

Mémoire présenté devant l'Université de Paris-Dauphine  
pour l'obtention du Certificat d'Actuaire de Paris-Dauphine  
et l'admission à l'Institut des Actuaires

le

Par : Amélie de LA HAYE

Titre : Impact de l'inflation et des taux sur l'épargne en assurance vie

Confidentialité :  Non     Oui    (Durée :  1 an     2 ans)

---

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

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

*Entreprise :*

Nom : Optimind / *Valérie DERPE*

Signature :



*Membres présents du Jury du Certificat  
d'Actuaire de Paris-Dauphine :*

*Directeurs de Mémoire en entreprise :*

Nom : Adèle RIOU et Agatha NGO

Signature :

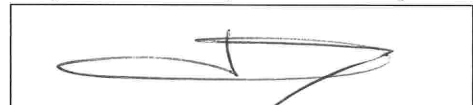


---

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

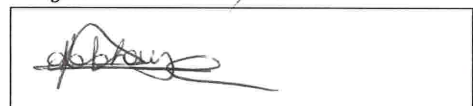
*Secrétariat :*

*Signature du responsable entreprise*



*Bibliothèque :*

*Signature du candidat*





## Résumé

---

Depuis plusieurs années et de manière tendancielle, le contexte de taux bas, accentué par les décisions de politique monétaire de la BCE, a provoqué une baisse des taux obligataires qui sont alors devenus négatifs. Le portefeuille d'actif des assureurs étant principalement composé d'obligations, les taux servis aux assurés se sont vus baisser aussi. Le Covid-19 a ensuite bouleversé le marché de l'assurance vie. Les contraintes sanitaires ayant limité la consommation, les ménages ont constitué une épargne forcée. La baisse du marché des actions en mars 2020 a provoqué une réorientation de l'épargne vers les supports liquides, au détriment de l'assurance vie, malgré des rendements nets négatifs. S'ajoute également aux contraintes sanitaires la crise des matières premières. Depuis la sortie de crise, 2021 a été une bonne année en bourse. L'inflation a fortement grimpé, d'autant plus avec la guerre en Ukraine. La BCE, malgré la guerre, procède à un ralentissement des mesures pour gérer la crise. La sortie de la crise s'accompagne aussi avec la reprise de l'épargne en assurance vie notamment en UC, mais avec rendements nets négatifs. Le but de ce mémoire est de déterminer l'impact de l'évolution de l'inflation et des taux sur les ratios de solvabilité et de rentabilité d'un assureur vie. Après avoir introduit le contexte des taux bas et du risque inflation, il convient d'analyser l'impact de l'inflation et des taux sur l'épargne et la collecte en assurance vie suite à la crise Covid qui a transformé le marché. L'analyse se fera sur la prédiction de la collecte nette en assurance vie puis sur les indicateurs Solvabilité 2 des assureurs en fonction de différents chocs sur l'inflation et sur les taux. Cela permettra de visualiser quel scénario touchera le plus les ratios de solvabilité et de rentabilité des assureurs et lequel sera le plus avantageux.

---

*Mots-clés : assurance vie, épargne, inflation, taux, Solvabilité 2.*

## Abstract

---

For several years now, the low interest rate environment, accentuated by the ECB's monetary policy decisions, has caused bond rates to fall and become negative. As the asset portfolio of insurers is mainly composed of bonds, the rates paid to policyholders also fell. The Covid-19 then turned the life insurance market upside down. As health constraints limited consumption, households were forced to save. The fall in the equity market in March 2020 caused a shift in savings towards liquid assets, to the detriment of life insurance, despite negative net returns. In addition to the health constraints, the commodities crisis has also been added. Since the end of the crisis, 2021 has been a good year for the stock market. Inflation has risen sharply, especially with the war in Ukraine. The ECB, despite the war, is slowing down its measures to manage the crisis. The end of the crisis is also accompanied by a resumption of savings in life insurance, particularly in unit-linked policies, but with negative net returns.

The aim of this paper is to determine the impact of inflation and interest rates on the solvency and profitability ratios of a life insurer. After introducing the context of low rates and inflation risk, it is appropriate to analyse the impact of inflation and rates on savings and life insurance inflows following the Covid crisis which transformed the market. The analysis will be based on the prediction of net life insurance inflows and then on the Solvency 2 indicators of the insurers according to different shocks on inflation and rates. This will show which scenario will affect the solvency and profitability ratios of insurers the most and which will be the most advantageous.

---

*Mots-clés: life insurance; savings; inflation; interest rate; Solvency 2.*

# Note de Synthèse

Depuis la crise financière de 2008 et jusqu'en 2021, un contexte de taux bas s'était installé en France et en Europe. Le rendement faible des obligations a un fort impact pour les assureurs. En effet, 80% de l'actif des assureurs selon une étude de *Good Value for Money* sont investis dans des obligations. Les rendements nets des contrats d'assurance vie des fonds en euros sont impactés et deviennent alors négatifs. Les taux servis aux assurés sont très bas.

Ensuite, la crise sanitaire de 2020 a bouleversé le marché de l'épargne. 175 mds€ échappent à l'assurance vie et sont placés dans des supports liquides comme le livret A et le Livret de développement durable et solidaire (LDDS). Cela est dû aux restrictions de mouvement, de consommation mais aussi à l'incertitude autour de la reprise économique et de la montée de chômage qui se traduit par le besoin de placer son capital en sécurité. La collecte nette du Livret A explose en 2020 en atteignant le montant cumulé des années 2019 et 2020 tandis que celle de l'assurance vie est négative.

Depuis le début de l'année 2022, une forte inflation s'est installée dans la zone euro. Cela est dû à la hausse des prix de l'énergie avec la guerre en Ukraine. Une crise des matières premières avec les difficultés de réapprovisionnement a conduit à une hausse des prix généralisés. Un premier pic d'inflation a eu lieu en juillet avec 6,1% avant de redescendre légèrement pour remonter en octobre - novembre avec 6,2%.

Actuellement, une hausse des taux se produit sur le marché depuis le début de l'année 2022. Les taux d'intérêt ainsi que les rendements des obligations remontent et s'éloignent de la négativité. Le but de la Banque Centrale Européenne (BCE) est de maintenir le taux d'inflation dans la zone euro autour de 2%. Actuellement ce dernier est de 9,2% au mois de décembre 2022 selon Eurostat. Afin de contenir l'inflation, la BCE a procédé à quatre reprises à une remontée de ses taux directeurs : en juillet, en septembre, en octobre et en décembre. La France sort progressivement du contexte de taux bas qui s'est installé depuis de nombreuses années.

Une problématique qui découle de ce contexte particulier est l'étude des répercussions de la remontée des taux et de la forte inflation sur l'épargne en assurance vie.

Ce mémoire s'appuiera sur la prédiction de la collecte nette en assurance vie avec différentes sensibilités sur l'inflation et les taux. Le contexte économique sera ensuite pris en compte dans un modèle épargne afin d'étudier la rentabilité et la solvabilité d'une compagnie d'assurance.

## Impact sur la collecte nette

La collecte nette est modélisée à l'aide des séries temporelles. Le modèle retenu pour étudier la collecte est un modèle auto-régressif (VAR) en manipulant des séries temporelles. Néanmoins, les variables étudiées n'étant pas stationnaires, il n'est pas possible de retenir un modèle VAR classique.

Généralement les séries économiques, ce qui est le cas dans cette étude, ne sont pas stationnaires. Il aurait été possible de prendre les variables en différence première et appliquer le modèle VAR mais dans une étude économique, il est préférable de travailler avec des variables en niveau. Grâce à la cointégration, il existe des relations qui peuvent rendre ces variables stationnaires sans prendre leur différence première. Un modèle vectoriel à correction d'erreur (VECM) permet de prendre en compte ces contraintes avec la notion de cointégration.

Une fois que le modèle VECM a été construit, une projection des séries économiques est alors réalisée. Les données s'étendent trimestriellement du premier trimestre 2006 au premier trimestre 2022. Depuis 2006, la collecte nette a été impactée par les différentes crises : lors de la crise des subprimes et de la crise sanitaire, elle était très volatile. Sur l'historique de données, il n'y a pas de période comparable au contexte actuel particulier : les taux étaient sur une pente décroissante tandis que l'inflation fluctuait entre hausse et baisse. Le modèle n'est pas capable de prédire une remontée des taux si il n'y en a pas dans l'historique retenu. Le graphique 1 le confirme puisque le modèle prédit une baisse des taux.

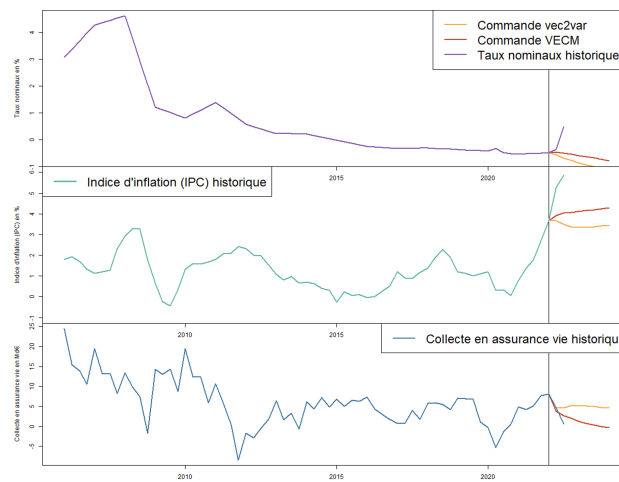


FIGURE 1 : Prédiction de la collecte en assurance vie, du taux nominal et de l'IPC

Il s'agit de faire des tests sur l'inflation avec un choc à la hausse. Le choc a été réalisé sur le deuxième et le troisième trimestre 2022, des trimestres qui ont été prédits. Le choc multiplicatif vient doubler l'inflation sur ces deux trimestres afin de dépasser les 5% d'inflation puisque l'inflation n'était pas prédite par le modèle dans des quantités suffisantes. L'impact de l'inflation est très léger sur la collecte et est négatif. Une baisse de la collecte nette sans connaître le montant des cotisations et des prestations n'est pas interprétable. Néanmoins, en considérant que l'origine de la baisse de la collecte nette vient des cotisations qui augmentent plus lentement que les prestations, alors la théorie de Keynes est vérifiée. Il dit que si les revenus ne subissent pas de répercussions lorsque l'inflation augmente, le pouvoir d'achat diminue et l'épargne augmente.

En réalisant un choc à la hausse sur les taux, avec la même méthode, un choc additif a été appliqué sur les taux de 0,5% à cause de la négativité des taux. La remontée des taux a un impact positif sur la collecte néanmoins la collecte est décroissante avec le temps. En considérant que les cotisations diminuent moins rapidement que les prestations, alors la théorie de la préférence pour le présent est vérifiée. Si les taux augmentent, les ménages préfèrent consommer plutôt que d'épargner.

En cumulant les deux chocs avec les mêmes quantités que précédemment, la collecte nette réagit positivement. C'est l'effet des taux qui l'emporte sur l'inflation. Quantitativement, l'effet du choc de taux

a nettement plus d'impact sur la collecte nette en assurance vie. Cela viendrait de la diminution des cotisations qui serait moins rapide que celle des prestations.

Pour conclure sur la modélisation de l'épargne à travers la collecte nette, la prédiction de la collecte nette est difficile pour plusieurs raisons. La limite de l'historique des données à disposition ne permet pas de prédire une remontée des taux. Dans la modélisation faite, il manque de nombreux paramètres qui nécessitent à eux-mêmes un modèle de prédiction. De plus, il n'est possible de prédire les comportements des épargnants puisque ils sont difficilement modélisables du fait de la non-rationalité des mesures prises par les épargnants. Enfin, la période inédite de l'année 2022 avec la forte inflation et la remontée des taux accentue la complexité à modéliser et prédire la collecte nette. Selon l'hétérogénéité des produits et des caractéristiques des assurés, les comportements ne sont pas les mêmes suite à un choc.

### Prise en compte du contexte économique dans un modèle épargne

Le portefeuille de passif se veut être le plus représentatif des épargnants français pour plus de cohérence dans l'étude. L'âge moyen des épargnants en France est de 56 ans. Le passif est composé de 81 *models points* constitués chacun de 1 000 polices d'assurance. L'ancienneté fiscale moyenne du portefeuille est de 16 ans. Le taux moyen de participation aux bénéficiaires est de 94,7%. Concernant l'actif, 71% de l'actif est investi dans des obligations dont 47% dans des obligations d'Etat. Les principales caractéristiques du portefeuille étudié se trouvent dans la table 1 et la figure 2.

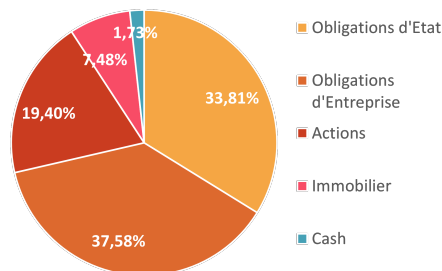


FIGURE 2 : Allocation d'actifs initiale hors UC

|                   | Valeur   |
|-------------------|----------|
| Age moyen         | 55,7 ans |
| Anc. fiscale moy. | 16,2 ans |
| TMG net moyen     | 0,78%    |
| Taux de PB moyen  | 94,65%   |
| PM ouv. €         | 435 M€   |
| PM ouv. UC        | 109 M€   |

TABLE 1 : *Model point* moyen de passif

L'inflation est prise en compte dans le calcul des frais réels de l'assureur et des rachats. Les frais réels de l'assureur sont indexés de manière classique. Concernant les rachats, il faut distinguer deux types de rachats. Les rachats structurels ne sont pas liés à la situation économique mais dépendent de l'ancienneté fiscale et de l'âge. Les rachats conjoncturels dépendent du contexte économique et des taux servis. Il est alors naturel d'indexer les rachats conjoncturels avec l'inflation. Les rachats structurels restent inchangés. Un coefficient additif a été créé à ajouter aux rachats dynamiques du fonds en euro. Ce coefficient a été créé par tranche d'inflation et a la forme d'un escalier. Le coefficient associé à une valeur d'inflation se calcule en prenant la différence entre le taux de rachat pour l'inflation associée et le taux de rachat associé à 0% d'inflation.

A la situation initiale de l'assureur et dans le cadre de Solvabilité II, 31 M€ sont investis dans des obligations et la valeur des engagements de l'assureur envers les assurés est de 49 M€. Les profits futurs valent 3,1M€ et le SCR 1,7 M€. La compagnie d'assurance étudiée est solvable puisque son ratio de couverture vaut 162%. Après diversification, le risque le plus coûteux en capital est de 0,7M€ et concerne le sous-module action. Il faut noter qu'à la situation initiale le SCR de taux le plus coûteux est le SCR de taux à la baisse.

## Sensibilités sur les taux et l'inflation

Un choc de + ou - 5% a été appliqué en entrée du GSE sur l'inflation. Le GSE fournit une très faible volatilité dans les scénarios de l'inflation. Il y a très peu de différence entre les scénarios avec un choc sur l'inflation et sans choc. En cas de hausse de l'inflation, les répercussions sont très faibles. Les rachats dynamiques sont plus nombreux du fait du coefficient additif avec l'inflation. L'impact sur la PVFP est dans le sens inverse de la nature du choc de l'inflation tandis que le SCR ne subit pas autant de répercussions. Le ratio de couverture se dégrade en cas de hausse l'inflation : il vaut 160,72% tandis que dans le scénario central il s'élève à 161,96% (visible sur la table 2).

| En k€    | Central | +5%     | -5%     |
|----------|---------|---------|---------|
| PVFP     | 3 134   | 3 099   | 3 171   |
| SCR      | 1 684   | 1 677   | 1 693   |
| Ratio S2 | 161,96% | 160,72% | 163,23% |

TABLE 2 : Evolution des indicateurs suite à un choc sur l'inflation

Un choc de +/-50% est fait sur la courbe des taux de l'EIOPA en entrée du GSE. Les taux ont plus de répercussions sur les indicateurs par rapport à l'inflation. En cas de hausse des taux, cela est dû tout d'abord à la hausse des coupons en cas d'achat d'obligations qui est plus forte que la moins value latente en cas de vente d'obligations. L'actualisation des provisions techniques avec des taux élevés joue directement en faveur d'une baisse du *Best Estimate*. La hausse des taux est prise en compte dans les taux servis qui augmentent légèrement les deux premières années de projection puis plus rapidement du fait du renouvellement des obligations dans le portefeuille de l'assureur. Le scénario de hausse des taux est plus sensible au risque de hausse des taux que de baisse, à l'inverse du scénario central. Il est néanmoins plus important que dans le scénario central. Dans le cadre de la hausse des taux, le SCR de rachat correspond au SCR de rachat massif qui est le plus coûteux parmi les trois SCR de rachat tandis que dans le scénario central, le risque de rachat haussier est le plus important.

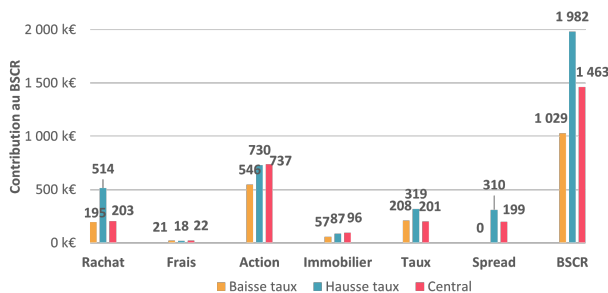


FIGURE 3 : Contribution des sous-modules au BSCR suite à un choc sur les taux

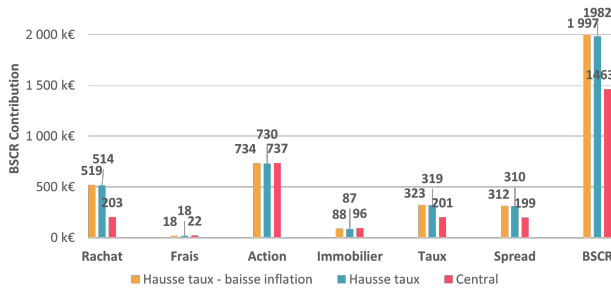
| En k€    | Central | +50%  | -50%  |
|----------|---------|-------|-------|
| PVFP     | 3 134   | 3 124 | 2 333 |
| SCR      | 1 684   | 2 193 | 1 276 |
| Ratio S2 | 162%    | 116%  | 146%  |

TABLE 3 : Evolution des indicateurs suite à un choc sur les taux

Le scénario en cas de hausse des taux et de baisse de l'inflation est le scénario qui correspond le plus au contexte économique à la fin du quatrième trimestre 2022. Ce scénario permet de suivre la politique de la BCE qui vise à réduire l'inflation par l'augmentation de ses taux directeurs. L'inflation a très peu d'impact sur les indicateurs puisque ces derniers se comportent dans le même sens que dans le cas d'une remontée des taux. Les taux servis dépasseront les 2% seulement après la deuxième année de projection. La politique de PB prend en compte une reprise de la PPB, une solution que les assureurs pourraient envisager aujourd'hui pour être concurrentiel face au livret A et notamment face à une augmentation du taux du Livret A qui va s'établir à 3% le 1<sup>er</sup> février 2023.



Néanmoins, ce scénario a les plus gros impacts sur la solvabilité et la rentabilité de assureurs. En effet, les profits font partis des meilleurs parmi les scénarios étudiés avec 3,1 M€. Le SCR est le plus coûteux parmi tous les scénarios avec 2,2 M€. Le ratio de couverture se dresse à 115,7%. Les différentes évolutions sont présentées dans la table 4 et la figure 4.



| En k€    | Central | Hausse taux | Baisse inflation | Hausse taux - baisse inflation |
|----------|---------|-------------|------------------|--------------------------------|
| PVFP     | 3 134   | 3 124       | 3 17             | 3 150                          |
| SCR      | 1 684   | 2 193       | 1 693            | 2 208                          |
| Ratio S2 | 161,96% | 115,53%     | 146,13%          | 115,74%                        |

TABLE 4 : Evolution des indicateurs suite à un choc sur les taux et l'inflation

FIGURE 4 : Contribution des sous-modules au BSCR suite à un choc sur l'inflation et les taux

## Conclusion

Pour conclure sur cette étude, l'inflation a très peu d'impact sur l'épargne en assurance vie compte tenu des hypothèses retenues. La calibration du GSE avec des données non représentatives de la période inédite de 2022 a révélé son importance avec la faible volatilité de l'inflation qui ne permet de capter l'impact de l'inflation chez les assureurs en grande quantité. Avec une hausse des taux et une baisse de l'inflation, autrement dit le scénario qui correspond le mieux au contexte économique au quatrième trimestre 2022, les assureurs resteront solvables. Les taux servis aux assurés augmenteront progressivement compte tenu des nombreuses obligations dans le portefeuille des assureurs néanmoins ils n'augmenteront sûrement pas assez rapidement par rapport au Livret A malgré la reprise de la PPB pour être concurrentiel. Ce scénario coûtera cher en capital mais générera de bons profits.

Les études réalisées présentent plusieurs limites qui peuvent être dues à des hypothèses ou à des méthodes.

La première limite concerne les frais réels des assureurs qui ont été indexés avec le niveau d'inflation général. Certains postes comme l'alimentation, les transports ou l'habillement impactent très peu les assureurs. Il serait intéressant de faire une étude sur l'impact de la hausse de l'énergie et du logement sur les frais de l'assureur.

Une autre limite qui a été constatée est la difficulté à prédire la collecte nette du fait de la non-rationalité des agents et de la période inédite de l'année 2022 puisque les comportements sont différents suite à un choc de l'inflation et des taux suivant les profils des assurés.

Le dernier point relevé est liée au portefeuille et à l'évolution du SCR. L'étude se base sur un portefeuille de passif qui donne une vue générale des épargnants français en assurance vie. Il faut noter également qu'en modifiant les revenus des assurés ou les catégories socio-professionnelles, l'inflation n'a pas le même impact sur l'épargne. Il faudrait s'attendre à avoir des effets qui s'atténuent avec des revenus élevés.



# Synthesis note

Since the financial crisis of 2008 and until 2021, a context of low interest rates has been established in France and Europe. The low return on bonds has a strong impact on insurers. In fact, 80% of the assets of insurers according to a study by *Good Value for Money* are invested in bonds. The net returns of life insurance contracts in euro funds are impacted and become negative. The rates paid to policyholders are very low.

Then, the health crisis of 2020 upset the savings market. 175 billion escaped from life insurance and were placed in liquid vehicles such as the Livret A and the Livret de développement durable et solidaire (LDDS). This is due to restrictions on movement and consumption, but also to the uncertainty surrounding the economic recovery and the rise in unemployment, which translates into the need to invest one's capital in security. The net inflows of the Livret A explode in 2020 by reaching the cumulative amount of the years 2019 and 2020 while that of the life insurance is negative.

Since the beginning of 2022, a strong inflation has taken hold in the euro zone. This is due to the rise in energy prices with the war in Ukraine. A commodity crisis with resupply difficulties has led to a general rise in prices. A first peak of inflation took place in July with 6.1% before dropping slightly to rise again in October with 6.2%.

Currently, a rise in rates has been occurring in the market since the beginning of 2022. Interest rates as well as bond yields are rising and moving away from negativity. The goal of the European Central Bank (ECB) is to keep the inflation rate in the Eurozone around 2%. Currently, this is 10.6% in October according to Eurostat. In order to contain inflation, the ECB has raised its key rates three times: in July, September and October. France is gradually emerging from the low interest rate environment that has prevailed for many years.

A problem that stems from this particular context is the study of the repercussions of the rise in rates and high inflation on life insurance savings.

This thesis will be based on the prediction of net life insurance inflows with different sensitivities to inflation and rates. The economic context will then be taken into account in a savings model in order to study the profitability and solvency of an insurance company.

## Impact on net inflows

The model chosen to study the inflows is an auto-regressive model (VAR) using time series. However, as the variables under study are not stationary, it is not possible to use a classical VAR model. Usually, economic series, which is the case in this study, are not stationary. It would have been possible to take the variables in first difference and apply the VAR model but in an economic study, it is preferable to work with variables in level. Thanks to cointegration, there are relationships that can make these

variables stationary without taking their first difference. A vector error correction model (VECM) allows to take into account these constraints with the notion of cointegration.

Once the VECM model has been constructed, a projection of the economic series is then made. The data runs quarterly from Q1 2006 to Q1 2022. Since 2006, net inflows have been impacted by the various crises: during the subprime crisis and the health crisis, they were very volatile. In the historical data, there is no period comparable to the current particular context: rates were on a downward slope while inflation fluctuated between rising and falling. The model is not able to predict a rise in rates if there is none in the historical data. The graph 5 confirms this since the model predicts a fall in rates.

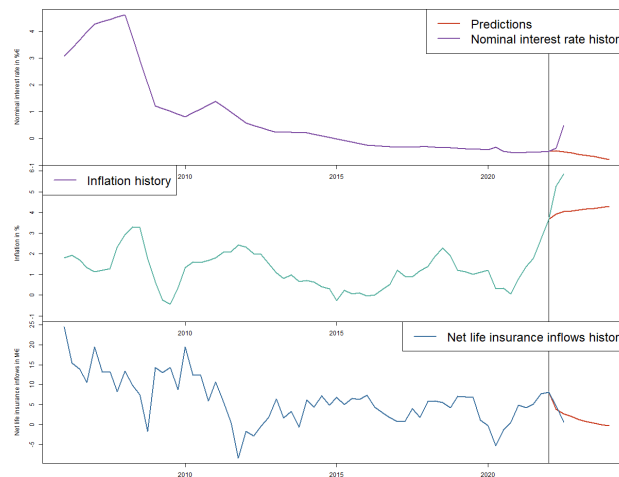


Figure 5: Prediction of life insurance inflows, nominal rate and inflation

It is about testing inflation with an upward shock. The shock was carried out on the second and third quarters of 2022, quarters that were predicted. The multiplicative shock doubles inflation in these two quarters in order to exceed 5% inflation. The impact of inflation is very small on inflows and is negative. A decrease in net inflows without knowing the amount of contributions and benefits is not interpretable. Nevertheless, if we consider that the origin of the drop in net inflows comes from contributions which increase more slowly than benefits, then Keynes' theory is verified. He says that if incomes are not affected when inflation rises, then purchasing power falls and savings rise.

By carrying out an upward shock on rates, with the same method, an additive shock was applied on rates of 0.5% because of the negativity of rates. The rise in rates has a positive impact on the inflows, but the inflows decreases over time. If we consider that contributions decrease less rapidly than benefits, then the theory of present preference is verified. If rates rise, households prefer to consume rather than save.

By combining the two shocks with the same quantities as before, net inflows react positively. It is the effect of interest rates that outweighs inflation. Quantitatively, the effect of the interest rate shock has a much greater impact on net life insurance inflows. This is due to the slower decline in contributions than in benefits.

To conclude on the modeling of savings through net inflows, the prediction of net inflows is difficult for several reasons. The limitation of the historical data available does not allow us to predict a rise in rates. In the modeling done, there are many parameters missing that require a prediction

model by themselves. Moreover, it is not possible to predict the behavior of savers because they are difficult to model due to the non-rationality of the actions taken by savers. Finally, the unprecedented period of 2022 with high inflation and rising interest rates accentuates the complexity of modeling and predicting net inflows. Depending on the heterogeneity of the products and the characteristics of the policyholders, behavior is not the same following a shock.

### Taking into account the economic context in a savings model

The portfolio of liabilities is intended to be as representative as possible of French savers for greater consistency in the study. The average age of savers in France is 56. The liabilities are composed of 81 model points, each made up of 1,000 insurance policies. The average tax age of the portfolio is 16 years. The average profit-sharing rate is 94.7%. Concerning the assets, 71% of the assets are invested in bonds, of which 47% in government bonds. The main characteristics of the portfolio studied can be found in table 5 and figure 6.

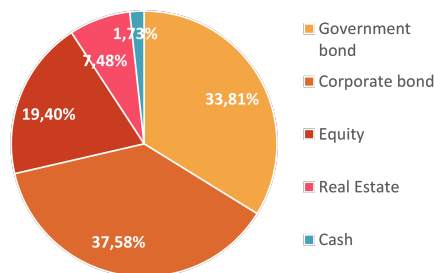


Figure 6: Initial asset allocation excluding UL

|                                    | Value          |
|------------------------------------|----------------|
| Average age                        | 55,7 years old |
| Average fisc. seniority            | 16,2 years     |
| Average guaranteed rate            | 0,78%          |
| Average contractual profit sharing | 94,65%         |
| Initial MR €                       | 435 M€         |
| Initial MR UC                      | 109 M€         |

Table 5: Average model point

Inflation is taken into account in the calculation of the insurer's actual costs and surrenders. The insurer's actual costs are indexed in the conventional way. With regard to surrenders, a distinction must be made between two types of surrenders. Structural surrenders are not linked to the economic situation but depend on tax seniority and age. Cyclical redemptions depend on the economic situation and the interest rates paid. It is therefore natural to index cyclical buy-ins to inflation. Structural buy-ins remain unchanged. An additive coefficient has been created to add to the dynamic redemptions of the euro fund. A reconciliation between the evolution of the redemption rate of the euro funds and inflation is made. The surrender rate is calculated from the inflation rates used in the savings model. This coefficient has been created per inflation bracket and has the form of a staircase. The coefficient associated with an inflation value is calculated by taking the difference between the redemption rate for the associated inflation and the redemption rate associated with 0% inflation.

In the initial situation of the insurer and within the framework of Solvency II, 31 M€ are invested in bonds and the value of the insurer's commitments to the insured is 49 M€. The future profits are worth €3.1m and the SCR €1.7m. The insurance company studied is solvent since its coverage ratio is 162%. After diversification, the most expensive risk in terms of capital is €0.7M and concerns the equity sub-module. It should be noted that in the initial situation, the most costly interest rate SCR is the downside interest rate SCR.

### Interest rate and inflation sensitivities

A shock of + or - 5% was applied to the GSE inflation input. The GSE provides very low volatility in the inflation scenarios. There is very little difference between the scenarios with an inflation shock and without. If inflation rises, the impact is very small. Dynamic redemptions are higher because of the additive coefficient with inflation. The impact on PVFP is in the opposite direction of the nature of

the inflation shock, while the SCR is not affected as much. The coverage ratio deteriorates in the event of a rise in inflation: it is 160.72%, whereas in the central scenario it is 161.96% (visible in the table 6).

| In k€    | Central | +5%     | -5%     |
|----------|---------|---------|---------|
| PVFP     | 3 134   | 3 099   | 3 171   |
| SCR      | 1 684   | 1 677   | 1 693   |
| Ratio S2 | 161,96% | 160,72% | 163,23% |

Table 6: Evolution of the indicators following an inflation shock

A shock of +/-50% is made on the EIOPA rate curve at the entry of the GSE. Rates have more impact on the indicators than inflation. In the event of a rise in interest rates, this is due first of all to the increase in coupons in the case of bond purchases, which is greater than the latent capital loss in the case of bond sales. The discounting of technical reserves at high rates directly favors a decrease in the "Best Estimate". The increase in rates is taken into account in the rates served, which increase slightly in the first two years of the projection, then more rapidly due to the renewal of the bonds in the insurer's portfolio. The rising rate scenario is more sensitive to the risk of rising rates than falling rates, unlike the central scenario. It is nevertheless more important than in the central scenario. In the rising rate scenario, the redemption SCR corresponds to the massive redemption SCR, which is the most costly of the three redemption SCRs, whereas in the central scenario, the risk of a bullish redemption is the most important.

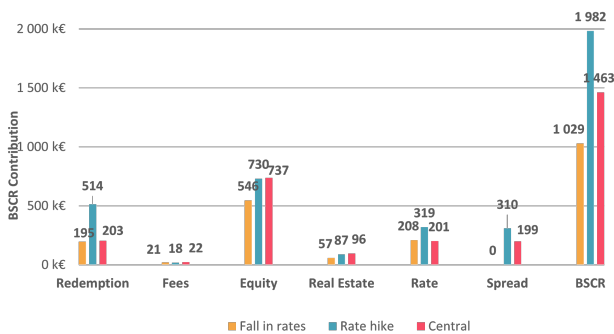


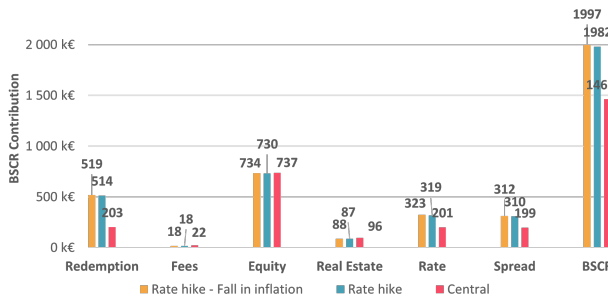
Figure 7: Contribution of the sub-modules to the BSCR following a rate shock

| In k€    | Central | +50%  | -50%  |
|----------|---------|-------|-------|
| PVFP     | 3 134   | 3 124 | 2 333 |
| SCR      | 1 684   | 2 193 | 1 276 |
| Ratio S2 | 162%    | 116%  | 146%  |

Table 7: Evolution of the indicators following a rate shock

scenario with rising rates and falling inflation is the scenario that most closely matches the economic environment at the end of Q4 2022. This scenario follows the ECB's policy of reducing inflation by raising its key rates. Inflation has very little impact on the indicators since they behave in the same direction as in the case of an increase in rates. The rates served will exceed 2 % only after the second year of the projection. The PB policy takes into account a resumption of the PPB, a solution that insurers could consider today in order to be competitive with the Livret A savings account and in particular in the face of an increase in the Livret A rate, which will be set at 3 % on February 1, 2023. Nevertheless, this scenario has the biggest impact on the solvency and profitability of insurers. Indeed, the profits are among the best among the scenarios studied with 3.1 M€. The SCR is the most expensive among all scenarios with 2.2 M€. The coverage ratio stands at 115.7%. The different evolutions are presented in the table 8 and figure 8.

## Conclusion



| In k€    | Central | Rate hike | Fall in inflation | Rate hike - fall in inflation |
|----------|---------|-----------|-------------------|-------------------------------|
| PVFP     | 3 134   | 3 124     | 3 17              | 3 150                         |
| SCR      | 1 684   | 2 193     | 1 693             | 2 208                         |
| Ratio S2 | 161,96% | 115,53%   | 146,13%           | 115,74%                       |

Table 8: Evolution of the indicators following a rate and inflation shock

Figure 8: Contribution of the sub-modules to the BSCR following a rate and inflation shock

To conclude this study, inflation has very little impact on life insurance savings given the assumptions used. The calibration of the GSE with unrepresentative data for the unpublished period of 2022 revealed its importance with the low volatility of inflation, which does not allow the impact of inflation to be captured by insurers in large quantities. With rising rates and falling inflation, the scenario that best fits the economic environment in the fourth quarter of 2022, insurers will remain solvent. The rates paid to policyholders will gradually increase, given the large number of bonds in the insurers' portfolios, but they will not increase quickly enough compared to the Livret A despite the recovery of the PPB to be competitive. This scenario will be expensive in capital but will generate good profits. The studies carried out have several limitations which may be due to assumptions or methods.

The first limitation concerns the actual expenses of insurers, which have been indexed to the general level of inflation. Certain items such as food, transport or clothing have very little impact on insurers. It would be interesting to do a study on the impact of the increase in energy and housing costs on insurers' costs.

Another limitation that has been noted is the difficulty in predicting net inflows due to the non-rationality of the agents and the unprecedented period of 2022.

The last point noted is related to the portfolio and the evolution of the SCR. The study is based on a portfolio of liabilities that gives a general view of French life insurance savers. It should also be noted that inflation does not have the same impact on savings by changing policyholder income or socio-professional categories. We should expect to see effects that diminish with higher incomes.





# Remerciements

Tout d'abord, je remercie Christophe Eberlé, président fondateur d'Optimind, pour l'accueil au sein de son cabinet et de m'avoir permis la réalisation de mon stage.

Je souhaite remercier Valérie Deppe et Gildas Robert, partners de Actuarial and Financial Services, pour m'avoir permis d'effectuer mon mémoire dans cette practice.

Je tiens ensuite à exprimer toute ma gratitude envers mes tutrices, Agatha Ngo et Adèle Riou, pour leur implication et leurs conseils durant toute la durée de mon stage. J'adresse mes remerciements à Emmanuel Berthele pour son expertise actuarielle.

Je tiens également à remercier Christophe Dutang, pour sa disponibilité et son suivi.

