (Corporate)	PARTICIPATIONS	3,32%
1,70%	AFS Structurés PRE (Corporate)	PRIVATE_EQUITY	0,43%
0,12%	AFS Structurés hors PRE (Corporate)	ACTIONS_HORS_OCDE	0,47%
4,42%	AFS Covered bonds (Corporate)		

FIGURE 4.1 – Répartition de l'actif du canton Crédit Agricole de Predica

Pour construire l'outil simplifié, toutes les actions du canton Crédit Agricole ont été conservées et l'on a conservé uniquement les obligations à taux fixes gouvernementales et corporate (de maturité maximale de 10 ans) en respectant les allocations 80%/20% ainsi que celles issues de chaque classe d'actifs.

On également supposé aucune richesse latente à  $(t=0)$  : la valeur comptable des actifs était donc égale à la valeur de marché ( $FAV = MV$ )<sup>1</sup>. Ainsi on avait une  $FAV_{action} = 31\,760\,393\,857$  et une  $FAV_{obligation} = 1\,616\,576\,143$

#### 4.1.2 Générateur de Scénarios Economiques

Un GSE ou Générateur de Scénarios Economiques permet d'obtenir sur le long terme une projection de valeurs de marché des actifs financiers ainsi que des variables macroéconomiques. Les variables projetées par un GSE dépendent des types de contrats possédés par la compagnie d'assurance. Ce sont notamment :

- la courbe de taux;
- l'indice de l'inflation;
- le rendement des actions;
- le rendement de l'immobilier;
- Etc.

La table stochastique donne en colonne pour chaque simulation et pour chaque année de projection jusqu'à une date d'horizon fixée :

- la simulation;

1. FAV=valeur comptable;MV : Market Value ou valeur de marché

- la devise de l'économie considérée;
- la catégorie de l'indice simulée (EQUITY pour actions, INFLN pour inflation, etc.);
- La nature de l'indice simulé (ZCP pour le prix zéro-coupon, GTH-IDX pour le rendement sans dividende, etc.);
- La maturité de l'indice (0 pour les actions, etc.);
- La valeur de l'indice pour chaque pas de temps;

Les tables utilisées par Predica sont générées par le Générateur de Scénarios Economiques GSE Barrie Hibbert / Moody's. Celle utilisée pour l'étude de la rentabilité de la garantie a été calibrée sur les hypothèses du dernier trimestre de 2016.

Ci-dessous un extrait de la table de GSE au 31/12/2016 :

NAME	SIMULATION	ECONOMY	CLASS	MEASURE	TERM	2016	2017	2018	2019	2020
EQUITYRET_IDX0	1	EUR	EQUITY	RET_IDX	0	1	0,99828	0,99738065	0,99767263	1,0002713
EQUITYGTH_INDEX0	1	EUR	EQUITY	GTH_INDEX	0	1	0,99381632	0,98750929	0,98148063	0,9769394
EQUITYRNY_PC0	1	EUR	EQUITY	RNY_PC	0	0,35058639	0,44914594	0,54801452	0,64369521	0,72652719
ZCBPRICE1	1	EUR	ZCB	PRICE	1	1,00172296	1,00090172	0,99970734	0,99740203	0,99496583
ZCBPRICE2	1	EUR	ZCB	PRICE	2	1,00262623	1,00060879	0,99711013	0,99238093	0,98707881
ZCBPRICE3	1	EUR	ZCB	PRICE	3	1,0023328	0,99800924	0,9920905	0,98451441	0,97643467
ZCBPRICE4	1	EUR	ZCB	PRICE	4	0,99972877	0,99298509	0,98422628	0,97389792	0,9634027
ZCBPRICE5	1	EUR	ZCB	PRICE	5	0,99469596	0,98511377	0,9736129	0,96089981	0,94857374
ZCBPRICE6	1	EUR	ZCB	PRICE	6	0,98681109	0,97449082	0,9606186	0,94610937	0,93276561
ZCBPRICE7	1	EUR	ZCB	PRICE	7	0,97616983	0,9614848	0,94583248	0,93034231	0,91627808
ZCBPRICE8	1	EUR	ZCB	PRICE	8	0,9631414	0,94668535	0,93007004	0,91389762	0,89932341
ZCBPRICE9	1	EUR	ZCB	PRICE	9	0,94831646	0,93090869	0,91363016	0,896987	0,88221803
ZCBPRICE10	1	EUR	ZCB	PRICE	10	0,93251262	0,91445399	0,89672448	0,87992606	0,86566276

FIGURE 4.2 – Extrait de la table de GSE calibré au 31/12/2016

### 4.1.3 Les Fonds Propres et autres Passifs

- Conformément à l'approche stand-alone, les réserves initiales et les Fonds Propres sont nuls à t=0.

Les autres réserves et passifs se composent de :

- La Réserve de Capitalisation « RC » : en cas de ventes des titres R. 332-19<sup>2</sup>, les plus et moins-values réalisées viennent augmenter ou diminuer la réserve de capitalisation. Les obligations à taux variable ne sont pas concernées.
- la Provision pour Participation aux Excédents « PPE » : cette provision appartient aux assurés. Elle permet de lisser la rémunération des contrats, de piloter l'activité en fonction des contraintes commerciales (taux servis par la concurrence) et des contraintes réglementaires (redistribution sous 8 ans).

2. actifs R.332-19 : les obligations d'état à taux fixe, les obligations d'État à taux variable, les OATi, les obligations corporate à taux fixe

- La Provision pour Risque d'exigibilité « PRE » : si l'ensemble des actifs R. 332-20<sup>3</sup> est en moins-value latente nettes globales, au bilan, la PRE est dotée au tiers. La charge peut-être étalée au compte de résultat sur 8 ans.

Ces provisions sont calculées dans le modèle pour toutes les années de projection.

#### 4.1.4 Données initiales en stock de contrat

A  $t=0$ , c'est à dire à la date d'évaluation, les seules données issues des comptes sont : les provisions mathématiques issues des comptes du périmètre modélisé, le nombre de polices du périmètre modélisé. Ce sont les seules données renseignées qui permettent l'initialisation du stock de passif pour les projections. En général ces informations sur les contrats sont regroupées sous forme de *models points*<sup>4</sup>

Pour la construction de l'outil simplifié, un prototype de produit multisupports correspondant à la vision de la garantie a été choisi : il s'agit du produit multisupports Haut de gamme : *Floriane*, dont les caractéristiques en fin d'année 2016 se résument dans le tableau ci-dessous :

Nombre d'adhésions	Age moyen	PM €	PM UC	PM Totale
58613	51	1 406 240 755,08	602 674 609,32	2 008 915 364,40

FIGURE 4.3 – Hypothèses de collecte du produit multisupports Florianne en fin 2016

Pour rappel, un contrat multisupports correspond à un mélange entre un contrat euro et un contrat UC. Le souscripteur en général choisit le type d'unité de compte ainsi que sa proportion en fonction du risque qu'il est prêt à prendre et en fonction de la liquidité souhaité.

Dans le cas de l'étude de la garantie, la répartition 70%/30% entre l'Euro et l'UC est imposée. Par ailleurs, le périmètre de l'UC s'est articulé autour des supports en unité de compte de type *action* suivant l'indice *Eurostoxx*.

Ainsi en hypothèse, l'âge moyen des assurés à  $t = 0$  est de 51 ans avec une PM<sup>5</sup> totale de près de 2,008 millions d'euros.

3. actifs R 332-20 : actions, immobilier, opcvvm

4. groupe homogène de contrat

5. Provision Mathématique

### 4.1.5 Calage en $t=0$ : adéquation entre l' Actif et le Passif

Dans ce modèle ALM, les actifs implémentés correspondent à 100% du périmètre d'actifs du canton Crédit Agricole Assurances. Ces actifs sont adossés également pour les produits de prévoyance (assurance décès, dépendance et incapacité / invalidité) qui n'interviennent pas dans notre PM Floriane. L'actif pris en compte dans le modèle ALM ne représente donc pas 100% de notre passif. Un coefficient doit donc être appliqué à l'actif afin d'obtenir l'adéquation des valeurs comptables actif et passif calculées par le modèle en début de projection. Ce coefficient est obtenu par la relation suivante :

$$PM_{totale} = FAV_{obligations} + \alpha FAV_{actions} \quad (4.1)$$

$$\rightarrow \alpha = \frac{PM_{totale} - FAV_{obligations}}{FAV_{actions}} \quad (4.2)$$

On obtient donc un coefficient  $\alpha = 0,01235$  qui sera appliqué à chaque ligne d'actions afin d'avoir en  $t=0$   $PM_{initiale} = FAV_{actif} = MV_{actif}$

## 4.2 Modélisation de l'Actif

### 4.2.1 Modélisation des actifs de type actions

La modélisation de ces actifs repose sur la table d'inputs. Elle est en lien avec la table stochastique. Trois grandeurs sont usuellement simulées :

- le taux de distribution des dividendes ;
- Le taux de rendement total de l'indice (performance financière et dividende) ;
- Le taux de rendement financier de l'indice hors dividende.

Les principaux indices de revalorisation des actifs ainsi que l'évolution des taux sont répertoriés dans les tables de scénarios économiques : une avec un scénario central déterministe pour l'approche déterministe et une autre regroupant les valeurs sur plusieurs scénarios.

La liste des modèles de diffusion des actions et des taux modélisées dans le GSE sont à titre d'exemple :

- le Stochastic Volatility Jump Diffusion Model (SVJD) pour les ACTIONS-EUR
- le modèle Log-normal à volatilité constante pour l'actif immobilier
- le Libor Market Model à Volatilité Stochastique (LMM+) pour les taux nominaux.

L'indice action retenu comme traduisant le mieux l'exposition diversifiée du portefeuille de PREDICA est l'*Euro Stoxx 50*.

Les trois grandeurs simulées dans le GSE Barrie Hibbert / Moody's sont définies par :

- le rendement des dividendes que nous noterons  $y(t)$  ;

- le rendement total de l'indice action (performance financière et dividende) :  $w(t)$ ;
- les dividendes :  $d(t)$ .

On déduit l'indice correspondant au taux de rendement et le taux dividende, soit :

$$\begin{aligned} indice(t) &= \frac{w(t)}{w(t-1)} \\ dividende &= \frac{d(t)}{100} \end{aligned}$$

Pour chaque année de projection, la valeur de marché  $MV$  est alors calculée en multipliant la valeur de marché de la période précédente, par le taux de rendement de l'indice de référence de l'année considérée. La valeur de marché initiale étant celle renseignée en input du modèle. Ainsi nous avons :

$$MV(t) = (indice(t) - dividende(t)) \times MV(t-1)$$

#### 4.2.2 Modélisation des obligations

Pour l'ensemble de nos obligations le modèle permet de projeter :

- les versements de coupons;
- les variations de coupons courus et les remboursements.

Il permet également de calculer en fin d'année de projection :

- les stocks suivants les valeurs de marché et comptables;
- les coupons courus.

Pour les obligations à taux fixes et pour chaque année de projection jusqu'à la maturité du segment, le montant de coupon versé est calculé. Le remboursement s'effectue en année de maturité et correspond au nominal à l'émission. La valeur de marché est calculée à chaque fin d'année de projection à partir de l'échéancier de coupons et de remboursement et à partir de la courbe de taux de référence qui est la courbe de taux nominaux zéro-coupon swap pour les obligations à taux fixes.

#### Notations

Posons :

$$B(0, t) = \frac{1}{(1 + R(0, t))^t}$$

$B(0, t)$  est le prix de marché à la date 0 d'une obligation zéro-coupon délivrant 1 euro à la date t.  $B(0, t)$  est aussi appelé le facteur d'actualisation en 0 pour la maturité t.

$R(0, t)$  est le taux de rendement en 0 de l'obligation zéro-coupon délivrant 1 euro en  $t$ . On appelle aussi  $R(0, t)$  le taux zéro-coupon en 0 de maturité. Le taux de rendement à maturité et le taux zéro-coupon sont identiques pour des obligations zéro coupon. De la même façon, on a :

$R(t, T)$ , le taux de rendement de l'obligation zéro-coupon d'échéance  $T$  ou le taux zéro-coupon en  $t$  d'échéance  $T$  avec  $T > t$ ,

$B(t, T)$  est le prix de l'obligation zéro-coupon rapportant 1 euro en  $T$  avec :

$$B(t, T) = \frac{1}{(1 + R(t, T - t))^{T-t}}$$

Le taux zéro-coupon est un taux implicite qui se déduit des prix zéro-coupons :

$$R(t, T - t) = \left[ \frac{1}{B(t, T)} \right]^{T-t} - 1$$

Ainsi, pour valoriser une obligation, il suffit donc de connaître les taux zéro-coupon associés aux maturités de chacun des flux de l'obligation. Dans le modèle ALM,  $B(t, T)$  désignant les prix zéro coupon sont directement renseignés en input dans le GSE. Le pas de projection est annuel.

La valeur de marché d'une obligation à une date donnée est définie par la somme des cash flows futurs actualisés (les coupons et le nominal) avec la courbe des taux adéquate. Dans un premier temps le coefficient de risque neutralisation  $\alpha$  est calculé via la méthode de risque neutralisation.

### Méthode de Risque neutralisation : calage des obligations

Dans la table des obligations ou "ASSET-BONDS" sont renseignées les principales caractéristiques des obligations sous forme agrégée du portefeuille de Predica. La valeur de marché en  $t = 0$  est donnée par segment obligataire. Un premier calcul est effectué pour récupérer les prix obtenus par le modèle en  $t = 0$  de ces obligations. Les montants des coupons sont ensuite ajustés afin que le modèle réplique les prix de marché en input de cette table.

La « risque neutralisation » s'obtient donc par un ajustement des coupons (y compris remboursement), la valeur de marché étant calculée à partir de l'échéancier de coupons des segments obligataires. Le détail de calcul de ce ratio est défini de la manière suivante :

Soit  $MV_i(0)$  la valeur de marché de l'obligation  $i$  à la date  $t=0$  et lue dans la table "ASSETS-BONDS". C'est la valeur de marché de référence. Soit  $MV_i^{init-ALM}(0)$  le prix donné par le

modèle ALM de l'obligation  $i$  à la date 0 avec les coupons et le capital à échéance donnés dans la table obligataire.

Le coefficient de risque neutralisation  $\alpha$  est donc défini comme suit :

$$\alpha = \frac{MV_I(0)}{MV_i^{init-ALM}(0)}$$

### Détermination de la valeur de marché

Soit :

$$MV_i^{init-ALM}(0) = \sum_{t=1}^T \frac{Coupons(t)}{(1 + R(t, T))^{T-t}} + Nominal \times B(0, T)$$

Avec :

$$Coupons(t) = Taux - coupons \times Nominal$$

## 4.3 Modélisation des flux du passif

L'alimentation du passif se fait via une table de paramétrage et d'hypothèses qui permet de donner les flux futurs générés par le *run-off* du stock de contrats et l'écoulement des provisions mathématiques de ces contrats. Sont ainsi générés :

- Les flux futurs sortants générés par le run-off du stock de contrats et fonction de provisions mathématiques : les prestations décès, les rachats totaux ;
- Les flux futurs de frais générés par la gestion du stock de contrats : frais généraux, commissions d'acquisition sur les primes, frais d'acquisition ;
- L'écoulement du stock de provisions mathématiques ;
- L'évolution du nombre de police ;
- Etc.

Pour l'étude de la garantie, plusieurs hypothèses ont été retenues.

### Hypothèses sur la projection du passif et le comportement de l'assuré

- Le modèle a été basé sur une projection en supposant une année d'affaire nouvelle en fin d'année 2016 avec un début de projection en 2017 : cette situation peut être assimilée à une projection du stock de contrats, situation dénommée "run-off".
- La projection se fait à pas de temps annuel et sur 8 ans, conformément à la durée de la garantie proposée avec un répartition (70 %, 30%) entre l'Euro et l'UC.
- Aucune hypothèse de TMG et aucune option d'arbitrage avant la maturité du contrat.

- Les lois de rachats structurels sont celles issues des tables de l'année 2016, il y a également absence de rachat partiel.
- L'hypothèse de sortie envisagée est le rachat au terme.<sup>6</sup>

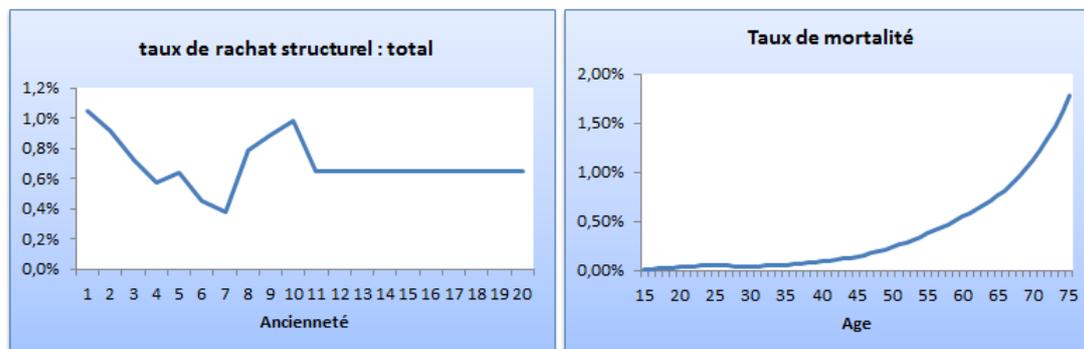


FIGURE 4.4 – Hypothèses de mortalité et de rachat total en fin d'année 2016.

Ci-dessus, les taux de mortalité et de rachat total issus des lois en fin 2016 sur le portefeuille Épargne de Predica. Le taux de mortalité (respectivement de rachat total) en début de projection pour l'assuré moyen de 51 ans est d'environ 0.26% (resp. 1.1%).

La liste des hypothèses techniques concernant les frais de gestion, de commissions, rétrocessions, prélèvements sociaux, taux servi initial et les principaux paramétrages utilisés pour l'écoulement du passif et des interactions se trouve en annexes.

La provision mathématique d'une année  $t$  est constituée à ce stade par la différence entre la provision mathématique d'ouverture et les prestations.

Le montant des provisions mathématiques est revalorisé au taux servi afin obtenir le montant de la provision mathématique de l'année suivante.

## 4.4 Interactions actif-passif

Cette étape regroupe :

- la stratégie de ré-allocation des flux en respectant l'allocation stratégique et les taux maximums de détention et de vente d'actif;
- la détermination des Réserves de capitalisation (RC) et des Provisions pour risques d'exigibilité;
- les rachats dynamiques;

6. Des hypothèses de reconduction du contrat ou un arbitrage au terme pourraient être envisagées mais elles risqueraient d'intensifier la complexité de la construction de l'outil

- le déroulement de l'algorithme de taux servis dont le processus est décrit en annexes ;
- enfin l'adossement Actif-Passif afin d'équilibrer le bilan.

### 1- Stratégie financière : l'allocation de l'actif au sein du modèle

Le portefeuille d'achat/vente d'actifs du modèle ALM permet de piloter la structure du portefeuille d'actif. Ainsi pour chaque type d'actif, une proportion cible des actifs en valeurs de marché est définie : cette allocation cible correspond à la structure réelle du portefeuille au 31/12/2016 et agrégé selon les catégories Actions, Obligations, Trésorerie. La proportion cible des actifs est renseignée en input dans une table. Elle est fixe sur toute la durée de projection.

ACTIFS	STRATEGY	ALLOCATION
Action_EURO	SELL_PROP	5,57%
Immobilier	SELL_PROP	4,67%
OPCVM taux	SELL_PROP	4,31%
Alternatif	SELL_PROP	0,76%
Participations	SELL_PROP	3,32%
Private Equity	SELL_PROP	0,43%
Actions hors OCDE	SELL_PROP	0,47%
Obligation taux fixe Etat	SELL_PROP	27,44%
Obligation taux fixe corporate	SELL_PROP	53,02%

FIGURE 4.5 – Allocation cible des actifs

Tout d'abord, pour chaque fin de période et pour chacune des catégories de titres sont calculés :

- la valeur de marché des titres ;
- la valeur comptable des titres ;
- les plus-values latentes observées sur les titres en fin de période ;
- les flux (coupons, intérêts, dividendes, remboursements) propres à chaque titre, les plus values réalisées sur les titres.

Ensuite, après la phase de projection des flux de passifs et du vieillissement de l'actif, le flux net de l'année est déterminé.

Ce flux est constitué de la différence entre les flux entrants ( coupons et remboursements titres obligataires, dividendes des actifs) et les flux sortants (prestations décès , rachats, frais et commissions,prélèvements sociaux ) et du solde du compte de trésorerie existant en fin d'année précédente.

Le flux net ainsi obtenu, considéré comme un flux de trésorerie, est alors capitalisé au taux swap 1 an .

La stratégie de ré-allocation implémentée dans le modèle ALM s'effectue en deux étapes :

- le désinvestissement des catégories actions si un dépassement du taux de détention maximal, dans la limite du taux de vente maximal défini, est constaté;
- le respect de l'allocation stratégique fixée dans la politique financière.

La politique financière comporte des règles d'investissement sur les obligations. En effet, les investissements obligataires sont construits à partir d'un portefeuille dont le profil en termes de composition est constant dans le temps, les maturités d'investissement peuvent suivre différentes règles, les coupons étant déterminés au pair.