Je remercie enfin l'ensemble des consultants d'Optimind pour leur disponibilité, leur relecture et leur aide.



# Table des matières

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Résumé</b>  | <b>3</b>  |
| <b>Abstract</b>  | <b>4</b>  |
| <b>Note de Synthèse</b>  | <b>5</b>  |
| <b>Synthesis note</b>  | <b>11</b> |
| <b>Remerciements</b>   | <b>17</b> |
| <b>Table des matières</b>  | <b>19</b> |
| <b>Introduction</b>  | <b>22</b> |
| <b>1 Contexte actuel de l'épargne, des taux et de l'inflation</b>  | <b>23</b> |
| 1.1 Contexte taux et inflation . . . . .                           | 23        |
| 1.2 Contexte épargne . . . . .                                     | 30        |
| 1.3 Les différents contrats d'épargne . . . . .                    | 34        |
| 1.4 Environnement réglementaire et comptable . . . . .             | 38        |
| <b>2 Présentation des modèles</b>                                  | <b>45</b> |
| 2.1 Les déterminants économiques de l'épargne . . . . .            | 45        |
| 2.2 Modélisation de la collecte nette de l'assurance vie . . . . . | 51        |
| 2.3 Les générateurs de scénarios économiques . . . . .             | 55        |
| 2.4 Le modèle ALM . . . . .  | 61        |
| <b>3 Analyse des résultats et sensibilité</b>                      | <b>69</b> |
| 3.1 Prédiction de la collecte en assurance vie . . . . .           | 69        |

|     |   |            |
|-----|---|------------|
| 3.2 | Présentation des données utilisées dans le modèle ALM . . . . . | 79         |
| 3.3 | Scénario central . . . . .                                      | 82         |
| 3.4 | Scénarios choqués de l'inflation et des taux . . . . .          | 90         |
| 3.5 | Conclusions et limites . . . . .                                | 108        |
|     | <b>Conclusion</b>   | <b>111</b> |
|     | <b>Bibliographie</b>  | <b>113</b> |
|     | <b>A Mesures de la qualité d'un modèle statistique</b>          | <b>115</b> |

# Introduction

Depuis la crise financière de 2008, un contexte de taux bas s'est installé ayant une conséquence directe sur le rendement des indices obligataires, principale source des produits financiers des assureurs. Les fonds en euros sur lesquels se trouvent 75% des contrats d'épargne en moyenne sur les 10 dernières années selon l'ACPR, sont essentiellement investis dans des obligations. Les taux rémunérateurs des contrats d'assurance vie dépendant des produits financiers s'amointrissent.

La crise sanitaire de 2020 a conduit à un changement de comportement chez les ménages. En effet, les confinements, les restrictions de déplacements et autres contraintes sanitaires ont restreint leur consommation. Les ménages sont devenus plus averses au risque et ont constitué une épargne forcée. De plus, la volatilité des marchés ainsi que les incertitudes autour de la reprise économique et de la montée du chômage se sont traduits par un besoin de sécurité supplémentaire. La précaution est alors apparue comme l'une des raisons pour épargner, caractérisée par une préférence pour la liquidité. La collecte du Livret A a explosé avec plus de 20 milliards d'euros au premier semestre 2020, montant quasiment égal à la collecte des années 2019 et 2020 réunies. La collecte nette du Livret A sur les 6 premiers mois de l'année 2020 s'élève à 3,7 milliards d'euros tandis que celle de l'assurance vie est négative avec - 4,7 milliards d'euros.

La Russie, l'un des premiers producteurs mondiaux de gaz et de pétrole, a fait augmenter les pressions sur le marché des matières premières avec l'invasion de l'Ukraine en février 2022. Le gaz russe représente 45% des importations de l'Europe en 2021. Le prix a alors quadruplé en Europe depuis le début de l'année 2022 du fait de l'approvisionnement plus lointain. Les sanctions contre l'Ukraine touchent la production et l'exportation des cultures vivrières, les chaînes logistiques sont alors plus complexes. Tous les biens et les services subissent les répercussions liées à la crise en Ukraine, le taux d'inflation annuel en France subit deux pics à la hausse en juillet avec 6,1% et octobre avec 6,2%. Le 27 juillet, le 14 septembre et le 27 octobre 2022, la Banque centrale Européenne remonte ses taux directeurs pour lutter contre la forte inflation afin de remplir son objectif qui est de maintenir le taux d'inflation à 2%. La France sort progressivement du contexte de taux bas qui s'est installé depuis de nombreuses années.

Dans cette étude, il est question de savoir quelles sont les répercussions de la remontée des taux et de la forte inflation sur l'assurance vie.

Il s'agit d'analyser et d'anticiper les comportements des assurés face à l'inflation et à la remontée des taux. Les comportements des assurés vis à vis de l'épargne sont difficilement modélisables et prévisibles puisqu'ils sont liés à la situation économique et relèvent de la non-rationnalité. Il convient également de s'intéresser aux impacts chez les assureurs et notamment d'étudier la manière dont vont réagir les indicateurs comme le ratio de solvabilité en cas de forte inflation durable accompagnée d'une remontée des taux.

Dans un premier temps, le contexte économique des taux, de l'inflation et de l'épargne de ces dernières

années seront détaillés. Le fonctionnement de l'épargne dans l'assurance sous la directive Solvabilité 2 sera également exposé.

Dans un deuxième temps, les déterminants économiques de l'épargne seront analysés afin de choisir les variables qui vont permettre de modéliser la collecte nette en assurance vie. La méthode pour modéliser la collecte avec des séries temporelles sera détaillée. Les modèles permettant de projeter l'inflation, les taux, les actions et l'immobilier avec des générateurs de scénarios économiques seront présentés. Le modèle épargne utilisé ainsi que les hypothèses prises seront commentés.

Enfin, dans une dernière partie, les résultats de l'étude seront abordés. Des scénarios avec des chocs contraires sur l'inflation et les taux seront créés afin d'étudier les différentes situations qui pourraient arriver. Les comportements des assurés seront analysés à l'aide des prédictions de la collecte nette en assurance vie. Les indicateurs des assureurs permettant de suivre la santé économique de la compagnie et de révéler les choix de comportement des assurés seront également détaillés.

# Chapitre 1

## Contexte actuel de l'épargne, des taux et de l'inflation

Le contexte de taux bas ainsi que le risque inflation, présenté dans les parties ci-dessous, donnera lieu à une meilleure compréhension de l'évolution des produits d'épargne qui seront abordés ensuite, avant de se pencher sur l'environnement réglementaire.

### 1.1 Contexte taux et inflation

Depuis la crise financière de 2008 et jusqu'en août 2021, les taux étaient historiquement bas et l'inflation était en dessous de 2%. La présentation de l'origine de cet environnement de taux bas permettra de mieux analyser son impact directement sur l'assurance vie et sur les comportements de l'épargne. La situation actuelle avec la remontée des taux et la forte inflation sera ensuite détaillée.

#### 1.1.1 Historique de la politique monétaire dans un environnement de taux bas

##### Le rôle de la Banque Centrale Européenne

La Banque Centrale Européenne (BCE), établie à Francfort depuis 1998, est la banque centrale responsable de l'Euro. L'essentiel de son mandat consiste à garantir la stabilité des prix à la consommation et de maîtriser les anticipations d'évolutions des prix. Son but est de maintenir un taux d'inflation proche de 2%. Elle est indépendante des autres institutions européennes et des États membres. Du fait de ses missions, elle ne peut pas financer directement les dettes publiques des États membres de la zone euro.

Pour mener à bien son mandat, la BCE a, à sa disposition, plusieurs leviers conventionnels en pilotant les taux directeurs et la quantité de monnaie en circulation. Les taux directeurs sont les taux d'intérêt à court terme fixés par les banques centrales qui les utilisent pour piloter leur politique monétaire, contrôler la masse monétaire et réguler l'activité économique de leur pays. En effet, pour limiter le risque de voir l'inflation s'accélérer, la Banque Centrale peut augmenter ses taux directeurs tant que cela est nécessaire pour contenir l'inflation, et inversement.

3 taux directeurs se distinguent :

- **le taux d'intérêt des opérations principales de refinancement** qui correspond au taux d'intérêt des liquidités empruntées par les banques commerciales. Quand il diminue, le crédit est stimulé car le taux d'intérêt est plus faible pour les clients.
- **le taux de la facilité de dépôt** qui est le taux d'intérêt auquel sont rémunérées les réserves obligatoires des banques commerciales. En effet, les banques commerciales doivent déposer un fond de trésorerie obligatoire sur un compte auprès de la Banque Centrale. En contrepartie, elles sont rémunérées avec ce taux qui bénéficie d'autant plus aux banques qu'il est élevé.
- **le taux de la facilité de prêt marginal applicable aux prêts au jour le jour accordés aux banques** qui est mis en vigueur lorsque les Banques Centrales Nationales accordent un prêt rémunéré à la journée, toujours contre collatéral, aux banques commerciales.

L'autre levier conventionnel est d'offrir ou non de la liquidité aux banques commerciales. En effet, les pays de la zone euro émettent de la dette qui est achetée par les banques privées sur le marché principal. Ensuite, la banque centrale européenne rachète les actifs détenus par ces investisseurs privés sur le marché secondaire. Si la BCE offre une quantité importante de capitaux, le taux de ce marché diminue et les banques ont plus de facilités à se financer. À l'inverse, si la BCE emprunte beaucoup de capitaux, la demande augmente et le taux augmente.

### Élément déclencheur des taux bas, les subprimes

Maintenant que les rôles principaux de la BCE sont clairement identifiés, il sera plus aisé de comprendre ce qui a pu déclencher le contexte des taux bas avec lequel l'économie vit depuis plusieurs années. En premier lieu, il est nécessaire d'introduire les subprimes.

Les subprimes sont des prêts immobiliers, à taux élevés pour les emprunteurs et à fort rendement pour les banques, destinés aux ménages américains qui ne remplissent pas les critères de prêts classiques, avec pour gage la valeur de leurs biens immobiliers. L'idée derrière ce produit est de garantir la valeur du prêt en partant du principe que le marché immobilier américain ne peut que prendre de la valeur avec le temps. Ce type de prêt a été très utilisé, notamment pour être titrisé.

Au milieu de l'année 2006, les prix de l'immobilier américain s'effondrent, la valeur des biens immobiliers des ménages ayant souscrits une subprime est alors inférieure à la valeur des crédits qu'elle était supposée garantir. La FED, Banque Centrale Américaine, remonte alors les taux d'intérêts rendant ainsi les charges financières des emprunts trop conséquentes pour ces ménages qui ne peuvent plus les supporter. Les biens immobiliers d'une partie de ces ménages sont donc saisis. Fin août 2007, le nombre d'emprunteurs qui ont perdu leur logement est estimé à près d'un million. Les crédits subprimes ayant été regroupés avec des crédits de différentes origines afin d'être titrisés en obligations rachetées par les banques du monde entier, la crise à l'origine américaine se propage à l'ensemble de la planète avec la perte de valeur soudaine des obligations titrisées. La faillite en septembre 2008 de Lehman Brothers marque le début d'une très grave crise bancaire et d'une chute brutale des marchés financiers.

Les débiteurs étant mal identifiés, tout comme les risques et les notations des obligations, les banques cessent d'avoir confiance entre elles et de se prêter mutuellement par crainte de camoufler des subprimes et appréhendent le risque de contrepartie. Le marché interbancaire, un marché réservé aux banques, s'éteint par défiance qui se reflète aussi sur le marché des actions, tout comme celui des matières premières dont les prix flambent. Afin de restaurer leurs ratios de solvabilité, les banques restreignent l'accès au crédit, ce qui se répercute sur l'économie réelle : les ménages doivent réduire leur consommation et les entreprises ont plus de difficultés à investir.



La crise financière devient alors une crise de liquidité avec l'assèchement du marché interbancaire et une crise économique avec l'activité économique mondiale en récession. Les Banques Centrales en général, et la BCE en particulier, ont été contraintes à faire de la stabilisation bancaire et financière une priorité et un objectif.

### **Le nouveau rôle de la BCE pour gérer les crises bancaires et financières**

La crise par la BCE entre 2007 et 2012 est gérée par une hausse des taux d'intérêt en juillet 2008 de 0,25% et par des actions ponctuelles et limitées menées jusqu'à l'été 2012.

Depuis 2007, la rôle de la BCE est indispensable afin de gérer la politique monétaire de la zone euro. La BCE trouve d'autres moyens que le maniement des taux directeurs pour limiter le risque de voir l'inflation décélérer et rendre le crédit attrayant et l'épargne repoussante. C'est à ce même moment que la BCE se voit confier ses nouveaux objectifs concernant le marché interbancaire européen, du fait de l'assèchement de ce dernier avec la perte de confiance entre les banques. C'est pourquoi la BCE a mis en œuvre des mesures dites non conventionnelles, en alimentant le marché interbancaire en liquidités par exemple.

Suite à la crise des subprimes, la dette publique augmente fortement dans les pays développés du fait de l'économie au ralenti, de la hausse des dépenses publiques avec les allocations chômage et les différents plans de relance du secteur bancaire. Dans certains pays d'Europe, notamment en Grèce, en Irlande et au Portugal, cette hausse de la dette publique génère une violente crise qui révèle des déséquilibres structurels importants. Début 2010, la Grèce est alors contrainte de demander de l'aide aux pays de la zone Euro, chose qui menace l'unité de l'Union Européenne. Les montants des dettes publiques des pays développés deviennent élevés, seule la BCE peut rétablir la situation. La BCE se voit confier encore une fois une nouvelle mission, celle de trouver de nouveaux instruments et de repenser les canaux de transmission de la politique monétaire au sein de la zone euro afin de préserver la confiance dans la monnaie unique. Néanmoins, elle refuse de jouer son rôle de prêteuse de liquidités face à l'endettement public.

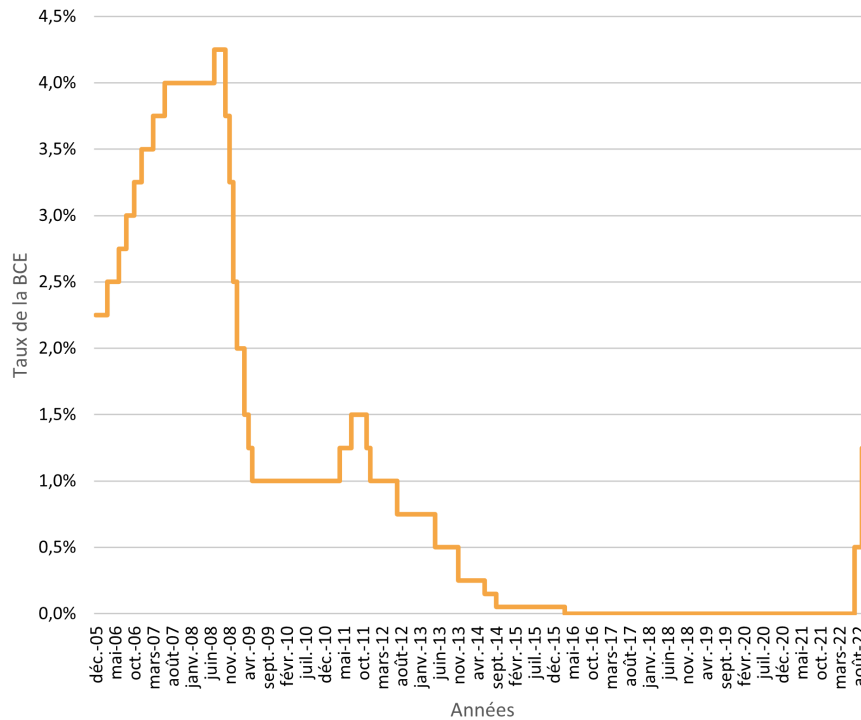
La politique de la BCE change en 2012, notamment avec son programme *Outright Monetary Transactions* (OMT) par lequel elle propose d'acheter, de manière illimitée, les obligations des États en grandes difficultés, selon des conditions strictes. Ce programme, visant à baisser les taux d'intérêts pour réduire la dette publique de ces États, n'a cependant jamais été mis en œuvre, car la simple annonce de cette possibilité de rachat a eu pour conséquence directe de calmer les marchés financiers et de diminuer les taux d'emprunt des États en difficulté.

Entre décembre 2011 et février 2012, une nouvelle opération de refinancement *Targeted Longer-Term Refinancing Operations* (TLTRO), est mise en place par la BCE pour permettre aux banques de la zone euro d'accéder au refinancement de la BCE sur une maturité de 4 ans en contrepartie de l'octroi de crédits au secteur privé (hors prêts immobiliers). En 2013, le chômage étant à des taux records, la BCE fait perdurer sa politique de taux directeurs bas avec un taux de refinancement à 0,25%, un taux de la facilité de dépôt à 0% et un taux de la facilité de prêt marginal à 0,75%.

En 2015, pour lutter contre le risque déflationniste, la BCE lance un programme, avec l'apport de liquidités supplémentaires en achetant des actifs (notamment des titres de dettes publiques) aux banques commerciales, appelé *Quantitative Easing*. Cet outil qui a été mis en place bien après toutes les banques centrales du fait du contrôle de la compatibilité avec le mandat de la BCE, a pour but de faire baisser les taux d'intérêt à moyen et long terme. En effet, en achetant massivement des obligations des États et des entreprises, la demande de ces obligations augmente fortement, une hausse des prix a lieu,

accompagnée d'une baisse de rendement. Le taux d'intérêt tout comme les taux auxquels s'endettent les États et les entreprises, diminuent, ce qui permet d'augmenter leurs investissements pour dynamiser l'activité économique et faire monter le taux d'inflation. En 2016, le taux de refinancement devient nul tandis que le taux de facilité de dépôt continue sa lancée dans les négatifs avec - 0,40% et le taux de la facilité de prêt marginal reste plutôt stable à 0,25%.

La BCE a donc vu ses missions évoluer au cours du temps et s'adapter au cours des différentes crises. Les taux courts ont subi une très forte baisse passant de 4% en moyenne en 2007 à 0% en moyenne sur la période 2014-2022 et avec des taux négatifs en 2016, comme le souligne la figure 1.1.



Source : BCE

FIGURE 1.1 : Evolution du taux de refinancement de la BCE

### La réaction de la BCE pour gérer la pandémie de Covid-19

Il est question maintenant de savoir comment la BCE s'est adaptée avec le Covid-19.

Face à la crise sanitaire du Covid-19, les Banques Centrales des États ont un rôle essentiel pour soutenir l'économie. Lorsque l'épidémie surgit, le taux directeur de la BCE est à 0%, la BCE ne peut donc pas le manier à la baisse. Les taux directeurs influençant les taux d'emprunt, les ménages et les entreprises sont incités à investir. Elle doit alors se tourner vers les mesures non conventionnelles.

La BCE réagit très rapidement et met en place un plan temporaire de rachat d'actifs, principalement des obligations d'État, appelé *Pandemic Emergency Purchase Programme* (PEPP). L'objectif de cette mesure est de baisser les taux auxquels s'endettent les États. Pour cela, la BCE rachète 1 850 milliards d'euros d'actifs de 2020 jusqu'à 2022. Ce programme permet d'atténuer le risque de fragmentation dans la zone euro et de soutenir les États en garantissant leur solvabilité grâce à sa capacité illimitée

de création monétaire. Cet instrument est innovant car il permet d'aider un État en particulier, et non l'ensemble des pays simultanément en achetant des titres de l'ensemble des pays. En particulier, dès l'annonce du PEPP le 18 mars 2020, une baisse du taux souverain dans la zone euro, une hausse de l'indice boursier et surtout une réduction des écarts de taux vis-à-vis de l'Allemagne ont eu lieu. La mise en oeuvre de ce programme a bien rempli tous ses objectifs. Les besoins en dépenses publiques étant conséquents pour la mise en place de la vaccination de la population et la gestion de la crise sanitaire, la BCE ne stoppa le PEPP qu'en mars 2022.

La BCE prend aussi des mesures sur la liquidité en assouplissant les conditions appliquées au TLTRO III (Targeted longer-term refinancing operations) à plusieurs reprises puis en augmentant les liquidités fournies aux établissements de crédit via des LTRO supplémentaires puis avec des opérations spécifiques à la crise, appelées Pandemic Emergency Longer-Term Refinancing Operations (PELTRO), pour des maturités comprises entre 8 et 16 mois.

### 1.1.2 Contexte inflationniste

L'inflation est un phénomène économique se traduisant par une dépréciation de la monnaie combinée à une augmentation générale et durable des prix. Les principaux indices calculés par l'INSEE (France) sont : l'indice des prix à la consommation (**IPC**), l'indice des prix à la consommation harmonisé (**IPCH**) et l'inflation sous-jacente avec l'exclusion des tarifs publics, des produits volatiles, corrigée des mesures fiscales et des variations saisonnières (**ISJ**). Dans cette étude, l'indice de référence pour l'inflation sera l'IPC en glissement annuel pour l'ensemble des ménages. L'IPC est une variation du niveau général des prix des biens entre deux périodes données. Le niveau général des prix est évalué en faisant la moyenne pondérée d'un panier fixe de biens et de services. L'année de référence dans les données étudiées est 2015. L'IPCH a été créé pour servir de référence pour mesurer l'inflation au sein de la zone euro. Des écarts entre l'IPCH et l'IPC s'expliquent par la pondération différente de chaque poste entre ces deux indices. En effet, les produits alimentaires, l'énergie et les transports sont pondérés de 2% de plus dans le calcul de l'IPCH par rapport à l'IPC mais d'autres postes y sont moins pondérés. L'ensemble des poids doit donner 100% dans les 2 cas.

Trois sources principales d'inflation existent :

- **l'inflation par la demande** : la demande augmente plus vite que l'offre de biens et en conséquence les prix augmentent du fait de la rareté des produits. Le keynésianisme s'appuie sur cette source de croissance pour encourager l'offre.
- **l'inflation par les coûts** : l'augmentation des frais auxquels doivent faire face les entreprises se répercute sur les prix des biens et services qui augmentent à leur tour. Il peut s'agir d'une augmentation, soit de produits importés, soit des coûts de production.
- **l'excès de masse monétaire** : les tenants de la théorie monétariste identifient la relation entre la masse monétaire en circulation et l'inflation. Plus la masse monétaire en circulation dans une économie est importante et plus les prix augmentent sous l'effet d'une dépréciation de la valeur de la monnaie.

L'inflation importée résulte d'une inflation par les coûts.

Le rôle de la BCE est de maintenir le taux d'inflation proche de 2%. Sur la période 2010-2016, comme le montre la figure 1.2, l'inflation a faibli malgré les multiples mesures prises par la BCE. Avec l'arrivée du Covid-19, le taux d'inflation en zone euro sur un an en octobre 2022 est de 10,6% selon Eurostat,

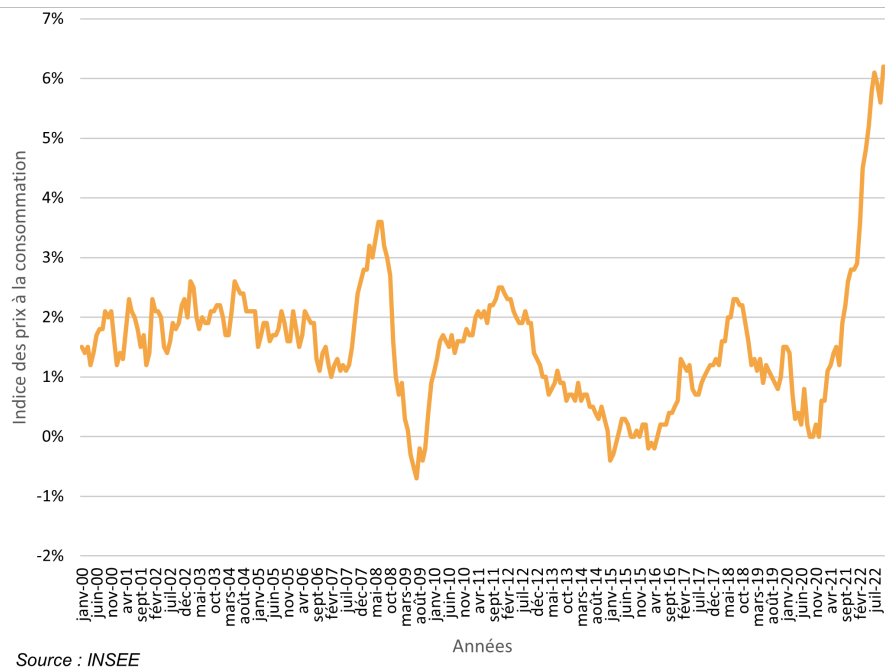


FIGURE 1.2 : Evolution de l'IPC

qui est bien au-dessus de l'objectif des 2% de la BCE. En France, le taux d'inflation sur un an mesuré par l'IPC est de 5,9% en décembre 2022 selon l'INSEE. Dans la zone euro, des disparités dans les taux d'inflation entre les différents Etats membres se font sentir, notamment entre l'Éstonie et la France respectivement avec des IPCH de 17,5% et 6,7% en décembre 2022.

En France, cette inflation moins importante peut être expliquée par plusieurs facteurs. Tout d'abord, le gouvernement a mis en place un "bouclier tarifaire" depuis l'automne 2021 afin de geler les tarifs du gaz et de limiter la hausse du prix de l'électricité à 4%. Cette mesure est prolongée jusqu'en 2023 et coûtera à l'Etat Français plus de 24 milliards d'euros selon le ministère de l'Economie et des Finances. Le gouvernement a également mis en place une deuxième aide sur le prix du carburant. Elle permet aux français une économie de 18 centimes par litre jusqu'en août puis de 30 centimes pour septembre-octobre, ce qui réduit l'impact de la flambée des prix. Ensuite, la France est moins tributaire de l'énergie extérieure étant donné que le nucléaire représente 70% de la production d'énergie française, soit 40% de la consommation d'énergie globale. L'Allemagne, par exemple, est beaucoup plus dépendante du gaz naturel et du charbon dont les prix augmentent fortement avec la guerre en Ukraine. Enfin, les salaires ont été moins augmentés en France, ce qui n'a pas augmenté la tension sur les prix. En Italie, par exemple, la hausse des salaires est davantage encouragée par le gouvernement. Ainsi, Andrea Orlando, ministre du travail italien, a même proposé de subordonner les aides aux entreprises à des augmentations importantes de salaires. Le premier pic en France de l'inflation a eu lieu en juillet 2022 avec un record de 6,1% en glissement annuel, selon l'INSEE. L'augmentation de l'aide au carburant de 30 centimes ainsi que le ralentissement des prix de l'énergie permettent à l'inflation de fléchir depuis le mois d'août. En août et septembre, l'IPC descend respectivement à 5,8 % et 5,6% selon l'INSEE. Néanmoins, le prix des produits alimentaires ainsi que celui des produits manufacturés continuent d'augmenter. Le deuxième pic en France est en octobre-novembre avec 6,2%.

Toutes ces mesures prises par le gouvernement français sont financées par du déficit public qui va alimenter la dette de l'État. Compte tenu de l'environnement de taux, le coût de la dette ne sera pas neutre à l'avenir. A la fin du premier semestre 2022, soit avant que le coût d'une partie des mesures

prises par la France ne soit effectif, le ratio entre la dette et le PIB de la France était à 114,4% et celui de l'Estonie à 17,6%. Il y a une différence de fonctionnement des économies.

En zone Euro, l'inflation est liée aux pénuries de production et d'approvisionnement suite à la pandémie, à la guerre avec la hausse des prix de l'énergie, des prix des produits agricoles importés et des sanctions contre la Russie. On parle d'inflation importée.

### Conséquences pour les assureurs

La remontée des taux d'intérêt peut être vue comme une opportunité pour les assureurs-vie avec l'effet positif que peut générer Solvabilité 2 mais la majorité des compagnies subissent cette période.

D'une part, avec l'actualisation des marges futures qui bonifie les taux de couverture des assureurs, la situation laisserait présager que le ratio de solvabilité des assureurs pourrait éventuellement s'améliorer. Néanmoins du fait des nombreux scénarios combinés pour obtenir le SCR, il serait difficile de prédire l'impact d'une remontée des taux. D'autre part, les assureurs auront moins de capitaux propres à immobiliser et pourront donc proposer des contrats plus avantageux, avec un coût en capital moins élevé. Cela va restaurer l'attractivité des fonds euros mais le rebond de leur rendement sera lent et durable puisque les obligations en stock achetées à des taux bas sont nombreuses. Si les assureurs reprennent la PPB, les rendements en assurance vie pourraient dépasser ceux du Livret A à fin 2022.

De plus, la dépréciation de l'euro peut être positive pour les assureurs avec une hausse du rendement des actifs libellés dans une autre devise que l'euro et d'une hausse potentielle de leur compétitivité à l'étranger. Face à une augmentation des taux, les assureurs vie devraient mettre en place une politique de participation aux bénéfices attractive afin de fidéliser leurs clients et de ne pas subir une vague de rachats significative.

Une première analyse permet de supposer que les assureurs peuvent acheter des obligations mieux rémunérées ainsi que puiser dans leur réserve de participation aux bénéfices pour doper les taux servis. Néanmoins cette analyse doit être modérée. En effet, lors de ces dernières années de taux bas, les assureurs ont encouragé la commercialisation des supports en unités de compte, engendrant ainsi une collecte nette négative sur les fonds Euro, ce qui ne permettrait pas d'acheter de nouvelles obligations à taux élevé sauf en cas d'arrivée à échéance de certaines d'entre elles.

Néanmoins, la hausse des taux peut aussi comporter plusieurs risques différents pour les assureurs dont le majeur concerne le rachat massif. La valeur d'une grande partie des actifs détenus par les assureurs-vie, actif qui est constitué majoritairement d'obligations, va chuter. Afin de pouvoir honorer ses engagements, l'assureur devra vendre des obligations dévalorisées et s'exposer à d'éventuelles moins-values.

Les provisions techniques comme la provision pour participation aux bénéfices ou la réserve de capitalisation, ainsi que les stratégies de produits dérivés permettent de faire face à ce risque, et de compenser la perte des moins-values obligataires. Ensuite, les assureurs ont des réserves grâce à l'accumulation des plus-values latentes sur leurs actifs obligataires avec la politique de taux bas. De plus, les assureurs sont protégés avec la loi Sapin 2 qui autorise le Haut Conseil de Sécurité Financière, si la situation l'exige, à bloquer temporairement la possibilité d'effectuer des retraits sur le fonds en euros des contrats d'assurance vie.

Un autre risque possible pour les assureurs est la baisse potentielle des actions : en effet, il existe une décorrélation entre le niveau des taux d'intérêts et le cours des actions, c'est-à-dire que les actions baissent quand les taux montent. Le portefeuille d'actif d'un assureur contient des titres de capital

dont des actions cotées : en cas de baisse de ses placements en action, l'assureur va doter ses provisions, mesure qui va impacter négativement le rendement des épargnants et le résultat de l'assureur. Si la hausse des taux et la baisse des actions se produisent en même temps, tous les placements de l'assureur seront en moins-values latentes. Les répercussions seront alors doubles.

Le risque de sous adossement de l'actif-passif est un risque modéré et rare pour les assureurs-vie. En effet, en cas de revalorisation des contrats d'épargne retraite indexés sur l'inflation, contrats singuliers, le taux de rendement réel de ces placements baisserait tandis que les engagements envers les assurés augmenteraient.

L'inflation pourrait se répercuter sur le compte de résultat de l'assureur-vie avec une hausse des charges de structures, des salaires, des loyers. Cependant, l'assureur peut également augmenter ses tarifs et si une hausse des salaires se produit, cela pourrait être une opportunité pour l'assureur-vie puisqu'il y aurait potentiellement plus de versements sur les contrats épargne.

### **L'impact sur les assurés**

Sur le premier semestre de 2022 en France, plusieurs indicateurs de l'assurance vie sont à un niveau record depuis les 10 dernières années. En effet, la collecte de l'assurance vie atteint 12,1 milliards d'euros et les cotisations s'établissent à 76,4 milliards, selon France Assureurs. La collecte cumulée depuis le premier janvier 2022 est la même au mois de juin qu'au mois d'août compte tenu de la collecte négative d'août de -0,7 Mds€. Les fonds euros sont particulièrement touchés par la dégradation avec une collecte nette à -1,8 Mds€. Cette désaffection du produit préféré des Français pourrait s'expliquer par la hausse récente des taux d'intérêt et la forte inflation. Si les rendements des fonds euros, 1,3% en moyenne en 2021, n'augmentent pas suffisamment, les particuliers pourraient arbitrer en masse leur assurance vie vers un autre produit d'épargne. Compte tenu de l'imposition des plus-values et du plafond du Livret A bas, l'arbitrage de l'assurance vie vers le livret A est peu probable même avec la revalorisation du 1er août 2022 à 2%.

Que ce soit en assurance vie ou dans les livrets, les Français devraient continuer d'épargner. En effet, même si l'inflation est importante, les économistes s'accordent pour dire que c'est au-dessus d'une inflation de 8% que la consommation s'accélère au détriment de l'épargne (effet «Mundell-Tobin»). En effet, au-delà de ce seuil, il est préférable d'acquérir des biens plutôt que d'épargner car plus vite le bien sera acheté, moins cher il sera.

## **1.2 Contexte épargne**

### **1.2.1 Passage des taux courts aux taux longs**

Jusqu'à présent, il a été discuté des taux directeurs de la BCE qui sont des taux de court terme. La partie suivante évoque leur liaison aux taux longs qui ont une influence sur les taux fixes du crédit immobilier. Les taux longs impactent plus directement les assurés que les taux courts. C'est la courbe des taux de rendement qui donne le niveau de taux d'intérêt auquel l'émetteur doit faire face à une maturité donnée, à un instant donné. Elle est croissante et concave.

Plus l'échéance du crédit est longue, plus le taux sera élevé car il doit couvrir les risques liés à l'incertitude sur la capacité de remboursement de l'émetteur, le niveau des taux d'intérêt ou encore une inflation élevée. Ainsi, les taux seront, par conséquent, différents, du fait de la prime de risque qui

couvre les risques sur des échéances longues. C'est pourquoi sont évoqués les termes de taux courts et de taux longs. La crise financière et la politique des banques centrales ont toutefois considérablement modifié la forme et la structure de la courbe des taux. L'évolution de la forme de cette courbe est un bon indicateur avancé de l'activité économique puisque d'un côté, elle agrège l'ensemble des taux d'intérêt que va devoir acquitter un émetteur et, de l'autre, elle informe les investisseurs des rendements d'un titre selon sa maturité.

La partie courte de la courbe, qui concerne les maturités de 3 mois à 2 ans, est en théorie davantage liée aux évolutions du taux directeur des banques centrales. En effet, les taux courts sont liés au prix que demandent les banques centrales pour financer les banques commerciales, autrement dit les taux directeurs de la BCE.

La partie longue, dont la maturité est au-delà de 2 ans, est fonction du risque de solvabilité / inflation associé à l'émetteur et du taux d'emprunt des États. Elle dépend de la prime de risque qui est liée aux incertitudes sur la solvabilité et au défaut de l'émetteur. En effet, plus un État a une bonne notation, plus son risque de défaut est faible et donc le taux d'intérêt de long terme exigé est faible. D'autre part, la partie longue découle aussi du risque inflation qui concerne la baisse des rendements des titres en cas d'une hausse de l'inflation. Lorsque l'inflation est très basse, seul le risque de crédit détermine les écarts entre les courbes des taux entre les pays.

Lorsque les taux courts sont supérieurs aux taux longs, on parle d'inversion de la courbe des taux.

### 1.2.2 Impact sur la collecte de l'épargne française

Puisque les moyens mis en place par la BCE pour gérer la crise des subprimes ont été clarifiés, l'impact direct sur l'assurance vie et notamment sur l'épargne va maintenant être détaillé.

Le lien direct entre les taux longs et les assurés concerne l'actif de l'assureur. En effet, les taux longs ont un impact sur les produits obligataires qui constituent 80% du portefeuille d'un assureur selon les chiffres de *Good Value for Money*. Comme la courbe des taux est connue et fixe dès l'achat de l'obligation, les taux d'intérêts pour l'assureur sont en partie ceux de la courbe des taux de la date d'achat outre les obligations à taux variables. Comme l'impact d'une baisse des taux courts met du temps avant de se propager sur les taux longs, cela est profitable aux assureurs puisque le rendement qu'ils touchent est supérieur à celui du marché. C'est aussi bénéfique pour les assurés qui touchent la participation aux bénéfices qui dépend des résultats des assureurs et qui ont vu leur contrats en fonds euro revalorisés avec des taux supérieurs à ceux du marché et inférieurs à leur taux de rendements. Néanmoins, les taux courts atteignant des niveaux critiques, les taux longs devenant négatifs, le rendement des obligations va alors diminuer, les assureurs vont devoir revoir les taux servis aux assurés afin d'être solvables et rentables. In fine, les assurés ressentent bien l'impact d'une baisse des taux directeurs sur leur taux de rémunération de leur contrat épargne.