On distingue deux stratégies dans cette phase d'allocation des actifs :

- "run-off" : aucun mouvement n'est fait sur l'actif concerné pendant cette phase.
- "sell-prop" : des achats / ventes proportionnels sont réalisés pour l'actif concerné.

Une allocation cible est fixée à chaque pas de temps. Dans un premier temps, les actifs sont agrégés par catégorie, puis la valeur de marché du portefeuille est calculée :

$$MV_{total1}(t) = Cash(t) + MV_{BONDS}(t) + MV_{Actions}(t)$$

où :

$$Cash(t) = Cash(t-1) \times (1 + \text{taux}_{1an}) + Dividendes + Coupons + Remboursements$$

Si la Stratégie d'allocation est « achat/vente » alors : pour chaque actif  $i$ , on applique l'allocation cible à la valeur du portefeuille initiale  $VM_{total1}$

$$MV_{actif} = \text{allocation}_{cible} \times MV_{total1}(t)$$

Sinon c'est-à-dire dans le cas où la stratégie est "run - off", la valeur de marché de l'actif  $i$  reste égale à sa valeur initiale.

Une nouvelle valeur du portefeuille est alors calculée compte tenu de l'allocation cible mise en place :

$$MV_{total2}(t) = \sum_{actifs} MV_{actifs}$$

Le montant total restant à investir est déterminé comme la différence entre  $MV_{total1}$  et  $MV_{total2}$ .

**Ré-allocation du montant total restant à investir :**

Tant que qu'il reste un montant total restant à investir, celui-ci est ré-alloué conformément à la stratégie cible définie. Dans l'outil, la valeur 0.0000001 est prise comme seuil au-delà duquel le montant restant à investir est ré-alloué :

Si la stratégie d'allocation définie est *sell-prop* alors : pour chaque actif  $i$ , on applique l'allocation cible au montant total restant à investir. Ce dernier montant est ajouté à la valeur de marché calculée initialement pour générer une nouvelle valeur de marché de l'actif  $i$ .

Si la stratégie d'allocation définie est *run-off* alors : les stratégies *run-off* ne sont pas concernées par la ré-allocation du montant total restant à investir. La valeur de marché de l'actif  $i$  reste encore égale à sa valeur initiale.

Compte-tenu de la ré-allocation du montant restant à investir dans la première phase du calcul, une nouvelle valeur du portefeuille est évaluée et on applique les précédentes étapes.

On notera respectivement dans la suite :  $VM_{BD}$  ( resp.  $VM_{AD}$  ) les valeurs de marchés « Before Decision » (resp « After Decision » ).

### Détermination des valeurs comptables

La valeur comptables des actifs de la catégorie actions après application de la stratégie cible dépend du niveau de la valeur de marché de l'actif avant et après application de la stratégie cible. Pour un actif donné de la catégorie Equity :

$$FAV_{AD}^{actions} = \begin{cases} FAV_{BD} \times \frac{VM_{AD}}{VM_{BD}} & \text{si } VM_{BD} > VM_{AD} \\ FAV_{BD} + VM_{AD} - VM_{BD} & \text{sinon} \end{cases}$$

Pour chaque obligation, la valeur comptable, de marché, le nominal et la valeur de remboursement sont évaluées différemment selon que total des achats/ventes est négatif et la valeur de marché de l'obligation avant application de la stratégie cible est positif.

### Plus ou moins-value Réalisées (PMVR) sur la catégorie Action

Les ventes de titres génèrent des plus ou moins-values réalisées (PMVR) qui sont calculées dans l'outil lorsque, pour un actif donné, la valeur de marché de l'actif après application de l'allocation cible est inférieure à sa valeur de marché initiale. Dans ce cas :

$$PMVR = VM_{vente} - FAV_{vente}$$

Avec :

-  $VM_{vente}$  qui représente l'écart entre la valeur de marché de l'actif avant et après application de l'allocation cible ;

-  $FAV_{vente}$  : l'écart entre la valeur comptable de l'actif avant et après application de l'allocation cible.

Les plus ou moins-value réalisées (PMVR) vont ensuite être ajoutées aux produits financiers.

### **Dotation de la réserve de capitalisation (RC).**

La réserve de capitalisation est alimentée par les plus-values réalisées sur les actifs obligataires et reprise symétriquement uniquement en cas de réalisation de moins-values sur ce type d'actifs. L'outil compare, pour chaque actif, les valeurs de marché avant et après l'application de la stratégie cible.

- Si  $MV_{BD} < MV_{AD}$ , alors la réserve de capitalisation est nulle

- Sinon la réserve de capitalisation est calculée comme suit :

$$RC(t) = (MV_{BD} - MV_{AD}) \times \text{taux}_{PVMR}(t)$$

Avec  $\text{taux}_{PVMR}(t) = 1 - \frac{FAV_{BD}^{bonds}}{MV_{BD}^{bonds}}$  : le taux de plus ou moins-value réalisée.

### **La Provision pour Risque d'exigibilité (PRE)**

A la fin de chaque exercice, une Provision pour Risque d'Exigibilité (PRE) est constituée si les placements (hors bonds) sont dans une situation de moins-value latente globale. Ainsi, les moins-values latentes (MVL) sont, dans un premier temps, calculées pour chacun des actifs de la catégorie Equity.

$$MVL(\text{actifs}_i) = \text{Max}(0; FAV(\text{actifs}_i) - MV(\text{actifs}_i))$$

où FAV et MV désignant respectivement la valeur comptable et la valeur de marché des actifs de la catégorie Equity après application de la stratégie. Ces variables sont modélisées dans la partie relative à l'application des stratégies et allocation d'actifs.

La Provision Pour Risque d'Exigibilité de la période de référence est une fonction de la PRE de la période précédente et de la MVL. La PRE est évaluée globalement et est dotée au tiers sans pour autant qu'elle ne dépasse la moins-value latente globale.

$$PRE(t) = \text{Min}(PRE(t-1) + \frac{MVL}{3}; MVL(t))$$

Les mouvements sur le stock de PRE en fin d'année et les produits financiers générés par cette provision sont pris en compte dans la projection du résultat et dans le compte de

participation aux bénéfiques. En fin de projection, la PRE résiduelle est affectée à 100% à l'actionnaire c'est à dire intégrée dans la VIF.

La constitution des dotations/reprises à la PRE est réalisée en fin d'année avant la réalisation de la règle de PAB et avant l'adéquation Actif-Passif.

### **Stratégie de Participation aux Bénéfices (PAB)**

L'algorithme de la stratégie de PAB implémenté dans le modèle ALM pour l'étude de rentabilité de notre garantie concerne uniquement le support euro et se résume par les étapes suivantes :

1. **Réalisation des plus-values latentes de la catégorie actions.**
2. **Calcul de la PRE.**
3. **Calcul des produits financiers de l'année.**
4. **Calcul des taux cibles niveau poche :**
  - (a) Détermination du taux cible comme le taux servi l'année précédente,
  - (b) Ajustement du taux cible en fonction de l'évolution du TME,
  - (c) Réduction du taux cible si la richesse latente insuffisante,
5. **Calcul des marges.**
6. **Calcul des taux servis.**
7. **Calcul des dotations à la PPE.**

### **Détermination des produits financiers**

Les produits financiers (PFI) dans l'outil sont constitués :

- des dividendes actions ;
- des tombées de coupons et remboursements des titres obligataires ;
- Des plus ou moins-values latentes réalisées sur les actifs de la catégorie action ;
- des variations de la réserve de capitalisation et de la PRE

Soit

$$PFI(t) = Dividendes(t) + Coupons(t) + Remboursements(t) + PMVR(t) - \Delta PRE(t) - \Delta RC(t)$$

Avec :

$$\Delta PRE(t) = PRE(t) - PRE(t - 1)$$

$$\Delta RC(t) = RC(t) - RC(t - 1)$$

Ces produits financiers constituent les produits financiers initiaux à l'algorithme de PAB .

### Détermination de la marge de l'assureur.

La marge financière de l'assureur est la somme de la marge sur encours et de la marge liée aux produits financiers. Tout d'abord, on définit le taux de produits financiers ( $\tau_{PFI}$  tel que :

$$\tau_{PFI} = \text{Max}(85\%; (100\% - \tau_{PFI}^{max}))$$

où  $\tau_{PFI}^{max}$  est le pourcentage maximum de produits financiers conservé par l'assureur.

Ensuite la marge cible ( $marge_{cible}^{assureur}$  de l'assureur se définit comme suit :

$$marge_{cible}^{assureur}(t) = \begin{cases} \frac{(1-\tau_{PFI}) * PFI(t) + \tau_{gestion}^{euro} * PM_{remunerable}(t)}{PM_{remunerable}(t)} & \text{si } PFI(t) > 0 \\ \frac{+ \tau_{gestion}^{euro} * PM_{remunerable}(t)}{PM_{remunerable}(t)} & \text{sinon} \end{cases}$$

Avec :

- $\tau_{gestion}^{euro}$  : le taux de frais de gestion du support Euro ;
- $PM_{remunerable} = PM - Prestations$  : la provision mathématique du support euro avant la stratégie de PAB.

On en déduit ensuite les produits financiers disponibles qui vont servir au calcul des taux servis et à la dotation de la PPE.

$$PFI_{dispo}(t) = PFI(t) - marge_{cible}^{assureur}(t) * PM_{remunerable}(t)$$

### Détermination des taux servis et dotation de la PPE

Soit  $Taux_{servi}^{init}(t) = \frac{PFI_{dispo}(t)}{PM_{remunerable}(t)}$

Deux niveaux de « besoin » sont définis correspondant respectivement au différentiel entre les taux contractuels et les taux servis et au différentiel entre les taux cibles et les taux servis :

$$Besoin^1(t) = \text{Max}((Taux_{cible}(t) - Taux_{servi}^{init1}(t)) * PM_{remunerable}(t); 0)$$

#### Etape1

Si le taux servi est suffisant et si le  $Besoin = 0$  alors :

$$Taux_{servi}(t) = Taux_{cible}(t)$$

$$Taux_{PPE}(t) = Taux_{servi}(t) = Taux_{cible}(t)$$

$$\Delta PPE(t) = \text{Taux}_{PPE}(t) * PM_{remunerable}(t)$$

Et la dotation de PPE est telle que :

$$PPE(t) = PPE(t - 1) + \Delta PPE(t)$$

Avec  $PPE(0) = 0$  par hypothèse.

### Etape 2 : utilisation de la PPE pour satisfaire le taux cible

Si le taux servi n'est pas suffisant et que le  $Besoin > 0$  alors : une reprise de PPE est effectuée dans la limite du maximum qui est de 33.33% par hypothèse.

$$\Delta PPE(t) = -\text{Application.Min}(Besoin(t), 33.33\% * PPE(t - 1))$$

Les produits financiers, le taux servi et le nouveau besoin sont à nouveau déterminés par les relations suivantes :

$$PFI_{dispo}(t) = PFI_{dispo}(t) - \Delta PPE(t)$$

$$\tau_{servi}^{init2}(t) = \frac{PFI_{dispo}(t)}{PM_{remunerable}(t)}$$

$$Besoin^2(t) = \text{Max}((\text{Taux}_{cible}(t) - \text{Taux}_{servi}^{init2}(t)) * PM_{remunerable}(t); 0)$$

Si le  $Besoin^2 = 0$  alors

$$\tau_{servi}(t) = \tau_{cible}(t)$$

### Etape 3 : réalisation des PVL sur les actifs de types Equity par la vente dans la limite fixée

La plus-value maximale ( $PVR^{max}$ ) disponible est calculée :

$$PVR^{max}(t) = \sum_{actions} 16,67\% * \text{Max}((MV - FAV), 0)$$

Dans le cas où la plus-value maximale est supérieure au  $Besoin^2$ , un coefficient de vente est calculé et est utilisé dans le calcul d'une nouvelle plus-value totale :

$$\beta^{vente} = \frac{Besoin^2(t)}{16.67\% * PVR^{max}(t)}$$

$$PVR^{totale}(t) = \sum_{actions} \beta^{vente} * Max((MV - FAV), 0)$$

Cette plus-value totale est rajoutée au montant des produits financiers disponible et on déduit le nouveau taux servi.

Soit :

$$PFI_{dispo}(t) = PFI_{dispo}(t) + PVR^{totale}(t)$$

$$\tau_{servi}^{init3} = \frac{PFI_{dispo}(t)}{PM_{remunerable}}(t)$$

$$\tau_{servi} = Max(\tau_{servi}^{init3}, 0)$$

Les valeurs de marché et comptable sont à nouveau recalculées après la réalisation des plus-values.

Après l'application de la stratégie de PAB, la provision mathématique du support Euro est mise à jour avec les produits distribués à ce titre. Soit :

$$PM_{after-PB}(t) = PM_{before-PB}(t) * (1 + \tau_{servi}(t))$$

### Détermination du compte de Participation Minimale (PB MIN)

La spécification du compte de participation aux bénéfices a pour objectif de déterminer le montant de participation aux bénéfices attribué au stock de contrats en vigueur à chaque pas de projection. Ce montant dépend de :

- la politique de participation aux bénéfices cible définie par l'assureur ;
- l'application des clauses de participations aux bénéfices contractuelles et ou réglementaires ;
- des ressources disponibles à l'actif (PMVL) et au passif (PPE).

La calcul du compte de PB minimal est défini comme suit :

Si l'on pose :

$$Compte_{PB}(t) = \frac{PFI_{totale}(t)}{VM_{totale}(t)} * PM^{moy}(t) + \Delta PRE(t)$$

alors :

$$Compte_{PB}^{min}(t) = Max(0; Compte_{PB}(t) - Total_{PB}^{dist}(t))$$

où :

- $PM^{moy}(t) = \frac{PM(t)+PM(t-1)}{2}$  : la provision mathématique moyenne.
- $Total_{PB}^{dist}(t)$  représente le montant total de produits financiers distribué.

## Les rachats dynamiques

La loi de rachats conjoncturels (s'appliquant uniquement sur le support Euro) en entrée du modèle ALM, est une loi discontinue établie sur les principes de l'exercice réglementaire QIS 5 : les taux de rachat sont des fonctions linéaires par morceaux qui dépendent de l'écart entre les taux de marché, le taux de swap 10 ans, et le taux de revalorisation. La loi modélisant les rachats conjoncturels ne peut pas se calibrer directement sur des données observées. C'est une loi postulée traduisant le comportement des assurés par rapport à un contexte de marché particulier.

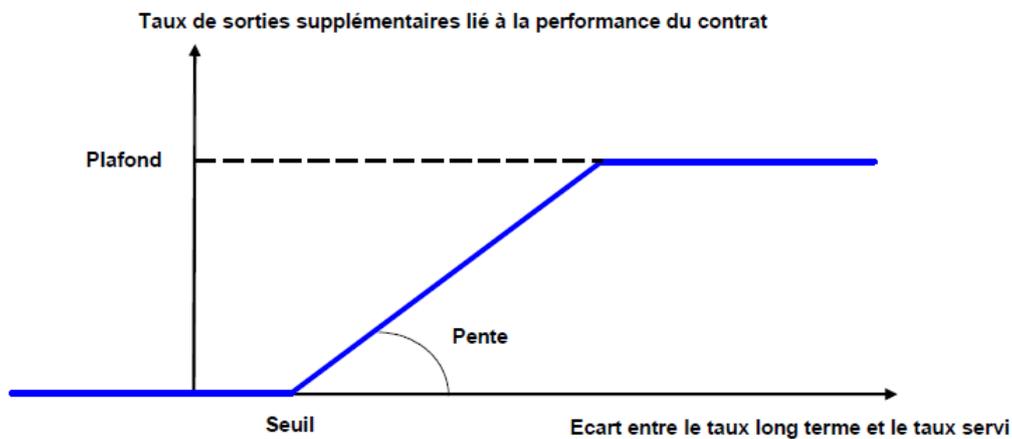


FIGURE 4.6 – Graphique d'une loi de rachat conjoncturel

Le taux de rachat est ainsi déterminé :

$$\tau_{rachat} = \min(R_{max}; \alpha * \max(0; \tau_{ref} - revalo - Seuil))$$

Avec :

- $R_{max}$  : le taux maximum de rachat conjoncturel ;
- $\tau_{ref}$  = le taux zéro coupon 10 ans de la courbe réglementaire ;
- $\alpha$  : la pente de la droite ;
- $revalo$  : le taux de revalorisation ;
- $Seuil$  : le seuil de déclenchement qui compare l'écart entre le taux de référence et le taux servi.

Pour un contrat Predica Haut de Gamme, les paramètres de la fonction sont  $R_{max} = 8\%$ ,  $Seuil = 0\%$  et  $\alpha = 3.5\%$

## Adéquation Actif/ Passif

La dernière étape concernant les interactions actif/passif est l'adossement actif/passif. Cette étape consiste à calculer le différentiel entre la valeur du passif et la valeur comptable des actifs (Cash Flow Matching). Le cash est défini comme l'actif résiduel ou l'actif pour cette étape, le différentiel ainsi calculé est ajouté au cash et va donc impacter le montant du cash dans la phase de réallocation des actifs.

On a :

$$Valeur_{actif}(t) = FAV_{action}(t) + FAV_{bonds}(t)$$

$$Valeur_{passif}(t) = PM_{Euro}(t) + PM_{UC}(t) + PPE(t) + PRE(t) + RC(t)$$

Le cash après adossement actif/passif est donc :

$$Cash_{AprsAdossement}(t) = Cash(t-1) + (Valeur_{passif}(t) - Valeur_{actif}(t))$$

## 4.5 Implémentation de la garantie dans l'outil

L'application de la garantie au sein de l'outil est effectuée via l'ajout de deux principaux flux :

- un chargement au titre de la garantie ;
- le versement d'une prestation à maturité dans le cas où la provision mathématique totale de clôture est inférieure au montant garanti.

Le taux de chargement ( $\tau_{charg}^{gar}$ ) au titre de la garantie représente un tarif annuel qui sera prélevé sur l'encours de l'assuré en plus des frais de gestion afin de couvrir la garantie au terme. Il constitue un paramètre à la modélisation et sera évalué en univers risque neutre de part l'hypothèse de risque neutralisation appliquée dans le modèle ALM (cf chapitre 5)

Au terme (à la date T), les provisions mathématiques de clôture pour le support Euro, UC ainsi que la PM totale sont déterminées par les formules suivantes :

$$PM_{Euro}(T) = (PM_{euro}(T-1) - Total_{presta}^{euro}(T)) * (1 + \tau_{servi} - \tau_{charg}^{gar} - \tau_{ges}^{euro}) + PB_{sortie}(T)$$

$$PM_{UC}(T) = (PM_{UC}(T-1) - Total_{presta}^{UC}(T)) * (1 - \tau_{charg}^{gar} - \tau_{ges}^{UC} + \tau_{UC}^{revalo})$$

Avec :

- $PB_{sortie} = Prestations * (1 + \tau_{servi})$  correspond à la somme de la PB en cas de décès et de rachats totaux.
- $\tau_{UC}^{revalo}(T) = \frac{w(T)}{w(T-1)} - 1$ , représente le taux de revalorisation de l'UC obtenu à partir des rendements issus du GSE.

Ensuite la prestation versée au titre de la garantie a été déduite en comparant la PM à la valeur du montant de garanti au terme . Ainsi au terme l'expression de la prestation eu titre de la garantie s'exprime comme suit :

$$Presta_{garantie}(T) = Max(Montant_{garantie} - (PM_{Euro}(T) + PM_{UC}(T)); 0)$$

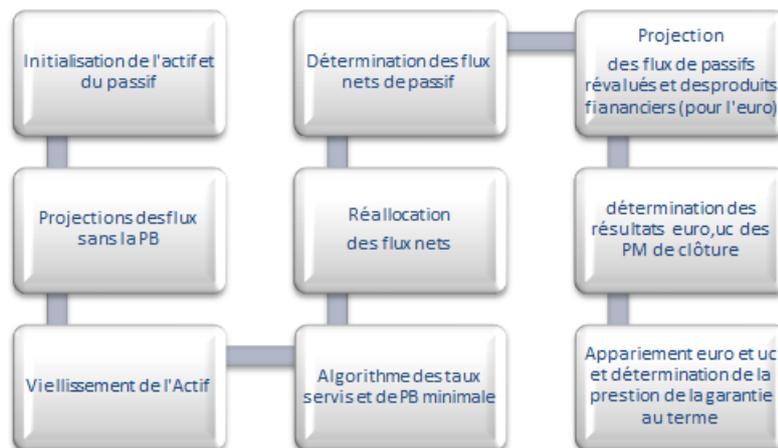
Avec le montant de la garantie au terme équivalent au produit entre :

- la somme de la provision mathématique unitaire (à T=0) de l'Euro et l'UC
- et le nombre de polices au terme.

$$Montant_{garantie} = (PM_{Euro}^{unit} + PM_{UC}^{unit}) \times Nombre_{polices}(T)^8$$

## 4.6 Structure générale de l'étude de la rentabilité

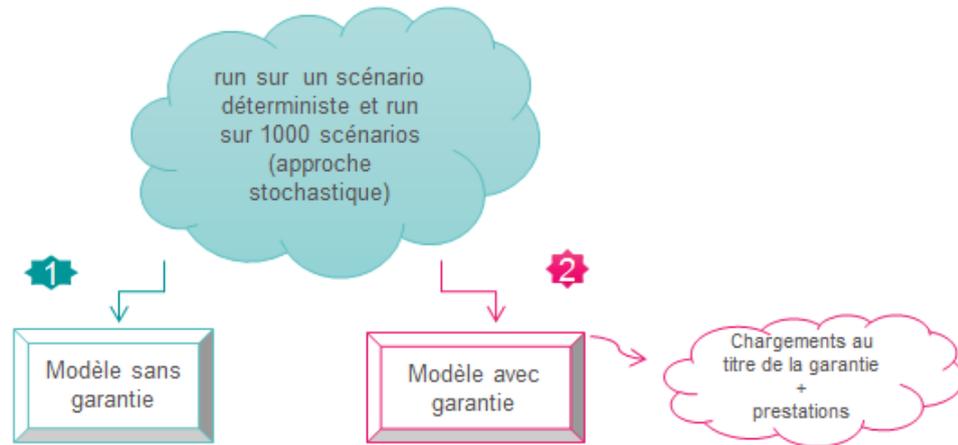
Le schéma ci-dessous résume l'algorithme principal qui a été effectué dans l'outil jusqu'à la détermination de la prestation au titre de la garantie au terme.



Processus ALM implémenté dans l'outil simplifié

Pour l'étude de la rentabilité, deux modèles ont été implémentés :

8. Le nombre de polices au terme correspond au nombre d'assurés vivants à maturité et n'ayant pas procédé à des rachats avant la maturité



- Un modèle 1 ( *modèle sans garantie* ) qui représente le modèle ALM classique sur un produit épargne multisupports avec une répartition 70% et 30% entre l'euro et l'UC.
- Un modèle 2 ( *modèle avec garantie* ) qui reprend le modèle 1 avec en plus l'introduction du chargement au titre de la garantie et de la prestation à maturité.

## 4.7 Approche stochastique

En plus du scénario central déterministe, une approche stochastique a été implémentée à partir d'un jeu d'environ 1000 simulations du générateur de scénario économique.

### *Rappel sur la méthode de Monte-Carlo*

Une simulation de Monte-Carlo d'un processus stochastique est une procédure qui permet de créer un échantillon aléatoire de ce processus et d'estimer par la suite les caractéristiques de la loi de probabilité en rapport avec ce processus (par exemple la moyenne, la variance, les quantiles...). La précision de l'estimation va dépendre du nombre de trajectoires à simuler. La méthode de simulation de Monte-Carlo repose sur la loi forte des grands nombres (LFGN) :

Soit  $(X_n)_{n \in \mathbb{N}}$  une suite de variables aléatoires indépendantes identiquement distribuées, intégrables et de moyenne  $E(X)$  alors :

$$\frac{1}{n} \sum_i^n X_i \xrightarrow[n \rightarrow +\infty]{} E(X)$$

### Condition martingale

La relation suivante est la transcription de la condition martingale que doit vérifier la valeur de marché du portefeuille d'actifs considéré « fair » sous les hypothèses du théorème fondamental de la finance.

$$MV(\text{Actifs}) = BEL + VIF$$

où MV représente la valeur du marché.

En pratique, cette égalité n'est pas strictement vérifiée, l'écart dit « de convergence », est déterminé et intégré au BEL de manière conservatrice. En effet, le recours à la simulation par la méthode de Monte Carlo induit un écart numérique « de convergence » : différence entre espérance (théorique) et moyenne empirique sur les 1000 simulations. De manière conservatrice, l'écart de convergence, si celui-ci est positif est ajouté au BEL.

Le calcul explicite du BEL et de la VIF est détaillé dans le *chapitre 6*

# 5 Proposition d'une tarification de la garantie

La garantie au terme représente un coût pour Predica et doit être tarifiée. Dans cette partie, il a été question de pouvoir répondre aux questions suivantes :

- Quelle est l'estimation du coût de la garantie pour Predica sachant les conditions actuelles du marché et du comportement des assurés ?
- Quel tarif l'assuré devrait-il payer pour faire face à ce coût de la garantie ?

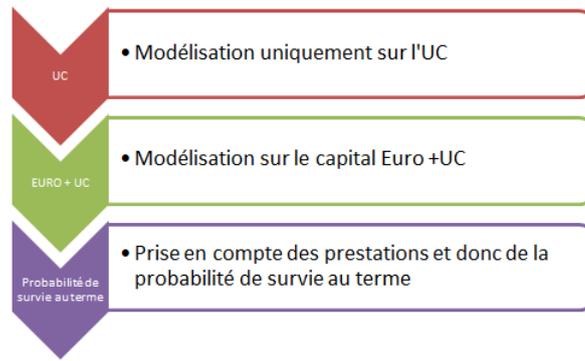
## 5.1 Principes de la tarification en assurance

Le cycle de production inversé de l'assurance rend d'autant plus difficile l'évaluation des prix des garanties. Des modèles prospectifs sont alors construits de manière à évaluer une tarification en adéquation avec le niveau des garanties, des coûts de gestion liés au produit et de la rentabilité attendue par l'actionnaire. Une étude de la tarification doit prendre en compte tous ces facteurs :

- ☞ tarification du coût du risque, en étudiant le coût des garanties proposées : calcul de la prime pure du contrat ;
- ☞ tarification majorée des frais de souscription et de gestion, en déterminant le niveau de chargement qui permet de couvrir les coûts attendus ;
- ☞ tarification du coût d'immobilisation de fonds propres, en vérifiant la rentabilité du produit en intégrant le coût du capital à immobiliser ;
- ☞ intégration d'une marge additionnelle (positive ou négative) que l'assureur souhaite prendre en fonction de ses objectifs commerciaux.

Dans le cadre du mémoire, l'étude a porté sur une tarification de la prime pure en univers risque neutre qui sera utiliser en input du modèle ALM en tant que chargement au titre de la garantie. L'intégration du coût lié à l'immobilisation du capital sera pris en compte à la suite de l'étude de rentabilité.

L'analyse du coût de la garantie et de la prime pure s'effectuera en trois étapes :



Étapes du processus de détermination du coût et du tarif de la garantie

- Une première étape dans laquelle le coût de la garantie est analysé en supposant que la prime de l'assuré est uniquement répartie sur une unité de compte de type action : l'approche par formule fermée Black Scholes a été utilisée.
- Une seconde étape dans laquelle l'on considère une répartition 70%/30% entre l'Euro et l'UC : une approche par Monte Carlo a été privilégiée .
- Et enfin une dernière étape qui correspond à l'analyse du coût de la garantie probabilisée : c'est-à-dire en prenant en compte la probabilité de survie de l'assuré au terme du contrat.

## 5.2 Analyse du coût de la garantie uniquement sur une UC

Si l'on considère une garantie au terme uniquement liée à une unité de compte alors cela revient à modéliser une option de *Put européen* dont le *strike* représente le versement initial avec une maturité de 8 ans. Le prix de l'option peut être directement calculé via une formule fermée.

### Approche par une formule fermée : modèle de Black Scholes

La formule de Black- Scholes permet de calculer la valeur théorique d'une option à partir des cinq données suivantes :

- $S_0$  : la valeur actuelle de l'actif financier sous-jacent ;
- $T - t$  : le temps qui reste à l'option avant son échéance (exprimé en années) ;
- $K$  : le prix d'exercice fixé de l'option ;
- $r$  : le taux d'intérêt sans risque ;
- $\sigma$  : la volatilité du prix de l'action.

Supposons que la valeur de l'épargne à la date d'évaluation ( $t=0$ ) est  $E_{\text{epargne}_0}$ , la valeur de l'épargne à terme de l'assuré est :

$$Epargne_T^{UC} = S_T \times (1 - \tau_{ges}^{UC})^T$$

Avec :

$S_T$  : la valeur du sous-jacent au terme et  $\tau_{ges}^{UC}$ , le taux de frais de gestion de l'UC.

La responsabilité de l'assureur, en vertu de l'option de vente de put à la maturité  $T$  est :  $(K - Epargne_T)^+$ , avec comme prix d'exercice (ou strike)  $K$  qui représente 100% de la prime initiale et  $S_T$  l'actif sous-jacent au terme.

Le prix de l'option de put est obtenu par la formule suivante :

$$P_0 = e^{-rT} \mathbb{E}_Q \left[ (K - Epargne_T^{UC})^+ \right] \quad (5.1)$$

$$= e^{-rT} \mathbb{E}_Q \left( (K - S_T \times (1 - \tau_{ges}^{UC})^T)^+ \right) \quad (5.2)$$

En utilisant la formule de Black-Scholes, on obtient :

$$P_0 = K \times e^{-rT} \Phi(-d_2) - S_0 \times (1 - \tau_{ges}^{UC})^T \Phi(-d_1) \quad (5.3)$$

Avec :

$$d_1 = \frac{\log \left( \frac{S_0 \times (1 - \tau_{ges}^{UC})^T}{K} \right) + \left( r + \frac{\sigma^2}{2} \right) T}{\sigma \sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T}$$

$\phi$  : la fonction de répartition de la loi normale standard .

### 5.3 Détermination du coût et du tarif de la garantie sur le capital Euro + UC

*En considérant l'épargne multisupports Euro + UC, l'approche par la formule fermée Black Scholes n'est plus valable. Une approche par Monte Carlo a donc été privilégiée.*

#### Méthodologie de l'approche Monte Carlo

##### i) Simulation des trajectoires de l'unité de compte

Une simulation d'environ 2000 trajectoires de l'UC a été implémentée. Plusieurs modèles existent pour modéliser l'évolution des actions mais le modèle de référence est celui de Black-Scholes. Ce modèle suppose que le cours de l'action suit un mouvement brownien géométrique, avec une volatilité constante. La formule du modèle de Black-Scholes donne explicitement les prix des actions.

Les hypothèses de ce modèle sont les suivantes :

- Le prix de l'actif sous-jacent suit un mouvement brownien avec une volatilité constante
- Il y a Absence d'Opportunités d'Arbitrage (AOA).
- Il est possible d'effectuer des ventes à découvert.
- Il n'existe pas de coûts de transaction.
- Il existe un taux d'intérêt sans risque, connu à l'avance et constant.
- Tous les sous-jacents sont parfaitement divisibles.

Soient  $S_0$  le cours initial de l'action et  $W_t$  le mouvement brownien standard, la solution de l'équation différentielle stochastique du modèle est donnée par :

$$S_t = S_0 * \exp \left[ \left( r - \frac{\sigma^2}{2} \right) * t + \sigma * W_t \right]$$

Par ailleurs, en considérant un pas de temps  $dt$  séparant les instants  $t$  et  $t+1$ , la relation entre les deux cours est donnée par :

$$S_{t+1} = S_t * \exp \left[ \left( r - \frac{\sigma^2}{2} \right) * dt + \sigma * (W_{t+1} - W_t) \right]$$

Ou encore :

$$S_{t+1} = S_t * \exp \left[ \left( r - \frac{\sigma^2}{2} \right) * dt + \sigma \sqrt{dt} * \epsilon \right]$$

où :  $\epsilon \sim \mathbb{N}(0, 1)$ .

Ainsi, trois étapes ont été effectuées afin de d'obtenir les simulations des cours de l'UC.

- Étape 1 : simulation de nombres aléatoires uniformes.

Tout d'abord, 2000 simulations d'une réalisation d'une variable aléatoire réelle, notée  $U$ , distribuée selon la loi uniforme continue sur l'intervalle  $[0;1]$  ont été réalisées à l'aide de la fonction *Rnd* sur *VBA*.

Les nombres aléatoires uniformes ainsi obtenus vont permettre de construire des variables aléatoires suivant une loi normale centrée réduite et d'obtenir ensuite des trajectoires pour le cours des actions.

- Étape 2 : simulation de variables aléatoires gaussiennes.

Les variables gaussiennes ont été obtenues en appliquant à nos variables aléatoires uniformes l'inverse de la fonction de répartition de la loi normale centrée réduite.

Rappel sur la méthode par inversion de la fonction de répartition

Si  $U$  est une variable aléatoire suivant une loi uniforme sur l'intervalle  $[0; 1]$  et si  $F$  désigne la fonction de répartition d'une loi normale centrée réduite, alors  $F^{-1}(U)$  suit une loi normale centrée réduite.

*Démonstration :*

Soient  $U$  une variable aléatoire qui suit une loi  $U[0; 1]$  et  $F$  la fonction de répartition d'une loi normale  $N(0, 1)$ . Soit  $V = F^{-1}(U)$  alors pour tout réel  $t$ ,

$$\mathbb{P}(V \leq t) = \mathbb{P}(F^{-1}(U) \leq t) = \mathbb{P}(U \leq F(t)) = F(t)$$

- Étape 3 : détermination des cours du sous-jacent

Les valeurs du sous-jacent à chaque date ont été déduites via la dynamique du mouvement brownien géométrique.

En notant les paramètres  $r$  représentant le taux sans risque et  $\sigma$  la volatilité de l'UC : pour chaque simulation  $i$  et pour chaque date  $t$  la formule de discrétisation suivante a été appliquée :

$$S_{t+dt} = S_t * \exp \left[ \left( r - \frac{\sigma^2}{2} \right) * dt + \sigma \sqrt{dt} * \epsilon \right]$$

Avec  $S_0=1$  et  $dt = 1$  car le pas de temps est annuel.

ii) Détermination du coût de la garantie et du tarif.

Les valeurs de l'épargne ont été déduites pour chaque simulation et à chaque date. Le coût de la garantie au terme a été déduit pour chaque simulation et le coût de la garantie actualisée qui correspond à la moyenne empirique actualisée au taux sans risque des coûts de garantie au terme de nos  $N$  simulations. Cela correspond donc à :

$$\text{Coût}_{\text{garantie}}^{\text{euro}+uc} = e^{-rT} \times \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \text{Max}(K - \text{Epargne}_i^{\text{euro}+uc}(T); 0) \quad (5.4)$$

Avec :

$K$  = Prime initiale

$$Epargne^{euro+uc}(T) = Epargne^{euro}(T) + Epargne^{UC}(T)$$

$$Epargne^{euro}(T) = 70\%K \times (1 + PAB)^T \times (1 - \tau_{ges}^{euro})^T$$

$$Epargne^{uc}(T) = 30\%K \times S_T \times (1 - \tau_{ges}^{UC})^T$$

Supposons, maintenant qu'un taux fixe de  $\alpha$  est prélevé sur l'épargne de l'assuré chaque année. Celui-ci peut être déduit pour chaque simulation en égalisant l'estimation de la valeur actuelle des prélèvements au titre de la garantie au coût de la garantie. Par l'approche Monte Carlo,  $\alpha$  représente donc la moyenne des  $\alpha_i$  sur toutes les simulations.

Ainsi, pour chaque simulation, on détermine le coût de la garantie puis le taux de chargement  $\alpha_i$  par la formule suivante :

$$\sum_{t=1}^T \alpha_i \times e^{-rt} * Epargne_i^{euro+uc}(t) = Coût_i \quad (5.5)$$

Le tarif  $\alpha$  se déduit donc par la moyenne empirique des  $\alpha_i$ .

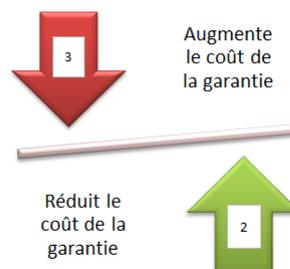
$$\alpha = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \alpha_i$$

### 5.3.1 Hypothèses sur les frais de gestion et le taux de PAB

Le coût de la garantie sur le capital *Euro + UC* dépend à la fois des trajectoires de l'UC nettes des frais de gestion mais également des hypothèses faites sur l'évolution du fonds euro. Concernant le fonds Euro, les deux hypothèses importantes sont le taux de revalorisation et les frais de gestion. Le taux de revalorisation de l'épargne Euro peut constituer un levier afin de couvrir une éventuelle moins-value observée au niveau des UC. Dans les contrats de type multisupports épargne de Predica, les taux de frais de gestion sont fixés. On a :  $\tau_{ges}^{UC} = 0.80\%$  et  $\tau_{ges}^{Euro} = 0.6\%$ .

Supposons qu'à  $t=0$ , pour une prime initiale de 100, l'assuré investit 70 en Euro et 30 en UC et qu'au terme, la valeur de l'UC nette des frais de gestion est de 28 pour une simulation. Dans ce cas, trois situations peuvent se présenter pour l'évolution de l'épargne Euro si l'UC est en moins-value :

	t=0	Terme		
		1	2	3
euro	70	70	69	71
UC	30	28	28	28
Moins value	0	2	3	1



- ✓ Dans la situation 1, les taux de revalorisation du fonds Euro ( c'est-à-dire le taux de PAB) suffisent à couvrir les frais de gestion et donc le coût de la garantie dépend uniquement de la valeur de l'UC.
- ✓ Dans la situation 2, les taux de PAB ne parviennent pas à couvrir les frais de gestion et le coût de la garantie devient assez important.
- ✓ Dans la dernière situation, les taux de PAB parviennent à couvrir les frais de gestion et compensent une partie de la moins-value enregistrée sur l'UC.

Une hypothèse assez prudente a été retenue pour la détermination du coût de la garantie et de la tarification. **En effet, l'on a supposé que l'épargne liée à l'Euro est en moyenne stable sur les 8 ans : ce qui revient à supposer que les taux de revalorisation de l'Euro suffisent à couvrir les frais de gestion.** Plusieurs situations nous ont poussées à privilégier cette hypothèse.

- La première, provient du simple fait que dans les clauses actuelles de participation aux bénéfices, la garantie au capital est supprimée.
- La seconde hypothèse a été appuyée par l'observation de la projection des TRMA pour les affaires nouvelles en 2016 au niveau du Fonds Euro du groupe Crédit Agricole Assurances(cf graphe ci-dessous).

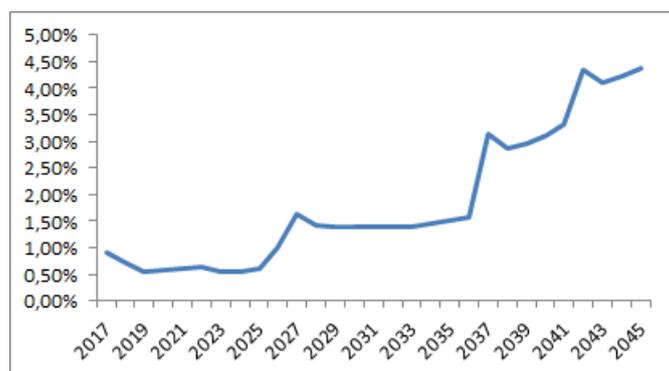


FIGURE 5.1 – Projection du TRMA obtenu dans l'exercice des affaires nouvelles sur le fonds euro

En effet , on remarque que les taux des premières années sont très bas et permettent tout juste de servir un taux de chargement Euro autour de 0,6%. L'hypothèse de rester à 70 pour l'Euro dans le cadre de la tarification paraît donc sensée et assez prudente. Elle est

à la fois ni trop optimiste (car on suppose qu'aucun taux de PAB ne viendra compenser les pertes des UC) ni pessimiste du fait que le support Euro n'accentuera pas le coût de la garantie.

Ainsi, le coût de la garantie est uniquement déterminé en fonction de l'évolution des UC nette des frais de gestion tandis que le calcul du taux de chargement  $\alpha$  s'applique sur l'épargne totale (Euro + UC).

## 5.4 Prise en compte de la probabilité de survie au terme

Le coût de la garantie défini dans les paragraphes ci-dessus ne prend pas en compte les hypothèses de mortalité ou rachat. Cependant tous les assurés ne survivront pas à 100% à l'échéance. Il faut donc tenir compte de la probabilité que l'assuré vive jusqu'à la maturité sans avoir procédé à un rachat total avant le terme. En supposant l'indépendance entre le taux de rachat et de décès, pour un assuré âgé de  $x$  années à la souscription, cette probabilité de survie à la maturité est définie comme suit :

$$Prob(survie)_x^T = \frac{l_{x+T}}{l_x} \times \prod_{k=1}^{T-1} (1 - \tau_k) \quad (5.6)$$

$$= (1 - p_x^T) \times \prod_{k=1}^{T-1} (1 - \tau_k) \quad (5.7)$$

Avec :

$\tau_k$  : le taux de rachat à l'année  $k$  et  $p_x$  : la probabilité de décès à l'âge  $x$ .

Ainsi, l'assuré exercera la garantie au terme  $T$ , si en plus d'être vivant au terme, il n'a pas effectué de rachats durant les  $T-1$  années. Le coût de la garantie final est donc multiplié par cette probabilité. Les tables de loi de rachats et de mortalité utilisées sont les mêmes que celles en input du modèle ALM.

Par l'approche Monte Carlo on obtient donc :

$$Coût_{garantie}^{euro+uc} = Prob(survie)_x^T \times e^{-rT} \times \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Max(K - Epargne_i^{euro+uc}(T); 0)$$

Le coût de la garantie probabilisé constitue ainsi la valeur actuelle probable de l'engagement de l'assureur.

La probabilité de survie (ou d'exercice) au terme est également appliquée pour la détermination du tarif. L'équation (5.5) devient :

$$\sum_{i=1}^T \alpha_i \times e^{-rt} * Prob(survie)_x^t \times Epargne_i^{euro+uc}(t) = Coût_i \quad (5.8)$$

**Application :**

- Prime initiale (Euro +UC)= K = 100, âge=x= 51 ans ;
- part euro= 70%,part uc= 30%, T=8 ans ;
- r=0.47%, σ=21.76%, ;
- $\tau_{ges}^{UC} = 0.80\%$  et  $\tau_{ges}^{Euro} = 0.6\%$ .