La collecte nette correspond à la différence entre les cotisations et les prestations qui sont les retraits des contrats en cours de vie et capitaux décès.

Les facteurs qui influencent la collecte sont entre autre les rendements servis, la fiscalité, la concurrence avec les autres produits, l'environnement économique et la démographie. Les conséquences du contexte économique depuis 2008 sur la collecte en assurance vie vont être maintenant évoquées.

La figure 1.3 donne l'évolution de la collecte nette en assurance vie depuis 2006.

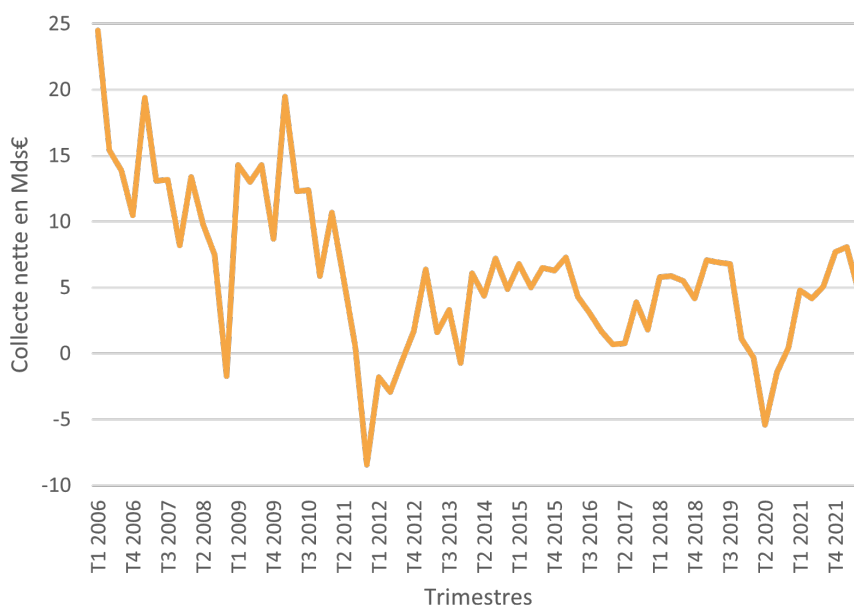


FIGURE 1.3 : Evolution de la collecte nette en assurance vie

En mars 2008, un ralentissement de l'économie a lieu avec une accélération de l'inflation et une baisse de la consommation, par rapport au mois d'avant.

En effet, comme les ménages voient la valeur de leur patrimoine s'effriter avec la baisse des prix de l'immobilier, ils réduisent leurs dépenses de consommation, d'autant plus que leur endettement est grand ; l'effet de richesse devient négatif. Comme précisé ci-dessus, suite à la restriction des banques sur les crédits, il est plus difficile d'investir pour les entreprises et ménages, du fait des politiques de crédit des banques plus strictes et sélectives. Les ménages se replient donc sur les comptes d'épargne pour confier leur portefeuille et obtenir du rendement. Les ménages préfèrent les livrets A, support liquide de court terme et plus rentable, dont les fonds sont disponibles à tout moment, sans risque et libres d'impôt. Selon France Assureurs, les chiffres des collectes nettes confirment cette préférence. D'une part, la collecte nette en assurance vie en 2008 a enregistré une baisse de 40%, passant de 47,5 à 28,4 milliards d'euros, la plus basse collecte depuis 10 ans. D'autre part, selon la Banque de France, la collecte nette du Livret A a atteint 18,7 milliards d'euros en 2008, un niveau historique près de trois fois supérieur à l'ancien record, portant l'encours à 139,2 milliards d'euros fin 2008. Plus de deux millions de Français ont ouvert en 2008 un Livret A, portant le total des livrets A en circulation à plus de 46 millions. L'explication de ces chiffres très élevés peut s'expliquer par la valeur refuge du Livret A pendant la crise et aussi par le taux de rémunération attractif de 4 % entre le 1er août 2008 et le 1er février 2009.

Le relèvement du plafond du livret de développement durable et solidaire (LDDS) à 12 000 euros en 2012 a fait naître un engouement pour ce produit devenu important dans le marché de l'épargne à support liquide. Les Français ont alors délaissé l'assurance vie, la collecte nette a chuté de 50% passant de 7,7 milliards à 3,4 milliards d'euros, avec des encours non affaiblis. Cela est dû à l'attractivité des taux de rémunération et de la défiscalisation des livrets d'épargne.

L'année 2015 est une bonne année pour l'assurance vie qui a réussi à être attractive sur le marché avec des taux de rémunération des fonds euros de 2,50% en moyenne en 2014 contrairement à 1% pour les livrets A et les LDDS. Le défi pour les assureurs est de garder une rémunération attractive pour



fidéliser ses clients. Comme les taux sont restés de nombreuses années très faibles, les fonds euros, investis dans les obligations essentiellement, ont vu leur rendements s'affaïsser. Les assureurs doivent donc innover pour être rentables et solvables. D'où le recours au support en unités de compte, investi en actions et dont le risque est porté par l'assuré. La réorientation vers les produits en UC est bien enclenchée avec une augmentation de 46 % par rapport à la même période en 2014. Ces supports représentent alors 21 % de la collecte selon la FFA.

### 1.2.3 Contexte en France post Covid

La crise sanitaire de 2020 a conduit à un changement de comportement chez les ménages français. En effet, à la suite des différents confinements qui ont baissé leur consommation et de la volatilité du marché des actions qui a déclenché leur besoin de sécurité, les ménages sont devenus plus averses au risque et ont constitué une épargne forcée et de précaution.

Conséquence de l'environnement économique et sanitaire, la collecte nette en assurance vie est négative en 2020 avec - 2,4 milliards d'euros pour la deuxième fois de son histoire. Cette collecte nette est néanmoins fortement positive pour les supports unités de compte avec +22,9 milliards d'euros. Il y a plusieurs facteurs qui peuvent expliquer la collecte négative comme le nombre de décès historique en France en 2020 qui fait grimper les prestations et l'arrivée du PER, produit complémentaire à l'assurance vie. L'incertitude importante sur les perspectives dans le contexte de crise a limité l'attrait pour l'assurance vie. De plus, les fonds euros n'ont pas rapporté autant depuis 2015 avec un rendement réel net moyen de +1,13 %. Malgré tout, selon la Banque de France, les livrets A et LDDS signent leur deuxième meilleure collecte annuelle avec 35,2 milliards d'euros, après le record de 2012 qui était de 49 milliards d'euros.

L'épargne des ménages « l'épargne Covid » est estimée à près de 175 milliards d'euros en deux ans. Ce montant correspond à la différence entre les flux observés et la projection des flux avant la pandémie. Les ménages n'ayant pas pu consommer du fait des fermetures des commerces, ont alors largement investi leur revenu, ce que confirme la figure 1.4.

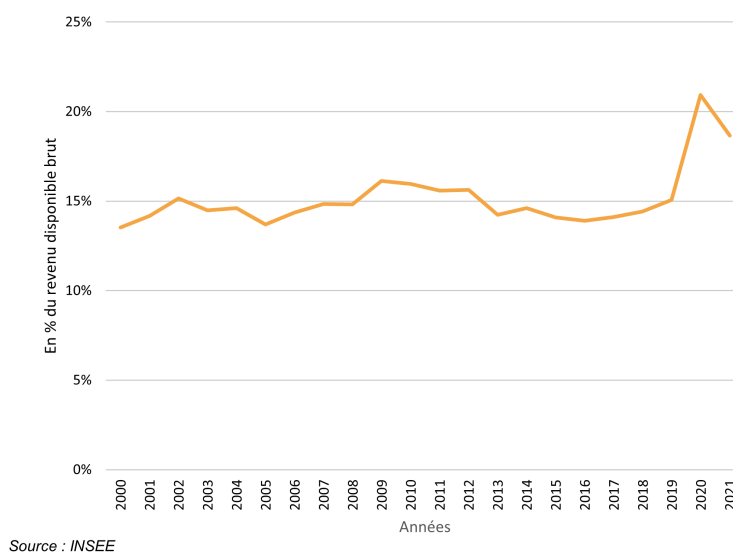


FIGURE 1.4 : Evolution du taux d'épargne des ménages français

La chute de l'épargne de 7,1% en France appuie ce phénomène de baisse de consommation des biens. Néanmoins, dans les pays membres de l'OCDE, la consommation de biens a augmenté de 25% de plus que celle des services depuis le début 2020. Cette hausse s'explique par les changements de consommation durant la crise sanitaire qui ont déformé la structure de la demande mondiale des services vers les biens, liée à la numérisation de l'économie. En effet, un investissement dans les articles de maison s'est vu nécessaire pour s'équiper face au télétravail.

En 2021, le taux de rendement moyen des fonds en euros a baissé sur l'année de 0,4 points. Au 1er février 2022, les taux de rémunération du Livret A et LDDS passent de 0,50% à 1% puis ont doublé en août 2022 pour atteindre 2%. Cela laisserait présager qu'avec la guerre en Ukraine et la hausse de l'inflation, le Livret A pourrait éventuellement jouer de sa valeur refuge. Depuis le début de l'année 2022, la collecte semestrielle nette en assurance vie augmente de 11% par rapport au premier semestre 2021 avec 12,1 Mds€. Le niveau des cotisations au premier semestre 2022 bat un record sans précédent sur les dix dernières années avec un montant de 76,4 Mds€.

### 1.3 Les différents contrats d'épargne

Placer son capital dans l'assurance vie permet de se constituer un capital pour préparer ou compléter sa retraite ou en vue d'un achat personnel ou professionnel, de profiter d'un placement fiscalement avantageux, de transmettre un capital à ses proches en cas de décès, de disposer d'une épargne de précaution à court terme et enfin de faire face aux imprévus et anticiper les risques liés à la vie. Ces produits ont pour objectif de toucher un large public, en proposant une gamme diversifiée.

#### 1.3.1 Présentation des différents produits

Il existe différents supports pour investir son argent : les produits mono supports euros, les mono supports unités de compte (UC), les mono supports Eurocroissance et les multisupports.

##### Contrats en euros

Les contrats d'épargne en euros se caractérisent par une garantie exprimée en euros, en opposition aux contrats UC, pour lesquels la garantie est exprimée en nombre d'UC. Dans ce type de contrats euros, l'assureur s'engage à garantir à tout moment le capital initial. Les fonds, librement gérés par l'assureur, sont soumis à des contraintes réglementaires avec une répartition plafonnée selon les catégories d'actifs (65% pour les actions, 10% pour les actifs non cotés, ...)

Trois critères permettent de caractériser les contrats d'épargne en euros :

- **La garantie de la valeur de rachat**

Les assurés peuvent récupérer à tout moment l'épargne accumulée depuis le début du contrat. L'assuré peut subir une pénalité, qui ne peut dépasser 5% de la valeur des provisions mathématiques (PM), et qui est nulle pour un contrat de plus de 10 ans.

- **Le taux minimum garanti (TMG)**

Ce taux correspond à un engagement minimum de rendement de l'assureur qui peut éventuellement être nul. Le code des assurances fixe un plafond qui est de 60% du taux moyen des emprunts d'Etat (TME), avec une limite fixée à 3.5%, pour les contrats à versements libres ou périodiques

et pour les contrats à prime unique au-delà de 8 ans. Ce plafond s'élève à 75% du TME pour les contrats à prime unique sur une durée au plus égale à 8 ans. Avec la baisse des taux, certains assureurs ont mis en place des TMG nuls bruts de frais.

- **La participation aux bénéfices (PB)**

Selon le code des assurances, les compagnies d'assurance vie doivent distribuer au minimum 90% du résultat technique, et au minimum 85% du résultat financier. Toutefois, certains contrats prévoient des taux de PB plus élevés, appelée la PB contractuelle. Il existe aussi la PB discrétionnaire qui propose une offre concurrentielle par rapport au marché pour éviter des vagues de rachats massifs l'année suivante.

Le taux de rémunération des assurés est calculé en fonction du TMG et de la PB.

### **Contrats en UC**

Les contrats en Unités de Comptes (UC) sont des supports d'épargne en assurance vie pour les assurés prêts à prendre des risques. En effet, les contrats en UC sont adossés à des fonds actions, obligations, immobilier. C'est donc un placement risqué qui peut réaliser aussi bien des pertes que des gains. Le risque est supporté par l'assuré. Néanmoins, il existe des garanties permettant de protéger l'assuré en cas de baisse de la valeur liquidative de l'unité de compte, comme la garantie plancher qui assure une garantie du capital au décès. La valeur de ces UC est exprimée en parts et non en montants en Euros. Les contrats UC sont valorisés en fonction de :

- la valeur liquidative est la valeur des actifs détenus dans le portefeuille de l'OPCVM (fonds actions, SICAV...). Elle évolue à la hausse ou à la baisse en fonction de l'évolution des marchés financiers.
- les frais sur encours et frais d'entrée qui peuvent faire diminuer le nombre de parts UC.
- les encours, à un temps donné. L'encours est calculé en multipliant le nombre de parts par la valeur liquidative.

### **Contrats Euro-croissance**

Le contrat Euro-croissance est un contrat qui garantit à 100% le capital en euros, non pas à tout moment mais au terme choisi par l'assuré qui est fixé à au moins 8 ans. Le fonds croissance est la garantie du capital à 80%. Ce produit peut être un contrat multisupport ou un contrat monosupport. Le nouvel Euro-croissance au passif a deux provisions : la provision de diversification ou PM théorique et la provision collective de diversification différée (PCDD). La PCDD est une provision de réserve, qui permet de lisser les performances des assurés. Cette provision est restituée à l'assuré par la suite. Elle peut être comparée à la PPB pour un fond euros classique. La PM théorique est plus souple et n'est plus rattachée au taux d'échéance constante. En cas de rachat anticipé, l'assureur ne sera plus tenu de rembourser l'assuré à hauteur de sa PM, il le fera en fonction de la valorisation de la part de diversification au moment du rachat.

Un avantage des assurés sur ce produit est une espérance de gain plus importante due à l'immobilisation du capital jusqu'au terme du contrat. Ce produit bénéficie d'un régime fiscal avantageux de l'assurance vie. Les contrats Euro-croissance sont bénéfiques aux assureurs du fait de l'immobilisation du capital

sur une période généralement comprise entre 8 et 10 ans. Cela leur permet d'adopter une stratégie de placement à long terme et de ne pas être exposé à une exigence de liquidité permanente des fonds.

### 1.3.2 Risques liés aux contrats d'épargne

Les différents risques qui concernent les contrats d'épargne sont d'une part liés aux assurés et d'autre part au marché financier.

Parmi les risques associés aux assurés, le risque viager lié à la durée de vie en fait partie. Ce risque porte sur les dérives de mortalité et le phénomène d'antisélection. Ce dernier concerne les dysfonctionnements des marchés d'assurance résultant de l'information cachée dont les assurés peuvent disposer sur leurs propres risques et qui n'est pas accessible aux assureurs. Le risque de rachat permet au client de disposer de tout ou partie de leur épargne disponible avant la fin normale du contrat. Ce risque est majeur pour l'assureur puisqu'il doit s'assurer d'avoir une quantité d'actifs assez liquide pour être en capacité de rembourser à tout moment les assurés suite à des demandes de rachat. Le risque de réduction est le droit du client de renoncer au versement des primes futures. Le risque de renonciation est le droit des assurés de reprendre leurs investissements et mettre fin au contrat. La solution pour l'assureur de couvrir ces risques est de manoeuvrer le montant de la prime, le choix de la table de mortalité et les frais.

Le risque de marché est le risque de perte qui peut résulter des fluctuations des prix des instruments financiers qui composent un portefeuille. Le risque peut porter sur le cours des actions, les taux d'intérêt, les taux de change, les cours de matières premières, etc. On peut nommer en particulier le risque de taux qui a lieu après la variation des taux d'intérêts sur le marché obligataire qui représente 80% du portefeuille de l'assureur. Les assureurs y sont largement soumis, à cause d'une part de la forte proportion d'obligations dans leurs actifs et d'autre part à cause du comportement dynamique de rachat des assurés. Le risque de signature ou risque de contrepartie est un risque financier qui correspond au défaut de paiement d'un émetteur, lié à une chute des cours boursiers. Plus le spread est élevé, plus ce risque est important. Le risque de change qui appartient au risque de marché, se produit lorsque les actifs et les engagements ne sont pas dans la même monnaie. Il faut noter que cette pratique de change est réglementée avec la couverture des engagements par au moins 80% actifs congruents. Les solutions de l'assureur pour couvrir les risques financiers sont de vendre ou d'acheter des options suivant les fluctuations du marché financier, de diversifier les placements, de réaliser des +/- values, de doter ou de reprendre de la réserve de capitalisation en vendant des obligations en +/- value, de répartir des produits financiers entre les différents contrats.

### 1.3.3 Fiscalité

Dans le cadre des contrats d'assurance vie, les plus-values ou intérêts des produits générés font l'objet d'imposition. La fiscalité appliquée dans les cas suivants concerne le rachat partiel ou total et l'échéance/Terme.

Les prélèvements sociaux (PS) touchent le monosupport euro lors de l'inscription au compte de PB et le rachat total / terme / décès. Le taux de prélèvements sociaux à appliquer est celui en vigueur lors de la taxation.

Le montant des PS à la date de calcul est égal à l'assiette des PS (date calcul) multipliée par le taux de PS (date calcul).

$$PS = \text{assiette PS} \times \text{taux PS}. \quad (1.1)$$

Ce montant est alors déduit de la valeur de rachat du contrat ou du montant de rachat. Lors de changements de taux en cours de période, il est possible de distinguer plusieurs assiettes de taxation différentes correspondant aux différents taux.

Les prélèvements sociaux concernent également le multisupport avec le rachat total à échéance ou terme ou décès et le rachat partiel (contrairement aux contrats mono-support Euro). Deux réformes en 2010 et 2011 sont intervenues pour supprimer la plupart des configurations qui permettaient aux contrats d'assurance vie d'échapper aux prélèvements sociaux, notamment les contrats souscrits avant le 01/01/1998 au titre de primes versées avant le 01/01/1998 ou les contrats souscrits avant le 01/01/1983 qui se calculaient à partir des taux historiques et non les taux à la date de calcul.

L'objectif de la réforme entrée en vigueur à partir du 27/09/2017 est de simplifier la fiscalité en appliquant une « flat tax », ou Prélèvement Forfaitaire Unique (PFU) pour les rachats à compter du 01/01/2018. La taxe unique est composée d'une double contribution : l'Impôt sur le Revenu et les Prélèvements Sociaux, comme le souligne la figure 1.5.



FIGURE 1.5 : Composition du Prélèvement à Forfait Unique (PFU) pour les rachats à partir du 01/01/2018

En pratique, l'assureur procède à un prélèvement fiscal de 12,8% avant 8 ans, et de 7,5% après 8 ans. L'administration fiscale se chargera de revoir à la hausse ce prélèvement à 12,8% après 8 ans si l'encours des contrats de l'assuré dépassent 150 000€. Néanmoins, les contribuables peuvent toujours opter pour l'IR au barème progressif, s'il leur est plus avantageux. De plus, avec le PFU, l'abattement sur les rachats au delà de 8 ans est maintenu, c'est-à-dire 4 600€ pour une personne seule et 9 200€ pour un couple. Les avantages liés aux successions sont maintenus c'est-à-dire abattements de 30 500€ ou 152 500€, selon l'âge de versement des primes.

Le seuil de 150 000 € doit être apprécié par assuré, au 31/12 de l'année précédant le rachat et globalement pour l'ensemble des contrats d'assurance vie et de capitalisation, quelle que soit la date de souscription. La déduction est faite de la part de primes contenue dans les rachats précédents.

L'abattement de 4 600 € et 9 200 € s'applique en priorité :

- aux produits attachés aux primes versées avant le 27/09/2017 au-delà de 8 ans ;
- puis, aux produits attachés aux primes versées à compter du 27/09/2017 qui sont imposés au taux de 7.5 % au-delà de 8 ans ;
- enfin, aux produits attachés aux primes versées à compter du 27/09/2017 qui sont imposés au taux de 12.8 % au-delà de 8 ans.

L'assureur doit communiquer sur ces prélèvements au bénéficiaire en communiquant à l'assuré l'ensemble des informations et documents permettant au contribuable de déclarer lesdits produits, le cas échéant rachetés, selon le régime fiscal qui lui est applicable. L'assureur doit aussi informer l'administration fiscale sur les mêmes informations que celles communiquées au bénéficiaire.

En cas de décès de l'assuré, l'article 757B concerne l'imposition des contrats d'assurance vie souscrits à partir du 20/11/1991. Il prévoit une imposition sur les primes versées après les 70 ans de l'assuré défunt qui excèdent 30 500 € sur l'ensemble des contrats de l'assuré. L'assiette d'imposition est alors soumise aux droits de mutations selon le lien de parenté sauf exonération loi TEPA.

## 1.4 Environnement réglementaire et comptable

Une exigence de solvabilité désigne le niveau de capital nécessaire à l'entreprise pour exercer son activité et pour faire face aux différents risques à un certain seuil de confiance. Dans l'assurance, le cycle de production étant inversé avec le versement des primes avant le paiement des prestations futures incertaines, l'exigence sur les fonds propres à détenir est primordiale pour répondre aux engagements des assurés. Le régime prudentiel actuel va être présenté afin de se concentrer ensuite sur les provisions techniques et le capital requis nécessaire pour faire face à une ruine.

### 1.4.1 Solvabilité 2

Solvabilité 2 est un ensemble de règles fixant le régime de solvabilité applicables aux entreprises d'assurances dans l'Union Européenne. Cette directive s'inscrit dans une logique de prise en compte plus explicite des risques qui permettra de traduire plus fidèlement les risques portés par la compagnie.

Depuis l'entrée en vigueur en 2016 de Solvabilité 2, les organismes d'assurance doivent être en conformité non seulement avec les exigences de capital qui étaient déjà attendues avec Solvabilité 1 mais qui ont évolué, mais aussi en terme de gouvernance et de reporting. La différence avec Solvabilité 1 est que Solvabilité 2 a une vision en valeur de marché du bilan prudentiel et une approche basée sur des principes et non sur des règles pour accompagner les sociétés d'assurance dans la gestion de leurs risques.

Les principaux objectifs de Solvabilité 2 sont de :

- renforcer l'intégration du marché européen de l'assurance ;
- améliorer la protection des preneurs d'assurance et des ayants droit ;
- renforcer la compétitivité des assureurs et réassureurs européens au niveau international ;
- promouvoir une meilleure réglementation.

Le nouveau régime prudentiel assure alors un équilibre entre la protection des assurés et le coût du capital pour les assureurs, donc favorise un cadre prudentiel plus adapté aux risques réels pesant sur les compagnies d'assurance. Il améliore l'évolution et le contrôle des risques et responsabilise les assureurs en leur donnant plus de liberté. En contrepartie, le dialogue prudentiel est renforcé. Enfin, il harmonise les normes et les pratiques prudentielles non seulement dans l'Union Européenne, mais aussi au sein du secteur financier.

Les règles prudentielles de Solvabilité 2 sont définies par 3 piliers, simplifiées dans la figure 1.6.

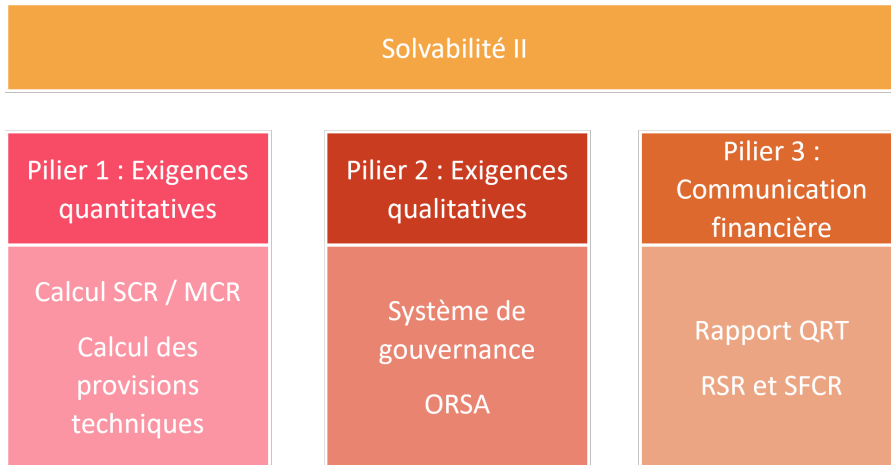


FIGURE 1.6 : Les trois piliers de Solvabilité 2

### 1.4.2 Provisions techniques et Best Estimate

Solvabilité 2 valorise le bilan en valeur de marché plutôt qu'en valeur historique : ce concept est appelé "Market consistent" ou "Fair Value".

Le passif qui est constitué dans un bilan en valeur historique de fonds propres et de provisions mathématiques, se voit évoluer avec d'autres composantes en valeur de marché. En effet, avec Solvabilité 2, les fonds propres sont divisés en plusieurs segments : la partie concernant l'exigence de fonds propres à respecter qui comprend le capital de solvabilité requis, le SCR, ainsi que le minimum de capital requis, le MCR et le reste qui correspond au capital excédentaire. L'autre partie majeure du passif concerne les engagements envers les assurés en valeur de marché qui regroupent les flux futurs en valeur de marché, appelés Best Estimate, et la marge de risque. Finalement, la figure 1.7 permet de visualiser le changement de valorisation et la composition du bilan économique.

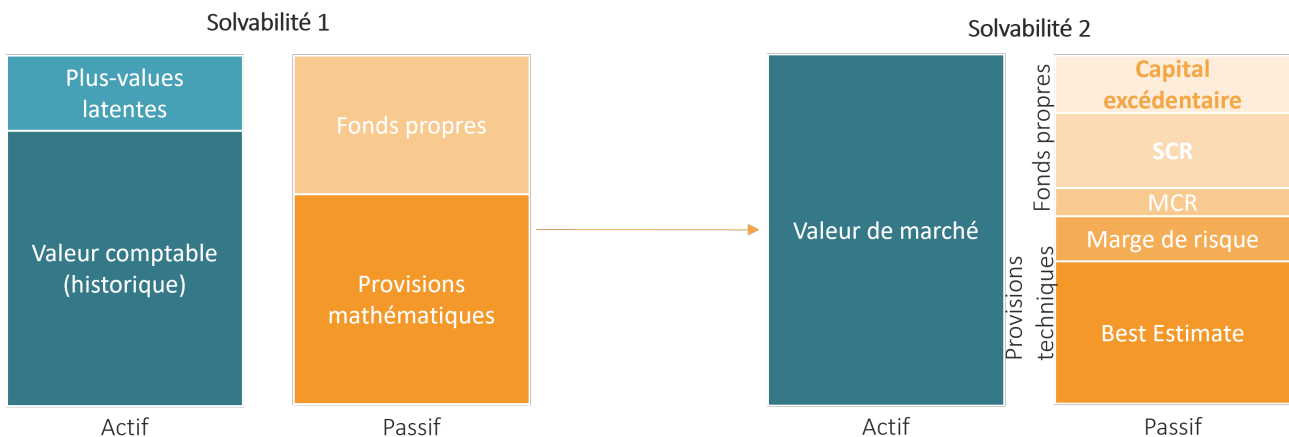


FIGURE 1.7 : Passage du bilan en vision historique en valeur de marché

Le Pilier 1 a pour objectif de s'assurer que le niveau des fonds propres de l'assureur est suffisant afin d'éviter la ruine, sous un an, dans 99,5% des cas. Autrement dit, il convient de s'assurer que le bilan de l'assureur lui permettra de conserver des fonds propres économiques non nuls dans un grand nombre de

situations, même fortement défavorables. Ce pilier permet d'avoir une vision économique en prenant en compte l'ensemble de risques avec une hypothèse de corrélation, dans le calcul de l'exigence de solvabilité.

Le Best Estimate correspond à la valeur probable des flux futurs de trésorerie actualisés à la courbe des taux sans risque, estimés de la façon la plus exacte possible. Cette courbe est transmise par L'EIOPA, a minima annuellement. Le calcul s'effectue de manière Best Estimate : aussi il ne doit pas présenter de marges de prudence. Le Best Estimate est calculé brut et net de réassurance. Les flux de trésorerie qu'il convient de retenir sont les entrants avec les primes futures, chargements et créances ; et les sortants avec les prestations, les frais et l'imposition.

Soient  $CF_t$  les cash-flows des prestations futures,  $r_t$  le taux sans risque de maturité  $t$  et  $T$  l'horizon de projection suffisamment long pour couvrir la durée de vie totale du portefeuille d'assurance et de réassurance. Mathématiquement, le Best Estimate est calculée de la manière ci-dessous.

$$BestEstimate = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+r_t)^t}. \quad (1.2)$$

La réglementation impose aux sociétés d'assurance de constituer des provisions techniques pour faire face aux engagements pris envers les assurés. Elles sont constituées de deux provisions.

La **provision mathématique** est la différence entre les valeurs actuelles des engagements respectivement pris par l'assureur et par les assurés. Elle constitue le principal élément du passif d'une société d'assurance vie avec environ 9/10ème du passif. L'évaluation est basée sur une méthode prospective et une méthode rétrospective. La méthode rétrospective est à privilégier dès lors que la police prévoit la possibilité de versements libres futurs impossibles à quantifier a priori, ce qui est le cas dans ce mémoire avec les contrats d'épargne. On obtient cette provision en valorisant à la date de souscription les engagements sur la période de couverture comprise entre la souscription et la date d'évaluation puis en appliquant un facteur de capitalisation viagère pour aboutir à une valorisation à la date d'évaluation.

La **participation aux bénéfices** relève d'une obligation légale de faire participer les assurés aux bénéfices techniques et financiers de l'assureur. Les bénéfices techniques proviennent des bénéfices de mortalité et des bénéfices de gestion. En effet, les tables utilisées pour tarifier et projeter en vision Solvabilité 2 sont différentes et permettent de dégager une marge. Les tables d'expériences pour projeter les décès doivent refléter au mieux la réalité compte tenu de la vision best estimate. Cela est contraire aux tables de mortalité qui surestiment les décès pour la prudence de la tarification. Quant aux bénéfices de gestion, ils résultent du fait qu'une partie des chargements théoriques pris en compte dans le calcul des primes n'a pas servi à la couverture des dépenses de l'assureur. Les bénéfices financiers découlent des revenus de placements à des taux d'intérêts qui dépassent généralement le taux d'intérêt technique. Le Code des assurances impose une participation égale au minimum à 85% des résultats financiers et 90% des résultats techniques. Le montant de la participation aux bénéfices peut être doté intégralement ou partiellement à la Provision Participation aux Bénéfices (PPB). Toutefois, l'assureur a 8 ans pour affecter le montant total de la participation aux bénéfices aux PM.

La **réserve de capitalisation** est une provision de l'actif. Elle est dotée (respectivement reprise) lorsque des plus-values (respectivement moins-values) sont réalisées sur des obligations. L'objectif de cette provision est de lisser les résultats sur les titres obligataires. Elle permet également de dissuader les assureurs de vendre leurs obligations à taux élevés afin de réaliser des bénéfices ponctuels, en cas de forte baisse des taux. En effet, ce mécanisme amènerait l'assureur à racheter des obligations moins performantes et donc le pénaliserait sur le long terme.



Les entreprises d'assurance doivent en effet respecter des règles dites « prudentielles » qui les contraignent notamment à mettre en adéquation leur niveau de fonds propres avec les risques auxquels elles sont confrontées. Ainsi, aujourd'hui, elles doivent justifier d'un capital minimum appelé marge de solvabilité. Ce capital minimum est destiné à garantir les engagements vis-à-vis des assurés et à leur permettre de faire face aux aléas inhérents à l'activité d'assurance. Le régime prudentiel en vigueur aujourd'hui s'appuie sur une réglementation mise en place dans les années 1970 et révisée en 2002.

### 1.4.3 Indicateurs de solvabilité

Les entreprises d'assurance doivent en effet respecter des règles dites « prudentielles » qui les contraignent notamment à mettre en adéquation leur niveau de fonds propres avec les risques auxquels elles sont confrontées. Dans le pilier 1, elles doivent calculer les niveaux réglementaires de fonds propres. On distingue le SCR du MCR avec respectivement l'un qui est requis tandis que l'autre est strictement nécessaire.

Le Solvency Capital Requirement (**SCR**) représente le capital nécessaire pour absorber le choc provoqué par un risque majeur (sinistre exceptionnel, choc sur les actifs, etc.). C'est le minimum de capital requis correspondant à une probabilité de ruine de 0,5% à horizon un an, c'est-à-dire une Value At Risk (VaR) au seuil de confiance 99,5% de la distribution des pertes en fonds propres économiques à horizon un an. En cas de non-respect du SCR, le plan d'action approuvé par le superviseur est mis en place.

Le Minimum Capital Requirement (**MCR**) représente le niveau minimum en-dessous duquel un organisme ne doit pas être, cela correspond à une VaR au seuil de confiance de 80% de la distribution des pertes en fonds propres économiques à horizon un an. En cas de non-respect du MCR, l'ACPR procède au retrait d'agrément s'il n'est pas couvert rapidement.

Le SCR prend en compte tous les risques auxquels sont liés les assureurs. C'est pour cela que le calcul du BSCR (capital de solvabilité requis de base) est réalisé par sous modules de risques, en vert sur la figure 1.8, puis agrégé par risques (Marché, Santé, Contrepartie, Vie, Non-Vie, Actifs incorporels) et finalement regroupé via les matrices de corrélation des différents risques. Le SCR se retrouve avec l'ajustement, le BSCR et le SCR opérationnel.

Dans le sous-module Action qui fait partie du module du risque de marché, un mécanisme pro cyclique peut se passer lors de la détérioration de la valeur des actions lors du choc baisse des actions. Le SCR va alors être fortement détérioré du fait du cumul de la baisse réalisée et de l'exigence de fonds propres qui ne tient pas compte de ce choc. L'assureur va être obligé de vendre des actifs contre son gré et va se retrouver dans une situation qui ne lui sera pas favorable. L'ajustement de Dampener est alors apparu pour réduire le chargement en capital en cas de choc baisse des actions pour éviter cet effet de cumul de détérioration.

L'ajustement permet de prendre en compte la capacité d'absorption des pertes des provisions techniques et des impôts différés.

Le SCR opérationnel se retrouve grâce à la formule suivante 1.3.

$$\text{SCR}_{\text{op}} = \min(0,3 \times \text{BSCR}; 0,45 \times \text{BEL}). \quad (1.3)$$

De ce fait, il apparaît un indicateur crucial : le ratio de couverture du SCR qui permet de savoir quand les fonds propres de l'assureur sont supérieurs au montant du SCR. La mesure naturelle qui découle

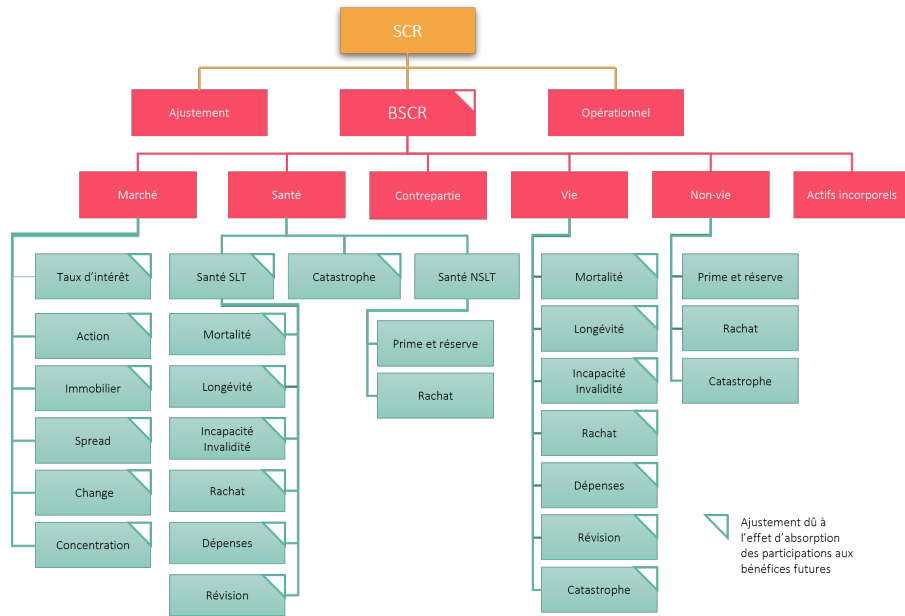


FIGURE 1.8 : Pieuvre du SCR

de ce besoin est le ratio exprimé avec la formule 1.4.

$$\text{Ratio de couverture } (t) = \frac{\text{Fonds Propres éligibles } (t)}{\text{SCR } (t)}. \quad (1.4)$$

Ce ratio de couverture peut varier en fonction des évolutions du SCR mais aussi de celles du niveau de Fonds Propres et peut s'avérer être très volatile.