Année	1	2	3	4	5	6	7	8
Probabilité	0,997	0,986	0,977	0,970	0,964	0,957	0,953	0,949

Probabilité d'exercice de la garantie

Scénario/Année	1	2	3	4	5	6	7	8
1	102,29	98,39	98,10	94,04	91,75	92,50	91,31	93,56
2	95,25	92,92	92,01	91,23	90,30	90,00	89,47	88,25
3	95,63	95,86	96,97	97,13	99,30	98,08	101,18	96,61
4	103,77	100,07	103,93	99,64	97,98	99,78	105,67	107,12
5	99,43	96,97	97,20	96,37	93,87	92,41	91,04	88,55
6	100,83	97,42	91,52	94,16	94,13	95,37	92,63	92,08
7	93,79	92,67	91,62	90,87	91,38	92,04	91,87	91,98
8	99,86	101,82	98,98	98,00	98,20	96,63	94,08	92,61
9	97,53	100,61	101,12	97,09	97,26	98,13	97,75	97,77
10	102,06	97,70	102,15	102,20	107,44	102,71	105,57	106,66
11	98,02	99,62	97,25	96,17	96,71	97,60	96,19	94,13
12	98,76	93,62	95,19	94,69	97,13	99,76	96,37	96,19
13	96,30	99,37	98,03	96,07	96,10	104,62	102,32	100,31
14	102,37	102,72	101,79	104,54	105,40	102,91	102,76	107,12
15	99,15	99,70	98,77	95,95	100,11	98,14	97,21	103,56

Evolution de l'épargne sur 15 simulations

Pour le scénario 1, la valeur de l'épargne au terme est de 93.56. Le coût de la garantie est donc de  $:(100 - 93.56) \times 0.948 \times \exp^{-0.47\%*8} = 5.88$ . Le chargement au titre de la garantie pour ce scénario correspond au ratio entre le coût de la garantie et la somme actualisée des valeurs d'épargne probabilisées, soit  $\alpha_1 = \frac{5.88}{723.78} = 0.81\%$ .

Ainsi, pour la moyenne des 2000 simulations on obtient les résultats suivant :

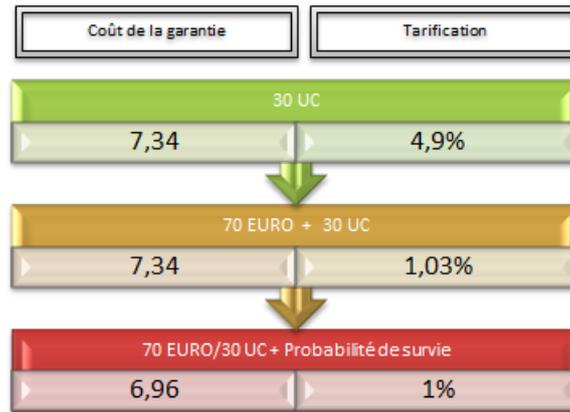


FIGURE 5.2 – Résultats du calcul du coût et du tarif de la garantie par Monte Carlo pour un individu âgé de 51 ans.

- En considérant uniquement une épargne de 30 euros sur le support UC, on obtient un coût de la garantie de 7,34, soit environ un quart de la prime versée.
- Si l'on augmente la prime en rajoutant 70 euros sur le support Euro, alors conformément à ce qui était attendu par rapport à l'hypothèse retenue sur les taux de PAB, le coût de la garantie en considérant uniquement l'UC est le même que celui obtenu avec le capital Euro + UC . Le taux de prélèvement quant à lui passe de 4,9% à 1,03%. Cela s'explique par la fait que l'on prélève sur une assiette plus grande.
- En appliquant la probabilité de survie au terme (d'environ 0.95 pour un individu de 51 ans) le coût et le tarif se réduit.

### Tarification par âge

La même méthodologie a été appliquée pour les âges compris entre 18 et 60 ans et a permis d'avoir l'évolution du taux de chargement en fonction de l'âge.

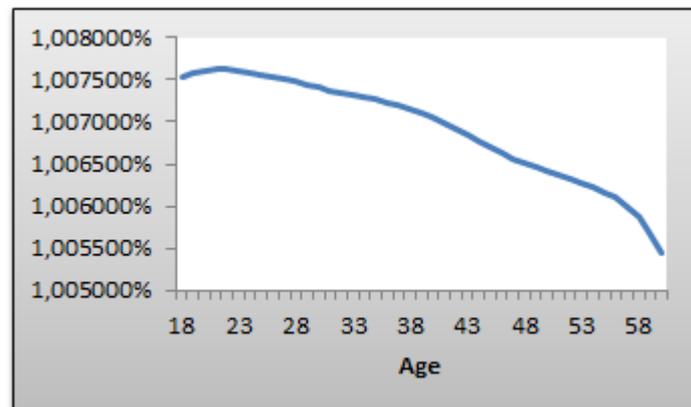


FIGURE 5.3 – Tarification par âge de la garantie.

L'analyse de la tarification par tranche d'âge permet de déceler une relation décroissante entre l'âge et le tarif. Cette relation se déduit de la relation décroissante entre le taux de mortalité et la probabilité de survie. En effet toute chose égale par ailleurs, plus un individu est âgé, plus sa probabilité de survie au terme sera faible. Le coût de la garantie sera donc moins élevé et le niveau de prélèvement au titre de la garantie va baisser. Tout comme l'évolution du taux de mortalité par âge, on retrouve également "la bosse à accidents" entre 18 et 25 ans.

### Etude de sensibilité

Des études de sensibilités sur la maturité et la volatilité de l'UC ont également été effectuées. Ce sont respectivement une sensibilité du tarif à une augmentation de la maturité et une baisse de la volatilité de l'UC.

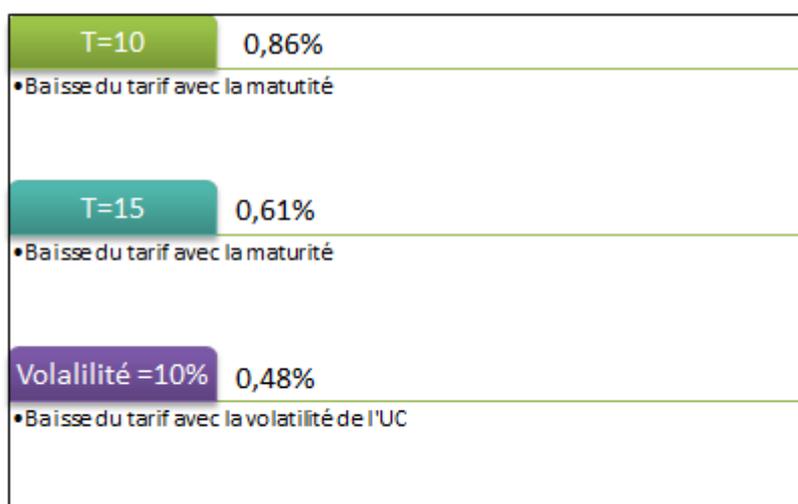


FIGURE 5.4 – Résultats des sensibilités du tarif à la maturité et à la volatilité de l'UC

Avec l'hypothèse d'évolution constante du support Euro, le coût de la garantie se comporte comme une option de Put européen dont le prix baisse avec une augmentation de la maturité et une diminution de la volatilité de l'UC. Il en est de même pour le tarif. Ainsi, toute chose égale par ailleurs, le chargement au titre de la garantie pour l'assuré moyen baisse avec une augmentation de la date d'échéance et une diminution de la volatilité de l'UC.

### **Ajustement du tarif**

Cet ajustement correspond à la tarification du coût d'immobilisation des fonds propres. En effet, il est indispensable, pour vérifier la profitabilité réel de la garantie, d'intégrer dans le tarif le coût pour l'assureur d'immobilisation de son capital. Les régimes prudentiels

imposent aux assureurs de détenir un montant minimum de fonds propres, à immobiliser par les actionnaires. Il convient donc de prendre en compte le coût généré pour l'assureur par la mise à disposition du capital requis pour exercer son activité. Il correspond à un manque à gagner lié au fait que le capital réglementaire est rémunéré généralement au taux sans risque, inférieur aux objectifs de rentabilité de l'actionnaire. L'intégration du coût d'immobilisation du capital met en évidence la relation étroite entre le besoin en capital et le tarif d'équilibre. En effet, dans la pratique, lors de la création d'un nouveau produit ou en cours de vie du produit, l'assureur tentera de déterminer le niveau de capital associé. Ensuite, il calculera le coût d'immobilisation de ce capital et il le répercutera dans la tarification.

Ainsi, dans la situation où l'étude de rentabilité sous Solvabilité 2 conduit à une augmentation du niveau du capital à immobiliser, un recours à un ajustement du tarif pourrait être envisagé afin de faire porter sur les assurés, au moins en partie, le coût de l'exigence de capital supplémentaire et limiter ses impacts sur leur rentabilité.

Dans notre exemple : Si le  $\Delta SCR$  du modèle sans garantie au modèle avec garantie est positif, alors le tarif sera ajusté en tenant compte de cette variation : l'ajustement pourrait être de  $+\frac{\Delta SCR}{PM}$ .

Cependant cette mise en place pourrait réduire l'attractivité par rapport à la garantie, et avoir des conséquences importantes au niveau commercial. En effet, en proposant un tarif déjà ajusté à l'assuré, c'est prendre le risque de perdre des parts de marché. Dans le cas contraire, si l'on en tient pas compte, cela risque de fragiliser à moyen et long terme, la solvabilité et la rentabilité de la compagnie.

## Limites et perspectives de l'étude sur la tarification de la garantie

L'analyse du coût et de la tarification de la garantie a été réalisée de manière générale avec des hypothèses simplificatrices. Toutefois, il est important de relever certaines critiques et axes d'amélioration importantes pour une étude complète de la tarification.

- Tout d'abord l'étude du coût de la garantie en univers risque neutre ainsi que de la tarification nous a conduit à faire des hypothèses assez fortes, notamment sur le taux de revalorisation du fonds Euro : qui a été supposé couvrir les frais de gestion du support Euro. Dans la pratique, au niveau du modèle ALM, ces taux sont déterminés selon une stratégie (politique) de l'assureur.
- L'estimation du chargement au titre de la garantie qui peut être appréhendé comme une tarification à priori ne reflète pas réellement la réalité et le point de vue de l'assuré. En effet, la tarification en univers risque neutre nous conduit à un tarif considérablement élevé (environ 1%) qui constitue une contrainte en termes de stratégie commerciale du fait, qu'il semble difficile de convaincre le client d'un prélèvement

supplémentaire en plus des frais de gestion sur l'Euro et l'UC . Dans le cadre de l'étude de la rentabilité sous solvabilité 2, il est nécessaire d'avoir un tarif en univers risque neutre, cependant une étude en vision monde réel serait appréciée et pourrait permettre d'avoir d'autres perspectives du tarif à proposer.

- Un autre point concerne la non présence de diversification dans le montage de la garantie. En effet, les assurés font tous face aux mêmes risques en terme d'évolution de l'Épargne de l'UC et de l'Euro.
- Le dernier point qui se révèle très important est la couverture de la garantie. En effet, une étude de la tarification ne peut se dissocier d'une stratégie de couverture afin de permettre à Predica de faire face à ses engagements au terme et anticiper les éventuelles pertes de capital. Pour le support de l'épargne uniquement composé par des unités de compte, des stratégies de couverture dynamique de portefeuille telles que la gestion *CPPI*<sup>1</sup> ou gestion à coussin pourraient être implémentées. Pour rappel, le principe de la gestion *CPPI* consiste à allouer une partie du capital, investie dans des actifs risqués (indices action,...) et l'autre partie dans des actifs non risqués (obligations, fonds monétaires...) au cours du temps d'investissement de telle sorte que la valeur liquidative du fonds soit toujours maintenue au-dessus d'un niveau espéré. Ainsi, cela a pour objectif de se prémunir contre une perte en capital ou en performance. Toutefois, l'analyse de la stratégie de couverture n'a pas été l'objet de mes travaux, même si j'y ai consacré des moments de réflexions.

---

1. Constant Proportion Portfolio Insurance

# 6 Détermination des indicateurs sous solvabilité 2

Cette partie énonce la méthodologie du calcul des indicateurs intervenants dans l'étude de rentabilité sous solvabilités 2 de la garantie.

## 6.1 Valorisation du bilan sous Solvabilité 2

Sous Solvabilité 2, les actifs et les passifs sont évalués à la juste valeur (" fair-value ").

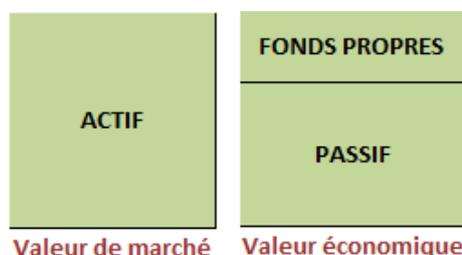


FIGURE 6.1 – Bilan économique sous Solavabilité II.

On définit le «fair-value » comme le montant pour lequel deux parties bien informées et consentantes sont prêtes à échanger un portefeuille de contrat (c'est-à-dire prêtes à échanger les actifs associés et éteindre les passifs associés) dans le cadre d'une transaction effectuée dans des conditions de concurrence normale. La détermination d'une juste valeur d'un poste du bilan revient à évaluer la valeur de marché de ce poste et que ceci ne se fait aisément que lorsque les prix de marché des différents composants du poste sont disponibles sur les marchés financiers. Ainsi, on peut attribuer aisément une juste valeur à certains types d'actifs comme les actions, les obligations ou l'immobilier. En effet, ces actifs sont échangés sur des marchés organisés, c'est-à-dire des marchés suffisamment actifs, liquides et transparents.

En revanche, concernant le passif qui est essentiellement constitué des provisions techniques, il est plus difficile de déterminer la juste valeur, car il n'existe pas de marché organisé sur lequel le passif peut être échangé. D'autres méthodes d'approximations de la

fair-value du prix de marché sont alors appliquées selon que le risque encouru par l'assureur soit *hedgeable* ou *non hedgeable*.

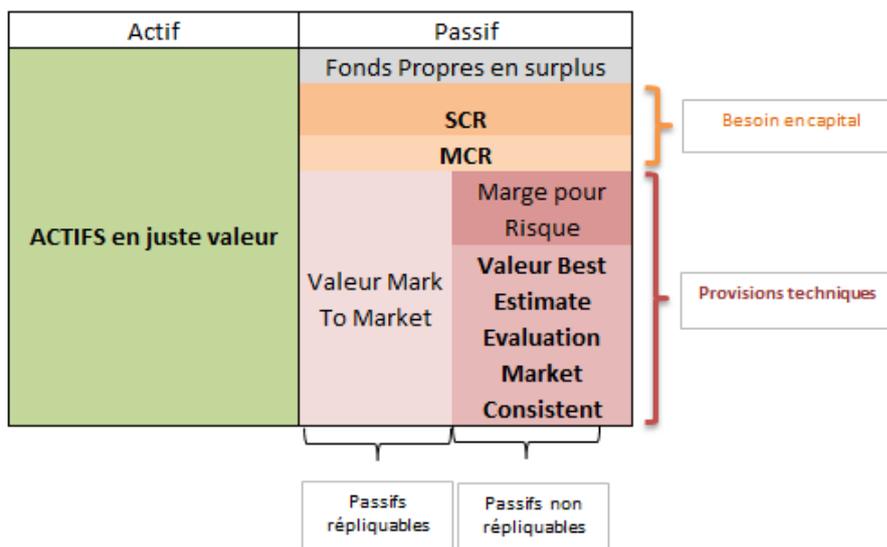


FIGURE 6.2 – Principaux poste du bilan sous Solavabilité II.

Pour rappel, un risque est dit hedgeable ou répliquable, s'il peut être parfaitement répliqué par des instruments financiers pour lesquels la valeur de marché est directement observable sur un marché actif, liquide et transparent : la valorisation d'un tel risque est *mark to market* et correspond donc au cours observé sur le marché.

Dans le cas où le risque est non hedgeable ou non répliquable (le cas du passif), la valorisation est *market consistent* et est définie comme la somme d'une provision **Best Estimate** et d'une marge de risque (**Risk margin**).

- Le Best Estimate (BE) est défini comme la moyenne pondérée, par leur probabilité de versement, des flux de trésorerie futurs, en tenant compte de toutes les entrées et sorties de trésorerie nécessaires pour respecter les engagements jusqu'au terme de tous les contrats du portefeuille.
- La marge de risque ou (Risk Margin) correspond au montant de provision complémentaire au Best estimate afin que le montant total des provisions techniques corresponde au montant actuel que l'entreprise devrait payer si elle transférait immédiatement ses engagements à une autre entité.

### 6.1.1 Détermination du Best Estimate Liabilities

Le Best Estimates Liabilities (BEL) des provisions techniques correspond à la valeur actualisée au taux sans risque, des flux futurs prévisionnels de trésorerie. En d'autres termes, les

provisions techniques correspondent à l'espérance des flux futurs de règlements actualisés. Il est calculé en valeur brute de réassurance. Les principaux flux bruts de réassurance pris en compte dans les projections sont :

- Les prestations : décès, rachats totaux
- les commissions versées aux réseaux,
- les frais généraux (administratifs) attachés aux contrats

Pour réaliser ce calcul, les méthodes suivantes peuvent être utilisées :

- soit déterministe (un seul scénario) , avec l'évaluation de la sinistralité ultime « moyenne » ou « la plus probable » permettant, après application de cadences et de la courbe des taux, de déduire la valeur actualisée des flux futurs.
- soit stochastiques, impliquant l'évaluation de la distribution des flux futurs : chaque flux dans chaque scénario est traité , les résultats sont actualisés pour chaque scénario la moyenne pour l'ensemble des scénarios .

On obtient comme formule de l'estimation du BEL :

$$B\hat{E}L = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T Deflateur_i^t * Flux_i^t$$

Avec : -  $Deflateur_i^t$  : Facteur d'actualisation du flux de de la période t et correspondant au scénario i.

$T$  et  $N$  : le nombre d'années de projection et le nombre de simulations.

La courbe de taux utilisée pour l'actualisation des cash-flows futurs dans le calcul du Best Estimate Liabilities est la courbe des taux donnée par l'EIOPA (CEIOPS) au 31/12/2016.

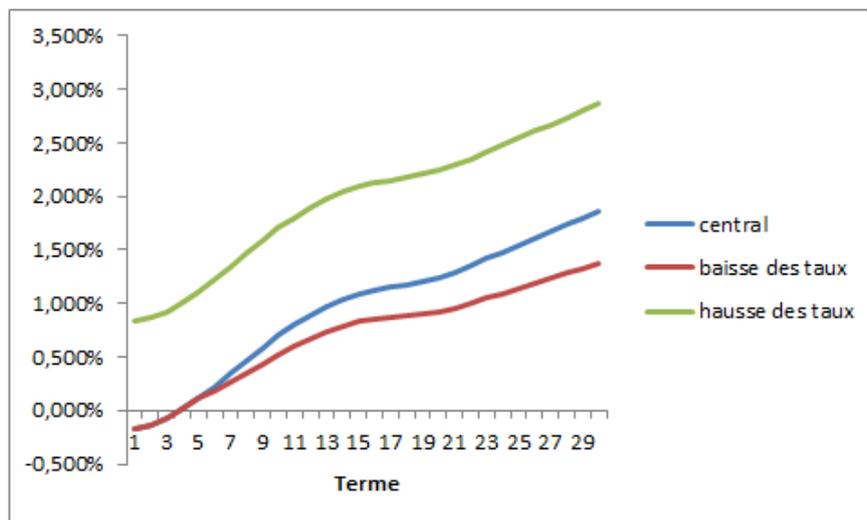


FIGURE 6.3 – Courbe des taux sans risque avec Volatility Ajustment au 31/12/2016

En raison de leur simplicité et de leur robustesse, les méthodes déterministes sont souvent privilégiées pour la détermination de l'espérance. Les méthodes stochastiques sont en générale utilisées pour évaluer la TVOG (Time Value of Options and Guarantees = Valeur Temps des Options et Garanties) avec la méthode de Monte-Carlo . Pour des produits qui comportent des Options et Garanties, telle que la garantie au terme , il est nécessaire d'utiliser des méthodes stochastiques.

### 6.1.2 Détermination de la Value In force

La VIF correspond à l'espérance des marges futures actualisées et est calculée par une méthode Monte-Carlo et est donnée par :

$$\hat{VIF} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T Deflateur_i^t * Profits_i^t$$

Les flux de profits correspondent au résultat nets ( résultat après impôt, qui quant à eux correspondent à la somme des résultats techniques, administratifs et financiers. Les flux déterminant à prendre en compte dans les résultats sont :

- (+) Les primes, produits financiers ;
- (-)  $\Delta PM^1$ , Frais administratifs, Commissions , prestations, variations RC et PRE

1.  $\Delta PM = PM(t) - PM(t - 1)$

### Traitement des éléments résiduels de fin de projection

L'horizon de projection correspond rarement à la durée nécessaire pour liquider l'ensemble des engagements. Des éléments résiduels (stocks de provisions, plus ou moins-values latentes) peuvent donc subsister à la fin de la projection.

Une première approche consiste à se placer en fin de projection et à prolonger la projection jusqu'à ce que ces éléments résiduels deviennent nuls. Cependant cette méthode est toutefois complexe et elle revient à modifier la durée de projection. Une autre approche, plus simple et plus répandue en pratique, est d'attribuer les stocks de fin entre assurés et assureur selon une règle prédéfinie. Cette règle est généralement cohérente avec les actions du management mises en œuvre dans le modèle et doit respecter les exigences du Code des Assurances, les engagements contractuels ainsi que les pratiques de gestion.

Dans notre cas, ces éléments résiduels seront affectés soit au BEL ou à la VIF. Ce sont :

- **Les Provisions mathématiques (PM) de fin de projection** : la valeur résiduelle des provisions en fin de projection est intégrée dans le **BEL** de la dernière année de projection pour refléter l'obligation restante de l'assureur vis-à-vis des assurés.
- **Provision pour risque d'exigibilité (PRE) de fin de projection** : le stock résiduel de PRE est généralement repris pour compenser les moins-values latentes correspondantes et il est affecté à la **VIF**.
- **Les Plus ou moins values latentes de fin de projection** : Les plus ou moins-values des actions font l'objet d'un partage entre assurés (**BEL**) et actionnaires (**VIF**). Ce partage repose sur un taux cible de distribution identique qui est de 15% pour l'assureur.
- **La Réserve de capitalisation (RC) de fin de projection** : la valeur de la réserve de capitalisation de fin de période est enregistrée à 100% dans la **VIF**.
- **La Provision pour participation aux Excédents de fin de projection** : la valeur actuelle de la participation aux bénéfices résiduelle est affectée au **BEL**.

### Traitement par rapport à l'ajout de la garantie

Dans le modèle avec garantie, un traitement supplémentaire est effectué dans le cadre du versement d'une prestation à terme.

*La prestation à maturité actualisée est, à la fois ajoutée au BEL et, retranchée à la VIF.*

Dans le cas de l'approche Monte Carlo, ce traitement est effectué pour chaque scénario.

Ainsi nous avons :

$$\hat{B}EL_{garantie} = \hat{B}EL + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Presta_{garantie}^i$$

$$V\hat{I}F_{garantie} = V\hat{I}F - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Presta_{garantie}^i$$

### Détermination d'un intervalle de confiance du BEL

Un moyen d'obtenir des intervalles de confiance pour les BEL est la méthode de bootstrap.

#### Rappel sur la méthode Bootstrap

La méthode du Bootstrap est une méthode de ré-échantillonnage. Un échantillon bootstrap de taille  $N$  est obtenu en effectuant  $N$  tirages avec remise à partir de l'échantillon initial ( $BEL_1, \dots, BEL_N$ ) composé des  $N$  BEL simulés. Pour déterminer l'intervalle de confiance, il faut calculer la moyenne de chaque échantillon et déterminer ensuite des quantiles de la distribution des moyennes des échantillons bootstrap.

Cependant afin que la méthode de l'intervalle de confiance par Bootstrap soit fiable il faut que :

- la distribution d'échantillonnage du paramètre étudié soit approximativement normale;
- l'estimateur obtenu soit non biaisé;
- le nombre de ré-échantillonnage effectué soit suffisant.

Par conséquent une analyse sur la distribution des BEL et des tests de normalité a été effectuée avant de pouvoir appliquer la méthode du Bootstrap.

### Écarts de convergence

La théorie financière sous-jacente à la méthode de valorisation du portefeuille d'épargne au sein du modèle ALM assure une égalité entre la valeur du portefeuille à la date  $t = 0$  et la somme de la moyenne des flux futurs actualisés sur l'horizon de projection.

La relation suivante est la transcription de la condition martingale que doit vérifier la valeur de marché du portefeuille d'actifs considéré « fair ».

$$MV_{Actifs} = BEL + VIF$$

L'écart de convergence est donné par :

$$\delta_{conv} = MV_{Actifs} - BEL - VIF$$

Appelé écart de valorisation ou fuite de modèle, il est très souvent la combinaison :

- des limites du modèle de projection : écart actif/passif, erreur de code, interpolation linéaire, nombre de décimales, arrondi... ;
- des problèmes de convergence des scénarios : taux explosifs, non convergence des tests de martingale, risque d'échantillonnage.

Afin d'avoir une évaluation conservatrice, il est nécessaire d'intégrer l'écart de convergence à certains indicateurs. Par convention, l'écart de convergence est ajouté au BEL quand il est positif. La valeur du BEL corrigé sur la moyenne des scénarios Monte-Carlo est :

$$B\hat{E}L_{corr} = B\hat{E}L + \delta_{conv}$$

### 6.1.3 Détermination de la Risk Margin (marge pour risque)

La marge pour risque correspond à l'élément ajouté à la meilleure estimation des provisions pour établir les provisions techniques lorsque celles-ci ne sont pas calculées comme un tout (cas peu fréquent où un actif peut répliquer les flux de passif). Cette marge pour risque est calculée « de manière à garantir que la valeur des provisions techniques soit équivalente au montant que les entreprises d'assurance et de réassurance demanderaient pour reprendre et honorer les engagements d'assurance et de réassurance. La méthode retenue pour l'évaluation de la marge pour risque dans les spécifications techniques, correspond à l'estimation par le coût du capital, soit :

$$RM = Coc * \sum_{t>0} \frac{SCR_{RU}(t)}{(1 + r_{t+1})^{t+1}}$$

Avec :

- $Coc$  , le taux du coût du capital défini à 6%
- $SCR_{RU}(t)$  : le capital de solvabilité de l'entreprise de référence requise après t années,
- $r_{t+1}$  : le taux d'intérêt sans risque de maturité t+1

Les risques pris en compte par les SCR futurs pour le calcul de la marge de risque sont :

- le risque de souscription relatif à l'activité transférée (non vie, vie et santé);
- le risque opérationnel;
- Le risque de marché inévitable;
- Le risque de contrepartie, relatif aux cessions de réassurance uniquement;
- L'ajustement au titre de la capacité d'absorption des pertes de la participation aux bénéfiques;

Dans cette étude nous nous limitons uniquement au risque de de souscription vie.

La formule de calcul fait référence aux capitaux de solvabilité futurs, difficilement calculables sans approximations. A cet effet, l'EIOPA a proposé plusieurs niveaux d'approximation pour le calcul de la marge pour risque :

- Méthode 1 : Calcul exhaustif des SCR futurs sans approximation.
- Méthode 2 : Approximation des charges de capital pour certains modules de risque.
- Méthode 3 : Approximation du SCR par une approche proportionnelle (au prorata des provisions techniques notamment)

Pour le calcul du SCR, nous retenons la méthode proposée par le QIS 5 soit, la méthode standard. Sous cette hypothèse, les SCR futurs se calculent de la façon suivante :

$$SCR_{vie}(t) = \frac{SCR_{vie}(0)}{BE_{vie}(0)} * BE_{vie}(t)$$

Avec :

- $SCR(t)$  : le capital de solvabilité requis après t années ;
- $BE_{net}(t)$  Best Estimate net de réassurance en date de t.

Cette méthode considère que les SCR futurs sont, proportionnels à la meilleure estimation des provisions techniques de l'année concernée. Le coefficient multiplicateur correspond au ratio de la valeur actuelle du SCR et du Best Estimate des provisions techniques. Cette méthode suppose donc que la contribution de chaque risque au SCR est constante dans le temps.

## 6.2 Méthodologie de détermination du SCR

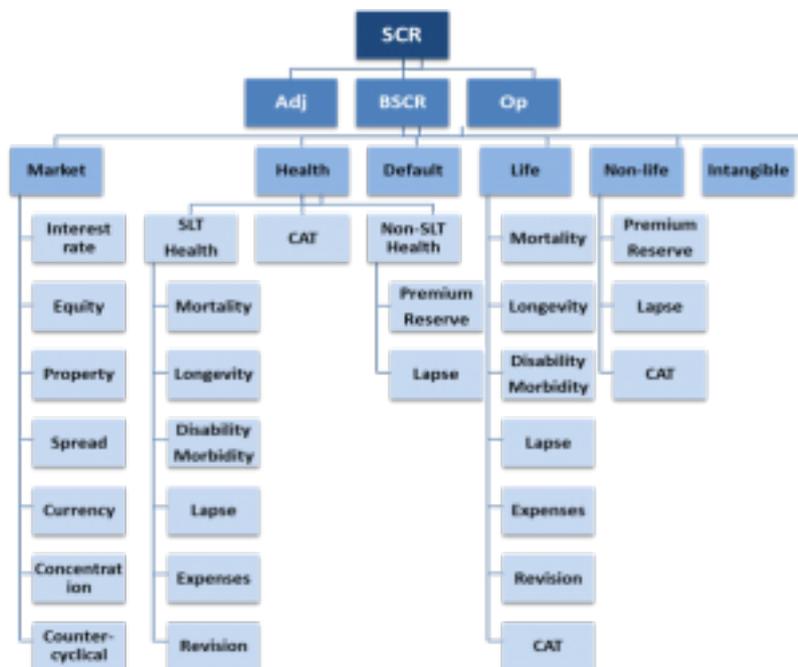


FIGURE 6.4 – Arbrescence du SCR par la formule Standard

Le SCR est calculé par type de chocs (ou « modules ») préalablement définis par le QI5.

Dans le contexte de Predica, seuls les sous-modules relatifs au risque de souscription en Vie et au risque de Marché sont concernés. Un capital requis pour chacun des modules (Vie et Marché) est évalué avant de les agréger pour générer le BSCR (capital requis de base) à l'aide de la matrice de corrélation suivante :

	SCR marché	SCR vie
SCR marché	100%	25%
SCR vie	25%	100%

FIGURE 6.5 – Matrice de corrélation entre les modules du BSCR.

Dans tous les cas, le SCR dans chaque module et sous-module se calculent de la même manière. Il correspond à :

$$SCR_{module} = \text{Max}(0; \Delta NAV)$$

Avec :

$$\Delta NAV = NAV_{\text{non choquée}} - NAV_{\text{choquée}}$$

La variable *NAV* (*Net Asset Values*) est calculée comme la différence entre la valeur de marché de l'actif et la « fair value » du passif (c'est-à-dire la provision Best Estimate Liabilities) :

$$NAV = (MV_{actifs} - BEL) = VIF$$

Le *Basic SCR* ou *BSCR* se détermine alors par la formule suivante :

$$BSCR = \sqrt{\sum_{i,j} SCR_{modi} \times SCR_{modj} \times Corr(i,j)}$$

### 6.2.1 Les chocs dans la formule standard

#### 1 - Le module risque de marché.

##### Le risque action

Le risque action se définit comme le risque de chute du prix de marché des actions à l'instant  $t = 0$ . Le SCR action est divisé en SCR action dit de type 1 et SCR action dit de type 2. Par mesure de simplification, le choc action est appliqué simultanément sur les actions type 1<sup>2</sup> et type 2<sup>3</sup> En désignant *MV* comme la valeur de marché ou Market Value des actions, les chocs sont définis comme :

- Choc action type 1 :  $VM_{choc} = MV_{type1}(t = 0) * (1 - (39\% + Dampener^4))$ .

- Choc action type 2 :  $VM_{choc} = MV_{type2}(t = 0) * (1 - (49\% + Dampener))$ .

L'exigence de capital au titre du sous-module du risque action est calculée comme la variation du niveau des fonds propres économiques constatée après application de ces deux chocs.

##### Le risque immobilier

Le risque immobilier se définit comme le risque de perte de valeur du portefeuille d'actifs causé par une chute des prix des actifs immobiliers. Le capital requis, au titre du risque immobilier est défini comme la perte en fonds propres économiques ( $\Delta NAV$ ) constatée suite à un choc instantané à la baisse de 25% de la valeur de marché des actifs immobiliers.

---

2. Type1 : actions cotées dans les marchés réglementés des pays membres de de L'OCDE ou L'EEE

3. Type 2 : actions cotées en bourse dans les pays hors OCDE ou EEE

4. le Dampener permet de faire varier le niveau de choc en fonction de la valeur du cours des actions,

### Le risque de spread

Le risque de spread correspond à la part de risque provenant de la volatilité du spread par rapport au taux sans risque. La charge totale en capital est égale à la somme de trois chargements dus à des impacts sur :

- la valeur des obligations (hors obligations d'Etats ou garanties par un État de l'OCDE ou de l'EE);
- la valeur des produits structurés de crédit et la valeur des dérivés de crédit.

Dans ce mémoire, seule la part du capital requis liée au risque de spread sur les obligations a été implémentée.

Le niveau de stress test dépend de la duration modifiée de l'obligation considéré ainsi que de sa qualité de crédit lorsqu'elle est disponible.

La duration d'une obligation générant des flux de capital  $F_t$  aux dates  $t$  st donnée par la formule suivante, où  $r$  désigne le taux actuariel de l'obligation :

$$D = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{t * F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^N \frac{F_t}{(1+r)^t}}$$

et la duration modifiée est donnée par :  $Dur_{modifiée} = \frac{D}{(1+r)}$

La formule du niveau de stress par duration modifiée et par la qualité du rating figure en annexes.

### Le risque de taux

L'exigence de capital au titre du sous-module de risque de taux du module de marché est calculée comme la variation du niveau des fonds propres économiques ( $\Delta NAV$ ) constatée suite à des chocs à la hausse et la baisse de la courbe des taux. Les chocs à la hausse et à baisse sont des inputs figurant dans les GSE spécifiques ( hausse, baisse). Seule la Valeur maximale entre ces deux chocs est retenue pour le calcul du BSCR. On a donc :

$$SCR_{taux} = Max(SCR_{taux}^{hausse}; SCR_{taux}^{baisse})$$

si risque taux = baisse taux

	Taux	Actions	immobilier	Spread
Taux	100%	50%	50%	50%
Actions	50%	100%	75%	75%
immobilier	50%	75%	100%	50%
Spread	50%	75%	50%	100%

si risque taux = hausse taux

	Taux	Actions	immobilier	Spread
Taux	100%	0%	0%	0%
Actions	0%	100%	75%	75%
immobilier	0%	75%	100%	50%
Spread	0%	75%	50%	100%

FIGURE 6.6 – Matrice de corrélation entre les sous modules du risque marché

Lorsque le SCR relatif au risque de taux d'intérêt résulte du scénario à la hausse des taux, les corrélations taux-action, taux-immobilier et taux-spread sont nulles. Dans le cas contraire, elles sont fixées à 50%.

## 2 - Le module souscription Vie.

	Mortalité	Longevité	Rachat	Dépenses	Catastrophe
Mortalité	100%	-25%	0%	25%	25%
Longevité	-25%	100%	25%	25%	0%
Rachat	0%	25%	100%	50%	25%
Dépenses	25%	25%	50%	100%	25%
Catastrophe	25%	0%	25%	25%	100%

FIGURE 6.7 – Matrice de corrélation entre les sous-modules du risque de souscription Vie

### Le risque de mortalité

L'exigence de capital au titre du sous-module de risque de mortalité est calculée comme la variation du niveau des fonds propres économiques constatée suite à un choc instantané et permanent de 15% sur les taux de mortalité utilisés dans le calcul des provisions techniques. Les taux de mortalité ne devront pas excéder 100. En désignant par  $q_x$  le taux de mortalité utilisé pour évaluer les provisions techniques Best estimate, le choc sur la mortalité est calculé avec le taux  $q_{x'} = q_x * (1 + 15\%)$ .

### Le risque de longévité

L'exigence de capital au titre du sous-module de risque de longévité est calculée comme la variation du niveau des fonds propres économiques constatée suite à un choc instantané et permanent de -20% sur les taux de mortalité utilisés dans le calcul des provisions techniques. Le taux choqué est alors égal à :  $q_{x'} = q_x * (1 - 20\%)$ .

### Le risque de catastrophe

Il correspond à l'augmentation en valeur absolue de 1,5 pour mille du taux de décès durant l'année suivante.

### Le risque de rachat

Il comprend trois formes de rachats :

- **les rachats à la hausse** : augmentation permanente de 50% du taux de rachat pour chaque âge (le taux de rachat ne peut dépasser la barre des 100%);
- **les rachats à la baisse** : diminution permanente de 50% du taux de rachat pour chaque âge (le taux de rachat ne peut diminuer sous la barre des 0%);
- **les rachats massifs** : taux de rachat de 30% instantané la première année .

Les SCR rachat correspond donc à la valeur maximale des trois SCR de rachats.

### Le risque de dépenses

Il correspond à l'augmentation de 10% des dépenses futures + une augmentation permanente de 1% du taux d'inflation des dépenses.

## Détermination du SCR Opérationnel

Le risque opérationnel se définit comme le risque de perte résultant d'erreurs issues de procédures internes, de membres du personnel ou de systèmes inadéquats ou défectueux, ou d'événements extérieurs.

Le besoin en capital relatif au risque opérationnel est calculé de façon forfaitaire et augmente avec le volume de l'activité. Dans notre cas, il s'obtient grâce à la formule suivante :

$$SCR_{op} = \min(30\%BSCR; Op_{provisions}) + 25\%Exp_{ul}$$

Avec :

$$Op_{provisions} = 0.45\% * \text{Max}(0; PT_{ul})$$

- BSCR : le capital de solvabilité requis de base calculé en amont.
- $Exp_{ul}$  : le montant de frais engagés au titre des contrats d'assurance vie sur lesquels le risque est porté par le souscripteur (unité de compte);
- $Op_{provisions}$  : le capital de solvabilité requis au titre opérationnel sur la base des provisions techniques
- $PT_{ul}$  : volume de provisions techniques , brutes de cession en réassurance , hors marge de risque , relatif aux contrats en unités de compte.

### Ajustement pour capacité d'absorption des pertes

Les organismes d'assurances assureurs ont la possibilité de diminuer le SCR de base d'une capacité d'absorption des pertes liée au mécanisme de participation aux bénéfices et d'impôts différés.

En effet, si les risques qui sous-tendent le calcul du SCR se réalisent alors ils peuvent entraîner des variations sur :

- la situation fiscale de l'organisme et donc sur les montants d'impôts différés au bilan;
- les montants de participations aux bénéfices distribués aux assurés.

Ce ajustement visant à tenir compte des capacités d'absorption des pertes est la somme de l'ajustement des pertes des provisions techniques et par les impôts différés.

Dans la suite du calcul du SCR, l'on a fait l'hypothèse de ne pas tenir compte de l'ajustement pour capacité d'absorption des pertes.

Ainsi le SCR globale appliqué est défini par la somme du basic SCR et du SCR opérationnel. Soit :

$$SCR = BSCR + SCR_{op}$$

La diversification pour chaque module est donnée par la différence entre le SCR du module et la somme des SCR inter-modules le composant. Par exemple, le montant de diversification du BSCR est donné par :

$$Diversification_{BSCR} = BSCR - (SCR_{vie} + SCR_{marché})$$

On en déduit le coefficient de diversification :

$$\frac{Diversification_{BSCR}}{SCR_{vie} + SCR_{marché}}$$

### Impact de la transparence de l'UC dans le calcul du SCR

Dans la méthodologie actuelle du calcul du SCR chez Predica, il n'y a pas vraiment de transparence des UC : décomposition des UC suivant leurs types (obligataires, actions, monétaires).

La transparence impose de détailler les positions des fonds détenus, ligne par ligne, en montants et caractéristiques. C'est à partir de ces données que sera calculé le nouvel SCR exigé des assureurs. L'obligation de transparence porte sur toutes les expositions directes et indirectes. Les textes demandent que soient identifiés tous les risques « matériels », c'est-à-dire les risques « susceptibles de modifier les décisions des personnes utilisant ces calculs ou les états correspondants », en particulier parmi les autorités prudentielles.

En effet, toutes les UC considérées pour les études de rentabilité chez Predica sont majoritairement des UC de type actions. Cependant, lors de l'application du choc marché, il arrive, que les chocs de type immobilier et spread soient appliqués au niveau du support UC . Cela, a pour principale conséquence un double comptage de l'application des chocs de marché relatifs à l'UC et cela risque d'impacter le calcul du SCR .

Ainsi, si l'on considère une UC de type action, de part sa nature, cette UC ne devrait en aucun cas contribuer dans le mécanisme du calcul du SCR de l'immobilier ou du spread : c'est à dire le  $\Delta NAV$  de l'UC pour le choc immobilier ou spread devrait être nul.

Une décomposition des chocs par support Euro et UC a été effectuée pour le calcul des SCR des sous-modules et une analyse des chocs support par support a été faite dans le but de bien tenir compte de ceux qui ont un impact dans le calcul du SCR des sous-modules.

# 7 Présentation des résultats de l'étude de la rentabilité

Cette partie présente les résultats de l'application de l'étude de rentabilité de la garantie au terme effectuée dans l'outil simplifié.

Pour chacun des deux modèles (avec et sans garantie), nous avons construis un modèle sous VBA , permettant le calcul du Best Estimate Liabilities, du capital réglementaire et d'une projection du compte de résultat. Ces modèles nous ont ensuite permis de déterminer les indicateurs de rentabilité . L'écart relatif entre les deux modèles a été analysé en termes de :

- rentabilité, à travers la VIF;
- d'exigence en capital, à travers le SCR.

La sensibilité de la rentabilité de la garantie pour certains paramètres tels que les charge-ments au titre de la garantie a été également effectuée .