#### 1.4.4 Indicateurs de rentabilité

Afin de pouvoir quantifier la rentabilité d'une compagnie d'assurance, plusieurs indicateurs existent. Les indicateurs suivants sont retenus dans cette étude : la Marge pour Risque, la PVFP et la VIF.

La **marge pour risque** (RM) représente le coût du capital que devrait lever le cessionnaire pour couvrir son exigence de capital jusqu'à l'extinction des passifs. Elle est calculée de manière à garantir que la valeur des provisions techniques soit équivalente à la marge pour risque et au *Best Estimate*. Elle est estimée à partir du SCR en déterminant le coût que représente un montant de fonds propres éligibles avec la formule suivante. En considérant  $CoC$  le taux de coût de capital, égal à 6%,  $SCR(t)$  le capital de solvabilité requis après  $t$  années et  $R(0, t)$  le taux sans risque de maturité  $t$ , la marge pour risque se calcule à l'aide de la formule 1.5.

$$RM = CoC \left( \sum_{t \geq 0} \frac{SCR(t)}{(1 + R(0, t + 1))^{t+1}} \right). \quad (1.5)$$

La **Present Value of Future Profits** (PVFP) est la valeur actuelle probable des profits futurs, après taxation, générés par les contrats en portefeuille (*covered business*) et les actifs en représentation. Les résultats par années sont la somme des primes, des produits financiers, des prestations, de la PB, des

frais récurrents et des impôts.

La **VIF** correspond à la valeur de l'activité d'assurance ou *In Force*. Elle se rapporte en faisant la valeur actuelle probable des résultats futurs disponibles pour les actionnaires de l'entreprise en tenant compte de la marge pour risque. La VIF se calcule comme la différence entre la PVFP et le coût d'immobilisation du capital requis.



# Chapitre 2

## Présentation des modèles

Les déterminants économiques de l'épargne seront détaillés avant de présenter la méthode permettant de modéliser la collecte nette en assurance vie. Le modèle épargne sera ensuite expliqué.

### 2.1 Les déterminants économiques de l'épargne

Il est intéressant de se pencher sur la manière dont les consommateurs prennent la décision d'acheter moins dans le présent et d'épargner pour acheter plus dans le futur. Il s'agit de se questionner aussi sur le lien entre l'inflation et les décisions des agents.

L'épargne est fortement liée à la consommation. La consommation pour un agent se caractérise par la maximisation de sa propre satisfaction des biens tout en respectant les contraintes qui pèsent sur lui, notamment ses ressources disponibles qui sont rarement illimitées. En comptabilité nationale, l'INSEE définit l'épargne des ménages comme le solde du compte d'utilisation du revenu disponible ou du compte d'utilisation du revenu disponible ajusté<sup>†</sup>. Le taux d'épargne est défini comme le pourcentage du revenu qui n'est pas consommé, c'est-à-dire le pourcentage d'argent mis de côté. L'épargne des ménages peut prendre différentes formes qui répondront à différents déterminants. L'épargne financière se distingue de l'épargne non financière. L'épargne non financière correspond principalement aux investissements immobiliers tandis que l'épargne financière rassemble les placements financiers sur des livrets bancaires ou des comptes d'assurance vie et l'épargne monétaire avec la thésaurisation qui consiste à conserver son argent en dehors du circuit économique. La fiscalité peut également modifier la structure de l'épargne en modifiant notamment les arbitrages entre épargne financière et non financière ou entre les différents produits d'épargne au sein de chacune de ces catégories.

Soient  $R$  le revenu et  $C$  la consommation. La formule du taux d'épargne est défini avec l'équation 2.1.

$$\text{Taux d'épargne} = \frac{R - C}{R}. \quad (2.1)$$

Un taux d'épargne de 0 signifie que le ménage consomme la totalité de ses revenus. En revanche, un taux d'épargne de 1 indique que les ménages épargnent la totalité de leurs revenus. Ainsi, en s'en

---

<sup>†</sup>Selon l'INSEE, le revenu disponible ajusté est le "revenu disponible augmenté des transferts sociaux en nature (remboursement de frais de santé par la Sécurité sociale, allocations logement, etc.), contrepartie des consommations individualisables incluses dans les dépenses des administrations publiques et des institutions sans but lucratif au service des ménages".

tenant à cette première formule, le taux d'épargne est une expression qui dépend de deux variables : la consommation et le revenu. Néanmoins, plusieurs paramètres peuvent aussi l'impacter comme l'inflation, le niveau des taux d'intérêts et du déficit public. Ce dernier peut produire un comportement ricardien : par crainte d'une hausse d'impôt, les ménages épargnent davantage pour réduire les déficits. La démographie joue aussi car les plus âgés peuvent être moins enclins à épargner.

### 2.1.1 L'épargne et les taux

Si la **théorie classique** de la détermination de l'offre d'épargne est détaillée en premier lieu, une des composantes principale du taux d'épargne est le taux d'intérêt. Les économistes classiques pensent que l'épargne n'est qu'une consommation future en épargnant pendant un temps pour mieux consommer ensuite. Pour ces derniers, il existe un marché où l'épargne et l'investissement se trouvent confrontés et où un équilibre s'établit en fonction du niveau des taux d'intérêt. De ce fait, l'épargne génère l'investissement qui est à l'origine d'un accroissement de la production donc de la croissance. La théorie classique se fonde principalement sur la notion de « préférence pour le présent ». Pour expliquer ce concept, quelques notions microéconomiques vont être détaillées.

L'utilité d'un bien est une mesure de satisfaction à la consommation de ce bien. L'utilité marginale d'un bien ou d'un service est le profit qu'un agent reçoit en consommant une unité de plus de ce bien ou ce service. Selon l'hypothèse classique, l'utilité marginale finit toujours par décroître. Par conséquent, l'utilité supplémentaire d'augmenter l'unité de bien diminue à zéro. Lorsque l'utilité vaut zéro, le point de satiété est atteint. C'est la première loi de Gossen qui est purement empirique et qui ne repose que sur le bon sens.

Une fonction d'utilité permet de quantifier l'utilité qu'un ménage obtient en consommant un bien à deux périodes différentes. Cette fonction dépend des consommations  $c_1$  à la date  $t_1$  et  $c_2$  à la date  $t_2$  et  $\beta$  d'un facteur de préférence pour le présent.

$$U(c_1, c_2) = u(c_1) + \beta u(c_2). \quad (2.2)$$

Si le ménage a un taux de préférence pour le présent de 0, alors le ménage n'obtiendra aucune utilité de ses consommations  $t_2$  quel-qu'en soit leur nombre. Ainsi, il préfère consommer tout à  $t_1$ , autrement dit l'épargne de ce ménage est de 0.

Soit  $S$  le montant de ressources réalloué par le marché où  $S > 0$  constitue de l'épargne et  $S < 0$  de l'emprunt. Pour simplifier, soient une économie avec deux pas de temps  $t_1$  et  $t_2$  et l'existence d'un marché financier intermédié, parfait et complet et  $\phi$  le taux d'intérêt réel. Un marché financier dit parfait et complet est un marché financier permettant une allocation optimale des ressources. Les contraintes budgétaires temporelles en  $t_1$  et  $t_2$  s'écrivent avec la relation 2.3 où  $p_1$  le prix du bien en  $t_1$ , et  $p_2$  le prix en  $t_2$ .

$$\begin{cases} \text{En } t_1 : & R_1 = p_1 C_1 + S, \\ \text{En } t_2 : & R_2 + (1 + \phi)S = p_2 C_2. \end{cases} \quad (2.3)$$

L'utilité doit être maximisée pour déterminer le montant optimal dédié à la consommation, l'épargne optimale s'en déduisant naturellement. La relation qui égalise les consommations actualisées au taux d'intérêt réel court de l'agent avec la richesse physique actualisée est appelée contrainte budgétaire physique ou consolidée. Le revenu actualisé en  $t_1$  s'écrit  $R_1 + \frac{R_2}{1+\phi}$ . Soient  $DBI$  la droite budgétaire intertemporelle,  $C_1$  la quantité consommée du bien en  $t_1$ ,  $C_2$  la quantité consommée du bien en  $t_2$ ,  $p_1$  le prix du bien en  $t_1$ ,  $p_2$  le prix du bien en  $t_2$ ,  $R_1$  le revenu en  $t_1$ ,  $R_2$  le revenu en  $t_2$ ,  $\phi$  le taux d'intérêt. Le programme de l'agent s'énonce avec l'équation 2.4.

$$\begin{cases} \max & U(C_1, C_2) \\ \text{sc} & (DBI) : C_1 + \frac{C_2}{1+\phi} = \frac{R_1}{p_1} + \frac{R_2}{p_2(1+\phi)}. \end{cases} \quad (2.4)$$

Montrons que  $S = R_1 - p_1 \times A^{-1} \left( \frac{R_1}{p_1} + \frac{R_2}{p_2(1+\phi)} \right)$  en s'appuyant de la démonstration de BIEN et MÉRITET (2016).

$U(C_1, C_2)$  établit une relation entre les consommations intertemporelles, notée  $f(\cdot)$  définie par  $C_2 = f(C_1)$ . Cette équation définit la structure optimale des demandes. Elle dépend des préférences temporelles du consommateur et du taux d'intérêt réel. En incorporant cette expression dans la droite de budget consolidé, la fonction de demande intertemporelle à la date  $t_2$  s'écrit

$$C_1 + \frac{f(C_1)}{1+\phi} = \frac{R_1}{p_1} + \frac{R_2}{p_2(1+\phi)}. \quad (2.5)$$

Soit  $A(C_1) = C_1 + \frac{f(C_1)}{1+\phi}$ , la résolution de  $A(C_1) = \frac{R_1}{p_1} + \frac{R_2}{p_2(1+\phi)}$  donne la fonction de demande intertemporelle du bien à la date  $t_1$ .

$$C_1 = A^{-1} \left( \frac{R_1}{p_1} + \frac{R_2}{p_2(1+\phi)} \right). \quad (2.6)$$

S, le montant de ressources réalloué vaut alors  $R_1 - p_1 \times A^{-1} \left( \frac{R_1}{p_1} + \frac{R_2}{p_2(1+\phi)} \right)$ . Ce modèle économique donne une place prépondérante au taux d'intérêt réel.

La situation actuelle va être appliquée à ce modèle. Par décision prise le 21 juillet 2022, la Banque centrale européenne (BCE) relève ses trois taux directeurs de 50 points de base une première fois puis le 8 septembre 2022 de 75 points de base, une première dans l'histoire de l'euro. Il faut considérer que le taux d'intérêt en  $t_2$  est plus élevé qu'en  $t_1$  afin de contrôler l'inflation. Selon le raisonnement de ce concept simplifié, comme le taux d'intérêt a subi un choc positif, la préférence pour le présent de l'individu a évolué. Il préférera consommer plus en  $t_2$  puisque le pouvoir d'achat de l'agent va augmenter en  $t_2$  du fait de la hausse des taux. Il consommera donc moins en  $t_1$  qu'en  $t_2$ .

Le graphique 2.1 présente l'équilibre de consommation pour deux périodes. L'équilibre est atteint lorsque la courbe d'indifférence (CI) est tangente à la droite budgétaire consolidée. L'équilibre en  $t_1$ ,  $E^*$ , définit l'autarcie financière, c'est-à-dire que l'individu n'emprunte pas et n'épargne pas. En  $t_2$ , le taux d'intérêt augmente. Graphiquement, la courbe d'utilité ou courbe d'indifférence,  $CI^{t_1}$ , se translate vers le haut. Le second équilibre suite au choc est noté  $E^{**}$ .

L'individu, au vu du faible taux d'intérêt en  $t_1$  par rapport à  $t_2$ , préfère consommer moins en  $t_1$  et donc augmenter sa consommation de bien,  $C_2^{t_2}$ . Cela se traduit par un emprunt de la part de l'agent pour maximiser son utilité sous hypothèse que la DBI reste constante. En  $t_1$ , l'agent va épargner puisqu'il va moins consommer et en  $t_2$ , il va emprunter pour maximiser son utilité afin de pouvoir consommer. Selon ce modèle, un choc positif du taux d'intérêt aurait un impact négatif sur l'épargne. Néanmoins, la période Covid pendant laquelle les taux de la Banque Centrale du Canada ont chuté de 1,75% à 0,25% en 9 mois, il s'est avéré que le taux d'épargne des ménages a bondi de 22 points de pourcentage passant de 6,10% à 28,2% au deuxième trimestre 2020. L'application ne peut pas se faire avec les chiffres de France car la situation de hausse des taux ne s'est pas produit. Il faut ajouter qu'il était plus difficile de consommer en période du Covid et que la situation incertaine pourrait expliquer la hausse de l'épargne par précaution. Les taux d'intérêts ne sont donc pas les seuls déterminants dans les comportements des épargnants.

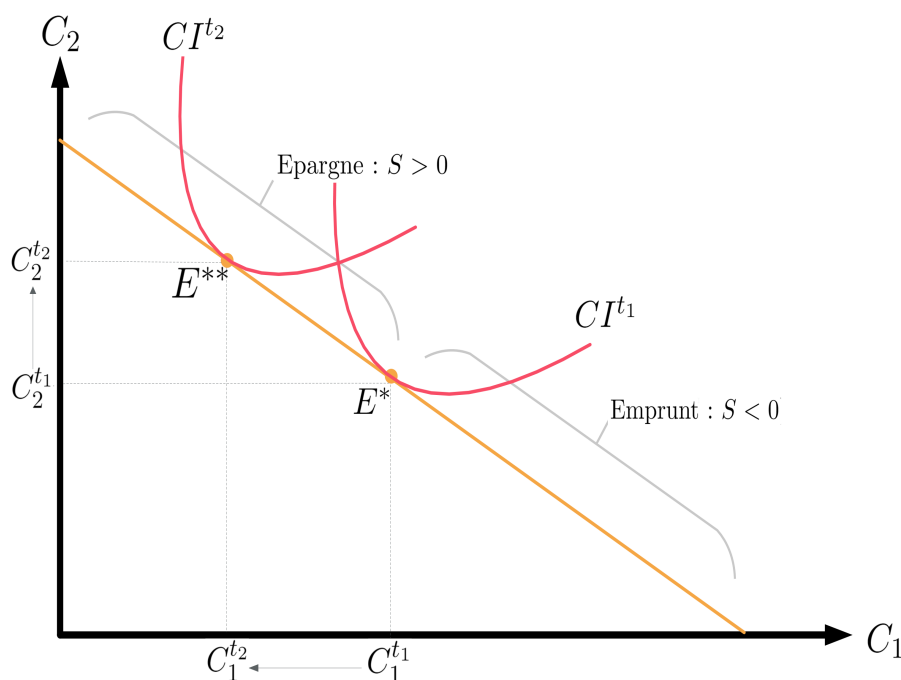


FIGURE 2.1 : Equilibre de consommation suite à une hausse de taux

La théorie économique suggère l'existence d'un taux d'intérêt d'équilibre qui coïncide épargne et investissement au plein-emploi des ressources. L'économiste suédois **Wicksell (1898)** évoque dans son livre pour la première fois un taux d'intérêt d'équilibre à long terme, également appelé taux d'intérêt naturel, taux d'intérêt neutre. C'est le taux d'intérêt réel, non observable, qui assure l'équilibre entre l'offre qui est l'épargne et la demande représentée par l'investissement au plein emploi des ressources. Afin de ramener l'économie à son potentiel, les banques centrales essayent de coïncider les taux effectifs avec ce taux théorique qui assure la stabilité des prix. Le plus souvent, les taux observés sur les marchés s'écartent du taux naturel. Lorsque le taux naturel dépasse le taux monétaire des banques, l'économie se trouve en phase d'expansion avec un fort investissement qui engendre un besoin d'épargne. Si le taux naturel est inférieur au taux de marché, l'accumulation du capital ralentit et les pressions déflationnistes apparaissent. C'est l'investissement qui est à l'origine de l'épargne.

Par opposition aux économistes classiques, **John Maynard Keynes** considère que l'ajustement entre l'épargne et l'investissement ne s'établit pas par la variation du taux d'intérêt sur un marché financier, mais qu'il s'opère par la variation de la production et de l'emploi. Dans la théorie keynésienne, l'épargne est principalement la résultante du résidu de la consommation. Cette dernière dépend du revenu réel plutôt que du revenu nominal, contrairement aux économistes classiques. Le revenu réel des ménages est défini comme le revenu nominal disponible brut ajusté divisé par le déflateur de la dépense de consommation finale des ménages. John Maynard Keynes met en avant l'existence d'une loi psychologique en 1936 selon laquelle « en moyenne et la plupart du temps, les hommes tendent à accroître leur consommation à mesure que leur revenu croît mais non d'une quantité aussi grande que l'accroissement du revenu ». Keynes voyait juste en 1936 puisque cette loi est toujours observée actuellement.

La propension à consommer désigne la capacité à consommer et permet d'évaluer le comportement des agents. La propension marginale à consommer est le rapport de la variation de la consommation avec une variation du revenu. Soient  $PMC$  la propension marginale à consommer,  $\partial C/\partial R$  le rapport



entre la variation de la consommation et la variation du revenu. Mathématiquement, la propension marginale à consommer s'écrit

$$PMC = \frac{\partial C}{\partial R}. \quad (2.7)$$

En d'autres termes et selon Keynes, la propension marginale à consommer des individus est positive mais inférieure à l'unité.

La fonction de consommation keynésienne se décompose en deux éléments. Il y a la consommation incompressible comprenant les biens de première nécessité pour lesquelles le ménage ne peut se soustraire à consommer sans mettre sa vie en péril. La demande de ces biens est très peu sensible à une variation du revenu ou des prix, qui est caractérisée par une élasticité-prix nulle. L'autre partie découle de la propension marginale à consommer des individus qui dépend du revenu selon la loi psychologique fondamentale. Notons  $S$  l'épargne,  $C_0$  la consommation incompressible,  $PMC$  la propension marginale à consommer,  $R$  le revenu. La fonction d'épargne keynésienne s'écrit

$$S = R - PMC \times R - C_0. \quad (2.8)$$

Si le revenu baisse mais que la  $PMC$  reste constante alors la consommation augmente, ce qui entraîne une baisse du taux d'épargne. L'épargne de précaution est l'argent mis de côté en vue de se protéger de futurs coups durs. Les ménages essaient d'anticiper la future situation économique. Si leurs prévisions ne sont pas bonnes comme par exemple lors d'une crise économique, les ménages auront moins confiance dans l'avenir et épargneront plus afin de mieux supporter les coups durs à venir. Dans ce cas-là, une baisse de la propension marginale à consommer a lieu et le taux d'épargne augmente. C'était le cas pendant la période du Covid.

Une étude menée au Pakistan sur les différences de comportements entre les ménages urbains et ruraux SAQIB et al. (2016) confirme que le revenu est le principal déterminant de l'épargne. Les auteurs expriment l'épargne d'un ménage en fonction du revenu mensuel du ménage, du nombre d'année d'éducation, de l'âge du chef de famille, si le chef du ménage est un travailleur indépendant et du statut marital du ménage. L'épargne est différenciée selon la localisation de l'habitation. Les conclusions de cette étude comparent l'épargne en milieu rural et urbain avec la différence de revenu qui en découle. Les résultats montrent que lorsque le revenu augmente, l'épargne du ménage augmente également. Autrement dit, lorsque les ménages ont plus de revenus, ils auront plus d'argent à épargner, ce qui rejoint la théorie de Keynes. De plus, il y a une forte corrélation positive entre l'âge des ménages et la quantité à épargner.

### 2.1.2 L'épargne et l'inflation

Le lien entre l'inflation et l'épargne est le pouvoir d'achat des individus. En effet, l'inflation réduit le pouvoir d'achat des ménages. Il a été vu précédemment que si le pouvoir d'achat baissait, le taux d'épargne devrait augmenter selon Keynes. Il est question de voir si c'est vérifié.

Un article de L'HARDY et al. (1975) étudie la relation entre l'inflation et l'épargne à court terme. Pour l'auteur, les ménages se trouvent dans une situation ambiguë en période d'inflation : ils consomment et épargnent. Il est donc difficile de déterminer comment l'inflation affecte les décisions des ménages. En période d'augmentation générale des prix, les ménages sont confrontés à deux options. La première option qui s'offre à eux est la consommation qui est appelée fuite devant la monnaie. Les ménages qui optent pour ce choix pensent que consommer le plus rapidement permettrait de dépenser la monnaie

avant qu'elle ne se déprécie trop et ne perde de pouvoir d'achat. L'autre action consiste à accroître leur taux d'épargne, ce qui peut sembler contre-intuitif. Pour l'auteur, le taux d'épargne augmente avec une hausse des revenus. Pour les ménages à revenus élevés, il semble difficile d'épuiser complètement leurs ressources. Néanmoins, l'inflation ne fait pas augmenter les salaires dès les premiers mois de forte inflation : il faut attendre de voir si la situation perdure pour ensuite agir sur les revenus. Si l'inflation a un effet sur les salaires, alors le taux d'épargne augmente. Si l'écho ne se propage pas sur les revenus, le pouvoir d'achat des ménages baisse et le taux d'épargne risque de ne pas évoluer. Cela va à l'encontre du discours de Keynes.

L'épargne considérée dans cet article est l'épargne nette qui correspond à l'épargne des ménages après déduction de leur endettement pendant l'année. La notion d'épargne considère les investissements immobiliers et l'épargne financière. L'épargne va être comparée à l'évolution du revenu qui se mesure avec le revenu réel. Le revenu réel est le revenu qui tient compte de l'inflation. Il existe plusieurs moyens de le calculer. Dans cette étude, il se calcule comme le rapport entre  $R$ , le revenu et  $P$ , l'indice des prix qui est similaire ici à l'inflation. Le revenu réel est aussi appelé le pouvoir d'achat du revenu. Les variations du revenu réel sont décrites par la formule 2.9.

$$\frac{\Delta\left(\frac{R}{P}\right)}{\frac{R}{P}}. \quad (2.9)$$

Ces variations sont appelées accroissement relatif du pouvoir d'achat du revenu d'une année à l'autre.

L'auteur constate que le facteur explicatif le plus pertinent pour expliquer les fluctuations de l'épargne est les variations du revenu réel. Les évolutions du taux d'épargne et de l'accroissement de revenu réel sont très proches : le taux d'épargne peut s'exprimer de manière linéaire à partir de l'accroissement relatif du revenu réel. L'accroissement de l'indice général des prix ainsi que l'accroissement du revenu nominal ne sont pas significatifs avec un horizon temporel d'un an. Néanmoins, l'influence du niveau des prix et donc de l'inflation joue indirectement avec la variable revenu réel.

La composante qui serait potentiellement responsable des fluctuations du taux d'épargne serait l'épargne financière plutôt que l'investissement immobilier du fait de ses phases alternatives de croissance et de décroissance. L'ébauche d'une explication serait l'idée d'encaisser pour consommer. L'auteur estime que les ménages se soucient plus de disposer de la liquidité de leur épargne plutôt que d'obtenir des rendements performants. Cela permettrait aux ménages de consommer tout en préservant la valeur réelle de la monnaie. Il faut noter que cet article date de 1975 et que cette hypothèse n'est peut être pas d'actualité aujourd'hui. L'auteur émet l'hypothèse que ce besoin de liquidité expliquerait le comportement paradoxal des ménages durant les périodes de crise.

### 2.1.3 L'épargne et l'assurance vie

L'épargne constitue un équilibre dans l'économie puisque s'il n'y a pas d'épargne, il n'y a plus d'investissement sans dette, et la croissance future est alors pénalisée. Inversement, s'il y a trop d'épargne, la consommation est affaiblie, et les incitations à investir peuvent aussi en pâtir. Entre ces deux situations, il faut donc trouver le taux d'épargne qui maximise la croissance moyenne de la consommation, sur le présent mais aussi le futur. L'épargne se caractérise par de nombreux déterminants et il est évident qu'il existe des déterminants bien plus complexes et difficiles à traduire mathématiquement que ceux présentés dans cette étude.

Concernant le domaine de l'épargne en assurance vie en France, certaines études ont été réalisées. Le papier de LEGROS (1989) s'intéresse au rendement défiscalisé du produit d'assurance vie afin de savoir

si la demande d'assurance vie est la même que celle d'un produit financier. L'allocation optimale de l'épargne des ménages se trouve en maximisant le rendement de leur portefeuille. Au vu des résultats du modèle, la demande en assurance vie serait motivée par la fiscalité des produits, par le revenu disponible des ménages et par le taux d'inflation. Il y aurait une déconnexion entre rendement et avantage fiscal dans la prise de décision des ménages : la réduction ou déduction d'impôt motiverait les ménages pour les produits d'assurance vie. Le statut de l'assurance vie comme placement financier est peu contestable. Le taux de chargement ainsi que le rendement net de l'avantage fiscal qui correspond à la différence entre celui-ci et le rendement obligataire ne sont pas significatifs.

## 2.2 Modélisation de la collecte nette de l'assurance vie

Maintenant que les déterminants de l'épargne et de la collecte en assurance vie ont été présentés, il s'agit de construire un modèle pour prédire l'évolution de la collecte en assurance vie à l'aide des séries temporelles. L'étude des déterminants de l'épargne a permis de choisir les variables à partir desquelles la prédiction de la collecte va être réalisée.

Avant d'avoir recours aux séries temporelles pour projeter la collecte nette d'assurance vie, il a été question de trouver un modèle macro-économique modélisant l'épargne ou la consommation en fonction de différents paramètres notamment l'inflation et les taux.

De nombreuses recherches ont été réalisées sur le modèle MESANGE afin de l'utiliser. Ce modèle macroéconométrique trimestriel de l'économie française est utile pour représenter et projeter les comportements des agents économiques dans leur consommation, investissement, en fonction de différents chocs comme la hausse des prix, la hausse du pétrole. Il aurait été intéressant de l'utiliser pour projeter la consommation et l'investissement des ménages, il aurait été aisé d'en déduire l'épargne selon des chocs sur la hausse des prix. Mésange se caractérise par une dynamique keynésienne à court terme et un équilibre de long terme déterminé par des facteurs d'offre. Le modèle est composé de deux types d'équations :

- Les équations comptables ;
- Les équations de comportement dont les équations économétriques.

Ce modèle prend en entrée les données des "Comptes trimestriels (base 2014) - Évolution du Produit intérieur brut total - Volume aux prix de l'année précédente chaînés - Série CVS-CJO" de l'INSEE. Ce modèle dont le code est en libre-service est implémenté sur un logiciel économétrique TROLL qui nécessite une licence pour pouvoir l'utiliser. C'est pourquoi cette méthode n'a pas pu être retenue.

### 2.2.1 Présentation globale de la méthode

La collecte nette en assurance vie en France est modélisée afin de pouvoir mesurer l'impact des chocs de l'inflation et des taux sur la collecte. Un modèle auto-régressif (VAR) est retenu avec 7 variables. Comme vu précédemment, l'épargne étant fortement liée au revenu disponible des ménages français ainsi que la consommation, il semble intéressant de retenir cette variable macroéconomique. Selon une étude de l'ACPR (2021), l'évolution de la part UC en Assurance vie et l'évolution du CAC 40 suivent la même tendance à l'exception de la période du Covid. L'indice IPC ainsi que les taux d'intérêt réels font naturellement partie des 7 variables. La collecte nette d'épargne bancaire a semblé importante

d'être retenue puisque dans un schéma simple, les épargnants français partagent leur épargne entre l'assurance vie et l'épargne à court terme.

Les variables explicatives retenues sont la consommation des ménages, le revenu disponible des ménages, le taux d'intérêt, l'indice IPC pour mesurer l'inflation, l'indice du CAC 40 et la collecte d'épargne bancaire. La fiscalité étant difficile à modéliser et à quantifier, cette variable n'est pas prise en compte comme le préconise LEGROS (1989).

Les paramètres d'un modèle auto-régressif sont estimés par la méthode du maximum de vraisemblance. Pour pouvoir faire une régression standard des Moindres Carrés Ordinaires (MCO), une condition pour ne pas avoir de régression fallacieuse ou illusoire, est de travailler avec des variables stationnaires,  $I(0)$ . Si ce n'est pas le cas, la régression sera alors caractérisée par un  $R^2$  et des  $t$  de Student très élevés alors que les variables n'ont aucun lien entre elles. Une solution est d'estimer le modèle VAR par MCO avec les variables non stationnaires ( $I(d)$ , où  $d > 0$  est l'ordre d'intégration de la variable) transformées en variables stationnaires en différence première. La régression est faite avec  $\Delta X_t = X_t - X_{t-1}$  qui devient  $I(d-1)$ . Cependant, d'un point de vue économique, il est fréquent de vouloir travailler avec des variables en niveau plutôt qu'en différence première. Grâce à la cointégration, il existe des relations qui peuvent rendre ces variables stationnaires sans prendre leur différence première. La notion de cointégration va alors servir à passer d'un modèle VAR avec des variables en niveau à un modèle vectoriel à correction d'erreur (VECM) avec des variables en différence première. De plus, un VECM a la propriété de déterminer des relations de long et de court terme entre les variables. La figure 2.2 permet de visualiser l'utilité de la cointégration.

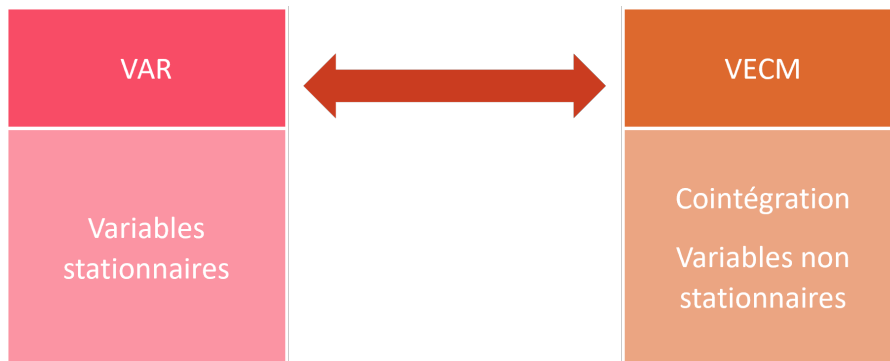


FIGURE 2.2 : Passage d'un modèle VAR en un modèle VECM

S'il existe une combinaison linéaire des séries intégrées d'ordre  $d - 1$ , alors il est possible d'estimer une régression pertinente et statistiquement viable. La cointégration entre deux variables a été conceptualisée par Engle et Granger (1987) et par Johansen (1991) pour tester l'existence de  $(n - 1)$  relations de cointégration entre  $n$  variables ( $n > 2$ ). L'idée sous-jacente de la cointégration est la suivante : à court terme, les variables retenues peuvent avoir une évolution divergente (elles sont non stationnaires) mais elles vont évoluer ensemble à long terme. Il existe alors une relation stable et stationnaire à long terme entre les variables non stationnaires. La relation de long terme ou relation de cointégration est donnée par  $Y_t = \theta X_t + b$ , dans le cas de deux variables.

**Definition 1 Cointégration** Si deux variables,  $X_t$  et  $Y_t$ , sont intégrées d'ordre 1,  $(X_t, Y_t) \sim I(1)$ , et une combinaison linéaire de ces variables est stationnaire (ou intégrée d'ordre zéro), i.e.  $X_t - \theta Y_t$  est  $I(0)$ ,  $X_t$  et  $Y_t$  sont cointégrées d'ordre  $(1,1)$ ,  $(X_t, Y_t) \sim I(1,1)$ .

Comme le soulignent GOURIÉROUX et MONFORT (1995) pour le modèle VECM, il ne s'agit pas d'un

autre modèle mais seulement d'une représentation alternative d'un VAR plus commode pour l'interprétation et l'estimation. Le modèle VAR(p) peut être réécrit sous la forme d'un modèle vectoriel à correction d'erreur en intégrant un terme de correction de l'erreur retardé afin de prendre en compte la cointégration des variables.

Soit le vecteur  $X_t$  contenant les 7 variables intégrées d'ordre 1, condition vérifiée au préalable. Soient  $B_1$  la modélisation de la constante,  $B_2$  de la tendance,  $\epsilon_t$  un bruit blanc et les matrices  $A_i$  de taille  $(N,N)$  et  $X_{t-i}$  de taille  $(N,1)$ , avec  $i = 1, \dots, t - p$ .

La représentation VAR(p) de  $X_t$  avec une constante et une tendance est de la forme 2.10.

$$X_t = B_1 + B_2 t + A_1 X_{t-1} + \dots + A_p X_{t-p} + \epsilon_t. \quad (2.10)$$

Soient  $\Pi X_{t-1}$  appelé le terme à correction d'erreur,  $\Pi = \zeta \phi'$  tel que  $\text{rang}(\Pi) = r$  avec  $\zeta$  une matrice de taille  $(N,r)$  avec  $0 < r < N$  et  $\phi$  de taille  $(r,N)$  et  $\Delta X_t = X_t - X_{t-1}$ . Le modèle VECM associé s'écrit alors de la manière 2.11.

$$\Delta X_t = \beta_1 + \beta_2 t + \alpha_1 \Delta X_{t-1} + \dots + \alpha_{p-1} \Delta X_{t-p+1} + \Pi X_{t-1} + \epsilon_t. \quad (2.11)$$

Les équivalences entre un modèle VAR et VECM sont alors  $\alpha_i = - \sum_{j=i+1}^p A_j$  avec  $i = 1, \dots, k - 1$  et  $\Pi = A_1 + \dots + A_p - I$ .

A noter que  $\zeta$  modélise la vitesse à laquelle les écarts à l'équilibre de long terme sont rétablis et que  $\phi'$  comprend les  $r$  relations de cointégration qui modélisent les relations de long terme entre les éléments de  $X_t$ . Il faut que  $\text{Rg}(\Pi) = \text{Rg}(\zeta \phi') = r$  pour qu'il existe une relation de cointégration et donc pouvoir utiliser un modèle VECM. Autrement dit,  $\Pi$  et  $\phi'$  doivent avoir  $r$  valeurs propres non nulles.

La méthode utilisée pour prédire la collecte nette en assurance vie à l'aide de VECM suit l'architecture suivante :

- la première étape consiste à tester la **stationnarité** des 7 séries temporelles, notamment avec le test de Dickey-Fuller ;
- la deuxième étape détermine le **nombre de retards p** du modèle VAR(p) avec les variables en niveau ;
- la troisième étape est composée de l'identification du **nombre de relations de cointégration** avec le test de Johansen ;
- la quatrième étape permet d'identifier les **relations de cointégration** qui permettent de déterminer les causalités de long terme ;
- la cinquième étape donne lieu à l'**estimation des coefficients de la relation de court terme** avec le modèle VECM ; la dernière étape permet de prédire les 7 variables et plus particulièrement la collecte en assurance vie.

### 2.2.2 Tests de racine unitaire

Pour pouvoir utiliser un modèle VECM, une condition nécessaire est la non-stationnarité des séries prises individuellement. Le test de racine unitaire de Dickey-Fuller augmenté permet de connaître la stationnarité des séries. Soit une série temporelle  $(x_t)$  qui s'écrit comme un processus autorégressif

d'ordre  $p$ , avec  $p$  le nombre de retards à déterminer pour que les résidus ne soient plus corrélés. Le test de Dickey-Fuller augmenté est utilisé pour prendre en compte les résidus qui sont corrélés, contrairement au test de Dickey-Fuller simple. Afin de diminuer la corrélation des résidus, des valeurs décalées de la regressande sont ajoutées à la régression classique de Dickey-Fuller.