## Rappel des hypothèses de modélisation

- Le produit d'épargne multisupports est investi avec une répartition de 70% sur le support Euro et 30% sur le support UC .
- La projection est effectuée en run-off sur une durée de 8 ans et sur un ensemble d'assurés âgés de 51 ans à  $t=0$ .
- Les fonds Propres et les réserves initiales ( PRE, PPE, RC ) sont nulles à la date  $t=0$ .
- A  $T=8$  ans, l'ensemble des contrats est racheté.
- Une modélisation par Monte Carlo avec 1000 scénarii est effectuée.
- Une comparaison est effectuée entre un modèle sans garantie et un modèle avec garantie : les deux modèles ayant les mêmes inputs avec comme principale différence l'ajout du chargement au titre de la garantie sur l'épargne et le versement d'une prestation à maturité au terme.

Les éléments de la VIF et du BEL ont été projetés tout d'abord sur unique scénario déterministe « Risque-Neutre » (appelé Certainty Equivalent ou CEV) qui représente les attendus pour l'assureur en termes de rendements et d'évolution de la courbe des taux. Dans ce

scénario CEV tous les actifs autres que les obligations rapportent en moyenne le taux sans-risque, mais pour le portefeuille obligataire, on conserve les actifs jusqu'à leur échéance, puis progressivement on réinvestit dans de nouvelles obligations qui elles vont rapporter le taux sans risque.

Ensuite une modélisation sur 1000 scénarii a été effectuée afin de tenir compte de la valeur temps des options et garanties financières. Les résultats spécifiés ci-dessous correspondent principalement à l'approche stochastique.

## 7.1 Approche stochastique : Monte Carlo

Le choix du nombre de simulations Monte Carlo résulte d'un compromis entre la précision des résultats obtenus et les temps de calculs par rapport à l'outil simplifié.

### 7.1.1 Convergence du BEL

L'analyse de la convergence du montant du BEL en fonction du nombre de trajectoires du scénario central (appelé aussi scénario Best Estimate) permet de déterminer le nombre de trajectoires.

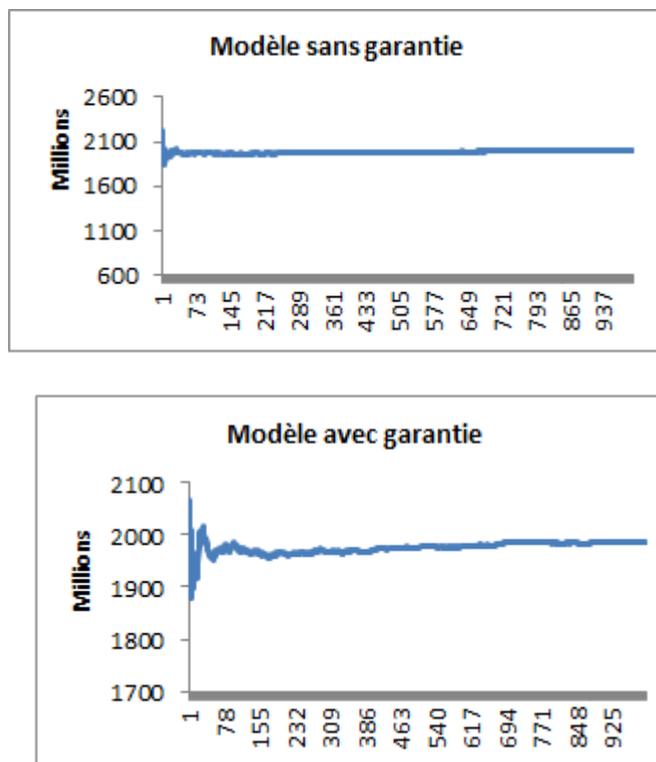


FIGURE 7.1 – Convergence du BEL sur les 1000 simulations

Les Best Estimates Liabilities des deux modèles (avec et sans garantie convergent bien vers leurs moyennes respectives.

Nous commençons à obtenir une certaine stabilité pour les deux modèles à partir de 350 simulations avec un encadrement du BEL entre 1900 et 1990 millions d'euros, une stabilité que nous considérons suffisante et qui, pour l'améliorer, demanderait un temps de calcul considérable pour l'outil simplifié.

### 7.1.2 Test de fuite

Des tests de fuite ont été effectués afin de s'assurer que le modèle ALM ne comporte aucune anomalie d'implémentation. Ces tests permettent de vérifier que le modèle implémenté intègre bien tous les flux générés de la compagnie à partir de ses actifs et passifs présents dans le bilan à la date  $t = 0$ . La précision des résultats obtenus a été mesurée : à travers de la convergence de la valeur actuelle des flux payés par l'entreprise aux assurés (BEL) et aux actionnaires (VIF) vers la valeur de marché des actifs. Ce qui revient à considérer une évolution de l'écart de convergence vers 0.

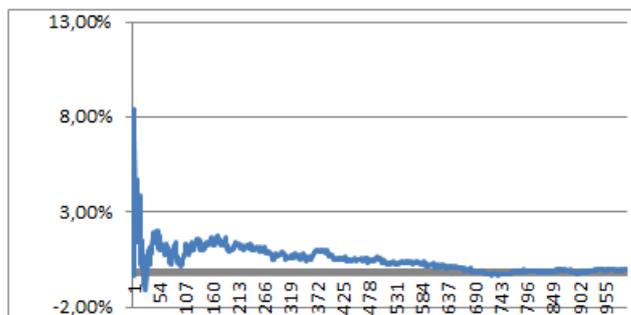


FIGURE 7.2 – Ecart de convergence : réponse du modèle ALM au test de fuite

On constate, en moyenne, une évolution décroissante de l'écart de convergence. A partir de la 500<sup>ème</sup> simulation, l'écart est de 0.56% et au niveau du 1000<sup>ème</sup> scénario la moyenne est d'environ 0.40% pour le modèle avec et sans garantie. Cet écart n'excède pas plus de 1% et est donc considéré comme satisfaisant.

### 7.1.3 Comparaison du BEL et de la VIF

	Ecart de convergence	MV	BEL	VIF
<b>Sans Garantie (1)</b>	<b>-0,40%</b>	<b>2 009 m€</b>	<b>1 998 m€</b>	<b>19 m€</b>
<b>Avec Garantie (2)</b>	<b>-0,39%</b>	<b>2 009 m€</b>	<b>1 986 m€</b>	<b>31 m€</b>
<b>(2)- (1)</b>		<b>0 m€</b>	<b>- 12 m€</b>	<b>12 m€</b>


Δ VIF > 0

FIGURE 7.3 – Comparaison du BEL et de la VIF

Le modèle sans garantie (resp avec la garantie) génère un BEL de 1998 millions (resp. de 1866 millions) et une VIF de 19 millions ( resp. de 31 millions).

En passant d'un modèle sans garantie à un modèle avec la garantie de capital au terme, à partir des 1000 scénarios du GSE, on obtient un  $\Delta VIF > 0$  qui représente une source de richesse pour Predica.

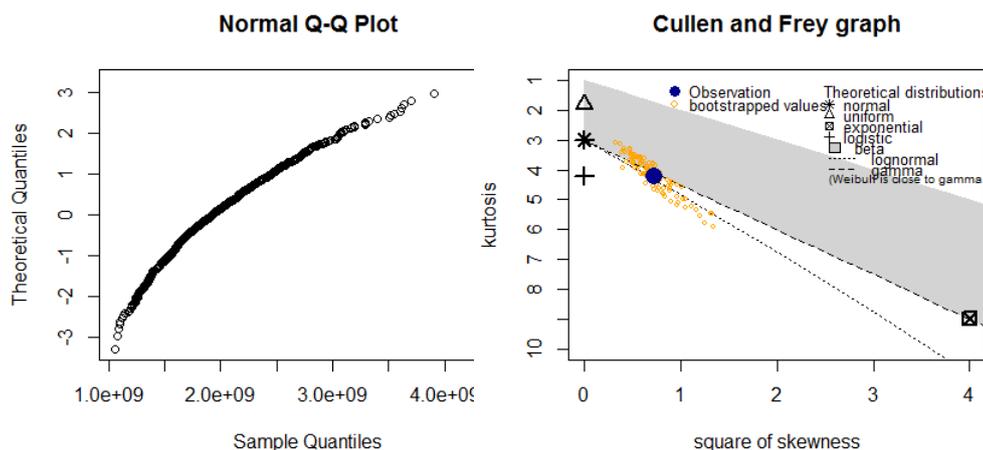


FIGURE 7.4 – décomposition BEL/ VIF : modèle avec garantie

De manière plus détaillée, le modèle avec garantie génère une VIF moyenne de 157 millions d'euros et un BEL de 1866 millions d'euros. Ainsi, avant la prise en compte de la prestation à maturité, on a une baisse des engagements de Predica vis à vis des assurés.

Après le traitement de la prestation à maturité moyenne qui est de 126 millions , on retrouve les valeurs du tableau ci-dessus.

### Analyse de la distribution du BEL



L'analyse de la distribution du BEL du modèle sans garantie ( à titre d'exemple) à travers le *QQ-Plot* mais également à partir du graphique de *Cullen and Frey*,<sup>1</sup> révèle que la distribution du BEL ne cadre pas avec la loi normale. De plus le test de normalité tel que le

1. Le graphique de Skewness et Kurtosis de Cullen et Frey (obtenu par la fonction *descdist* de la librairie *fitdistrplus* sur R) permet de trouver la distribution candidate qui correspond aux données observées

*Shapiro-Wilk Test* nous a conduit à rejeter l'hypothèse de normalité (  $p\text{-value} < 1.432e-10$ )<sup>2</sup>

Par conséquent, la détermination des intervalles de confiance par la méthode de *Bootsrapp* ne s'applique pas.

### Résultats après le traitement de l'écart de convergence

Les résultats après le traitement de l'écart de convergence sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

	BEL	VIF
Sans Garantie (1)	1 998 m€	11 m€
Avec Garantie (2)	1 986 m€	23 m€
(2)- (1)	- 12 m€	12 m€



FIGURE 7.5 – Reporting des BEL et VIF après le traitement des écarts de convergence

Ces valeurs ont été utilisées pour le calcul de la NAV central dans les deux modèles.

La question qui se pose alors est : **Comment expliquer cette augmentation de la VIF?**

Expliquer les sources de cette variation de la *VIF* revient à s'intéresser aux différentes composantes de la *VIF* .

Il faut tout d'abord rappeler que la différence en termes opérationnels entre le modèle sans garantie et le modèle avec garantie provient de l'ajout des chargements au titre de la garantie et de la prestation versée à maturité.

Par ailleurs, la *VIF* calculée dans notre modèle se compose essentiellement du résultats financier du Fonds Euro<sup>3</sup> et du résultat administratif des deux supports.

---

2. L'hypothèse nulle du test étant que l'échantillon est compatible avec une distribution normale

3. Le résultat financier de l'UC étant nul de part le principe de la risque neutralisation

## Analyse du résultat administratif

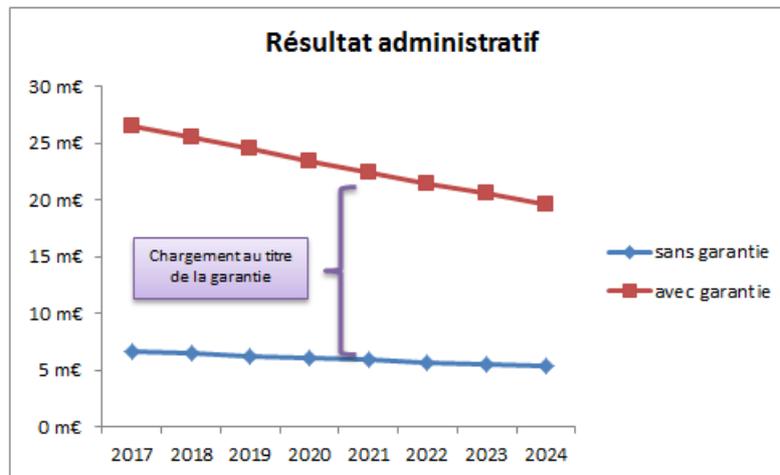


FIGURE 7.6 – Comparaison des résultats administratifs

On observe une augmentation de résultat administratif en passant du modèle sans la garantie au modèle avec la garantie.

Les effets des chargements au titre de la garantie dans le modèle avec garantie sur la VIF et le BEL confirment bien ce qui était attendu .

En effet toute chose étant égale par ailleurs, ces chargements supplémentaires :

- viennent réduire le montant des provisions mathématiques : ce qui d'une part réduit le BEL et d'autre part augmente la probabilité de versement de la prestation à maturité;
- augmentent le résultat administratif d'environ 136 millions sur toute la durée de l'engagement.

Par ailleurs, ce montant de chargements couvre la prestation à maturité au terme qui est de 126 millions.

### Analyse des résultats financiers

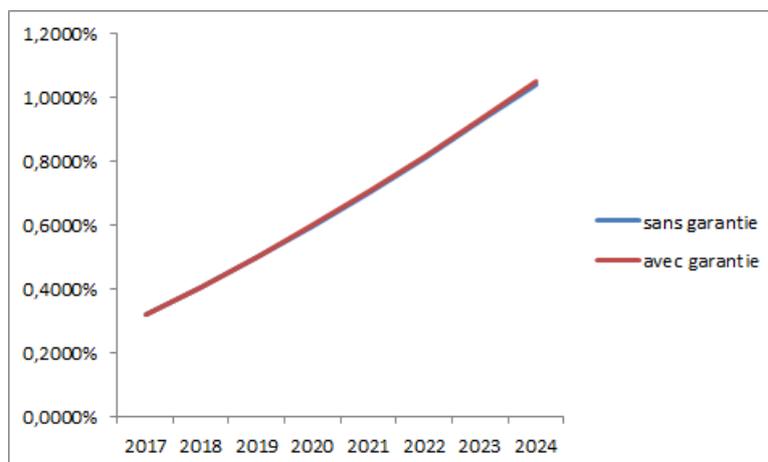


FIGURE 7.7 – Comparaison des TRMA : moyenne sur les 1000 scénarii

Le taux de rendement moyen des actifs (TRMA) se définit comme suit :

$$TRMA = \frac{\text{Produits financiers}}{\text{encours}_{\text{moyen}}}$$

Il est légèrement supérieur dans le modèle avec garantie que le modèle sans garantie. En effet, les produits financiers des deux modèles sont identiques ( du fait qu'ils soient calibrés sur les mêmes actifs ). La seule différence provient du fait que l'encours moyen pour le modèle avec garantie est inférieur à celui du modèle sans garantie grâce à l'effet du chargement au titre de la garantie.

### Analyse de la réserve de capitalisation de la PRE, et de la PPE

La dotation de la PRE et de la RC est identique dans les deux modèles donc ces réserves **n'ont pas d'effet sur la variation de la VIF entre les deux modèles.**

La réserve de capitalisation liée aux plus-values des titres obligataires est nulle sur toute les années de projection. En d'autres termes, les prix de vente auxquels les obligations à taux fixes ont été cédés sont inférieurs à leur prix d'achat.

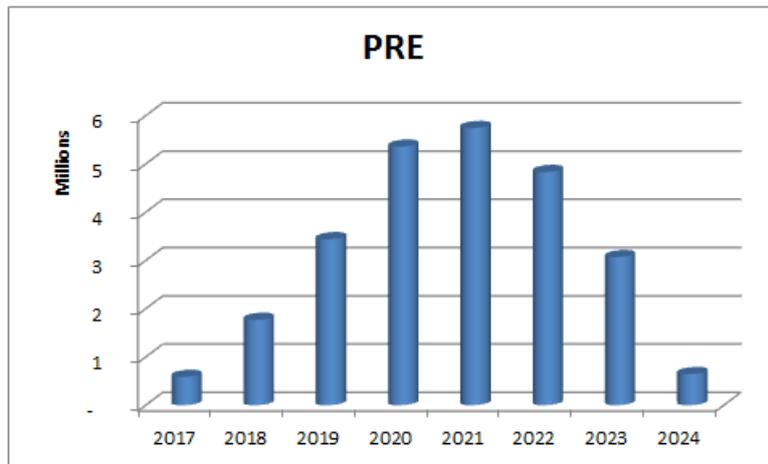


FIGURE 7.8 – Dotation de la PRE

L'évolution de la dotation de la Provision pour Risque d'Exigibilité liée aux moins-values des actions connaît un pic en 2022 puis décroît progressivement jusqu'au terme. En effet, la hausse l'indice action (en moyenne) entraîne la diminution des moins-values latentes des actions à partir de l'année 2021.

Quant à la Provision aux Participations aux Excédents (PPE) elle reste nulle pour les deux modèles.

La dotation nulle de la PPE sur toute la durée de projection est la conséquence de l'écart négatif entre le taux cible (dont le proxy est le taux de référence zéro coupon 10 ans) et le taux servi. Ainsi, le portefeuille ne peut servir le taux cible jusqu'à la maturité.

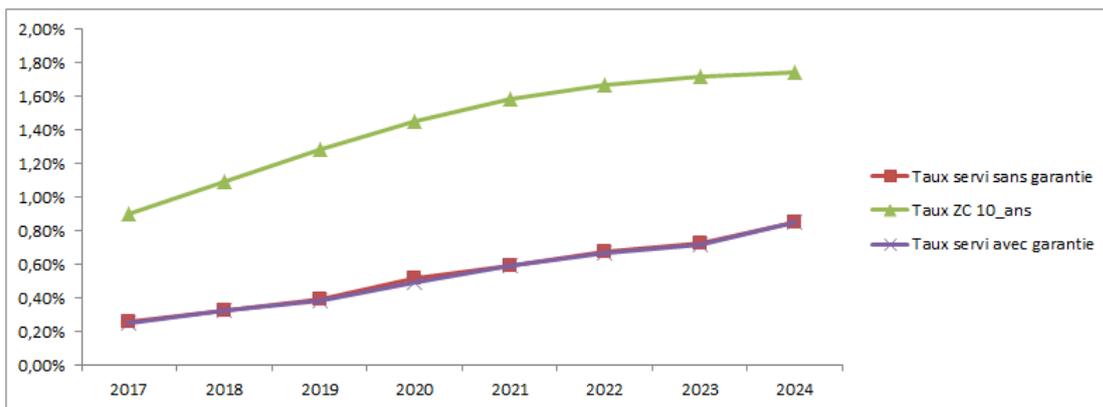


FIGURE 7.9 – Évolutions des taux servis et de la marge assureur

Les produits financiers distribuables et égaux aux produits financiers auxquels on soustrait la marge de l'assureur sont insuffisants et même négatifs jusqu'en 2021.

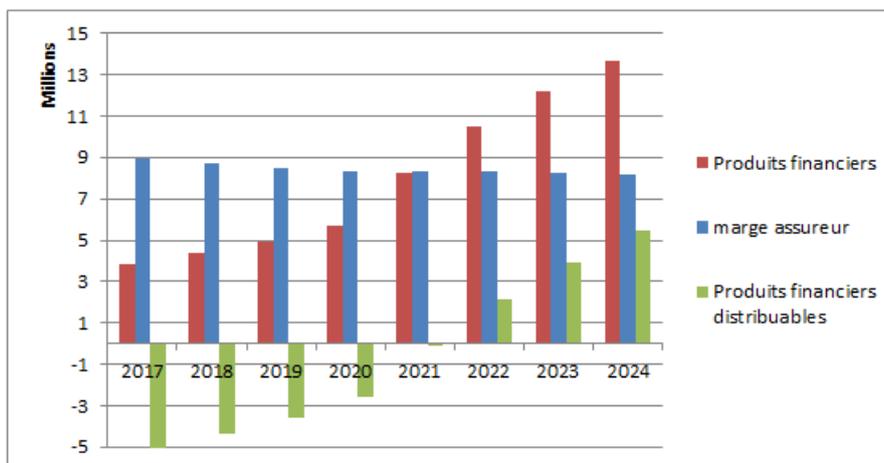


FIGURE 7.10 – Décomposition des produits financiers distribuables

En effet, la marge cible de l'assureur (somme de la marge sur produits financiers et de la marge sur encours) représente en moyenne 0.68% de la provision mathématique rémunérable .

Les conséquences qui en résultent sont que le taux servi initial n'arrive pas à satisfaire le taux cible. Le taux de PPE est donc de 0% et le levier d'utilisation des plus-values sur les actions n'est pas déclenché étant donné les moins values importantes réalisées sur cette période.

A partir de la 6ème année de projection (soit en 2022), les produits financiers disponibles deviennent positifs. Cependant les taux servis initiaux calculés demeurent toujours inférieurs au taux cible. Le taux de PPE reste nulle et le levier de vente des actions et de réalisation de plus-values pour augmenter le montant de produits financiers est activé étant donnée la réalisation des plus-values durant cette période (cf graphique d'évolution du PRE). Cela permet d'obtenir des taux servis d'environ 0.80% au terme pour les deux modèles.