Pour rappel, la forme d'un modèle autorégressif univarié d'ordre  $p$  avec constante et tendance s'écrit avec la relation 2.12.

$$x_t = b_1 + b_2 t + \sum_{i=2}^p a_i x_{t-i+1} + \epsilon_t. \quad (2.12)$$

Soient  $x_t$  est une série temporelle univariée,  $\beta_1$  une constante d'interception appelée dérive ou *drift*,  $\beta_2$  le coefficient de tendance temporelle,  $\gamma$  le coefficient présentant la racine du modèle, c'est-à-dire l'objet du test,  $p$  le nombre de retards à trouver pour que les résidus ne soient plus corrélés et  $\epsilon_t$  un bruit blanc. Le test de Dickey-Fuller est une régression pour estimer par les moindres carrés des modèles de la forme générale 2.13.

$$\Delta x_t = \beta_1 + \beta_2 t + \gamma x_{t-1} + \sum_{i=2}^p \alpha_i \Delta x_{t-i+1} + \epsilon_t. \quad (2.13)$$

L'objectif du test est de déterminer si le coefficient  $\gamma$  est égal à 0, ce qui signifierait que le processus d'origine,  $x_t$ , a une racine unitaire.

Pour le modèle avec constante et tendance, plusieurs tests sont effectués pour connaître la présence d'une racine unitaire, d'une constante et d'une tendance. L'hypothèse nulle du premier test statistique est  $H_0 : \gamma = 0$ .  $\gamma = 0$  indique la présence d'une racine unitaire et donc la non-stationnarité de la série. L'hypothèse nulle du deuxième test est  $H_0 : \gamma = 0$  et  $\beta_1 = 0$ . Si  $H_0$  n'est pas rejetée, alors il y a présence d'une racine unitaire et d'une constante. L'hypothèse nulle du troisième test est  $H_0 : \gamma = 0$  et  $\beta_1 = 0$  et  $\beta_2 = 0$ . Et en cas de non-rejet, il existe une racine unitaire, une constante et une tendance.

Pour estimer les coefficients de la régression, la statistique T de Student modifiée (connue sous le nom de statistique de Dickey-Fuller) est calculée et comparée à la valeur critique pertinente : si la statistique de test est inférieure à la valeur critique qui dépend de la taille de l'échantillon, alors l'hypothèse nulle est rejetée.

### 2.2.3 Cointégration et modèle à correction d'erreur

Le modèle retenu pour modéliser l'évolution de la collecte en assurance vie en fonction des 6 autres séries macroéconomiques est un processus autorégressif d'ordre  $p$  inconnu avec une tendance et une constante, pour les raisons évoquées dans la partie ci-dessus.

Un processus autorégressif d'ordre  $p$  s'écrit avec la relation 2.14.

$$X_t = B_1 + B_2 t + A_1 X_{t-1} + \dots + A_p X_{t-p} + \epsilon_t. \quad (2.14)$$

La représentation équivalente avec un terme à correction d'erreur est de la forme 2.15.

$$\Delta X_t = \beta_1 + \beta_2 t + \alpha_1 \Delta X_{t-1} + \dots + \alpha_{p-1} \Delta X_{t-p+1} + \Pi X_{t-1} + \epsilon_t. \quad (2.15)$$

Les paramètres d'un modèle autorégressif vectoriel d'ordre  $p$  de l'équation 2.10 mis sous la forme d'un modèle à correction d'erreur comme l'équation 2.11 sont estimés par le maximum de vraisemblance.

Avant d'estimer les coefficients du VECM, il s'agit de connaître le rang de cointégration de Johansen et donc de déterminer le rang de  $\Pi$ . Le test de Johansen vérifie la situation de non cointégration, qui se produit lorsque la matrice  $\Pi = 0$ . Pour ce faire, une décomposition en valeurs propres de  $\Pi$  est mise en oeuvre. Le rang de la matrice  $\Pi$  est donné par  $r$  et le test de Johansen teste séquentiellement si ce rang  $r$  est égal à zéro, égal à un, jusqu'à  $r = N - 1 = 6$ . L'hypothèse nulle de  $r = 0$  signifie qu'il n'y a pas de cointégration du tout. Un rang  $r > 0$  implique une relation de cointégration entre deux ou éventuellement plusieurs séries chronologiques. Une fois ce test effectué, les coefficients du VECM de la relation de court terme peuvent être estimés.

Utiliser un modèle vectoriel à correction d'erreur nécessite de nombreuses étapes préliminaires pour valider les conditions nécessaires. Une fois les estimations faites, la partie la plus intéressante est de prédire les 7 séries. L'application de la méthode ainsi que les prédictions sont présentées dans le chapitre 3.

## 2.3 Simulation de l'inflation, des taux, des actions et de l'immobilier avec des GSE

En modélisant la collecte nette en assurance vie, il va être possible d'essayer de comprendre le comportement des assurés en fonction de la nature des chocs de l'inflation et des taux dans le chapitre 3. Il s'agit maintenant de présenter les modèles permettant de projeter l'inflation, les taux, les actions et l'immobilier à l'aide des GSE. Ces projections seront utiles dans l'outil épargne.

### 2.3.1 Présentation d'un GSE

Un scénario économique est une projection de grandeurs économiques et financières telles que par exemple les taux d'intérêts, le prix des actions. Il a vocation à produire des simulations de marché financier et de variables économiques sur un certain horizon souhaité. Les évolutions dans le temps de ces grandeurs économiques sont générées via des modèles qui leur sont spécifiques. Un générateur de scénarios économiques (GSE) est l'outil rassemblant ces modèles de projection. Les GSE ne prédisent pas l'évolution future d'un actif, mais fournissent un champ des possibles dans le futur.

Les GSE répondent à deux objectifs :

- la gestion des risques avec les investissements et la gestion Actif-Passif ;
- l'évaluation risque-neutre *market-consistent* des produits dérivés et des contrats d'assurance qui présentent des options.

Les GSE aident au pilotage technique d'un organisme assureur, notamment pour la projection de bilans et la gestion Actif-Passif. Les résultats d'un outil de gestion Actif-Passif dépendent de la qualité du GSE. Les prix des options et des garanties des polices d'assurance ne sont pas observables sur des marchés liquides et transparents. Le calcul de la valeur économique des contrats d'épargne est réalisé en *mark-to-model*, i.e. les prix sont déterminés par les modèles et non par les cours de marché. Sous Solvabilité 2 et IFRS 17, les assureurs et les réassureurs sont tenus d'évaluer leurs engagements selon la notion de meilleure estimation, c'est-à-dire comme la valeur actuelle des flux futurs (article R.351-2 du code des assurances), en cohérence avec le marché. En assurance vie, les méthodes par simulation fournissent un calcul plus approprié de la meilleure estimation pour les contrats dépendant de rendements d'investissements. L'objectif est la production d'une valeur du passif compatible avec

des prix et des risques observables sur le marché. En Solvabilité 2, une notion de prudence est à prendre en compte concernant les provisions avec la marge pour risque : il faut l'ajouter au *Best Estimate* pour les égaliser avec les provisions. La prudence est principalement prise en compte grâce à l'univers risque-neutre qui ne tient pas compte des primes de risque.

Il existe deux mondes de projection. L'univers monde réel est fondé sur l'évolution des tendances historiques passées. Les projections obtenues en monde réel sont censées représenter au mieux le monde économique futur. Cet univers a pour but de produire des projections réalistes de rendements d'actifs et des distributions des facteurs de risque et des grandeurs économiques. L'univers risque neutre est fondé sur l'absence d'opportunité d'arbitrage ce qui signifie qu'on ne peut s'enrichir sans prendre de risque et sur la complétude des marchés qui équivaut à la réplication de tout flux sur le marché financier. Dans cet univers, tout rendement équivaut au rendement du taux sans risque.

Les deux approches peuvent être *market-consistent*. Cette notion de cohérence avec le marché introduit dans les modèles, des informations issues des marchés financiers telles les courbes de taux, les cotations d'actions et les prix d'options. Il s'agit ensuite de s'assurer que les sorties des modèles sont conformes aux observations des données de marché avec une certaine tolérance grâce aux intervalles de confiance.

Un GSE «réel» se base sur des données historiques tout en tenant compte des ruptures de tendance tandis qu'un GSE «risque-neutre» reproduit des tendances déconnectées de la réalité.

La construction d'un GSE s'inscrit dans un processus robuste et précis, décomposé en plusieurs étapes clés.

- Le choix des variables à modéliser qui dépend du poids du portefeuille d'actifs ainsi que de la cohérence avec le modèle de gestion-actif. Classiquement, les variables économiques retenues sont le taux d'intérêt, les actions, les investissements immobiliers.
- Le choix des modèles de projection.
- Le choix des inputs. D'une part, les données de marché qui dépendent de l'univers de projection choisi et d'autre part les données spécifiques au business plan pour mettre en évidence les particularités au niveau de la volatilité du portefeuille.
- La calibration des modèles. La méthode va dépendre de l'univers de projection choisi.
- La génération des scénarios.
- La validation des scénarios générés.

La figure 2.3 résume le fonctionnement d'un GSE.

Une propriété d'un bon GSE est la représentativité du comportement des actifs financiers dans l'univers monde réel. La plausibilité économique avec l'étude de la forme de la distribution et des corrélations des différentes variables du modèle constitue une caractéristique pour la validation d'un GSE. La parcimonie et la transparence sont également importantes et vérifiées. Pour les GSE risque-neutre, il faut ajouter deux attributs supplémentaires dont la validation du test de martingalité qui permet de vérifier que les rendements moyens de tous les actifs soient égaux au taux sans risque. Le deuxième test à valider est celui du *market consistency* pour être en adéquation avec le passé.



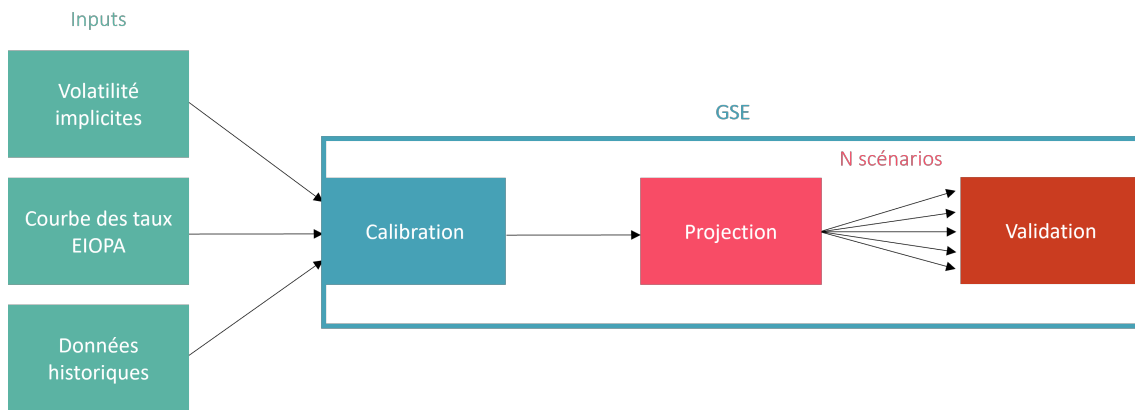


FIGURE 2.3 : Construction et fonctionnement d'un GSE

### 2.3.2 Présentation des modèles retenus

L'univers de projection est celui du risque-neutre du fait de la réglementation pour l'évaluation du *best-estimate*. Afin de générer tous les cours de l'immobilier, des actions, des taux et de l'inflation, il convient de proposer un modèle de projection par composantes. Cette présentation des modèles choisis s'appuie sur l'ouvrage de BRIGO et MERCURIO (2006).

#### Pour les taux et inflation : modèle Jarrow Yildirim

Pour simuler le cours des taux et de l'inflation, le modèle JARROW et YILDIRIM (2003) est choisi comme GSE afin de valoriser des dérivés inflation.

C'est un modèle complet de marché qui est présenté pour la première fois en 2003, par Jarrow et Yildiray Yildirim. Une caractéristique forte de ce modèle est la simulation conjointe des taux nominaux, réels et le taux d'inflation dans le cadre HJM pour *Heath-Jarrow-Morton*. Les modèles de cette famille se focalisent sur la dynamique des taux forwards instantanés, en risque neutre.

**Le cadre HJM** Soient  $\alpha$  le drift,  $f(t, T)$  le taux *forward* observé en  $t$  pour une maturité  $T$ ,  $\sigma$  la volatilité du taux *forward* et  $W_t$  un mouvement brownien en  $t$ . Les modèles de ce cadre répliquant la courbe des taux *forwards* initiale  $f^M(0, T)$ , la condition initiale ainsi que la dynamique s'écrivent de la manière suivante

$$\begin{aligned} df(t, T) &= \alpha(t, T)dt + \sigma(t, T)dW_t, \\ f(0, T) &= f^M(0, T). \end{aligned} \tag{2.16}$$

Dans le cadre HJM avec absence d'opportunité d'arbitrage (AOA), le drift doit respecter une condition particulière qui s'écrit

$$\alpha(t, T) = \sigma(t, T) \int_t^T \sigma(t, s)ds, \quad \forall T \geq t.$$

**Le modèle de Jarrow Yildirim** Le modèle repose sur le principe de l'analogie de la monnaie étrangère. Il s'agit de partir du postulat que l'économie réelle est rattachée à une monnaie étrangère,

liée à la monnaie locale, contrairement à l'économie nominale visible sur les marchés. L'indice d'inflation est vu comme le taux de change d'une monnaie à une autre : il permet de passer du taux réel au taux nominal. Ces derniers sont régis par des modèles de Vasicek généralisés sous deux probabilités risque-neutre spécifiques. Pour passer d'une dynamique à une autre, il faut appliquer le théorème de Girsanov.

Soient

- les indices  $r$  pour les taux réels,  $n$  pour les taux nominaux et  $k$  si les deux indices de taux réels et nominaux peuvent se substituer dans les formules ;
- l'indice  $i$  pour l'inflation ;
- $I(t)$  la valeur de l'indice d'inflation en  $t$  ;
- $P_n(t, T)$  le prix d'un zéros-coupon nominal en  $t$  de maturité  $T$  ;
- $P_r(t, T)$  le prix d'un zéros-coupon réel en  $t$  de maturité  $T$  ;
- $r_k$  le taux court pour les taux nominaux et les taux réels ;
- $\mu_i(t) = r_n(t) - r_r(t)$  le drift de l'inflation ;
- $B_k(t) = \exp \int_t^T r_k(v) dv$  le facteur d'actualisation ;
- $\rho_{n,i}$ ,  $\rho_{n,r}$  et  $\rho_{i,r}$ , respectivement la corrélation entre les taux nominaux et l'inflation, la corrélation entre les taux nominaux et les taux réels et enfin la corrélation entre les taux réels et l'inflation.

Les dynamiques respectives du taux nominal, du taux réel et de l'indice inflation peuvent s'écrire sous la forme suivante

$$df_n(t, T) = \alpha_n(t, T)dt + \sigma_n(t, T)dW_n(t) \quad f_n(0, T) = f_n^M(0, T), \quad (2.17)$$

$$df_r(t, T) = \alpha_r(t, T)dt + \sigma_r(t, T)dW_r(t) \quad f_r(0, T) = f_r^M(0, T), \quad (2.18)$$

$$dI(t, T) = I(t, T)\mu_i(t)dt + \sigma_i(t, T)I(t)dW_i(t) \quad \text{avec } I(0) = I_0 > 0. \quad (2.19)$$

La dynamique des taux courts nominaux et réels s'obtient avec la formule suivante 2.20.

$$dr_k(t) = \partial f_k(t, t)dt + \sigma_k dW_k(t), \quad \forall k \in \{r, n\}. \quad (2.20)$$

Le modèle de Jarrow Yildirim impose une forme à la volatilité, la même que celle du modèle de Hull et White à un facteur pour les taux nominaux. Cela permet de manier une structure simple et capable de reproduire la volatilité observée sur le marché. La volatilité s'écrit alors de la manière suivante :  $\sigma_k(t, T) = \sigma_k \exp^{-a_k(T-t)}$ .  $\sigma_k$  correspond à l'amplitude de la variance pour la variable  $k$  tandis que  $a_k$  correspond au coefficient de retour à la moyenne.

L'expression explicite des taux courts s'écrit de la manière suivante

$$r_n(t) = r_n(s) \exp(-a_n(t-s)) + \int_s^t \exp(a_n(u-t)) \theta_n(u) du + \int_s^t \exp(a_n(u-t)) \sigma_n(u) dW_n(u), \quad (2.21)$$

$$r_r(t) = r_r(s) \exp(-a_r(t-s)) + \int_s^t \exp(a_r(u-t)) (\theta_r(u) - \sigma_r \sigma_i \rho_{i,r}) du + \int_s^t \exp(a_r(u-t)) \sigma_r(u) dW_r(u), \quad (2.22)$$

$$dI(T) = I(t) \exp\left(\int_t^T (r_n(s) - r_r(s)) ds - \frac{1}{2} \sigma_i^2 (T-t)^2 + \sigma_i (dW_i(T) - dW_i(t))\right), \quad (2.23)$$

avec  $\theta_k$  qui est défini tel que :  $\theta_k(t) = \frac{\partial f_k(t)}{\partial t}(0, t) + a_k f_k(0, t) + \frac{\sigma_k^2}{(2a_k)}(1 - e^{-2a_k t})$ .  $\theta_k$  est utile pour reproduire la courbe des taux.

Afin d'optimiser le temps de calcul, la discrétisation par Euler des taux courts et de leur intégrales s'écrit de la manière suivante, avec  $\delta$  le pas de temps pour la discrétisation qui correspond à  $T - t$  :

$$r_n(t + \delta) = r_n(t) e^{-a_n \delta} + \alpha_n(t + \delta) - \alpha_n(t) e^{-a_n \delta} + \sqrt{U_n(t, t + \delta)} z_n(t);$$

$$r_r(t + \delta) = r_r(t) e^{-a_r \delta} + \alpha_r(t + \delta) - \alpha_r(t) e^{-a_r \delta} - \frac{\rho_{r,i} \sigma_r \sigma_i}{a_r} (1 - e^{-a_r \delta}) + \sqrt{U_r(t, t + \delta)} z_r(t).$$

Pour faciliter les calculs de la diffusion de l'inflation, les intégrales des taux courts réels et nominaux sont calculées de la manière suivante.

$$\int_t^{t+\delta} r_n(s) ds = B_n(t, t + \delta) (r_n(t) - \alpha_n(t)) + \ln\left(\frac{P_n(0, T)}{P_n(0, t + \delta)}\right) + \frac{1}{2} (V_n(0, t + \delta) - V_n(0, t)) + \sqrt{V_n(t, t + \delta)} z_n'(t);$$

$$\begin{aligned} \int_t^{t+\delta} r_r(s) ds &= B_r(t, t + \delta) (r_r(t) - \alpha_r(t)) + \ln\left(\frac{P_r(0, T)}{P_r(0, t + \delta)}\right) + \frac{1}{2} (V_r(0, t + \delta) - V_r(0, t)) \\ &\quad - \frac{\rho_{r,i} \sigma_r \sigma_i}{a_r} \left(\delta - \frac{1}{a_r} (1 - e^{-a_r \delta})\right) + \sqrt{V_r(t, t + \delta)} z_r'(t); \end{aligned}$$

avec,  $\forall k \in \{r, n\}$  et  $\forall t < T$ ,

$$\alpha_k(t) = f_k(0, t) + \frac{\sigma_k^2}{2a_k} (1 - e^{-a_k t})^2;$$

$$U_k(t, T) = \frac{\sigma_k^2}{2a_k} (1 - e^{-a_k(T-t)});$$

$$V_k(t, T) = \frac{\sigma_k^2}{a_k} \left(T - t + \frac{2}{a_k} e^{-a_k(T-t)} - \frac{1}{2a_k} e^{-2a_k(T-t)} - \frac{3}{2a_k}\right);$$

$$B_k(t, T) = \frac{1}{a_k} (1 - e^{-a_k(T-t)});$$

$z_k$  et  $z_{k'}$  des variables normales centrées réduites et indépendantes.

**Calibration** En risque-neutre, la calibration consiste à optimiser les paramètres des modèles afin que les prix (ou les volatilités) calculés concordent avec les prix (ou les volatilités) d'options financières cotées sur le Marché. On cherche donc à minimiser l'écart quadratique entre le prix du modèle et le prix du marché. Afin de résoudre ce problème d'optimisation, sont utilisées des méthodes numériques telles que des algorithmes d'optimisation non linéaires à redémarrages multiples ou des algorithmes génétiques.

Dans le modèle de Jarrow Yildirim (JY), les paramètres à déterminer sont  $(a_n, a_r, \sigma_n, \sigma_r, \rho_{n,r}, \rho_{n,i}, \rho_{i,r})$ . La calibration peut se réaliser sur des caps, ou floors, indexés sur l'inflation ou des swaptions indexés sur l'inflation. Concernant cette étude, les paramètres pour le modèle des taux nominaux sont calibrés par le biais de cap indexés sur l'inflation et les paramètres pour le modèle des taux nominaux par le biais de swaption. La calibration est plus longue mais permet d'avoir une meilleure précision.

La méthode d'optimisation utilisée est la méthode des moindres carrés. Si la solution des paramètres optimaux est noté  $\Theta^*$ ,  $\Pi_{C_{marché}}$  le prix du caplet sur le marché,  $\Pi_{C_{théorique}}$  le prix du caplet théorique, alors le problème peut s'écrire sous la forme suivante

$$\Theta^* = \arg \min_{\Theta} \sum_{t=1}^T (\Pi_{C_{marché}}(t) - \Pi_{C_{théorique}}(\Theta, t))^2.$$

### Pour les actions : un modèle log-normal avec volatilité constante par morceaux

Les cours des actions sont simulés par un modèle log-normal avec volatilité constante par morceaux. La volatilité dépend de l'année de simulation.

Soient  $S_t$  la valeur de l'action en  $t$ ,  $r_t$  le taux court obtenu par le modèle JY,  $i$  allant de 1 à 40,  $\sigma_t^i$  la volatilité constante entre l'année  $i$  et  $i + 1$  du prix de l'action. La dynamique des prix de l'action est décrite dans l'équation 2.24 sous la probabilité risque-neutre.

$$\frac{dS_t}{S_t} = r_t dt + \sigma_t^i dW_t. \quad (2.24)$$

Le mouvement brownien est corrélé avec les taux nominaux. La matrice de corrélation a été obtenue par dire d'experts puis en appliquant la décomposition de Cholesky.

En appliquant la formule d'Itô, la dynamique s'écrit de la forme suivante.

$$S_t = S_0 \exp \left( \int_0^t \left( r_s - \frac{\sigma_s^{i2}}{2} \right) ds + \int_0^t \sigma_s^i dW_s \right).$$

### Pour l'immobilier : le modèle de Black-Scholes

Le modèle classique de Black-Scholes est retenu pour sa simplicité pour simuler le prix de l'immobilier.

Soient  $E_t$  la valeur de l'immobilier en  $t$ ,  $r_t$  le taux court obtenu par le modèle JY,  $\zeta$  la volatilité constante du prix de l'immobilier. Sous la probabilité risque-neutre, la dynamique des prix de l'immobilier est décrite dans l'équation 2.25.

$$\frac{dE_t}{E_t} = r_t dt + \zeta dW_t. \quad (2.25)$$

Le mouvement brownien est corrélé avec les taux nominaux. La matrice de corrélation a été obtenue par dire d'experts puis en appliquant la décomposition de Cholesky.

En appliquant la formule d'Itô, la dynamique s'écrit de la forme suivante.

$$E_t = E_0 \exp \left( \left( r_t - \frac{\zeta^2}{2} \right) t + \zeta dW_t \right).$$

## 2.4 Le modèle ALM

L'inversion du cycle de production en assurance soumet l'équilibre Actif/ Passif à de nombreux aléas qui représentent des risques qu'il faut appréhender, afin de sécuriser les engagements pris envers les assurés. C'est de cet équilibre pouvant être remis en cause qu'est née la gestion Actif/Passif ou *Assets Liabilities management* (ALM). La modélisation prospective est essentielle pour estimer le montant de fonds propres réglementaires ou créer de nouveaux produits. Ces dernières années, l'évolution des normes réglementaires a permis de généraliser le recours à la modélisation prospective en exigeant une valorisation économique des passifs d'assurance : Solvabilité II, MCEV, IFRS 4. Développer des outils permettant de répondre à ce besoin devient donc une nécessité. Une évaluation prospective est basée sur des modèles mathématiques de plus en plus complexes et sur un volume de données de plus en plus conséquent.

### 2.4.1 Les interactions Actif/Passif

Les flux d'actif correspondent aux cashflows issus des revenus financiers du portefeuille comme les intérêts, les loyers, les dividendes et les coupons tandis que les cash-flows issus des contrats comme les rachats et les décès font référence aux flux de passif. La différence entre l'actif et le passif donne le flux net qui est l'excédent ou l'impasse de trésorerie pour chaque période.

Un des domaines d'utilisation d'un modèle ALM est les études ALM qui permettent à l'assureur de prédire au mieux les rendements ainsi que les risques associés d'un contrat d'épargne ou de retraite. Un outil ALM permet d'approximer le montant que l'assureur aura à investir ou le montant d'actif qu'il aura à liquider pour adosser l'actif au passif afin de couvrir ses flux de passifs par ses revenus d'actifs. L'outil ALM est une aide à la décision. Le modèle ALM est aussi utile pour Solvabilité 2 qui impose aux assureurs de calculer un ratio de solvabilité. Dans le cas de l'épargne et de la retraite, ce ratio s'évalue à l'aide de modèles ALM spécifiques. Un modèle ALM sert aussi pour la norme IFRS 17 qui entrera en vigueur pour 2023 et qui va induire de profonds bouleversements en matière de communication financière pour les assureurs. Ces derniers vont devoir développer des modèles ALM en adéquation avec la norme.

Deux types de projection du modèle ALM se distinguent : les déterministes et les stochastiques. Les modèles ALM déterministes consistent à la création d'un scénario central avec une simulation. Ce type de modèle permet de faciliter la compréhension des mécanismes ALM mis en jeu avec des coûts d'implémentation faibles et des calculs plus rapides. Quant aux modèles ALM stochastiques, il s'agit de créer N scénarios économiques avec les GSE et d'en faire une moyenne. Le coût d'implémentation et les temps de calcul sont élevés pour cette classe de modèle et aboutissent à d'éventuels scénarios incohérents. Le stochastique permet d'obtenir une valeur de marché des passifs en évaluant les coûts des options et garanties avec des scénarios à la fois favorables et défavorables. Les options et garan-

ties provoquent une asymétrie du résultat : l'assureur reverse 85% des bénéfices mais les situations défavorables n'impactent pas assurés.

Pour revenir au sujet d'étude de ce mémoire, la hausse des taux d'intérêts illustre les interactions Actif/Passif que peut rencontrer un assureur, comme le schématise la figure 2.4.

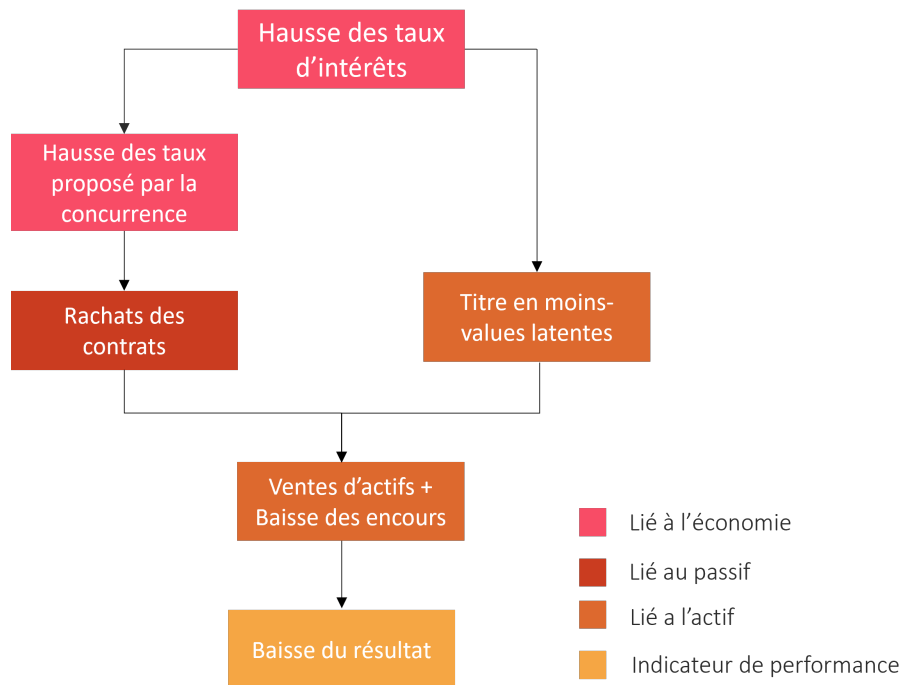


FIGURE 2.4 : Interaction probable Actif/Passif suite à une hausse des taux

Les leviers d'un assureur pour empêcher la baisse du résultat suite à une hausse des taux sont notamment de :

- détenir des obligations à taux variables pour empêcher les moins-values latentes ;
- détenir des produits dérivés comme les Cap afin de diminuer les pertes financières ;
- puiser dans la PPE pour empêcher les rachats.

Dans le cadre de ce mémoire, seul l'outil ALM sera utilisé pour quantifier l'impact d'une hausse des taux et de l'inflation pour les assureurs.

## 2.4.2 Architecture d'un modèle ALM

Les principales étapes pour l'utilisation d'un modèle ALM sont présentées dans la figure 2.5.

L'univers monde réel est fondé sur l'évolution des tendances historiques passées. Les projections obtenues en monde réel sont censées représenter au mieux le monde économique futur. La projection en monde réel permet de mettre en place une stratégie de gestion (ALM, gestion de capital) pour trouver la meilleure allocation d'actif. Cet univers est utilisé comme outil de pilotage.

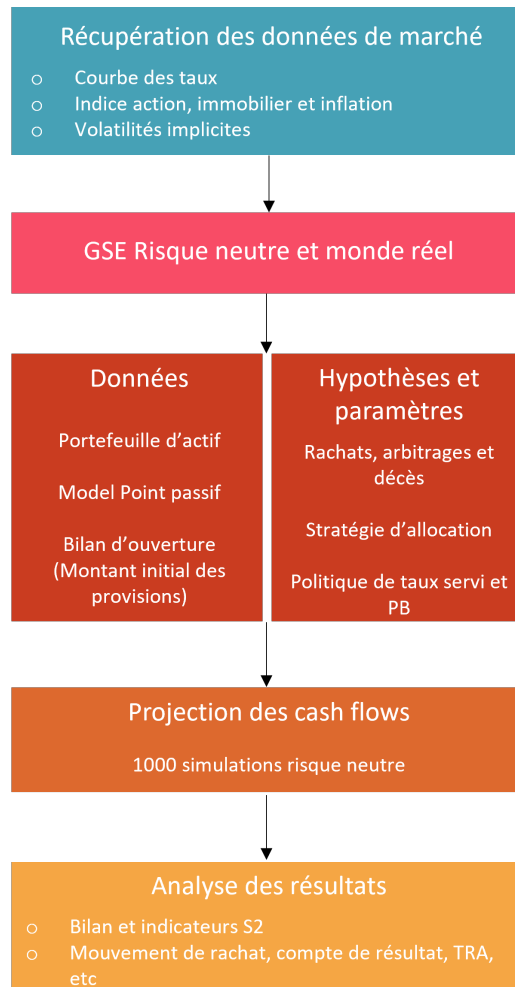


FIGURE 2.5 : Etapes d'une étude ALM

L'univers risque neutre est fondé sur l'absence d'opportunité d'arbitrage ce qui signifie qu'on ne peut s'enrichir sans prendre de risque et sur la complétude des marchés qui équivaut à la réplcation de tout flux sur le marché financier. Les indicateurs calculés en univers risque neutres sont la durée, l'Embedded Value et la PVFP. L'univers risque neutre est utilisé pour la prudence dans l'évaluation des engagements.

### Le modèle utilisé

Le modèle utilisé dans le cadre de ce mémoire est un modèle prospectif de gestion actif-passif épargne simplifié. Le modèle peut être utilisé de manière stochastique ou déterministe et dans les deux univers de projection. Il permet de calculer le compte de résultat, le bilan comptable, le bilan en norme Solvabilité 2 et la décomposition du SCR avec la formule standard. Le modèle tient compte des stratégies de management de l'assureur avec la politique de taux servi et la méthode de distribution des bénéfices.

Une fois en possession des scénarios économiques générés par le GSE, de l'actif (en valeur comptable et de marché) et du passif, le modèle va projeter pour chaque année l'actif et le passif afin de procéder

à l'évaluation du bilan Solvabilité 2. La structure du modèle utilisé est schématisée avec la figure 2.6.

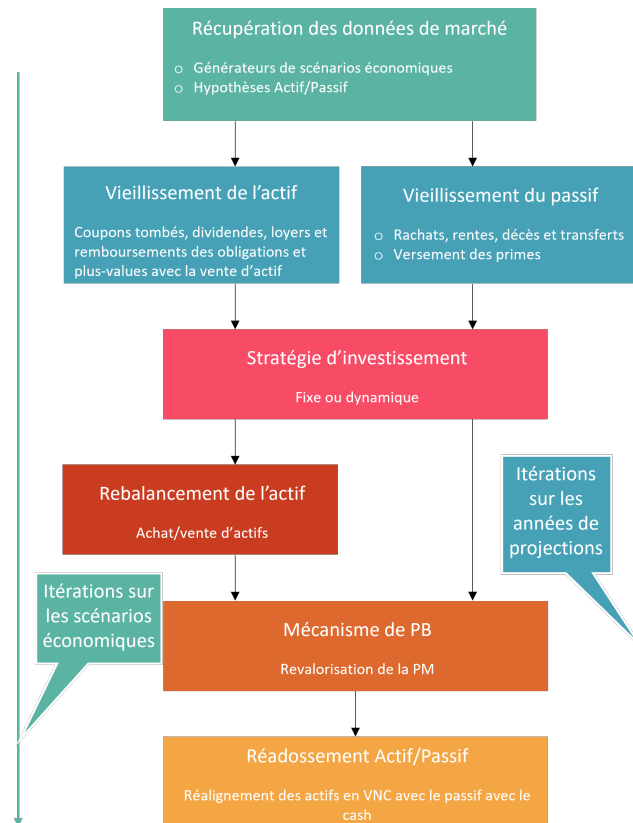


FIGURE 2.6 : Structure du modèle ALM utilisé

La première étape d'un modèle ALM est le vieillissement de l'actif et du passif en projetant les différentes entrées et sorties de l'actif et du passif durant les  $T$  années de projections. Pour l'actif, cela consiste à considérer les coupons tombés, les dividendes, les loyers et les remboursements des obligations pour les flux sortants et les éventuelles plus-values faites avec les ventes des actifs en valeur de marché pour les entrées. D'autre part, les sorties du passif sont les prestations à payer telles les rachats, les décès, les rentes et les transferts. Concernant les flux entrants, il s'agit des primes versées par les assurés. Il convient ensuite de déterminer la stratégie financière concernant l'investissement des actifs et donc d'ajuster la quantité d'actif à acheter et vendre pour pouvoir couvrir les engagements envers les assurés. Il est question d'une stratégie fixe dans le modèle utilisé. Une fois les produits financiers calculés, il s'agit de verser aux assurés la participation aux bénéfices attendue selon la stratégie de PB décidée. Le passif est alors réévalué avec les rachats et le calcul des PM et la modification de la PPE. Le bilan ainsi que le compte de résultat peuvent enfin être générés.

De manière concrète, le modèle épargne est lancé 1 000 fois dans l'univers risque neutre (méthode stochastique) pour évaluer la solvabilité de la compagnie d'assurance vie par une moyenne des 1 000 scénarios. Le nombre de simulation a été choisi pour optimiser le temps de calcul et obtenir des résultats performants et précis.

Le bilan généré par l'outil modélise trois sortes de provisions et 4 sortes d'actifs comme l'illustre la figure 2.7. Le modèle distingue les actions de type 1 de celle de type 2 selon la catégorisation que suggère Solvabilité 2. Les obligations comprennent les obligations d'Etat et les obligations d'entreprise. Dans le modèle épargne, l'immobilier et les actions servent des loyers et des dividendes avec des taux



qui sont rentrés en input. Le cours des actions et de l'immobilier sont donnés dans des tables générés par le GSE. Les tables des prix et des taux zéro-coupon permettant de *pricer* les obligations sont fournies par le GSE. Les interactions au passif se caractérisent par la cession et l'achat d'actif.

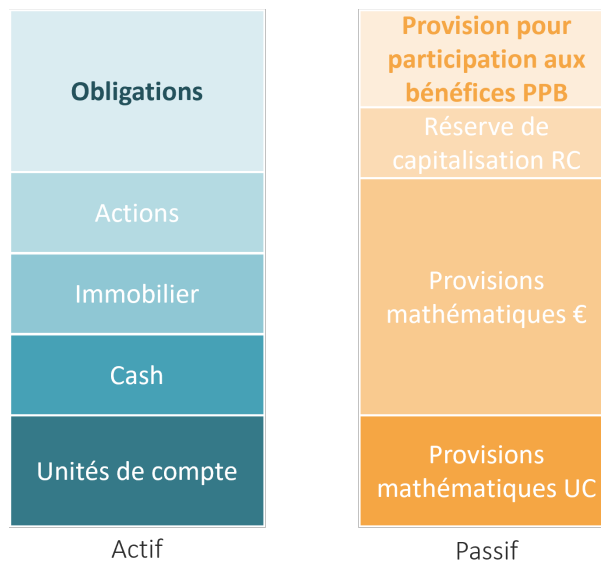


FIGURE 2.7 : Bilan obtenu avec l'outil ALM

### 2.4.3 Méthodes de calcul de l'outil

#### Politique de taux servis

L'assureur est contraint de servir aux assurés 90% du résultat technique et 85% des revenus financiers attribuables aux provisions des assurés. Cette règle s'applique au global : la PB par contrat peut varier en deçà de ce seuil.

Le modèle épargne propose 3 façons possibles pour verser le taux cible :

- uniquement la participation aux bénéfices contractuelle ;
- la participation aux bénéfices contractuelle à laquelle peut s'ajouter un levier PPE ;
- la participation aux bénéfices contractuelle à laquelle peut s'ajouter un levier PPE et éventuellement une réduction de la marge financière contractuelle disponible.

Les assurés pouvant à tout moment racheter totalement ou en partie leur contrat, il est indispensable pour un assureur d'avoir des taux servis proches de ses concurrents pour éviter le rachat. La politique de taux servis retenue dans le cadre de ce mémoire est la deuxième méthode, celle avec un levier sur la PPE. Cette méthode permet de servir aux assurés un taux cible défini au préalable par le management de la compagnie. Ce taux cible est proche de celui que servent les concurrents aux assurés.

Dans un premier temps, la participation aux bénéfices contractuelle est calculée par *model point* en fonction des produits financiers alloués au *model point* en question.

Soient  $tx_{PB}(mp)$ , le taux de PB contractuel défini en entrée dans le *model point* ;  $IT(mp) = TMG(mp) \times PM(mp)$ , les intérêts techniques correspondant au TMG revalorisé avec la provision mathématique après les prestations ;  $Chargements(mp)$ , le montant des chargements sur encours pour le *model point* et  $PF(mp)$ , les produits financiers attribués au *model point*.

La PB contractuelle se calcule avec la formule 2.26.

$$PB_{contractuelle}(mp) = PF(mp) \times tx_{PB}(mp) - Chargements(mp) - IT(mp). \quad (2.26)$$

Les produits financiers sont déterminés à partir des coupons d'obligations et des plus-values réalisées lors de la vente d'action et d'immobilier.

Soient  $PPB$ , la provision pour participation aux bénéfices,  $RC$  la réserve de capitalisation,  $PM(mp)$  la provision mathématique après les prestations décès et rachats du *model point*,  $PM$  la provision mathématique totale après les prestations décès et rachats du portefeuille et  $PF$  les produits financiers totaux.

La formule 2.27 donne la manière dont sont calculés les produits financiers par *model point*.

$$PF(mp) = PF \times \frac{PPB + PM}{PPB + PM + RC} \times \frac{PM(mp)}{PM}. \quad (2.27)$$

Il convient ensuite de déterminer le montant de revalorisation au taux cible. Il faut d'abord donner un taux cible qui dépend de la concurrence ou de la conjoncture économique. Dans le cadre de ce mémoire, le taux cible pris en compte est déterminé à partir du taux zéro coupon de maturité 10 ans, appelé TME dans le modèle.

$$tx_{cible} = \max(TME, TMG) - TMG. \quad (2.28)$$

Avec ce taux cible, il est ensuite possible de calculer la quantité de ressources nécessaires pour l'atteindre avec la formule 2.29.

$$\text{Montant de revalorisation cible} = tx_{cible} \times PM_{totale}. \quad (2.29)$$

Après avoir déterminé ce montant il est comparé au montant obtenu avec la PB contractuelle. Si le montant de revalorisation cible est supérieur au taux servi, il faut alors effectuer une reprise sur PPB, comme l'illustre la figure 2.8.

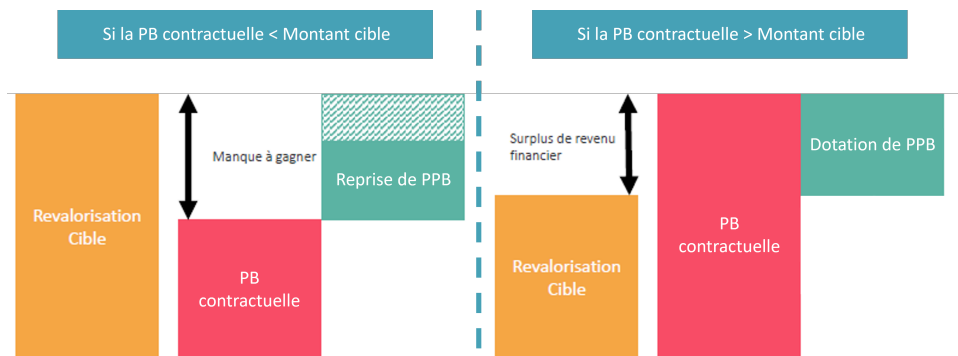


FIGURE 2.8 : Politique de taux servis

## Rachats

Il convient de distinguer les deux types de rachats dans la modélisation.

**Les rachats structurels** concernent les rachats qui ne sont pas liés au contexte économique. Ils sont indépendants du rendement du portefeuille et proviennent généralement de l'ancienneté fiscale ou de l'âge. Ils sont liés à la fiscalité de l'assurance vie du fait de l'abattement fiscal après 8 ans d'ancienneté du contrat sur les plus-values générées au cours de ces années. Le taux de rachat structurel augmente avec le nombre d'années de détention du contrat et forme souvent un pic sur la 8<sup>ème</sup> année du fait de la loi de rachat qui se base sur l'historique des rachats de la compagnie.

On parle de **rachats conjoncturels** pour les rachats dans un contexte fortement concurrentiel lorsque l'assuré arbitre son contrat d'assurance au profit d'autres supports financiers. Plus le taux servi aux assurés s'éloigne du taux de rendement disponible sur le marché, plus l'assuré va décider d'acheter son contrat pour obtenir des rendements plus intéressants.

Pour simplifier les modélisations, seulement les rachats totaux seront modélisés, les rachats partiels ne seront pas pris en compte. Le taux de rachat est déterminé comme étant la somme des rachats structurels et des rachats conjoncturels. Ce taux de rachat est ensuite appliqué à la provision mathématique de chaque *model point* pour obtenir le montant total des rachats par année de simulation.

Les rachats structurels sont modélisés avec une loi d'expérience ou à défaut des données de marché. Dans le modèle, le taux de rachats structurels devient constant après 8 ans d'ancienneté, ce qui n'est pas représenté dans la figure 2.9.

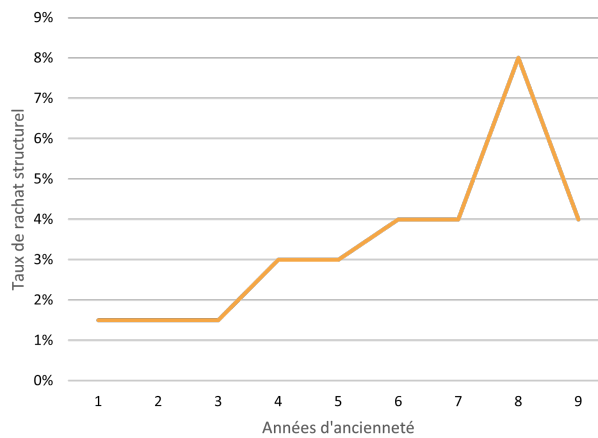


FIGURE 2.9 : Rachat structurel en fonction de l'ancienneté fiscale

Dans le modèle, le taux de rachat conjoncturel se calcule par seuil en fonction du taux attendu par les assurés qui correspond ici au TME pour chaque année de projection. Leur modélisation est faite par une fonction dépendant uniquement de l'écart entre le taux servi de l'année précédente, noté  $R$  et le taux attendu par les assurés, ici le TME. Le modèle détermine le taux de rachat conjoncturel selon la formule 2.30.

$$RC(R) = \begin{cases} RC_{max} & \text{si } R - TME < \alpha, \\ RC_{max} \frac{R - TA - \beta}{\alpha - \beta} & \text{si } \alpha < R - TME < \beta, \\ 0 & \text{si } \beta < R - TME < \gamma, \\ RC_{min} \frac{R - TA - \gamma}{\alpha - \beta} & \text{si } \gamma < R - TME < \delta, \\ RC_{min} & \text{si } R - TME > \delta. \end{cases} \quad (2.30)$$

Les plafonds minimum et maximum des 6 paramètres fournis par l' ACPR (2013) sont donnés dans la table 2.1.

|                                    | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $\delta$ | $RC_{min}$ | $RC_{max}$ |
|------------------------------------|----------|---------|----------|----------|------------|------------|
| Plafond max fourni par l'ONC       | -4%      | 0%      | 1%       | 4%       | -4%        | 40%        |
| Plafond min fourni par l'ONC       | -6%      | -2%     | 1%       | 2%       | -6%        | 20%        |
| Paramètres utilisés dans le modèle | -5%      | -1%     | 1%       | 3%       | -5%        | 30%        |

TABLE 2.1 : Plafonds des paramètres de la loi de rachats conjoncturels

Les paramètres utilisés dans le modèle sont la moyenne entre le plafond maximum et minimum. Un paramètre est ajouté à la loi de rachats conjoncturels afin de prendre en compte l'inflation. Il sera détaillé plus en détail par la suite.

Une fois le taux de rachat total déterminé, il s'agit de l'appliquer à la provision mathématique qui va alors diminuer. Il faut ensuite prendre en compte les prestations en cas de décès avec la table de mortalité réglementaire en vigueur (TH-TF-02).

### Stratégie d'allocation des actifs

La stratégie utilisée dans le modèle est une stratégie d'allocation fixe des actifs qui est définie dans une table en entrée. Elle consiste à se fixer des poids pour chacune des classes d'actifs et à rebalancer le portefeuille à une fréquence annuelle de telle façon à ce que ces poids soient à nouveau respectés. A la fin de chaque année, les plus ou moins values des actifs sont calculées afin de déterminer combien d'achats ou de ventes seront faits au moment du rebalancement pour retrouver l'allocation initiale.

## Chapitre 3

# Analyse des résultats et sensibilité

Ce chapitre permet de présenter les résultats obtenus avec l'application des modèles présentés dans le chapitre 2. La collecte nette en assurance vie sera prédite dans un premier temps avant de s'intéresser aux impacts de l'inflation et des taux sur la solvabilité des assureurs.

### 3.1 Prédiction de la collecte en assurance vie

Les données utilisées proviennent de sources en libre accès détaillées dans la table 3.1 et s'étendent de 2006 à 2022 avec une fréquence trimestrielle. Cette étude se restreint à une application en France au premier trimestre 2022. Au moment où la modélisation a été effectuée, les données du deuxième trimestre n'étaient pas disponibles. La modélisation a été réalisée sur le logiciel R CORE TEAM (2022).

|   | Variable                     | Unité     | Source           |
|---|------------------------------|-----------|------------------|
| 1 | Collecte nette Assurance Vie | en Mds€   | France Assureurs |
| 2 | Collecte nette bancaire      | en Mds€   | Banque de France |
| 3 | Historique du CAC 40         | en points | Boursorama       |
| 4 | Consommation                 | en Mds€   | INSEE            |
| 5 | IPC                          | en %      | INSEE            |
| 6 | Revenu disponible en valeur  | en Mds€   | INSEE            |
| 7 | Taux de court terme          | en %      | AMECO            |

TABLE 3.1 : Présentation des données

La collecte nette bancaire désigne les collectes nettes du Livret A et du Livret de Développement Durable et Solidaire (LDDS). Lorsque le terme de collecte nette est évoqué, il s'agit du montant des cotisations soustrait au montant des prestations sur le trimestre.

#### 3.1.1 Tests de racine unitaire

Pour appliquer le test de racine unitaire, il faut avant tout choisir un modèle : avec ou sans constante, avec ou sans tendance. Le choix du modèle se fait en fonction du contexte. Dans le cas étudié, il s'agit de variables macro-économiques. L'introduction d'une tendance peut être justifiée en considérant l'augmentation du revenu disponible couplée à l'augmentation des salaires. C'est pourquoi des modèles avec une tendance seront estimés par la suite. Il s'agit ensuite de déterminer le nombre minimal de retard à introduire pour blanchir suffisamment les résidus. La sélection du nombre de retard optimal

dans les tests de Dickey-Fuller augmentés se fait en minimisant les critères.

Il s'agit des critères AKAIKE (1974)(AIC), de l'erreur de prédiction finale (FPE), du critère HANNAN et QUINN (1979) (HQ) et du critère de SCHWARZ (1978) (SC) qui sont définis en annexe A.

| Variable                  | AIC      | HQ | SC | FPE |
|---------------------------|----------|----|----|-----|
| Collecte en assurance vie | <b>2</b> | 2  | 2  | 2   |
| Collecte bancaire         | <b>3</b> | 3  | 3  | 3   |
| CAC 40                    | <b>2</b> | 2  | 2  | 2   |
| Consommation              | <b>3</b> | 3  | 2  | 3   |
| IPC                       | <b>2</b> | 2  | 2  | 2   |
| Revenu disponible         | <b>3</b> | 1  | 1  | 3   |
| Taux                      | <b>2</b> | 2  | 2  | 2   |

TABLE 3.2 : Sélection du nombre de retards dans les tests Dickey-Fuller augmentés

Les retards retenus sont ceux en gras sur la table 3.2. Il faut ensuite vérifier que les résidus pour les retards choisis ne sont pas corrélés. D'après les autocorrélogrammes des résidus de chaque série avec leur retard optimal associé, il ne reste plus de corrélation dans ces résidus. Une fois les retards choisis validés, il reste à appliquer le test de Dickey-Fuller pour chaque série.

Les résultats du tests de Dickey-Fuller augmenté peuvent être retrouvés dans la table 3.3.

TABLE 3.3 : Résultats du test Dickey-Fuller

|                                | t-statistic | 1pct  | 5pct  | 10pct |
|--------------------------------|-------------|-------|-------|-------|
| tau3 Collecte en assurance vie | -1.90       | -4.04 | -3.45 | -3.15 |
| phi2 Collecte en assurance vie | 1.70        | 6.50  | 4.88  | 4.16  |
| phi3 Collecte en assurance vie | 2.44        | 8.73  | 6.49  | 5.47  |
| tau3 Collecte bancaire         | -2.82       | -4.04 | -3.45 | -3.15 |
| phi2 Collecte bancaire         | 2.67        | 6.50  | 4.88  | 4.16  |
| phi3 Collecte bancaire         | 3.97        | 8.73  | 6.49  | 5.47  |
| tau3 CAC 40                    | -2.53       | -4.04 | -3.45 | -3.15 |
| phi2 CAC 40                    | 2.61        | 6.50  | 4.88  | 4.16  |
| phi3 CAC 40                    | 3.87        | 8.73  | 6.49  | 5.47  |
| tau3 Consommation              | -3.49       | -4.04 | -3.45 | -3.15 |
| phi2 Consommation              | 6.34        | 6.50  | 4.88  | 4.16  |
| phi3 Consommation              | 6.09        | 8.73  | 6.49  | 5.47  |
| tau3 IPC                       | -3.06       | -4.04 | -3.45 | -3.15 |
| phi2 IPC                       | 3.53        | 6.50  | 4.88  | 4.16  |
| phi3 IPC                       | 5.18        | 8.73  | 6.49  | 5.47  |
| tau3 Revenu disponible         | -1.40       | -4.04 | -3.45 | -3.15 |
| phi2 Revenu disponible         | 3.93        | 6.50  | 4.88  | 4.16  |
| phi3 Revenu disponible         | 1.17        | 8.73  | 6.49  | 5.47  |
| tau3 Taux                      | -2.96       | -4.04 | -3.45 | -3.15 |
| phi2 Taux                      | 3.49        | 6.50  | 4.88  | 4.16  |
| phi3 Taux                      | 4.44        | 8.73  | 6.49  | 5.47  |

Pour rappel, les tests de Dickey-Fuller augmenté correspondent à trois tests différents afin de connaître la présence de racine unitaire, de constante et de tendance. L'hypothèse nulle du premier test statistique est  $H_0 : \gamma = 0$ .  $\gamma = 0$  indique la présence d'une racine unitaire et donc la non-stationnarité de la série. L'hypothèse nulle du deuxième test est  $H_0 : \gamma = 0$  et  $\beta_1 = 0$ . Si  $H_0$  n'est pas rejetée, alors il y a présence d'une racine unitaire et d'une constante. L'hypothèse nulle du troisième test est  $H_0 : \gamma = 0$  et  $\beta_1 = 0$  et  $\beta_2 = 0$ . Et en cas de non-rejet, il existe une racine unitaire, une constante et une tendance.

Phi2 correspond au troisième test, phi3 au deuxième test et tau3 au premier. Toutes les statistiques du

troisième test,  $\phi_2$ , qui indiquent la présence d'une racine unitaire, d'une constante et d'une tendance, sont bien inférieures aux valeurs critiques 10% sauf pour la série consommation. Il est à noter que la présence d'une racine unitaire pour la série consommation est malgré tout vérifiée avec le modèle avec une constante uniquement. L'hypothèse nulle qui est la non-stationnarité des 7 séries ne peut pas être rejetée. Les 7 variables étudiées sont donc intégrées individuellement d'ordre 1, autrement dit, elles ne sont pas stationnaires. Le modèle VECM en différences peut donc être construit.

### 3.1.2 Cointégration et modèle à correction d'erreur

**Note** : dans cette sous - partie, la base de données a été séparée en base d'apprentissage et base d'entraînement afin de contrôler les prédictions réalisées. Les résultats obtenus ne sont pas reproduits ici mais permettent de valider cette méthode d'estimation de la collecte en assurance vie. Seuls les résultats avec la base de données complète seront présentés.

La première étape dans l'estimation d'un VECM consiste à déterminer le nombre de retards à prendre. C'est une des étapes les plus importantes qui précède le test de cointégration multivarié de Johansen. Le choix du nombre de retards peut affecter sensiblement les résultats des tests. La même méthode que pour trouver les différents retards pour le test de Dickey-Fuller est appliquée. La valeur optimale qui ressort est 2 pour un modèle avec constante et tendance.

Avant d'estimer les coefficients du VECM, il s'agit de connaître le rang de cointégration de Johansen et donc de déterminer le rang de  $\Pi$ . Le test de Johansen vérifie la situation de non cointégration, qui se produit lorsque la matrice  $\Pi = 0$ .

Selon la forme retenue pour le VECM, les valeurs critiques de la statistique du test diffèrent. Les résultats de ce test se lisent dans la table 3.4.

| $H_0$      | t-statistic | 10pct  | 5pct   | 1pct   |
|------------|-------------|--------|--------|--------|
| $r \leq 6$ | 2.70        | 10.49  | 12.25  | 16.26  |
| $r \leq 5$ | 13.51       | 22.76  | 25.32  | 30.45  |
| $r \leq 4$ | 27.31       | 39.06  | 42.44  | 48.45  |
| $r \leq 3$ | 43.63       | 59.14  | 62.99  | 70.05  |
| $r \leq 2$ | 70.87       | 83.20  | 87.31  | 96.58  |
| $r \leq 1$ | 116.31      | 110.42 | 114.90 | 124.75 |
| $r = 0$    | 178.64      | 141.01 | 146.76 | 158.49 |

TABLE 3.4 : Résultats du test du rang de cointégration Johansen

Le test de Johansen donne de bons résultats au seuil de 5% et permet de ne pas rejeter l'hypothèse de cointégration entre les 7 variables. Le rang  $r$  de  $\phi$  vaut 1. La taille de la matrice  $\zeta$  est (7,1) et celle de  $\phi$  vaut (1,7).

La méthode efficace pour estimer un modèle multivarié avec plusieurs relations de cointégration est celle appelée FIML, *Full-Information Maximum Likelihood*.

La procédure d'estimation est la suivante :

- Estimer le paramètre  $\phi$  par Johansen ou Engle-Granger selon le rang de  $\phi$ . Dans le cas de l'étude, le rang  $r$  de  $\phi$  vaut 1. Il faut alors utiliser la méthode des MCO à deux étapes d'Engle-Granger.
- Ensuite, conditionnellement à l'estimation de  $\phi$ , estimer les paramètres  $\zeta$  et  $\alpha_i$  avec les MCO standards à multi-équations.

La **relation de long terme** ou relation de cointégration est donnée par la relation 3.1 et le tableau 3.5.

| Variable               | Nom   |
|------------------------|-------|
| Collecte assurancielle | $X_1$ |
| Collecte bancaire      | $X_2$ |
| CAC 40                 | $X_3$ |
| Consommation           | $X_4$ |
| Inflation              | $X_5$ |
| Revenu disponible      | $X_6$ |
| Taux                   | $X_7$ |

TABLE 3.5 : Nom des variables retenues

$$\phi^T X_t = \begin{pmatrix} 1.00 \\ -0.34 \\ -52.24 \\ -165.68 \\ 797.96 \\ -316.79 \\ 899.22 \\ 3.17 \end{pmatrix}^T \begin{pmatrix} X_1(t) \\ X_2(t) \\ X_3(t) \\ X_4(t) \\ X_5(t) \\ X_6(t) \\ X_7(t) \end{pmatrix}. \quad (3.1)$$

Autrement dit, la collecte en assurance vie s'exprime en fonction des 6 autres variables avec l'équation 3.2.

$$\begin{aligned} \text{Collecte assurancielle} = & -0.34 \times \text{Collecte bancaire} - 52.24 \times \text{CAC 40} - 165.68 \times \text{Consommation} \\ & + 797.96 \times \text{Inflation} - 316.79 \times \text{Revenu disponible} + 3.17 \times \text{Taux}. \end{aligned} \quad (3.2)$$

Pour la **relation de court terme**, les termes du VECM en différences premières constituent la dynamique de court terme qui s'écrit mathématiquement, avec un retard  $p$ , avec la relation 3.3.

$$\Delta X_t = \alpha_1 \Delta X_{t-1} + \dots + \alpha_{p-1} \Delta X_{t-p+1}. \quad (3.3)$$

Dans le cas étudié  $p$  vaut 2, la relation de cointégration s'écrit alors

$$\Delta X_t = \alpha \Delta X_{t-1} = \begin{pmatrix} -0.81 & 0.14 & 15.82 & -12.45 & -300.13 & 210.27 & -443.24 \\ -0.52 & -0.79 & 6.35 & -35.89 & -40.99 & 137.26 & 124.06 \\ 0.01 & -0.00 & -0.27 & 0.16 & -2.44 & -1.34 & 22.47 \\ 0.00 & -0.00 & 0.06 & -0.83 & 0.91 & -0.52 & -0.18 \\ -0.00 & 0.00 & 0.01 & -0.01 & 0.11 & 0.17 & 0.48 \\ 0.00 & 0.00 & -0.00 & -0.08 & 0.22 & -0.10 & 0.46 \\ -0.00 & 0.00 & 0.01 & -0.02 & -0.03 & 0.09 & 0.36 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta \text{Collecte assurancielle} \\ \Delta \text{Collecte bancaire} \\ \Delta \text{CAC 40} \\ \Delta \text{Consommation} \\ \Delta \text{Inflation} \\ \Delta \text{Revenu disponible} \\ \Delta \text{Taux} \end{pmatrix}. \quad (3.4)$$



### 3.1.3 Prédiction du scénario de base

Afin de prédire les variables, deux commandes de R CORE TEAM (2022) ont été utilisées : la commande `vec2var` et la commande `predict(VECM)`. Les résultats sont différents selon la commande appliquée.

Ces 2 fonctions ont les fonctionnalités suivantes :

- `vec2var()` du package `vars` qui transforme un VECM en VAR en niveaux ;
- `VECM()` du package `tsDyn` qui estime un VECM en différences par la méthode Johansen MLE.

La commande `vec2var()` permet de transformer un VECM en VAR en niveaux. Il a été vu qu'il existait des équations pour passer d'un modèle VECM en VAR et inversement. Cette commande donne en sortie un modèle VAR avec des variables en niveaux. Le rang de la matrice  $\Pi$  doit être renseigné, autrement dit le nombre de relation de cointégration.

La deuxième commande `VECM()` permet d'estimer les paramètres avec la méthode de Johansen, la méthode détaillée ci-dessus.

L'étude ayant été réalisée en juin 2022, les données du deuxième et troisième trimestres 2022 n'étaient pas disponibles. Cela permet de valider les résultats en comparant les données historiques et les données prédites du 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> trimestres 2022.

Il est possible de remarquer que sur la figure 3.2, le modèle prédit une faible augmentation des taux avec la commande `VECM` atteignant -0,47% alors que la dernière donnée historique de la base de données est le premier trimestre 2022. Néanmoins la hausse légère des taux ne dure seulement que pour le deuxième trimestre 2022. Ensuite, les taux décroissent très fortement pour atteindre -0,8% en 2024. Dans les faits, au cours du deuxième trimestre 2022, les taux de court terme s'élèvent à -0,36%. L'autre commande prédit une baisse brutale des taux passant de -0,5% au premier trimestre 2022 à -0,8% en 2023. L'évolution du taux réel est bien prédite par la fonction `VECM` mais la remontée n'est pas assez forte et durable. Cela pose un vrai problème dans la validation du modèle.

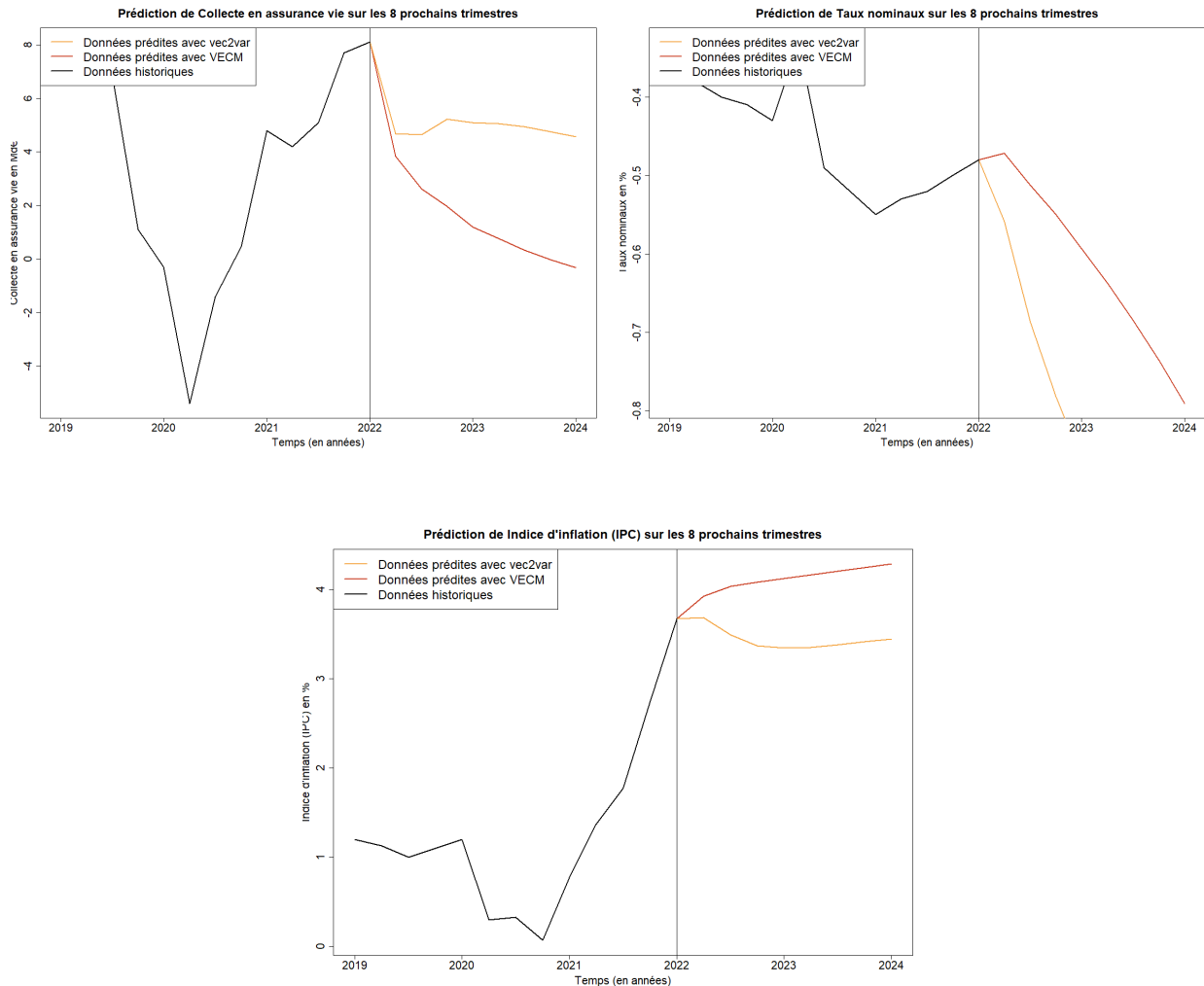


FIGURE 3.2 : Prédiction de la collecte en assurance vie, du taux nominal et de l'IPC sur les 8 prochains trimestres

Selon les prédictions réalisées avec la commande VECM, l'inflation augmente progressivement pour atteindre les 4,5% en 2024. Or depuis le 2<sup>ème</sup> trimestre, l'inflation est très élevée et vaut au dessus de 5% selon l'INSEE. Le sens des prédictions est donc juste pour les deux premiers trimestres prédits mais la valeur de l'augmentation n'est pas assez élevée.

Il s'agit d'analyser les prédictions de la collecte en assurance vie afin de voir si elles sont cohérentes avec les 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> trimestres 2022.

Concernant la collecte nette en assurance vie, les deux fonctions indiquent une chute dans la collecte. La commande VECM est la plus pessimiste. Avec la prédiction de cette dernière, la collecte se dégrade très fortement lors du deuxième trimestre 2022 puis suit une tendance linéaire décroissante pour être nulle début 2024. Dans les faits, la collecte en assurance vie du 2<sup>ème</sup> trimestre se dégrade et vaut 4,7 Mds€ selon France Assureurs. Ce montant n'est pas très loin de ceux prédits par les deux commandes.

Pour conclure sur la qualité des premiers résultats, le modèle vectoriel à correction d'erreur avec la commande VECM permet de connaître les évolutions des séries étudiées dans le futur. Le sens des évolutions est validé néanmoins les prédictions sont trop faibles quantitativement par rapport aux données historiques.

### 3.1.4 Prédiction avec un choc

Des chocs ont été appliqués sur les deux premiers trimestres prédits par le modèle VECM, i.e. 2<sup>ème</sup> trimestre et 3<sup>ème</sup> trimestre 2022 afin de constater les effets sur la collecte en assurance vie jusqu'au 4<sup>ème</sup> trimestre 2022. La commande VECM est retenue comme la commande de référence pour l'application des chocs du fait de sa similitude avec l'actualité.

#### Choc sur l'inflation

Pour l'inflation, un choc positif multiplicatif de 2 a été généré sur les deux trimestres choisis pour pouvoir dépasser les niveaux actuels de l'inflation au deuxième trimestre 2022. La figure 3.3 révèle que les deux commandes prédisent une réaction de la collecte en assurance vie différente : l'une prédit un léger pic vers le haut puis décroît tandis que l'autre suit plutôt une tendance linéaire décroissante. Cela révèle que les comportements de l'épargne sont très difficiles à quantifier, à prévoir et anticiper. Le premier trait vertical en gras indique les dernières données historiques tandis que le second en pointillé signale la fin du choc sur les données prédites du scénario de base.

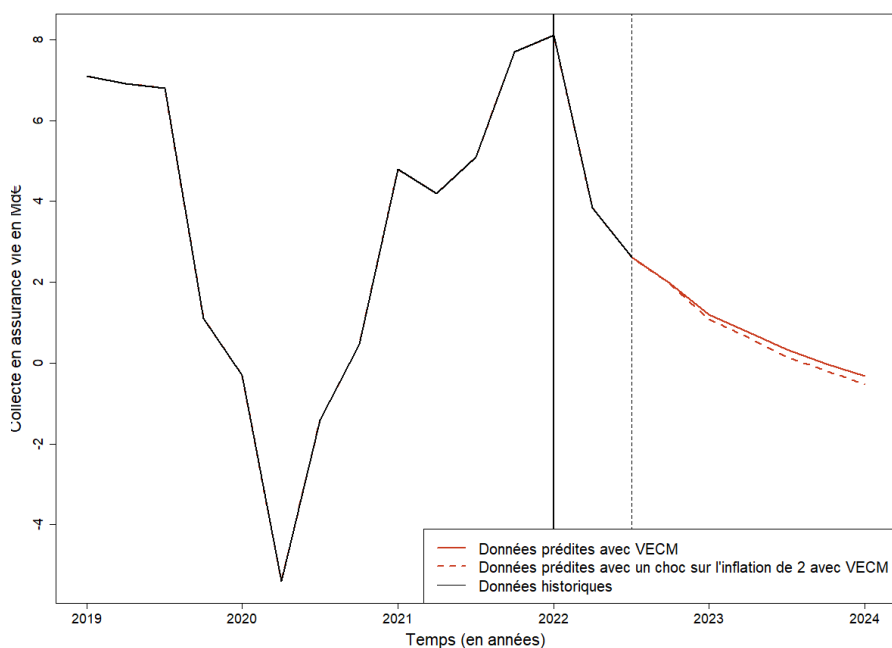


FIGURE 3.3 : Réaction de la collecte en assurance vie face à un choc sur l'inflation

Plus concrètement, les chocs sur la collecte en assurance vie par rapport au scénario de base sont présentés dans la table 3.6. Seuls les résultats de la commande VECM seront présentés du fait de leur cohérence. Par exemple, la collecte nette en assurance vie va diminuer de 0,79 % entre le scénario principal et le scénario avec un choc sur l'inflation avec la commande VECM.

Les raisons qui peuvent amener une diminution de la collecte sont les suivantes :

- Les cotisations qui augmentent plus lentement que les prestations ;
- Les cotisations qui diminuent plus rapidement que les prestations ;

|      | T1    | T2     | T3     | T4       |
|------|-------|--------|--------|----------|
| 2022 |       |        |        | -0.79    |
| 2023 | -8.56 | -17.01 | -52.63 | 1 474.51 |
| 2024 | 59.39 |        |        |          |

TABLE 3.6 : Variation de la collecte nette en assurance vie en % face à un choc sur l'inflation par rapport au scénario sans choc

- Les cotisations qui diminuent plus rapidement que l'augmentation des prestations.

En ne possédant ni le montant des cotisations, ni celui des prestations, il n'est pas possible de connaître la raison de la diminution de la collecte nette. Il s'agit alors d'analyser les possibilités.

Si les cotisations augmentent, l'épargne des ménages augmente quand l'inflation augmente également. Cela semble vérifier la théorie de Keynes présentée dans le chapitre 2. En effet, en période de forte inflation et en considérant que les revenus disponibles n'augmentent pas, les ménages voient leur pouvoir d'achat se réduire plus rapidement à cause de la hausse générale des prix. La part de leur pouvoir d'achat alloué à l'épargne augmente. En assurance vie, cela est visible avec les cotisations qui augmentent.

En regroupant la deuxième et la troisième raisons, les cotisations diminuent. L'épargne des ménages se rétrécit. L'article de L'HARDY et al. (1975) est en partie vérifié puisque l'auteur affirme que sans hausse de revenu l'épargne n'augmente pas.