En résumé, l'augmentation de la VIF est principalement due au montant des chargements au titre de la garantie

### 7.1.4 Comparaison des SCR

	SANS GARANTIE		AVEC GARANTIE		
SCR	122 m€		111 m€		Δ SCR < 0
SCR Opérationnel	29 m€		27 m€		
BSCR	93 m€		84 m€		

	Répartition		Répartition		
Risque de souscription vie	11 m€	11%	24 m€	25%	Répartition au sein du SCR VIE
Risque de mortalité	1 m€	9%	1 m€	2%	
Risque de longévité	1 m€	6%	1 m€	4%	
Risque de rachat	9 m€	66%	23 m€	86%	
Risque de frais	2 m€	12%	1 m€	5%	
Risque catastrophe	1 m€	7%	1 m€	3%	
Risque de marché	90 m€	89%	75 m€	75%	Répartition au sein du SCR
Risque de taux	56 m€	42%	16 m€	17%	
Risque action	34 m€	26%	37 m€	38%	
Risque immobilier	2 m€	2%	2 m€	2%	
Risque de spread	39 m€	30%	40 m€	42%	

Diversification BSCR	-7 m€	-7,3%	-15 m€	-15%
Diversification Vie	-3 m€	-22,3%	-3 m€	-9,6%
Diversification Marché	-42 m€	-32,0%	-20 m€	-21,4%

FIGURE 7.11 – Tableau comparatif des SCR des deux modèles

Le passage du modèle sans garantie au modèle avec garantie ne génère pas vraiment de SCR supplémentaire comme on pouvait se l'attendre. En effet on observe plutôt une réduction du SCR d'environ 9% et cela est principalement dû à la variation (à la baisse) du BSCR et donc du SCR opérationnel entre les deux modèles.

Par ailleurs, en observant la décomposition du SCR en module de souscription Vie et Marché, l'on constate qu'il y a eu une sorte de transfert de risques entre les deux modèles. En effet, du passage du modèle sans garantie au modèle avec garantie, le SCR du module souscription Vie a augmenté (passant de 11 millions à 24 millions) tandis que le SCR de marché a diminué : soit une proportion du BSCR passant de 89% à 75%.

Le choc le plus impactant à l'augmentation du SCR en souscription Vie entre les deux modèles est le risque de rachat tandis que le plus impactant au niveau de la baisse du SCR Marché est le risque de taux.

#### Analyse du risque de rachat

Le SCR rachat représente le capital servant à couvrir des taux imprévus de rachat qui peuvent être plus élevés ou plus faibles que ceux anticipés. Dans le modèle sans garantie,

le choc de rachat le plus important correspond au rachat massif tandis que dans le modèle avec garantie, c'est le choc de rachat à la baisse qui prédomine. Cela met en exergue le fait que l'introduction de la garantie a un effet sur le comportement des assurés dans le sens que ceux-ci seront inciter à procéder de moins en moins à des rachats avant le terme et bénéficier de la garantie proposée.

### Analyse du risque de taux

Le risque de hausse des taux est le risque de taux générant le  $\Delta NAV$  maximal dans les deux modèles.

De manière générale, suite à l'augmentation des taux d'intérêt :

- la valeur de marché de l'actif va être plus faible ;
- la courbe d'actualisation utilisée pour le calcul de la provision Best Estimate Liabilités va augmenter.

Ainsi, l'assureur aura un gain au passif suite à la diminution de la provision Best- Estimate et une perte à l'actif en raison de la diminution de la valeur de marché.

Par ailleurs, le passage du modèle sans garantie au modèle avec garantie a généré un  $\Delta BEL < 0$  et les valeurs de marché sont identiques dans le modèle avec et sans garantie ( en scénario central et choqué),

On a donc en résumé les trois relations suivantes :

$$BEL^{avec-garantie} < BEL^{sans-garantie} \quad (R1)$$

$$BEL_{hausse-taux} < BEL_{central} \quad (R2)$$

$$MV^{avec-garantie} = MV^{sans-garantie} \quad (R3)$$

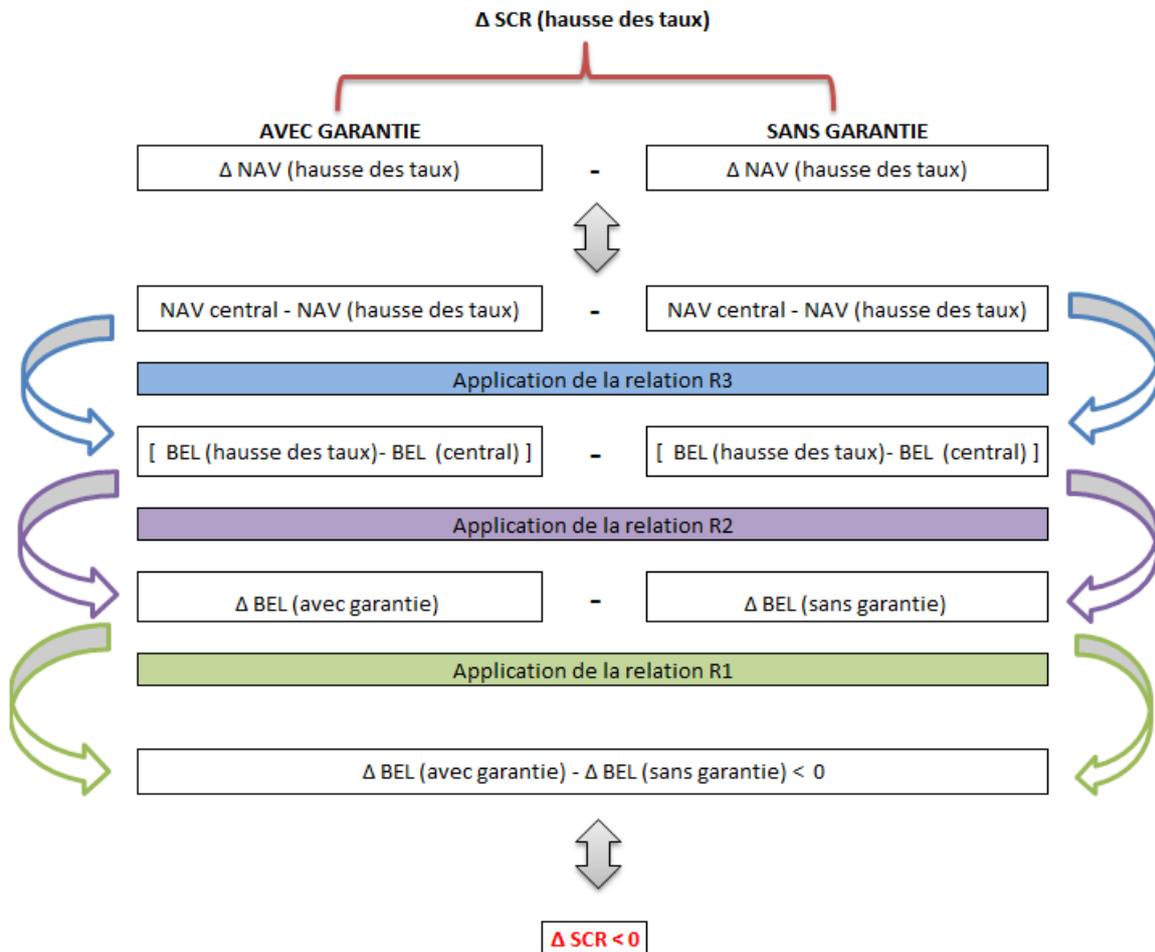
Pour rappel le SCR de hausse des taux est décrite par la relation :

$$SCR_{taux}^{hausse} = NAV_{central} - NAV_{taux}^{hausse} \quad (R4)$$

Avec :

$$NAV = MV - BEL$$

Par conséquent, en considérant toutes les relations ci-dessus, la variation du SCR de hausse des taux du modèle sans garantie au modèle avec garantie se détermine comme suit :



	Central (a)		Hausse des taux (b)		Δ NAV
	BEL	MV	BEL	MV	
<b>Avec garantie (1)</b>	1 986 m€	2 009 m€	1 913 m€	1 920 m€	16 m€
<b>Sans garantie (2)</b>	1 998 m€	2 009 m€	1 965 m€	1 920 m€	56 m€
<b>(1) - (2)</b>	-12 m€	0 m€	-52 m€	0 m€	<b>-40 m€</b>

FIGURE 7.12 – Calcul de la variation du SCR de hausse des taux entre les deux modèles.

La variation totale du  $SCR_{taux}^{hausse}$  entre les deux modèles résulte donc de la variation à la baisse du BEL liée à l'application du choc de hausse de taux, accentuée par celle constatée entre les deux modèles.

En effet, en détaillant le calcul, on remarque que la variation du BEL à la baisse est plus marquée dans le modèle "avec garantie" que dans celui comportant la garantie de capital.

La variation totale du SCR de hausse de taux du modèle sans garantie au modèle avec garantie est donc :

$$\Delta SCR = \Delta BEL_{\text{avec garantie}} - \Delta BEL_{\text{sans garantie}} < 0$$

où :

$$\Delta BEL = BEL_{\text{hausse de taux}} - BEL_{\text{central}}$$

En résumé, la garantie de capital en cas de vie au terme ( sous l'hypothèse d'un chargement de 1%) est donc, en moyenne peu coûteuse en capital réglementaire par rapport à un investissement sur un contrat épargne multisupports classique présentant les mêmes caractéristiques de modélisation. Jusque là, un éventuel ajustement du tarif ne semble pas être prévu.

### Indicateur de rentabilité construit à partir de la VIF et du SCR

Nous allons maintenant étudier un rapport construit à partir de la VIF et qui peut être intéressant dans le cadre de l'étude de la rentabilité . Il s'agit du ratio entre la VIF et le SCR : la VIF représentant la moyenne des profits futurs et le SCR l'exigence de capital sous Solvabilité II. Ce rapport peut être intéressant dans le cadre de ce mémoire car il peut correspondre à un indicateur de rentabilité attendue, c'est-à-dire une fonction cible à atteindre. Il peut aussi, permettre de comparer la rentabilité de nos deux modèles.

	SANS GARANTIE	AVEC GARANTIE
VIF/SCR	9,0%	20,7%

FIGURE 7.13 – Résultats du ratio entre la VIF et le SCR

Après l'application, ce rapport évolue de 9% sous le modèle sans garantie à 20% sous le modèle avec garantie . Cela traduit le fait que, pour un montant immobilisé inférieur, la rentabilité s'améliore suite à l'introduction de la garantie.

Le  $\Delta VIF$  positif entre les deux modèles signifie que le l'introduction de la garantie crée de la valeur, une richesse aux actionnaires. Mais cette information n'est pas suffisante et pour pouvoir pleinement l'exploiter, il faut l'accompagner d'une analyse et des mesures de sensibilités.

Par ailleurs, il faut noter que le tarif proposé en input du modèle, de même que l'étude de la rentabilité ne prennent pas en compte les coûts liés à des stratégies de couverture de la part de Predica .

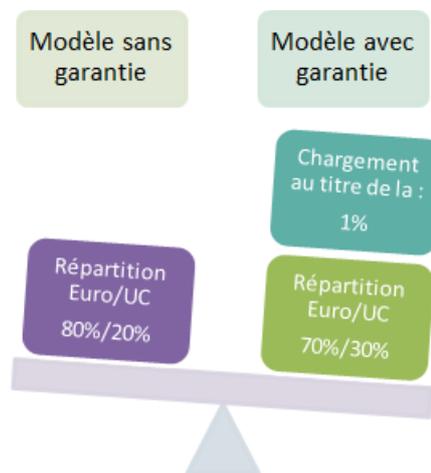
## 7.2 Analyse des sensibilités.

L'analyse de sensibilité des résultats de  $\Delta VIF$  et  $\Delta SCR$  a été effectuée sur trois périmètres que nous avons considérés intéressants, à savoir :

- ☞ l'augmentation de la part de la collecte en UC ;
- ☞ l'impact du chargement au titre de la garantie ;
- ☞ une sensibilité sur les hypothèses de taux de PAB ;

### 1 - Sensibilité au niveau de la diversification de la collecte UC.

Le schéma principal de l'étude de rentabilité consistait à analyser de l'écart relatif entre le modèle avec et sans garantie pour une même répartition de l'investissement en Euro (70%) et en UC (30%) . En le faisant ainsi ,l'on risque de s'éloigner de l'objectif prédominant de l'étude qui est, de capter l'effet d'une augmentation de la collecte en UC grâce à la garantie. En effet, il serait mieux de considérer deux modèles avec des répartitions euro et UC différentes. A titre d'exemple une comparaison a été faite sur les deux modèles suivants :



- \* modèle 1 sans la garantie avec une répartition Euro/UC de (80%, 20%) ;
- \* modèle 2 avec la garantie avec une répartition Euro/ UC de (70%, 30%).

Cette configuration de comparaison de modèles avec des répartitions différentes permettra de mieux analyser les éventuels effets intrinsèques de l'introduction de la garantie.

VIF	10 m€
SCR	128 m€

FIGURE 7.14 – Résultats du modèle sans garantie avec une répartition Euro/UC de (80%, 20%)

Après l'application du run du modèle sans garantie sur la base d'une répartition Euro/UC de (80%, 20%), on obtient une VIF de 10 millions et un SCR de 128 millions.

Ainsi le passage d'un investissement sur contrat multisupports de (80%,20%) à un contrat multisupports (70%, 30%) proposant une garantie au terme , génère une augmentation la rentabilité pour l'assureur d'environ 13 millions ( $\Delta VIF > 0$ ) et une baisse de l'exigence en capital de 5% ( $\Delta SCR < 0$ ).

Toutefois, ces écarts entre les indicateurs des deux modèles restent moins importants par rapport à l'approche initiale de l'étude de la rentabilité.

Il faut également noter que l'étude de rentabilité du modèle avec la garantie dépend fortement de l'hypothèse du taux de chargement annuel qui a été utilisé comme paramètre pour la détermination des principaux flux.

Ainsi il existe une possibilité que l'objectif d'augmentation de la part UC à travers la proposition de la garantie au terme ne soit pas rentable ( au sens de la VIF) et soit une source d'augmentation de l'exigence en capital contrairement à ce qui a été trouvé au cours de la première étude de rentabilité.

## 2 - Sensibilité au niveau du chargement au titre de la garantie

Au niveau du chargement au titre de la garantie, une approche de la tarification par prime pure a été effectuée et a conduit à un prélèvement sur encours annuel de 1%. Predica portait alors l'intégralité du risque lié à cette garantie.

Une application de l'étude a été menée en considérant un chargement annuel de 0.30% correspondant au chargement du package Euro/ UC dans le montage réalisé avec l'Asset Manager.

Avec cette configuration, on obtient les résultats suivants :

chargement au titre de la garantie	36 m€
Prestation à maturité	85 m€
VIF	-38 m€
SCR	135 m€

FIGURE 7.15 – Résultats sur le modèle sans garantie avec un chargement de 0.26%

L'étude de rentabilité avec la garantie au terme conduit à une VIF négative (donc un  $\Delta VIF < 0$ ) après la prise en compte de la prestation à maturité . Le montant des charge-ments collecté tout au long de la période est donc insuffisant pour couvrir cette prestation.

La garantie s'exerce, la performance de la poche UC est calculée et l'Asset Manager versera le montant correspondant. Dans notre cas l'UC enregistre en moyenne une hausse de la performance. Aucun versement est effectué de la part de l'Asset Manager.

Par ailleurs, il faut noter qu'avec cette hypothèse de prélèvement de 0.30%, Predica portant le risque sur les évolutions de taux PAB, doit s'assurer de satisfaire un taux minimum compte tenu du plancher sur l'UC garanti par l'Asset Manager.

A titre d'exemple : avec l'hypothèse d'une garantie à 8 ans et d'un taux de PAB constant, l'épargne de l'assuré au terme doit satisfaire la relation suivante :

$$(1 - f_{gar})^8 * \left[ (70\% \times (1 + P\bar{A}B)^8 \times (1 - \tau_{ges}^{euro})^8 + 30\% \times (1 - \tau_{ges}^{UC})^8 \times \frac{VL_{uc}^8}{VL_{uc}^0} \right] \geq 100\%$$

$$\Leftrightarrow (1 - f_{gar})^8 * \left[ (70\% \times (1 + P\bar{A}B)^8 \times (1 - \tau_{ges}^{euro})^8 + 30\% \times (1 - \tau_{ges}^{UC})^8 \times Strike \right] \geq 100\%$$

Avec un niveau Strike de 90% au terme et les hypothèses de frais de gestion Euro/ UC respectivement de 0.6%/0.8% et de chargement de 0.30% : le taux minimum de PAB qui doit être distribué est de 1.83% . Or les taux servis par année à la suite de l'étude sont inférieurs à cette valeur. Le risque économique porté par Predica est alors considérable.

Par ailleurs, le SCR attendu avec cette hypothèse de chargement est supérieur au modèle sans garantie : soit une augmentation de 11%. Une révision du tarif pourrait alors être envisagée. Une hypothèse serait d'augmenter le tarif initial de :  $\frac{\Delta SCR}{PM_{initial}}$  ; soit d'environ 0.65% Ainsi en moyenne le tarif ajusté est de  $0.30\% + 0.65\% = 0.95\%$

Ainsi, Predica propose, soit :

- \* un tarif de 0.30% en ayant une politique lui permettant de servir au minimum des taux de PAB de 1.83%
- \* un tarif, lui permettant de se couvrir au minimum de l'augmentation de l'exigence en capital entre les deux modèles.

## 2 - Sensibilité au taux de PAB servi.

Dans la détermination du chargement au titre de la garantie ( cf Chapitre 5 ), une hypothèse d'un taux de PAB<sup>4</sup> couvrant les frais de gestion du support Euro a été retenue. Cependant dans l'étude de rentabilité, l'application de l'algorithme de la stratégie de PAB des taux a conduit à des taux servis inférieurs au taux de frais de gestion du support Euro.

4. taux de PAB net de CSG

Afin d'améliorer l'adéquation entre l'étude de rentabilité et la détermination du tarif, une application sur le modèle avec garantie a été faite en supposant des taux servis constants sur toute la durée de projection et égaux au taux de frais de gestion du support Euro : soit 0.6%.

	Scénario central	Scénario modifié
Taux de PAB (moyenne sur toute la projection)	0,50%	0,60%
VIF	23m€	14m€
SCR	111m€	103m€

FIGURE 7.16 – Résultats de la sensibilité au taux de PAB servi sur la modèle avec garantie

Le scénario central correspond au modèle avec garantie avec des hypothèses de PAB servis issues de l'algorithme de PAB et le scénario modifié quant à lui, correspond à une hypothèse de PAB constante sur toute la durée de projection.

Ainsi, en termes de résultats, nous constatons que l'hypothèse de taux de PAB servis de 0.6% constante sur toute la durée de projection entraîne une baisse de la VIF. L'effet est direct sur les résultats financiers car l'augmentation des taux de PAB servis réduit considérablement la marge financière de l'assureur car, en cas d'insuffisance de produits financiers pour servir cette valeur plancher de taux, l'assureur doit diminuer son résultat.

L'application des taux de PAB constants sur toute la période de projection du modèle avec garantie entraîne une baisse du SCR ( plus précisément le SCR de souscription vie) à travers l'augmentation du BEL. Ce résultat s'explique par l'accroissement des engagements de l'assureur induit lors de la revalorisation des contrats. Plus le taux servi est élevé, plus le contrat est revalorisé à la hausse et plus élevé sera le BEL.

Ainsi en comparant le modèle "sans garantie "au nouveau modèle "avec la garantie", on obtient un passage du ratio  $\frac{VIF}{SCR}$  de 9% à 14%.

### 7.3 Tarification post-étude de rentabilité

Dans l'étude de rentabilité initiale, un tarif avait été déterminé en univers risque neutre, conformément aux hypothèses économiques e financières de l'étude de rentabilité (table GSE) et intégrer en input du modèle ALM.

Nous allons donc procéder à la démarche inverse : c'est- à-dire évaluer l'étude de rentabilité<sup>5</sup> et déterminer ensuite le niveau de chargement qui permet :

- ✓ d'obtenir le même ratio  $\frac{VIF}{SCR}$  que le modèle sans garantie ;

5. étude de rentabilité avec la répartition Euro/UC de 70%,30%

- ✓ d'annuler la valeur du portefeuille nette du coût de capital.

### 1 - Évolution du ratio $\frac{VIF}{SCR}$ en fonction des taux de chargement.

Pour chacun des niveaux de chargements compris entre 0.20% et 1.60%, la VIF stochastique moyenne ainsi que le SCR ont été déterminés.