Pour conclure, l'inflation a un impact négatif sur la collecte nette par rapport au scénario central. Selon la variation des cotisations, les prédictions vérifient la théorie de Keynes ou l'article de L'HARDY et al. (1975).

### Choc sur les taux

Pour un choc sur les **taux**, un choc additif de 0,5% a été utilisé du fait de la négativité des taux.

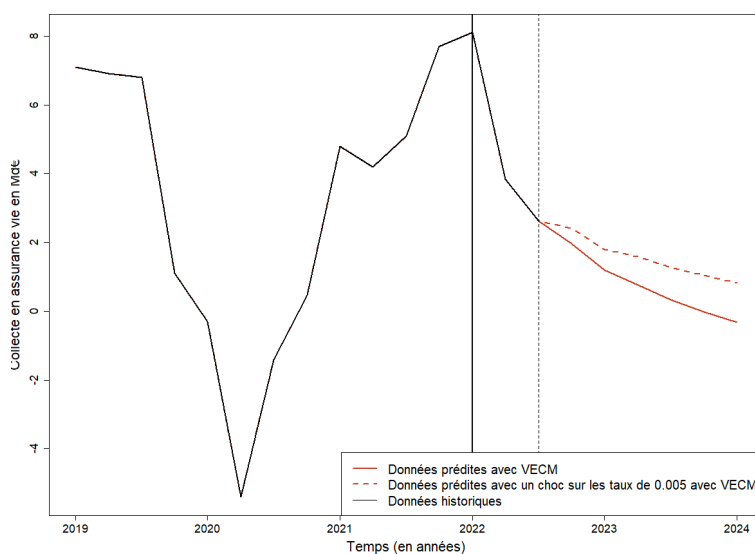


FIGURE 3.4 : Réaction de la collecte en assurance vie face à un choc sur les taux

Avec un choc sur les taux, la collecte en assurance vie prédite suit une tendance linéaire décroissante avec les deux commandes, comme le signale la figure 3.4. Néanmoins, elle est plus conséquente que celle de la situation projetée sans choc. Plus concrètement, les chocs sur la collecte en assurance vie par rapport au scénario de base avec la commande VECM sont présentés dans la table 3.7.

|      | T1      | T2     | T3     | T4        |
|------|---------|--------|--------|-----------|
| 2022 |         |        |        | 23.02     |
| 2023 | 51.05   | 106.04 | 290.09 | -8 539.18 |
| 2024 | -349.28 |        |        |           |

TABLE 3.7 : Variation de la collecte nette en assurance vie en % face à un choc sur les taux par rapport au scénario sans choc

Une hausse de la collecte nette peut avoir plusieurs raisons :

- Les cotisations augmentent plus rapidement que les prestations ;
- Les cotisations augmentent plus rapidement que les prestations ne diminuent ;
- Les cotisations diminuent moins rapidement que les prestations.

Selon la théorie présentée dans le chapitre 2, lorsque les taux augmentent, l'épargne (les cotisations) diminue. Cela est dû à la préférence pour le présent. Le pouvoir d'achat des ménages augmente du fait de la hausse des taux. Les ménages préfèrent consommer plutôt qu'épargner. Cela explique la raison de la hausse de la collecte nette si elle provient de la diminution des cotisations moins rapide que les prestations. La collecte est également supérieure que dans les prédictions du scénario central.

### Choc simultané sur l'inflation et les taux

L'inflation et sur les taux ont subi un choc simultané avec les mêmes proportions que précédemment. D'après la commande VECM dans la figure 3.5, compte tenu de la modélisation des chocs qui est très semblable à la situation actuelle, la collecte nette en assurance vie s'améliorerait nettement au quatrième trimestre 2022. Au cours du premier trimestre 2023, elle aurait tendance à fléchir légèrement de manière linéaire pour atteindre les 2 Mds€. La table 3.8 indique quantitativement l'impact de ce double choc sur la collecte.

|      | T1      | T2     | T3     | T4         |
|------|---------|--------|--------|------------|
| 2022 |         |        |        | 71.31      |
| 2023 | 158.74  | 303.95 | 814.17 | -23 327.50 |
| 2024 | -938.72 |        |        |            |

TABLE 3.8 : Variation de la collecte nette en assurance vie en % face à un choc sur l'inflation et les taux par rapport au scénario sans choc

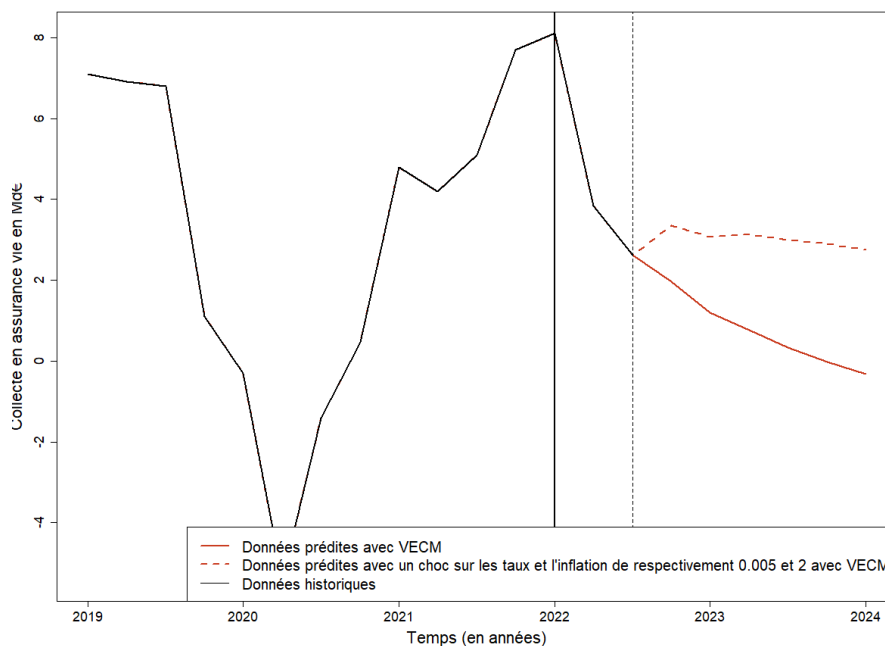


FIGURE 3.5 : Réaction de la collecte en assurance vie face à un choc sur les taux et l'inflation

L'effet positif sur la collecte nette avec les chocs simultanés de l'inflation et des taux signifie que c'est l'effet des taux qui l'emporte sur l'inflation. En effet, quantitativement, l'effet du choc de taux a nettement plus d'impact sur la collecte nette en assurance vie. Cela viendrait de la diminution des cotisations qui serait moins rapide que celle des prestations.

Pour conclure, en projetant la situation au premier trimestre 2022, la collecte nette en assurance vie diminue fortement les deuxième et troisième trimestres 2022. Cet effet négatif peut s'expliquer par le lien que l'assurance vie a avec les actions et l'inflation. Le cours du CAC 40 étant en baisse depuis le début de l'année 2022, les rendements des fonds euros subissent fortement les effets de l'inflation, sans compter la hausse de la rémunération du Livret A au 1er août 2022 qui n'est pris en compte dans ce modèle. Néanmoins, cet effet est contrebalancé par la hausse des taux. Au 1er juin 2022, le cercle de L'ÉPARGNE (2022) envisageait une diminution de la collecte nette en assurance vie dans les mois à venir, du fait du contexte volatil des actions et de la forte inflation.

Il a été vu que globalement les taux avaient un impact positif sur la collecte en assurance vie par rapport à la situation initiale projetée. A contrario, la collecte nette en assurance vie subit des répercussions négatives lorsque l'inflation augmente. Lorsque ces deux chocs se passent en même temps, la collecte nette en assurance vie subit des répercussions positives par rapport au scénario central. L'effet des taux a plus d'impact que la hausse de l'inflation. Néanmoins, à partir de l'année 2023, elle diminue.

Cette modélisation ne prend pas en compte de nombreux paramètres comme la fiscalité, le taux de confiance des ménages dans l'économie. De plus, il n'est possible de prédire les comportements des épargnants puisque ils sont difficilement modélisables du fait de la non-rationnalité des mesures prises par les épargnants.

## 3.2 Présentation des données utilisées dans le modèle ALM

En modélisant la collecte nette en assurance vie, il a été possible d'essayer de comprendre le comportement des assurés en fonction de la nature des chocs de l'inflation et des taux. Il s'agit ensuite d'étudier les effets des chocs sur le ratio de solvabilité des assureurs à l'aide d'un modèle ALM.

Les données étudiées se composent d'un passif et d'un actif. Le portefeuille de passif est issu d'un portefeuille réel d'un assureur au 31/12/2020 ajusté de la manière la plus fidèle possible. Le portefeuille d'actif a été constitué de sorte à être représentatif du marché.

### 3.2.1 Analyse descriptive du passif

Le portefeuille de passif reconstitué est constitué de *models points* : les contrats possédant les mêmes caractéristiques, comme l'âge, le sexe et l'ancienneté fiscale, ont été regroupés en un *model point*. Le portefeuille de passif étudié, formé de 81 *models points* constitués chacun de 1 000 polices d'assurance, a été choisi pour sa représentation la plus fidèle du marché de l'épargne française. Il s'agit d'un échantillon suffisamment large pour représenter une compagnie d'assurance vie moyenne. Des hypothèses ont été choisies dans un souci de simplification de la modélisation. Le portefeuille est constitué de *models points* de sexe masculin seulement. Afin d'optimiser la gestion de fonds propres exigés par Solvabilité 2, il est question d'un portefeuille en *run-off* : il s'agit des contrats d'assurance plus commercialisés pour lesquels l'assureur reste engagé jusqu'à la liquidation de tous les sinistres, c'est-à-dire jusqu'aux versements des prestations. Concrètement, les assurés ne versent pas de primes, ni de versements libres sur leur contrat d'assurance vie. Ils laissent vieillir leur capital en  $t_0$  avec le temps. Le portefeuille étudié ne prend pas en charge le *New Business* : il n'y a pas de contrats entrant dans le portefeuille.

Chaque *model point* est composé des informations suivantes :

- le numéro de *model point* ;
- le nombre de polices ;
- le sexe ;
- l'âge ;
- l'ancienneté fiscale ;
- la provision mathématique à l'ouverture du fond euro ;
- la provision mathématique à l'ouverture des unités de compte ;
- le chargement sur encours du fonds euro ;
- le chargement sur encours des UC ;
- le taux minimum garanti (TMG) ;
- le taux de participation aux bénéfices.

Les principales caractéristiques du portefeuille étudié se trouvent dans la table 3.9.

| Age moyen | Anc. fiscale moy. | TMG net moyen | Taux de PB moyen | PM ouv. € | PM ouv. UC |
|-----------|-------------------|---------------|------------------|-----------|------------|
| 55.67     | 16.22             | 0,78%         | 94.65%           | 435 M€    | 109 M€     |

TABLE 3.9 : Caractéristiques du portefeuille de passif

L'âge moyen du portefeuille étudié est de 55,67 ans et selon une étude de CAZENAVE-LACROUTS et al. (2022) pour l'INSEE, la moyenne des épargnants en assurance vie est de 56 ans. La répartition des contrats en fonction de l'âge peut se lire dans la figure 3.6. La catégorie d'âge qui épargne le plus est celle entre 56 et 60 ans : elle représente 35% du portefeuille étudié.

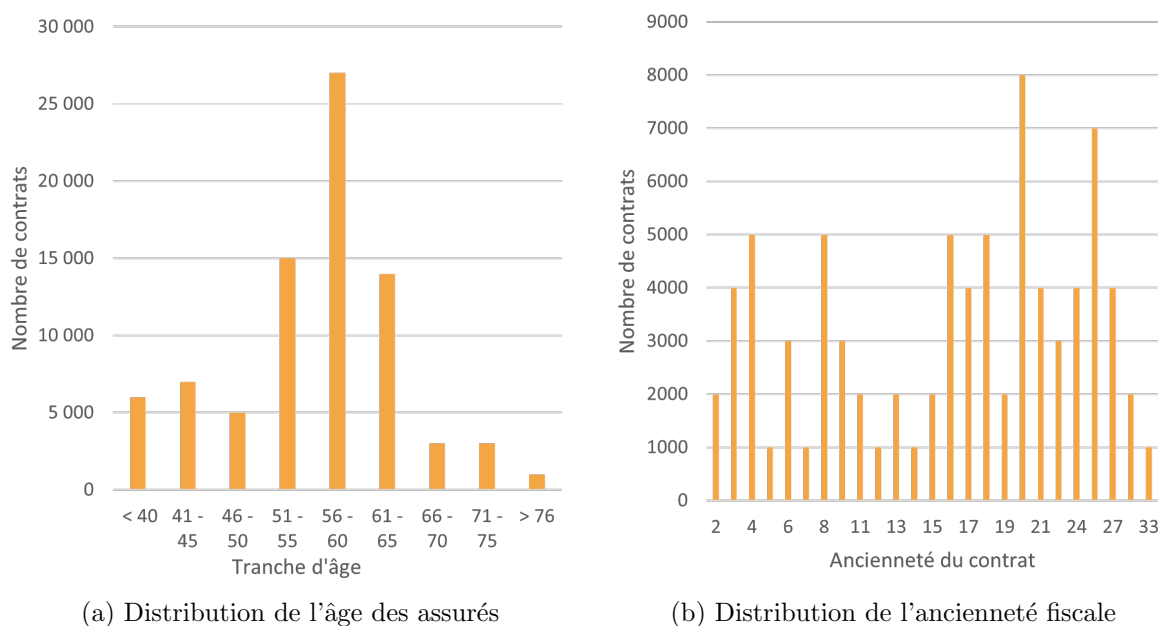


FIGURE 3.6 : Répartition de l'âge et de l'ancienneté fiscale

Le portefeuille traite de contrats multisupports dont le capital est investi à environ 20% en Unités de Compte et 80% sur des fonds Euros. La provision mathématique moyenne à l'ouverture des fonds Euros par MB vaut 432 099€ tandis que pour les Unités de Compte, elle est de 109 025€. L'ancienneté fiscale est de 16,22 ans en moyenne sur le portefeuille traité. La figure 3.6 illustre la répartition de l'ancienneté fiscale en fonction du nombre de contrat. L'ancienneté fiscale où se trouve le plus de contrats est à 20 ans avec 9,88% des contrats.

Une caractérisation forte d'un contrat d'assurance vie concerne les taux, notamment les taux de chargement des encours, les taux de Participation aux Bénéfices et les taux minimum garantie (TMG). Le taux de chargements moyen des encours des fonds Euros vaut 0,80% contrairement à celui des Unités de Compte, plus élevé, qui est de 1,05%. La répartition des contrats en fonction du TMG net et du taux de PB est représentée dans la figure 3.7. La plupart des contrats ont un TMG net nul. Plus de 38% des contrats ont un taux de PB à 100%.



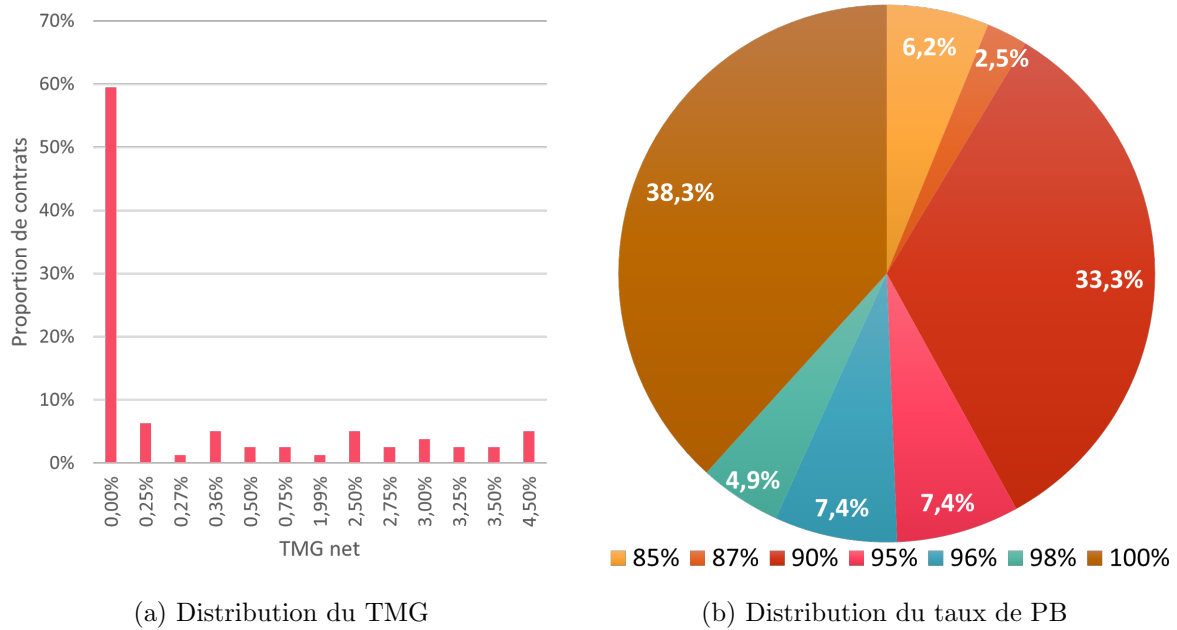


FIGURE 3.7 : Répartition du TMG et du taux de PB

Pour finir la présentation du passif, il est nécessaire de donner la valeur des provisions initiales. La valeur initiale de la provision pour participation aux bénéfices (PPB) vaut 2,1 M€. La réserve de capitalisation à  $t_0$  s'élève à 525 k€. La provision mathématique initiale est de 35 M€.

### 3.2.2 Analyse descriptive de l'actif

Les sortes d'actifs intégrés dans le modèle ALM sont pour rappel, les obligations, les actions, l'immobilier et le cash. Les obligations sont classées par *model point* en fonction de la maturité résiduelle et du type : obligations d'état ou d'entreprise. Chaque *model point* est constitué des renseignements suivants :

- le type d'obligation : entreprise ou état ;
- la maturité résiduelle ;
- la valeur nominale ;
- la valeur nette comptable notée VNC ;
- la valeur de marché (VM).

Un spread de crédit est ajouté du fait des obligations fictives. Le spread de crédit au taux de coupon des obligations d'entreprise permet d'accentuer le fait que ces actifs sont plus risqués. Le spread est d'un montant de 2% choisi arbitrairement. Les caractéristiques principales des obligations sont présentées dans la table 3.10.

| Types d'obligations | Allocation en % de la VM | Duration  | PMVL | Rating |
|---------------------|--------------------------|-----------|------|--------|
| État                | 47%                      | 11,39 ans | 15%  |        |
| Entreprise          | 53%                      | 8,28 ans  | 15%  | A      |

TABLE 3.10 : Caractéristiques des obligations

Les autres classes d'actifs telles les actions, l'immobilier et le cash ont chacune un seul *model point* par classe. La distribution globale des différents actifs à la date initiale est donnée par la table 3.11.

| Classe d'actif | VNC         | VM           | PMVL | Répartition |
|----------------|-------------|--------------|------|-------------|
| Obligations    | 28 218 750€ | 31 063 200€  | 10%  | 71,39%      |
| Govies         | 12 792 500€ | 14 711 375 € | 15%  | 33,81%      |
| Corporate      | 15 426 250€ | 16 351 825€  | 6%   | 37,58%      |
| Actions        | 6 208 125€  | 8 443 050€   | 36%  | 19,40%      |
| Immo           | 2 445 625 € | 3 252 681€   | 33%  | 7,48%       |
| Cash           | 752 500 €   |              |      | 1,73%       |

TABLE 3.11 : Caractéristiques du portefeuille d'actifs à la situation initiale

La valeur de marché des obligations  $VM$  de maturité  $m$  à la date  $t$  se calcule avec la formule 3.5 qui dépend du nominal  $N^m$  de maturité  $m$  et du taux de coupon  $C^m$ .  $B(t, k)$  représente le prix zéro-coupon de maturité  $k$  à la date  $t$ . Les obligations sont achetés au pair, c'est-à-dire que le prix d'émission de l'obligation équivaut à sa valeur nominale.

$$VM^m(t) = \sum_{k=1}^m C^m \times N^m \times B(t, k) + N^m \times B(t, m). \quad (3.5)$$

Les flux entrants dans les actifs sont le loyer et les dividendes. Le loyer est déterminé à partir de la valeur de l'immobilier et du taux de loyer choisi en paramètre d'entrée. Dans cette étude, le taux de loyer retenu est de 2%. Concernant les dividendes, ils sont calculés avec la valeur des actions en début d'année et le taux de dividende qui est la moyenne des taux moyens de dividendes versés.

Il faut noter que l'adossement des supports fonds euros et unités de compte n'est pas fait sur les mêmes actifs.

### 3.3 Scénario central

Avant de présenter le scénario central, il est intéressant de se pencher sur la manière dont l'inflation est modélisée dans l'outil ALM.

#### 3.3.1 Prise en compte de l'inflation dans le modèle ALM

Dans le modèle ALM, l'inflation est prise en compte dans le calcul de frais de l'assureur et pour les rachats conjoncturels. Une table inflation est générée par le GSE pour obtenir la valeur de l'indice inflation pour chaque scénario à chaque année de projection.

Les **frais de l'assureur** sont calculés à chaque fin d'année  $j$ . La formule 3.6 donne les frais réels associés à l'Euro pour une simulation donnée, à une année donnée  $j$ .

$$FR_{Euro}(j) = tx_{frais\ Euro} \times (1 + Inflation_j)^{j-1} \times PM_{Euro}(j). \quad (3.6)$$

Il s'agit de la même formule pour l'UC. Les frais réels totaux correspondent à la somme entre les frais réels de l'Euro et de l'UC. Les frais d'acquisition sont également indexés avec l'inflation sur le même principe.

Concernant les **rachats conjoncturels**, une étude a été réalisée afin de voir si un rapprochement pouvait être fait entre les périodes de forte inflation et l'augmentation des rachats de contrats d'assurance vie. Les données du taux de rachats rapportés aux provisions mathématiques proviennent d'une publication de l'ACPR (2021). Le taux de rachat est différencié en fonction du support dans lequel le capital est investi. En comparant l'historique des dix dernières années de l'inflation et du taux de rachat, le rapport entre ces deux variables est flagrant. En effet, comme le montre le graphique 3.8, les taux de rachats sur les fonds euros suivent la même tendance que l'inflation. Dès que l'inflation augmente, le taux de rachat aussi.

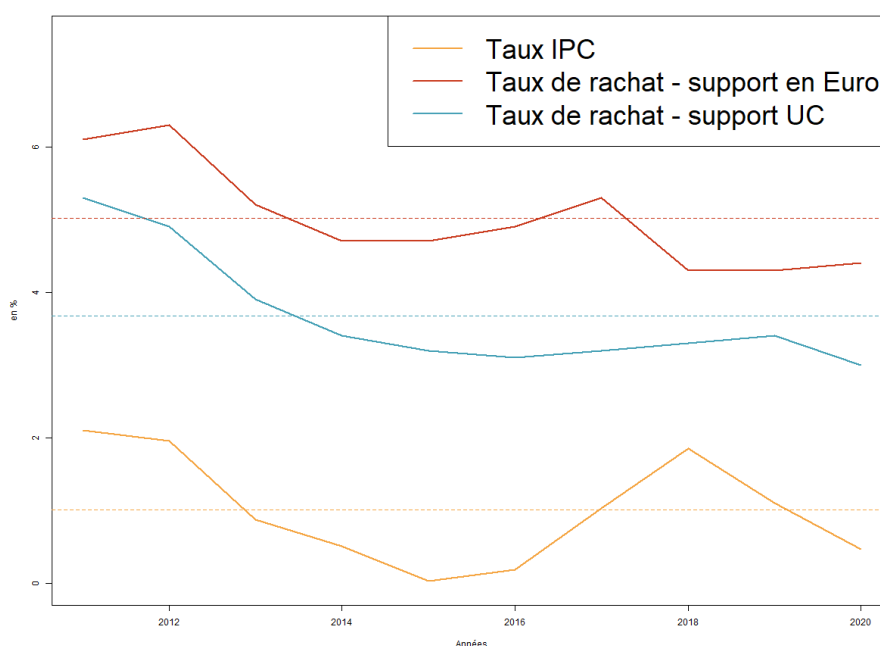


FIGURE 3.8 : Evolution du taux de rachat et de l'inflation

Afin que les rachats conjoncturels soient déterminés en prenant en compte l'inflation, la méthode suivante a été appliquée à partir de l'étude ci-dessus. Les rachats structurels étant calculés de manière différente selon le support dans le modèle ALM, la méthode appliquée dépend du support. Il est question de traiter dans un premier temps le support Euro. L'idée principale est d'indexer les rachats conjoncturels en fonction de l'inflation en supposant que les rachats structurels restent inchangés. Il s'agit de trouver une série de coefficients à ajouter au taux de rachat conjoncturel initial qui dépendrait de la valeur de l'inflation.

La première étape pour calibrer le coefficient consiste à exprimer les taux de rachat en fonction du taux IPC des dernières années avec une fonction par morceaux à tendance linéaire. La notion de régression linéaire ne peut pas être évoquée du fait du peu de données (10 valeurs).

Ensuite, le taux de rachat total vient des tables inflation fournies par le GSE puis est lissé pour pouvoir mieux calibrer le coefficient. Il a été choisi que les taux de rachats associés à moins de 0% d'inflation ne seront pas impactés par le coefficient. Pour trouver le taux de rachat conjoncturel, les rachats totaux

à 0% d'inflation sont considérés comme provenant uniquement des rachats structurels. Le coefficient se mesure en prenant l'écart entre le taux de rachat total associé à la valeur d'inflation avec la valeur du taux de rachat total associé à 0% d'inflation.

Soient  $i$  qui représente les pas d'inflation triés par ordre croissant qui va de 0% à 10%,  $i_0$  l'inflation à 0%,  $Tx\ rachat\ total^{i_0}$  la valeur du taux de rachat total lorsque l'inflation vaut 0%,  $Tx\ rachat\ total^i$ , le taux de rachat total lorsque l'inflation vaut  $i$  et  $coefficient^i$ , le coefficient à ajouter associé à l'inflation  $i$ .

$$coefficient^i = Tx\ rachat\ total^i - Tx\ rachat\ total^{i_0}. \quad (3.7)$$

Les coefficients ont été calibrés en faisant la moyenne des coefficients de plusieurs scénarios, notamment des scénarios extrêmes.

Ce coefficient est alors ajouté aux taux de rachats conjoncturels dans le modèle ALM. Avec l'ajout de ce coefficient dans le modèle ALM, du fait de la faible volatilité de l'inflation, il a donc été retenu à dire d'expert d'appliquer la fonction exponentielle au coefficient. Les coefficients retenus sont illustrés dans le graphique 3.9.

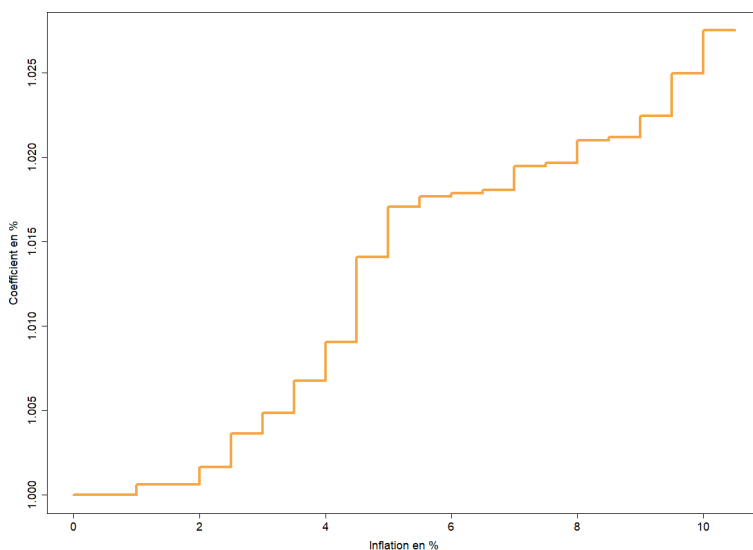


FIGURE 3.9 : Coefficient additif à appliquer aux taux de rachat conjoncturel

### 3.3.2 Présentation des indicateurs du scénario central

Le scénario central est le scénario qui sert de base à l'analyse des différents impacts des taux et de l'inflation. Aucun choc n'est fait sur ce scénario. Ce scénario provient d'une projection des différents flux obtenus avec l'outil ALM avec des données économiques au 30/06/2022. Il faut noter que, à cette date, la remontée des taux de la part de la BCE était annoncée mais pas encore effective. Néanmoins, les taux utilisés provenant de la courbe des taux de l'EIOPA sont tous positifs.

### Scénario central

Il convient d'analyser le bilan ainsi que les indicateurs de solvabilité du scénario central qui permettront d'avoir un axe de comparaison pour les autres scénarios.

La figure 3.10 présente le bilan Solvabilité 2 de la compagnie modélisée.

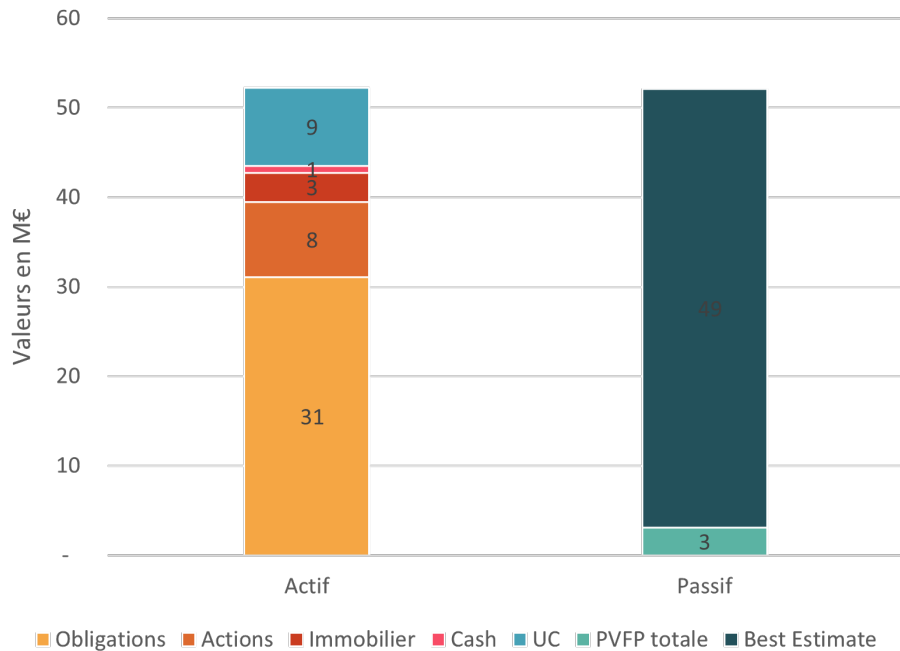


FIGURE 3.10 : Bilan Solvabilité 2 initial du scénario central

La part d'UC dans l'actif compte pour 17% dans l'actif tandis que 20% des PM d'ouverture étaient investies dans l'UC. La part d'UC a alors diminué via l'adéquation actif/passif. La PVFP représente 6% dans le passif, les engagements de l'assureur restent la composante majeure du passif malgré la remontée des taux qui devrait amener à diminuer la valeur du *Best Estimate*.

L'évolution des rachats est donnée par la figure 3.11. Les rachats permettent aux assureurs de connaître le comportement des assurés. Ces derniers dépendent de beaucoup de facteurs et de la situation macro-économique et politique qui ne peut pas être prise en compte dans le modèle. Les rachats dynamiques dépendent entre autres du taux servi de l'année précédente, du taux cible qui correspond dans le modèle au taux OAT 10 ans et de l'inflation avec un coefficient additif.

Il est intéressant de se pencher sur la rémunération des contrats du côté des assurés. Pour rappel, la rémunération des assurés dépend d'un taux cible pour être compétitif face aux autres concurrents. La réglementation permet aux assureurs de doter la provision pour participation aux bénéfices (PPB) mais ils doivent la reverser aux assurés dans les 8 ans après la dotation. Si la participation aux bénéfices ne suffit pas pour atteindre ce montant cible, alors il faut prendre dans la provision pour participation aux bénéfices pour combler ce manque. En revanche, si elle dépasse largement le montant cible, alors l'assureur dote sa PPB de cet écart. Dans tous les cas, la PPB sera versée aux assurés par la suite dans la mesure de 8 années glissantes.

Lorsque la variation de PPB est négative, cela signifie que l'assureur dote sa PPB pour l'année de projection considérée et inversement lorsqu'elle est positive, il la reprend pour pouvoir verser le montant

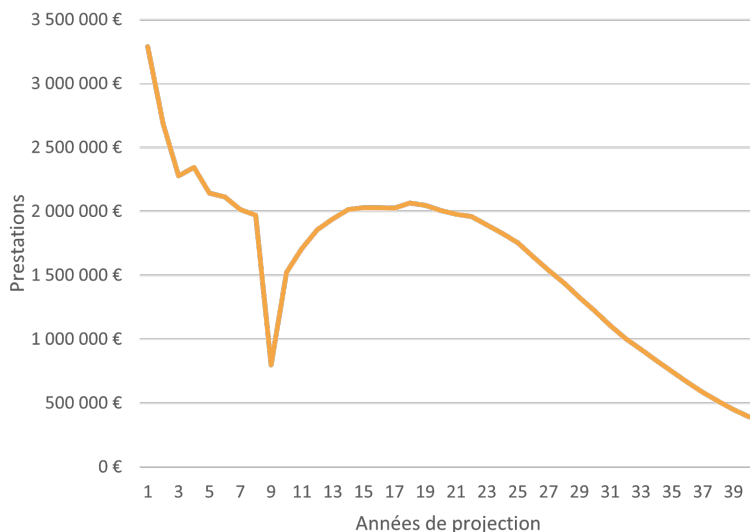


FIGURE 3.11 : Évolution des prestations du scénario central

cible aux assurés pour éviter qu'ils rachètent leur contrat. Dans la figure 3.11, le pic des rachats à la baisse lors de la 8<sup>ème</sup> année correspond au versement de la participation aux bénéfices mise dans la PPB à l'initialisation du modèle comme le confirme la figure 3.12. Les assurés sont satisfaits du rendement de leur contrat d'assurance vie lors de la 8<sup>ème</sup> année de projection. Les rachats dynamiques, proches de 0, le confirment.

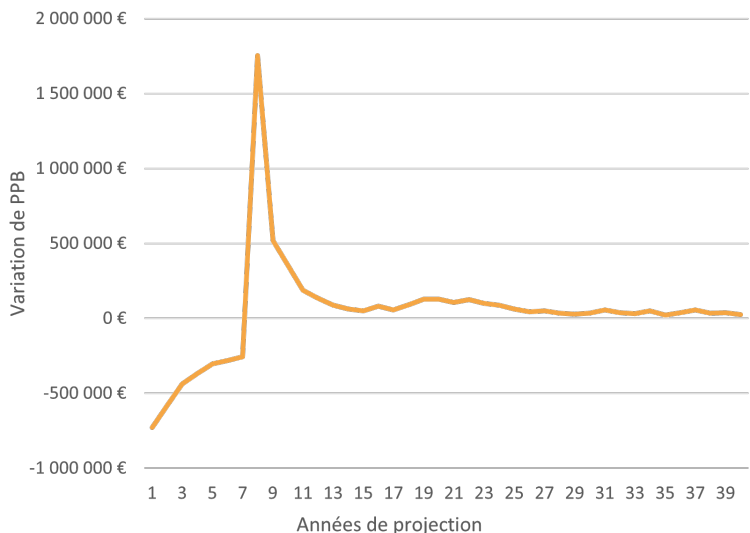


FIGURE 3.12 : Évolution de la variation de PPB du scénario central

Un des indicateurs que les assureurs regardent pour apprécier leur santé économique est le ratio de solvabilité. Les fonds propres n'étant pas modélisés dans l'outil ALM, le ratio de solvabilité appelé ratio de couverture dans le chapitre 1 se calcule en prenant la VIF sur le SCR. Pour rappel, la VIF correspond à la PVFVP à laquelle est retirée le coût d'immobilisation du capital. Dans le modèle, le coût d'immobilisation du capital est mesuré à partir de la *Risk Margin*. Cette dernière se détermine à

partir de la somme actualisée du SCR opérationnel et de l'ajustement projetée sur les 40 années. Le scénario central a pour ratio de couverture 162% avec une PVFP de 3 133 530 € et un SCR de 1 684 023 €.