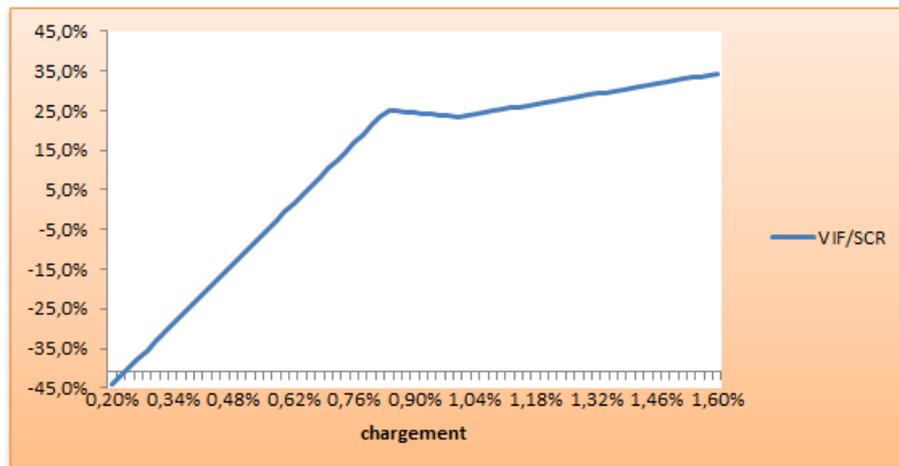


FIGURE 7.17 – Évolution du ratio  $\frac{VIF}{SCR}$  en fonction du niveau de chargement

On remarque que ce ratio augmente avec le niveau de chargement et le chargement annuel qui permet d'égaliser celui du modèle "sans garantie" est de 0.69%. Ainsi, si l'on note  $VIF_{sans}$  (resp  $VIF_{avec}$  et  $SCR_{sans}$  (resp.  $SCR_{avec}$ ) la VIF du modèle sans la garantie ( resp. avec la garantie) et le SCR du modèle sans la garantie (resp. avec la garantie), on obtient le résultats suivant :

$$\frac{VIF_{sans}}{SCR_{sans}} = 9\% = \frac{VIF_{avec}}{SCR_{avec}} \quad \text{si } f_{gar} = 0.69\%$$

### 2 - Détermination du niveau de chargement permettant de couvrir le coût du capital.

Nous avons vu précédemment que le processus de tarification d'un contrat ou d'une garantie en assurance vie consiste à déterminer un niveau de taux de chargement sur encours, permettant d'intégrer :

- un chargement au titre des frais de gestion ;
- un chargement pour couvrir le coût d'immobilisation des fonds propres et la marge assureur.

En particulier, le coût lié à l'immobilisation des fonds propres est une étape essentielle pour mesurer l'impact de Solvabilité II sur la tarification des produits.

Il existe plusieurs méthodes de tarification prenant en compte l'immobilisation du coût du capital, les deux méthodes les plus utilisées étant :

- ✓ La méthode du TRI - Taux de Rendement Interne
- ✓ La méthode VPNCC - Valeur du Portefeuille Nette du Coût du Capital

Ces deux méthodes ont pour objectif d'inclure dans la tarification le coût supplémentaire lié à une augmentation potentielle du niveau du capital réglementaire.

La méthode du TRI consiste à déterminer les taux de prélèvement permettant au moins de couvrir la rémunération des actionnaires, sur toute la période de leur investissement tandis que la méthode VPNCC permet d'obtenir le niveau de prélèvement permettant au moins de couvrir le coût du capital à immobiliser sur toute la durée des engagements de l'assureur.

Dans notre étude, nous nous sommes intéressés à une méthode similaire à la VPNCC.

### **Rappel du principe de la méthode VPNCC**

L'objectif de la méthode de VPNCC est de déterminer le taux de chargement annulant la valeur du portefeuille nette du coût du capital.

En considérant la VIF comme étant la valeur du portefeuille, on cherche alors le taux de prélèvement sur encours annuel tel que :

$$VIF - 6\% * \sum_t^T \frac{SCR_{t-1}}{(1+r_t)^t} = 0$$

La règle étant que la garantie au terme est profitable si la valeur de portefeuille nette du coût du capital est positive. Si celle-ci est négative, alors la garantie dans une certaine mesure ne remplit pas les objectifs de rentabilité de la compagnie.

L'approche stochastique a été utilisée. Pour chaque niveau de chargement allant de 0.20% à 1.60%, la VIF stochastique (moyenne des VIF sur les 1000 scénarios) a été calculée.

Ensuite, concernant le coût du capital, une approximation basée sur un ratio  $SCR/PM$  constant dans le temps et pour toute les simulations a été utilisée .

Le niveau de chargement permettant d'annuler la valeur du portefeuille nette du capital a été déterminé.

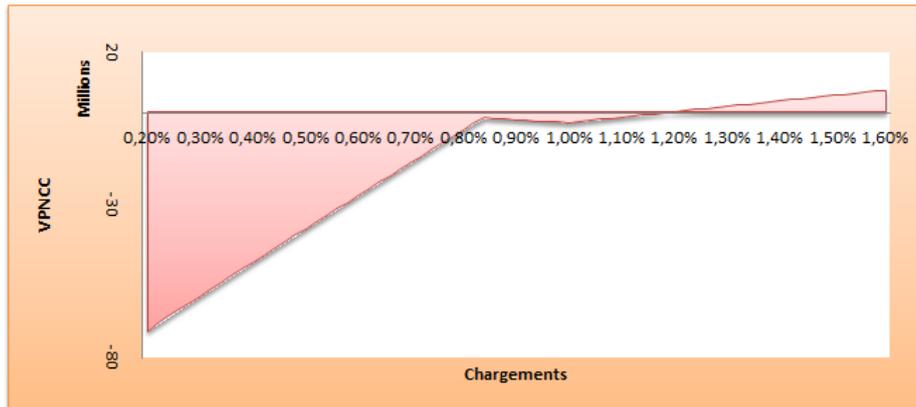
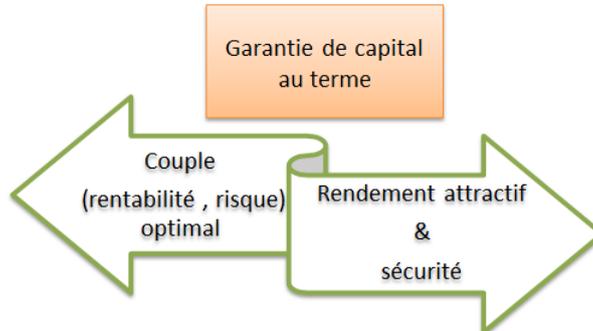


FIGURE 7.18 – Evolution de la valeur du portefeuille nette du coût du capital en fonction des taux de chargements

Ainsi, le taux de chargement au titre de la garantie permettant d'annuler la valeur du portefeuille net du coût de capital est d'environ 1.20% .

#### 7.4 Conciliation entre la rentabilité de l'assuré et celle de l'assureur



La mise en place de la garantie au terme doit permettre de concilier les attentes :

- ✓ de l'assuré : un rendement attractif et un degré de sécurisation acceptable.
- ✓ de l'assureur : une rentabilité optimale au regard du besoin de fonds propres.

##### Vision de l'assuré

Du point de vue de l'assuré, le choix d'augmenter sa part d'investissement en unités compte avec une option de garantie de capital au terme dépendra à la fois de ses rendements espérés c'est à dire des rendements attendus de l'actif nets des prélèvements sur encours mais aussi du degré de sécurité proposé par cette garantie.

En effet, compte-tenu de l'importante proportion de l'actif obligataire (80%), le bas niveau des taux est pénalisant pour la rentabilité espérée de l'assuré à travers le taux de PAB servi. Aussi, si une étude de tarification à priori est réalisée, le montant des chargements au titre de la garantie sera étroitement lié à la performance de l'unité de compte en termes de rendement. Plus le rendement est important, plus le montant des chargements sera élevé.

Toutefois, la garantie lui permet de sécuriser son épargne sur au moins une période de 8 ans.

Par ailleurs, tel que présenté, le principe de l'offre de garantie de capital au terme est relativement simple mais cela ne lui permet pas d'assurer un pilotage efficace de son épargne en vue de la recherche d'une meilleure performance de son capital.

Ainsi, tout dépendra donc de son objectif de placement.

### **Vision de l'assureur**

L'objectif principal pour Predica par la mise en place de la garantie de capital au terme repose sur des attentes d'augmentation de la collecte en UC.

Cet objectif sera atteint et apprécié dans la mesure où la rentabilité attendue et le coût du capital qui en résulte seront satisfaisants du point de vue de Solvabilité 2.

En proposant l'offre de garantie à terme, Predica devra faire face à plusieurs coûts qui risquent d'impacter sa rentabilité recherchée. Ce sont notamment les risques liés à la couverture de son risque de garantie à travers la prime qu'elle devra tarifier.

Les attentes de Predica et ceux de l'assuré peuvent diverger à ce niveau.

Avec le premier montage réalisé avec l'Asset Manager, l'offre de garantie permet de faire jouer un peu de la mutualisation et peut effectivement séduire et rassurer l'assuré.

En termes de couverture, le fonds Euro globalise et gère les investissements d'une communauté d'assurés qui bénéficiera d'une participation aux bénéfices discrétionnaire et les unités de compte seront sujets à une couverture complémentaire par l'Asset Manager. Cependant, compte tenu du contexte actuel des taux, le risque pour l'assureur réside dans la distribution des taux servis permettant à la fois de satisfaire l'assuré et d'assurer la garantie au terme compte tenu du plancher de couverture de l'UC proposé par l'Asset manager

En portant intégralement le risque lié au coût de la garantie, Predica s'expose encore plus. Les leviers possibles résident dans la tarification de l'offre de garantie qui devra lui permettre à moyen terme de dégager de la marge et satisfaire ses exigences de solvabilité.

## 8 Conclusion

. L'étude menée dans ce mémoire a permis à l'équipe Produit de se doter d'un outil simplifié et fiable de projection de flux, capable de réaliser une étude de rentabilité sous solvabilité 2 de la garantie de capital (Euro + UC) au terme. La mise en place de l'outil a donc permis d'accroître le degré de compétences techniques et opérationnelles de l'équipe.

L'objectif de ce mémoire était d'analyser l'écart relatif en termes de rentabilité et d'exigence de capital entre un contrat multisupports proposant une garantie de capital au terme et un autre contrat multisupports classique.

Pour ce faire, il nous fallu dans un premier temps, analyser le contexte et le mécanisme liés au projet de la garantie afin de retenir les hypothèses les plus adaptées à l'étude. Dans un second temps, la construction de l'outil de projection ALM a été effectuée en prenant soin de valider la cohérence des flux à chaque étape. Cette étape de l'étude a permis de prendre conscience de l'influence du paramétrage et de la complexité du modèle de projection par rapport à l'objectif de l'étude.

L'analyse s'est donc déroulée via l'application de deux modèles ALM : l'un portant uniquement sur un contrat multisupports classique et l'autre qui proposait la garantie de capital au terme. La différence en termes opérationnelles entre ces deux modèles est l'ajout d'un chargement au titre de la garantie sur l'encours de l'assuré et d'une prestation versée à maturité.

La première idée a été de réaliser une tarification de la prime pure en faisant porté intégralement à Predica le coût de la garantie. Ce tarif a ensuite été utilisé comme paramétrage dans l'étude de rentabilité.

La deuxième idée a été de réaliser l'étude de rentabilité entre les deux modèles et ensuite déterminer le taux de chargement permettant à la fois :

- de réaliser un écart relatif en termes de rentabilité et d'exigence de capital nul ;
- d'intégrer le coût de capital généré par la garantie.

La première approche de l'analyse de la rentabilité entre les deux modèles, par la détermination au préalable d'un chargement sur encours d'environ 1%, a conduit à une augmentation de la rentabilité et une réduction du SCR.

La seconde approche de l'étude de rentabilité a permis de déterminer un chargement annuel minimum de 0.69% à appliquer par Predica au titre de garantie. Celui-ci a été plafonné à environ 1.20% afin de tenir compte de la couverture du coût du capital.

Les études de sensibilités par rapport aux hypothèses de taux de PAB servis mais également l'analyse de la conciliation entre la rentabilité assuré/assureur ont permis d'acquérir une bonne compréhension du modèle ainsi que de ses limites qui, semblent nécessaires pour la suite de l'étude. En effet, la rentabilité ainsi que l'exigence en capital sont très sensibles aux hypothèses de taux, mais également aux rendements financiers de l'UC et certaines stratégies conduiraient à une réduction de l'attractivité pour cette garantie, avec des conséquences non négligeables au niveau commercial.

Les paramètres à la main de l'assureur sont la clause de PB, les frais prélevés mais également son allocation d'actifs. Dans la perspective d'atteindre son objectif de diversification de la collecte en unités de compte avec un seuil de rentabilité/risque optimal, il lui faudra mettre en place des stratégies en termes de couverture financière et de tarification. Une rationalisation de la garantie et des niveaux de rentabilité attendus s'impose donc avec la contribution des principales lignes de métiers concernées par ce projet.

## 9 Bibliographie

### Publications et ouvrages :

- [1] Julien SAC, Marina PETIT et Michael DONIO, *Formule Standard USP : guide pratique des calculs de solvabilité 2*, Janvier 2016.
- [2] ACPR, *Analyses et synthèses N°94 : Revalorisation 2017 des contrats d'assurance-vie et de capitalisation – engagements à dominante épargne et retraite individuelle* : disponible sur ce [lien](#).
- [3] CFO Forum, *Market Consistent Embedded Value Principles*, April 2016.
- [4] Institut des Actuaires, *Groupe de travail « Best Estimate Liabilities Vie »*, Mai 2016.
- [5] Mary HARDY, *Investment Guarantees, Modelling and Risk Management for Equity-Linked Life Insurance*, 2003.
- [6] Frédéric PLANCHET, *Les garanties « plancher » sur les contrats en unités de compte (GMDB), support de cours ISFA 2017-2018*.

### Mémoires d'actuariat :

- [7] Tristan PALERM, *Tarifification de garantie plancher en cas de vie*, 2006.
- [8] Audrey GAUTHIER, *Impact d'une ré-allocation d'actifs sur une garantie plancher en cas de vie dans des contrats investis en unités de compte*, 2008.
- [9] Marylène DECUBBER, *Rentabilité et tarification sous Solvabilité II : vers une évolution de l'offre produit ?*, Novembre 2011.
- [10] Jérôme GUETIN-MALEPRADE et Michaël LEDUC *Eurodiversifié/Eurocroissance et Solvabilité II : Influence des paramètres produit et de l'allocation d'actifs sur le capital réglementaire*, Mars 2017.

# A Annexes

## 1 - Table de paramétrage de l'étude de rentabilité

Taux de commission euro	0,29%
Taux de pénalité de rachat	0%
Coût fixe par contrat	6,0128
Inflation	2%
Taux d'imposition	0,3443
Taux de rétrocession des UC	0,27%
Taux de commission UC	0,55%
Maturité du taux de référence ( 10 ans)	10
Ecart taux cible inf	-1,00%
Ecart taux cible sup	1,00%
Pourcentage de produits fi conservés	15%
Marge minimum	0,40%
Réalisation maximale de PVL	16,67%
Reprise maximale de la PPE	33,33%
Taux concurrentiel initial	1,00%
Taux servi initial	1,50%
Taux de prélèvement sociaux	15,5%
Part de la Réserve de Capi revenant à l'assureur	100%
<b>Chargements de gestion euro</b>	<b>0,60%</b>
<b>Chargements de gestion UC</b>	<b>0,80%</b>

## 2 - Détermination du choc de spread

Pour rappel, le choc du risque de spread sur les obligations est l'effet immédiat sur la valeur nette des Actifs et Passifs attendue dans le cas d'une baisse instantanée des valeurs des obligations en raison de l'élargissement de leurs spreads de crédit.

La valeur du choc (stress) à appliquer à la valeur du marché dépend de la durée modifiée et du rating des obligations. Les obligations qui figurent en input du modèle sont de type "AA" et "A" et ont une durée modifiée maximale de 10 ans.

La formule du choc à appliquer pour chaque catégorie est décrite dans le tableau ci-dessous :

Qualité de crédit		AA		A	
Duration modifiée : dur(i)	Formule de calcul du stress i	ai	bi	ai	bi
≤ 5 ans	$bi * \max(\text{dur}(i) ; 1)$		1,10%		1,40%
]5 ans; 10 ans]	$ai + bi * (\text{dur}(i) - 5\text{ans})$	5,50%	0,60%	7%	0,70%
]10 ans; 15 ans]	$ai + bi * (\text{dur}(i) - 10\text{ans})$	8,40%	0,50%	10,50%	0,50%

FIGURE A.1 – Coefficients de la formule du calcul du stress en fonction de la duration modifiée et du rating de l'obligation.

### 3 - Évolution de l'indice de l' action dans l'étude de la tarification

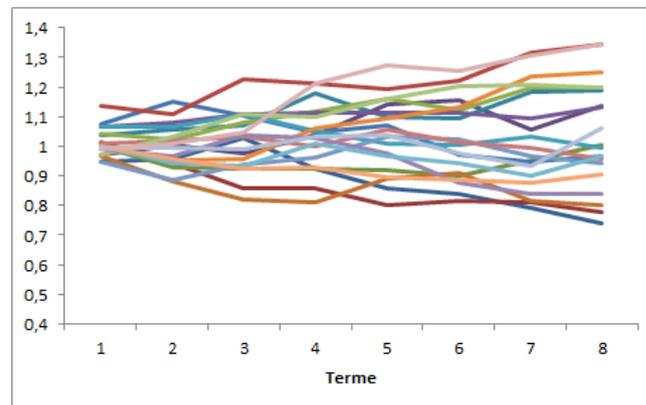
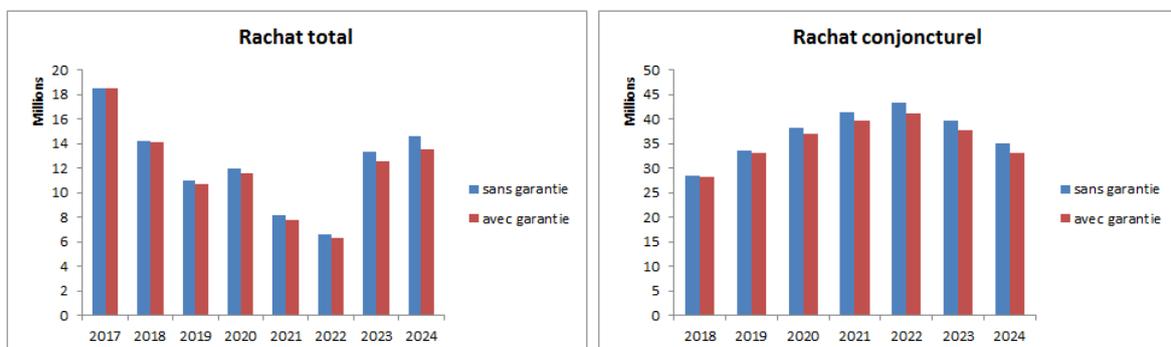


FIGURE A.2 – Évolution de l'indice action pour 20 simulations.

### 4 - Evolution des rachats conjoncturels et totaux entre les deux modèles



Résultats sur le scénario déterministe.

# Table des figures

1.1	Évolution comparée des taux de rendements d'actifs financiers des 16 principaux assureurs vie : (Source ACPR[2017])	2
1.2	Les principaux mécanismes incitatifs à la collecte en UC proposés par Predica	4
2.1	Evolution de part de collecte en unités de compte sur les produits mutilsupports épargne Florianne et Corinthe	9
3.1	Principales étapes du processus ALM chez PREDICA	19
4.1	Répartition de l'actif du canton Crédit Agricole de Predica	24
4.2	Extrait de la table de GSE calibré au 31/12/2016	25
4.3	Hypothèses de collecte du produit multisupports Florianne en fin 2016	26
4.4	Hypothèses de mortalité et de rachat total en fin d'année 2016.	31
4.5	Allocation cible des actifs	32
4.6	Graphique d'une loi de rachat conjoncturel	40
5.1	Projection du TRMA obtenu dans l'exercice des affaires nouvelles sur le fonds euro	51
5.2	Résultats du calcul du coût et du tarif de la garantie par Monte Carlo pour un individu âgé de 51 ans.	54
5.3	Tarifcation par âge de la garantie.	54
5.4	Résultats des sensibilités du tarif à la maturité et à la volatilité de l'UC	55
6.1	Bilan économique sous Solavabilité II.	58
6.2	Principaux poste du bilan sous Solavabilité II.	59
6.3	Courbe des taux sans risque avec Volatility Ajustment au 31/12/2016	61
6.4	Arborescence du SCR par la formule Standard	66
6.5	Matrice de corrélation entre les modules du BSCR.	66
6.6	Matrice de corrélation entre les sous modules du risque marché	69
6.7	Matrice de corrélation entre les sous-modules du risque de souscription Vie	69
7.1	Convergence du BEL sur les 1000 simulations	74
7.2	Ecart de convergence : réponse du modèle ALM au test de fuite	75
7.3	Comparaison du BEL et de la VIF	75
7.4	décomposition BEL/ VIF : modèle avec garantie	76
7.5	Reporting des BEL et VIF après le traitement des écarts de convergence	77
7.6	Comparaison des résultats administratifs	78

7.7	Comparaison des TRMA : moyenne sur les 1000 scénarii	79
7.8	Dotation de la PRE	80
7.9	Évolutions des taux servis et de la marge assureur	80
7.10	Décomposition des produits financiers distribuables	81
7.11	Tableau comparatif des SCR des deux modèles	82
7.12	Calcul de la variation du SCR de hausse des taux entre les deux modèles.	84
7.13	Résultats du ratio entre la VIF et le SCR	85
7.14	Résultats du modèle sans garantie avec une répartition Euro/UC de (80%, 20%)	86
7.15	Résultats sur le modèle sans garantie avec un chargement de 0.26%	87
7.16	Résultats de la sensibilité au taux de PAB servi sur la modèle avec garantie	89
7.17	Évolution du ratio $\frac{VIF}{SCR}$ en fonction du niveau de chargement	90
7.18	Evoltion de la valeur du portefeuille nette du coût du capital en fonction des taux de chargements	92
A.1	Coefficients de la formule du calcul du stress en fonction de la duration modifiée et du rating de l'obligation.	98
A.2	Évolution de l'indice action pour 20 simulations.	98