Afin de comprendre quel module est majoritaire dans la valeur du SCR, un calcul de contribution est réalisé. L'étude faite par GRANDPERRIN (2018) et résumée par NAHON (2022) permet de trouver les contributions de chaque sous-module de risque dans la valeur du BSCR. La contribution sera d'autant plus forte si le risque est corrélé avec de nombreux autres risques. Le calcul se base sur la méthode d'Euler. La contribution est donnée en pourcentage du BSCR.

Le SCR correspond au SCR net. Il est calculé en faisant la somme entre le BSCR net, l'ajustement des impôts différés et le SCR opérationnel. Le BSCR net est calculé à partir des SCR nets de marché et de souscription. Le calcul du SCR de chaque sous-module correspond à un calcul net en prenant la différence entre la PVFP du scénario central et celle du scénario choqué.

Soit  $A$  le sous-module de risque dont la contribution dans le BSCR est à trouver,  $M = \{Marché, Vie\}$  l'ensemble des modules,  $S$  le sous-module du module  $M$  et  $\gamma_{kA}$  le coefficient de corrélation entre les sous-modules  $A$  et  $k$  défini par la formule standard. La contribution totale pour chaque sous-module de risque est donnée par l'équation suivante 3.8.

$$\text{Contribution totale}_A = \sum_{i \in M} \text{Contribution}_i \times \mathbb{1}_{A \in i} \times \sum_{j \in S} \text{Contribution}_A \times \mathbb{1}_{A=j}, \quad (3.8)$$

avec,  $l$  étant un module ou un sous-module de risque,

$$\text{Contribution}_l = \frac{\text{SCR}_l}{\text{SCR}_M^2} \times \sum_{k \in S} \gamma_{kl} \times \text{SCR}_k.$$

Dans le cadre de ce mémoire, les sous-modules du module Vie sont { Mortalité, Longévité, Catastrophe, Rachat, Frais } et ceux du module Marché sont { Action, Immobilier, Taux d'intérêt, Spread }.

La figure 3.13 présente les résultats issus de la diversification après le calcul des contributions de chaque sous-module. Dans cette étude, les sous-modules de longévité, de catastrophe et de mortalité ont très peu d'influence sur le BSCR.

Le sous-module de risque le plus important pour la compagnie étudiée est le sous-module action. Le risque de taux est divisé en deux scénarios avec un choc à la hausse et un choc à la baisse. Le scénario retenu est celui qui conduit à un risque de marché le plus coûteux. Dans la situation centrale, le scénario avec un choc de baisse des taux conduit à la situation la plus défavorable du SCR de marché. Le risque de taux constitue la deuxième plus grosse contribution dans le BSCR suivi de très près du spread et des rachats.

### Sensibilités sur le portefeuille

Différentes sensibilités ont été réalisées sur les portefeuilles de passif et d'actif afin de comprendre comment sont impactés les indicateurs. Concernant le passif, une sensibilité est faite sur le TMG. Le premier scénario est de considérer que tous les contrats du portefeuille ont un TMG de 0%. Le second scénario est d'avoir 50% des contrats avec un TMG à 0% et 50% avec un TMG compris entre 0 et 1%. Les sensibilités ont été choisies de manière à mieux refléter la tendance actuelle des TMG dans les contrats commercialisés aujourd'hui.

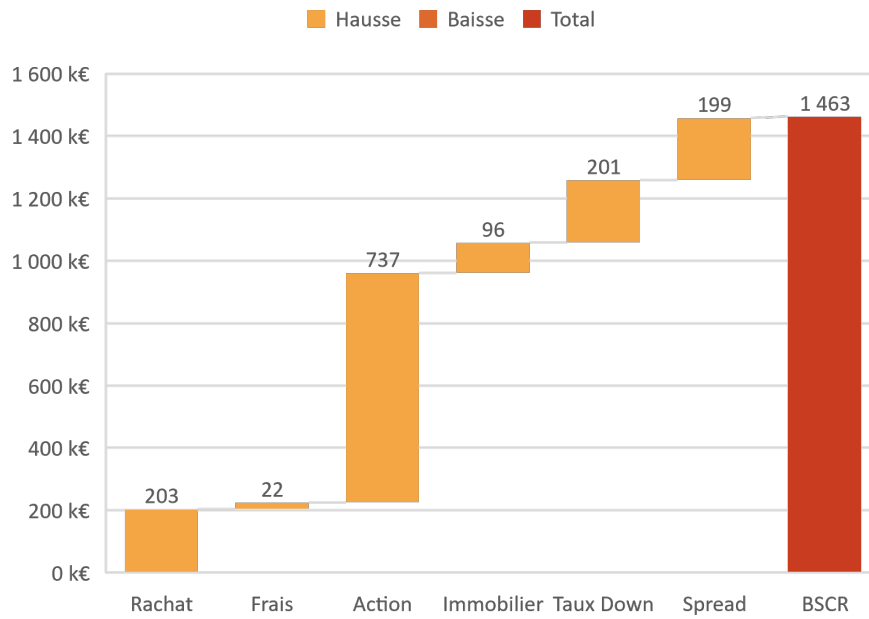


FIGURE 3.13 : Décomposition du BSCR par sous-module de risque

Concernant l’actif, les sensibilités sont faites sur l’allocation d’actifs. La première sensibilité considérée est d’augmenter la part d’obligations à 83% et de diminuer celle des actions à 8%. La deuxième sensibilité est d’augmenter la proportion des obligations d’Etat à 60% et de diminuer celle des obligations d’entreprise à 40%. La proportion d’obligations dans le portefeuille n’est pas impactée. Les allocations d’actifs des différentes sensibilités sont résumées dans la figure 3.14 et ont été retenues pour se rapprocher de la réalité de l’allocation d’actifs des assureurs. Pour réaliser les sensibilités, les proportions ont été appliquées sur la VNC. Les valeurs de marché sont donc différentes par rapport à celles du scénario central. Néanmoins, les taux de plus-values sont conservés.

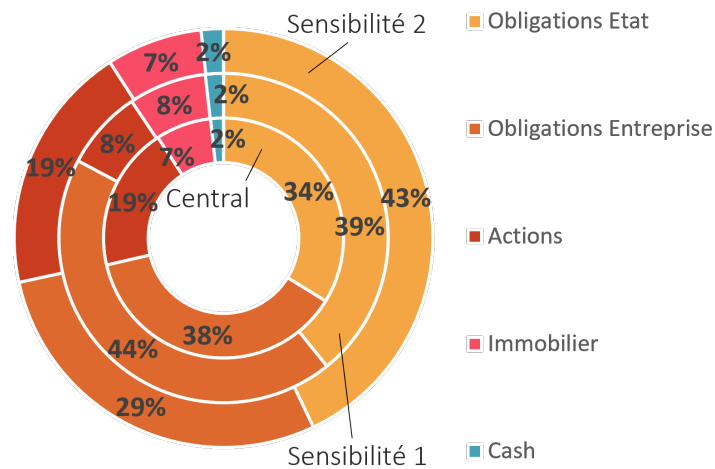


FIGURE 3.14 : Allocation d’actifs des sensibilités



Dans les quatre sensibilités faites, le ratio de solvabilité s'améliore nettement par rapport au scénario central. Les profits futurs se bonifient également pour les quatre scénarios. La table 3.12 résume les impacts sur les indicateurs des quatre sensibilités.

| en k€    | Central | Sensibilité Actif          |  | Sensibilité Passif               |                                 |
|----------|---------|----------------------------|--|----------------------------------|---------------------------------|
|          |         | 83% oblig. et 9% d'actions | 60% oblig. Etat et 40% oblig. entreprise | 0% de TMG pour tous les contrats | 50% des contrats avec 0% de TMG |
| PVFP     | 3 134   | 3 638                      | 3 192                                    | 3 208                            | 3 190                           |
| VIF      | 2 727   | 3 182                      | 2 782                                    | 2 801                            | 2 727                           |
| BE       | 49 004  | 47 545                     | 49 267                                   | 48 961                           | 48 978                          |
| SCR      | 1 684   | 1 229                      | 1 590                                    | 1 630                            | 1 646                           |
| Ratio S2 | 162%    | 259%                       | 175%                                     | 172%                             | 169%                            |

TABLE 3.12 : Impacts sur les indicateurs des quatre sensibilités sur l'actif et le passif

En cas d'augmentation des obligations dans le portefeuille de l'assureur tout en gardant la même proportion entre les obligations d'Etat et d'entreprise par rapport au scénario central (sensibilité 1), tous les indicateurs sont avantageux. De plus, le *Best Estimate* diminue. Cela est dû à la PB qui est moins élevée.

Lorsque les obligations d'Etat sont plus importantes que les obligations d'entreprise (sensibilité 2), le risque de spread est alors moins coûteux que dans le scénario central. Au global, le SCR est moins élevé que dans le scénario central. Le *Best Estimate* et la PVFP sont stables.

La figure 3.15 donne les contributions des sous-modules au BSCR après diversification.

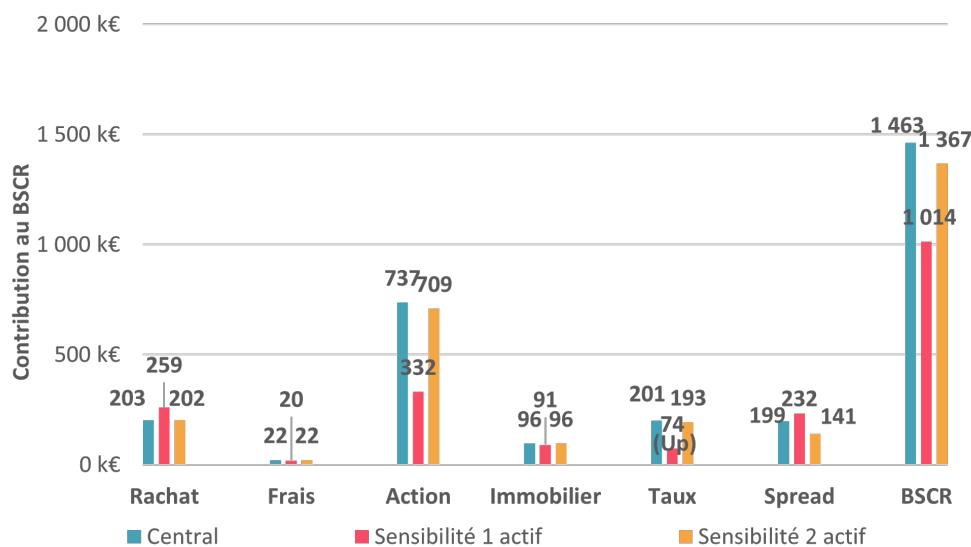


FIGURE 3.15 : Contribution des sous-modules au BSCR

Concernant les sensibilités sur le portefeuille de passif, les impacts sur la première sensibilité avec tous les contrats à 0% de TMG sont très faibles. Les taux servis subissent des répercussions négatives : en moyenne, les taux servis passent de 2,91% à 2,86%. Cela n'affecte pas le SCR de rachat. Néanmoins, le SCR est réduit. Tous les sous-modules du SCR de marché diminuent.

Avec la deuxième sensibilité sur le portefeuille de passif, tous les indicateurs évoluent positivement

pour l'assureur : sont observés de meilleurs profits, une valeur des engagements plus faible, un SCR moins coûteux et un meilleur ratio de couverture. Néanmoins, les taux servis sont plus faibles que dans le scénario central mais légèrement supérieur au scénario ci-dessus compte tenu du TMG qui est supérieur.

### 3.4 Scénarios choqués de l'inflation et des taux

L'étude est basée sur huit tests de sensibilité afin de mesurer l'impact de toute évolution des taux et de l'inflation.

#### 3.4.1 Présentation des scénarios

Du fait de la situation actuelle, huit scénarios ont été retenus :

- un scénario où les taux sont en hausse par rapport au central ;
- un scénario où seul l'inflation est en hausse par rapport au central ;
- un scénario où seul les taux sont en baisse par rapport au central ;
- un scénario où seul l'inflation est en hausse par rapport au central ;
- un scénario où les taux et l'inflation sont en hausse par rapport au central ;
- un scénario où les taux sont en hausse par rapport au central et l'inflation en baisse ;
- un scénario où les taux sont en baisse par rapport au central et l'inflation en hausse ;
- un scénario où les taux et l'inflation sont en baisse par rapport au central.

Il est question de séparer les chocs inflation et taux afin de voir quelles composantes vont fluctuer, alors qu'en réalité ces deux variables évoluent simultanément. En effet, par exemple, lorsque l'inflation augmente, la Banque Centrale réhausse ses taux pour contenir l'inflation et la faire redescendre à 2%. Il est donc difficile d'envisager de manière réaliste que la situation avec un choc unique se produise. Cela a été réalisé afin de constater si les scénarios à doubles chocs sont le résultat réuni des deux chocs séparés.

Les chocs ont été appliqués aux données en entrée du GSE. Autrement dit, pour chaque scénario, le GSE est recalibré. Concernant le choc sur les taux, l'impact est fait sur la courbe des taux EIOPA, de manière multiplicative du fait de sa construction. Lors de la risque-neutralisation avec les taux sans VA, les coupons des obligations sont alors recalculés du fait de la risque-neutralisation avec la nouvelle courbe des taux et de l'achat au pair. Pour l'inflation, le choc est effectué sur les zéro-coupons indexés sur l'inflation puisque cette donnée sert à retrouver le prix du zéro-coupon réel. Dans le modèle de Jarrow Yildirim, l'inflation est déduite des taux réels et des taux nominaux. La table 3.13 présente les différents scénarios avec la mesure des chocs.

|  | Choc sur les taux | Choc sur l'inflation |
|--|-------------------|----------------------|
| Scénario central   | x                 | x                    |
| Scénario avec une hausse sur l'inflation                       | x                 | 5%                   |
| Scénario avec une hausse sur les taux                          | 50%               | x                    |
| Scénario avec une baisse sur les taux                          | -50%              | x                    |
| Scénario avec une baisse sur l'inflation                       | x                 | -5%                  |
| Scénario avec une hausse des taux et une hausse de l'inflation | 50%               | 5%                   |
| Scénario avec une hausse des taux et une baisse de l'inflation | 50%               | -5%                  |
| Scénario avec une baisse des taux et une baisse de l'inflation | -50%              | -5%                  |
| Scénario avec une baisse des taux et une hausse de l'inflation | -50%              | 5%                   |

TABLE 3.13 : Différents scénarios considérés

Volontairement, les chocs sont élevés afin de mieux mesurer comment ils impactent les ratios des assureurs et dans quel sens ils vont jouer. Ils ont été réalisés en point de pourcentage. C'est pourquoi les chocs sur l'inflation ont été créés avec une base de 5% , montant de l'inflation en moyenne depuis le début de l'année 2022. Pour les taux, un choc de 50% a été retenu, choc classique dans le cadre de sensibilités financières pour les assureurs.

### 3.4.2 Présentation globale des résultats

Les indicateurs retenus pour pouvoir comparer les différents scénarios sont le ratio de solvabilité, la PVFP présentée dans le chapitre 1, le ratio VIF sur PM et le SCR.

Les indicateurs sont présentés dans la table 3.14 afin d'avoir une vision globale.

| Choc sur les taux | Choc sur l'inflation | VIF/SCR | PVFP        | VIF/PM | SCR         |
|-------------------|----------------------|---------|-------------|--------|-------------|
| x                 | x                    | 162%    | 3 133 530 € | 6.24%  | 1 684 023 € |
| x                 | 5%                   | 161%    | 3 099 739 € | 6.16%  | 1 676 588 € |
| 50%               | x                    | 115%    | 3 123 547 € | 5.79%  | 2 192 626 € |
| -50%              | x                    | 146%    | 2 333 286 € | 4.26%  | 1 275 833 € |
| x                 | - 5%                 | 163%    | 3 171 037 € | 6.31%  | 1 692 501 € |
| 50%               | 5%                   | 115%    | 3 096 772 € | 5.74%  | 2 176 961 € |
| 50%               | -5%                  | 116%    | 3 149 653 € | 5.84%  | 2 207 869 € |
| -50%              | -5%                  | 149%    | 2 378 342 € | 4.36%  | 1 281 258 € |
| -50%              | 5%                   | 143%    | 2 286 975 € | 4.16%  | 1 270 296 € |

TABLE 3.14 : Principaux indicateurs

A première vue, il découle que l'inflation a une influence mesurée sur le ratio de couverture tandis que l'impact d'un choc de taux est plus important sur ce ratio. Le cumul d'une hausse des taux et d'une hausse de l'inflation représente le pire scénario en terme de solvabilité avec un ratio de 115,32 %. En effet, le capital réglementaire est très proche de la PVFP. Le scénario le plus favorable en terme de solvabilité est celui avec une baisse seule de l'inflation. Parmi les scénarios qui cumulent un double choc, le scénario avec une baisse des taux et une baisse de l'inflation constitue le meilleur scénario avec un ratio de 149%. Il convient d'analyser plus en profondeur ces chiffres afin de trouver une explication.

### 3.4.3 Analyse des résultats

Maintenant que la vision globale des résultats est réalisée, il s'agit de revenir à la définition des indicateurs afin de savoir quelles sont les composantes qui sont les plus impactées. Pour plus de simplicité d'analyse, les scénarios avec un unique choc seront présentés pour ensuite voir les effets des chocs cumulés.

#### Comparaison des scénarios choqués par l'inflation

L'analyse des résultats débute avec la comparaison des scénarios qui subissent un choc unique sur l'inflation avec le scénario central. Le scénario avec la baisse de l'inflation est le meilleur en terme de solvabilité avec un ratio de couverture de 163,23%. Il est étonnant de constater que les prestations de rachats ne semblent que très peu prendre en compte l'inflation. Cela s'explique par la très faible volatilité de l'inflation fournie par le GSE. Cela est flagrant en comparant l'inflation choquée et l'inflation initiale : il y a très peu de différence entre ces deux données. Néanmoins, d'autres composantes sont impactées par le choc inflation. Pour rappel, les frais sont calculés en fonction de l'inflation. Au global sur toutes les années de projection, le choc de hausse de l'inflation impacte de 2,1% les frais et de -1,9% pour une baisse de l'inflation. C'est illustré dans le graphe 3.16.

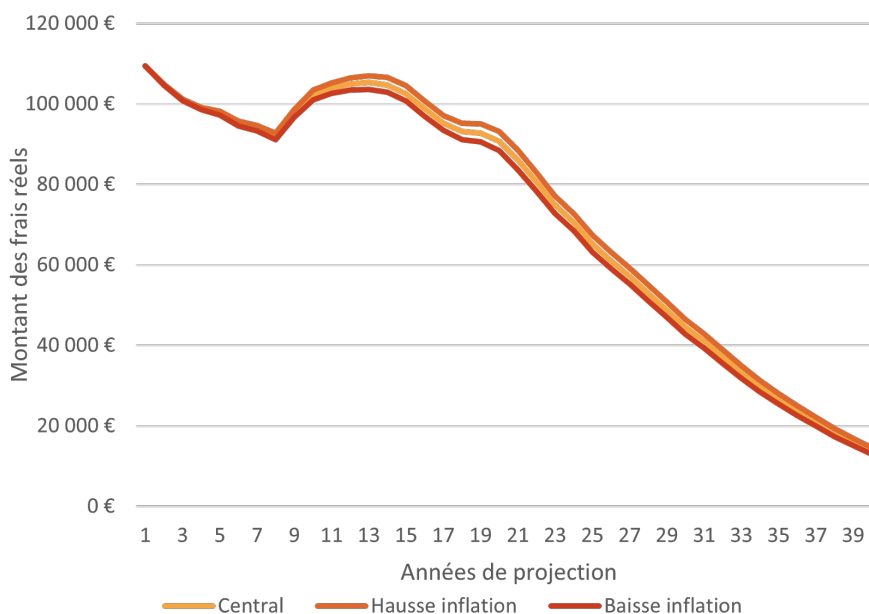


FIGURE 3.16 : Évolution des frais du scénario central et des scénarios choqués par l'inflation

Néanmoins, le *Best Estimate* subit une répercussion à une moindre échelle et évolue dans le même sens que le choc.

Lorsque l'inflation est élevée, les indicateurs étudiés tels la PVFP, le SCR et la VIF diminuent par rapport au scénario central.

Les prestations décès et rachats augmentent du fait du coefficient additif aux rachats dynamiques. Les frais augmentant de 2%, au global, le *Best Estimate* croît.

Les taux servis sont identiques entre les trois scénarios étudiés à court terme. Une légère hausse des taux servis en moyenne de 0,0007% sur les dernières années de projection peut être observée du fait de

la meilleure rémunération des obligations. En effet, les obligations arrivant à échéance sont réinvesties dans de nouvelles obligations dont le rendement est meilleur. Il faut rappeler que plus de 71% des contrats sont investis dans des obligations. Le rendement des contrats est donc fortement soumis à celui des obligations. Néanmoins, étudiant séparément les effets de l'inflation et des taux, il n'est pas supposé de hausse des taux externe dans les deux scénarios étudiés. Cependant, le GSE a projeté une très légère hausse des taux internes à long terme. C'est pour cela que les taux servis ont très discrètement remonté.

Le même processus s'effectue de manière inverse lorsque l'inflation diminue.

Il s'agit maintenant de quantifier les impacts sur les indicateurs.

La VIF est l'indicateur qui est le plus impacté par le choc d'inflation. Elle évolue, selon la baisse ou la hausse de l'inflation, à respectivement, +/- 1,25% en moyenne par rapport au scénario central. Concernant la hausse de l'inflation, la marge pour risque, comme le SCR, fluctuent respectivement autour de - 0,26% et - 0,44% tandis que pour une baisse de l'inflation, les évolutions se situent respectivement autour de 0,57% et 0,50%. Ces deux indicateurs sont liés puisque la marge pour risque est calculée en fonction du SCR donc ces évolutions sont cohérentes. Les variations de la PVFP se placent à -1,08% pour la hausse de l'inflation et à 1,20% pour la baisse de l'inflation par rapport au scénario central.

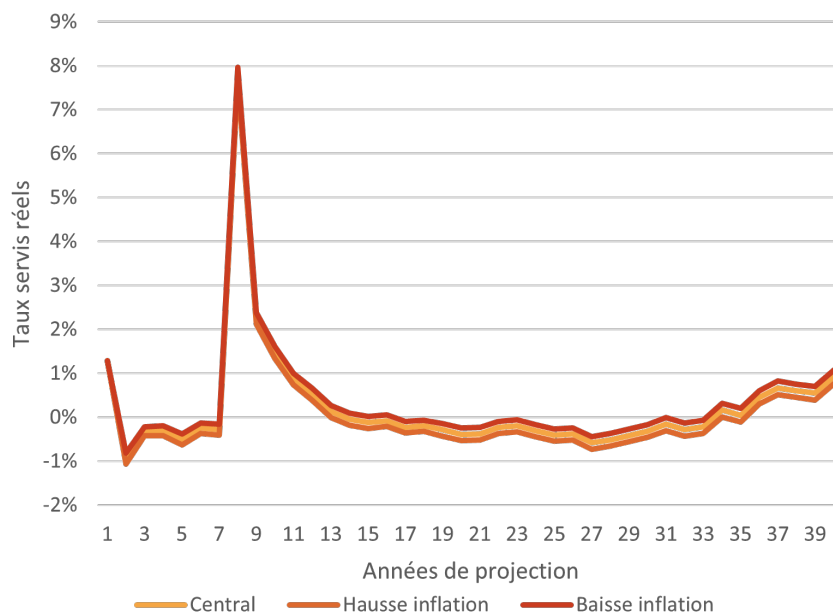


FIGURE 3.17 : Évolution des taux servis réels du scénario central et des scénarios choqués par l'inflation

Il est intéressant d'analyser la figure 3.17 qui représente les taux servis réels. L'approximation du taux servi réel se calcule à partir des taux servis aux assurés auxquels il faut retirer l'inflation. L'inflation retenue est la moyenne des 1000 scénarios obtenus avec le GSE. En moyenne, les taux réels sont négatifs : cela signifie que les rendements nominaux des contrats ne sont assez performants par rapport à l'inflation. Dans ce modèle, placer son capital dans l'assurance vie ne protège donc pas efficacement des effets de la hausse des prix. Un assuré qui se trouve dans une situation où l'inflation baisse verra ses rendements d'assurance vie meilleurs qu'en cas de forte inflation.

La figure 3.18 présente les différentes contributions des sous-modules de risque dans la détermination du BSCR en cas de hausse et de baisse de l'inflation. Toutes les contributions des sous-modules di-

minuent sauf celle du risque taux en cas de hausse des taux. Les contributions en pourcentage sont détaillées dans la table 3.15. La hausse de l'inflation provoque une augmentation de la contribution des risques de taux et de frais. En outre, il est étonnant de constater que le SCR de rachat baisse légèrement lorsque l'inflation augmente.

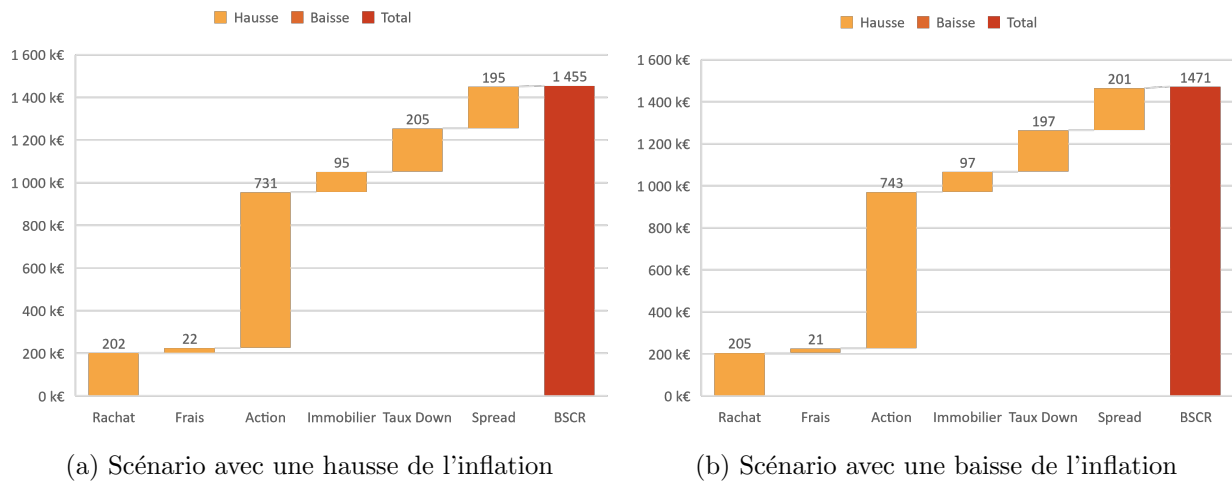


FIGURE 3.18 : Décomposition du BSCR par sous-module de risque

|                  | Rachat | Frais | Action | Immobilier | Taux Down | Spread | BSCR       |
|------------------|--------|-------|--------|------------|-----------|--------|------------|
| Central          | 13.87% | 1.49% | 50.36% | 6.57%      | 13.73%    | 13.56% | 1 463 505€ |
| Hausse inflation | 13.85% | 1.52% | 50.24% | 6.52%      | 14.08%    | 13.40% | 1 455 780€ |
| Baisse inflation | 13.95% | 1.45% | 50.47% | 6.61%      | 13.39%    | 13.68% | 1 472 013€ |

TABLE 3.15 : Contribution des sous-modules de risque dans le calcul du BSCR

Dans le cadre de la formule standard, le risque de rachat correspond au choc qui exige le plus de capital parmi le choc haussier, le choc baissier et le choc massif. Les chocs de hausse et de baisse des rachats sont appliqués à toutes les années de projections tandis que le choc de rachat concerne 40% des contrats et est appliqué seulement sur la première année. Dans les trois scénarios considérés, le SCR rachat correspond au SCR rachat massif. Dans le cas de la hausse de l'inflation, la croissance des frais est plus faible que la diminution des prestations totales du fait des rachats massifs la première année. Les engagements de l'assureur envers les assurés décroissent moins rapidement que dans le scénario central à cause de la hausse des frais. Cela explique pourquoi le SCR de rachat baisse quand l'inflation augmente.

En conclusion, le ratio de solvabilité se détériore dans le cas d'une hausse de l'inflation. Les prestations diminuent légèrement contrairement aux attentes du fait de la faible volatilité de l'inflation générée par le GSE ainsi que de la calibration du GSE avec des données antérieures à 2022. Les frais en moyenne ainsi que le *Best Estimate* augmentent également. Les engagements de l'assureur s'amplifient, ses profits diminuent. Le choc d'inflation a très peu de répercussions quantitativement sur les indicateurs.

### Comparaison des scénarios choqués par les taux

Une fois les effets de l'inflation étudiés, il convient d'analyser les répercussions des taux pour les assureurs. Pour rappel, le choc de taux fait baisser le ratio de solvabilité, d'autant plus lorsque c'est un choc à la hausse. Le ratio passe de 162% à 146% avec une baisse des taux et descend à 115% avec une hausse des taux. Un choc sur les taux a des impacts sur beaucoup de composantes à l'actif et au passif. Il a une incidence directe sur la valeur des obligations à l'actif et sur le *Best Estimate* qui est actualisé avec la courbe des taux. L'écho se propageant sur la valeur des obligations, les rendements des contrats en subissent alors les conséquences et donc dans un deuxième temps, les rachats aussi.

Il s'agit d'étudier les composantes du *Best Estimate* afin de comprendre comment celui-ci fluctue. N'ayant pas de primes, ni de cotisations, un élément important du *Best Estimate* concerne les rachats qui dépendent eux-mêmes des taux servis.

**Lors d'une hausse des taux**, la valeur des obligations dans le portefeuille d'actif diminue par rapport à celle sur le marché. En effet, les coupons des nouvelles obligations sont supérieurs à ceux dans le portefeuille de l'assureur. Si l'assureur réussit à garder ses obligations jusqu'à échéance, alors il n'aura pas de répercussions et pourra réinvestir dans de nouvelles obligations avec un meilleur coupon. En cas de rachat ou de décès, l'assureur est alors contraint de vendre certaines obligations et peut perdre une partie de son investissement du fait de la faible valeur des obligations vendues par rapport à celles du marché. Néanmoins, l'effet qui est le plus prépondérant sur le rendement des contrats est celui de l'augmentation de la valeur des coupons des nouvelles obligations. Cela se voit facilement avec la figure 3.19 qui représente les taux servis aux assurés.

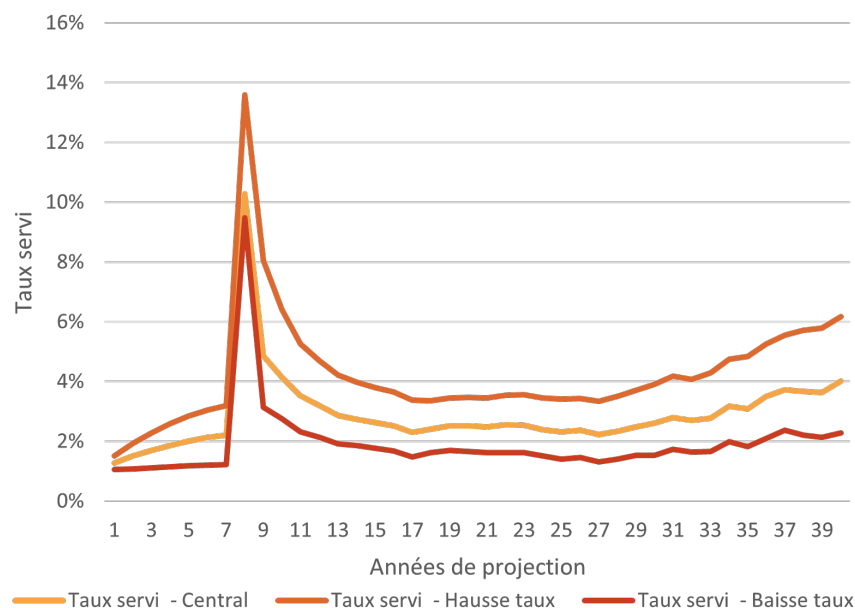
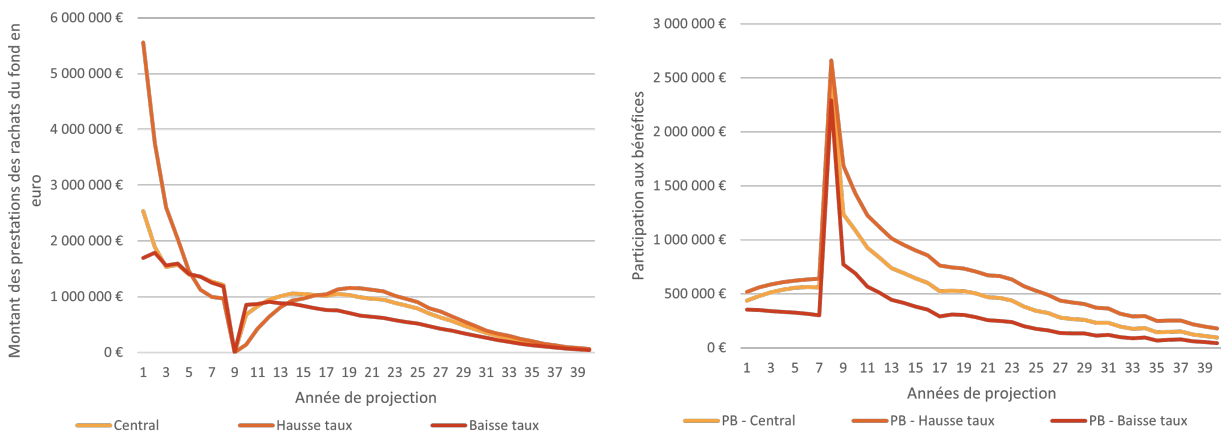


FIGURE 3.19 : Évolution des taux servis du scénario central et des scénarios choqués par les taux

Le taux servi lors d'une hausse de taux est en moyenne de 3,99% contrairement à celui du scénario central qui vaut 2,91%. Les rendements des obligations ont une forte répercussion sur les rendements des contrats d'assurance vie. Cela vient de la représentation massive des obligations dans le portefeuille de l'assureur.

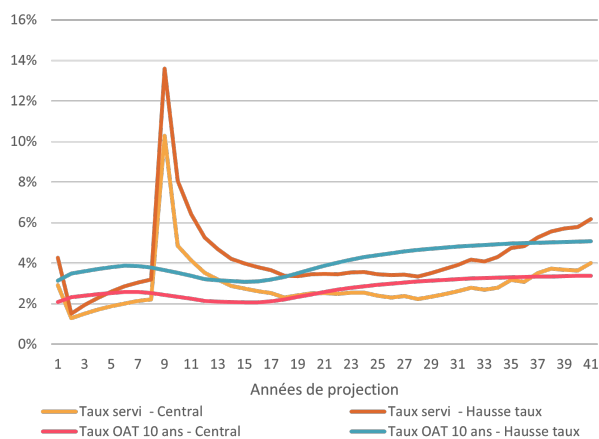
Comme le montre la figure 3.20 (a), la hausse des taux accentue les rachats sur les 5 premières années contrairement à ceux liés à la baisse des taux qui sont similaires à ceux du scénario central. Cela est lié aux taux servis des 5 premières années qui ne sont pas très élevés par rapport au TME, le taux attendu par les assurés dans la formule 2.30 des rachats dynamiques. Le taux attendu dans le modèle correspond au taux OAT 10 ans. La figure 3.20 (c) illustre que le taux attendu par les assurés est supérieur au taux réellement servi sur les 5 premières années. Cela explique alors le pic des rachats sur ces années-là.

Le pic vers le bas lors de la 8<sup>ème</sup> année sur le graphique des rachats coïncide au versement de la provision pour participation aux bénéfiques (PPB) correspondant à la dotation faite en première année. Les assurés voient alors leur rendement augmenter au cours de cette période de projection. Il s'avère que les rachats liés à la hausse des taux sont moins conséquents du fait du très haut rendement des contrats juste après la 8<sup>ème</sup> année avec le versement de la PPB. Ce phénomène peut se voir à l'aide de la figure 3.20 (b). Au global, sur toutes les années de projection, la hausse et la baisse des taux provoquent respectivement une augmentation de 15% des rachats des fonds Euro et une baisse de 17%.



(a) Évolution des rachats des fonds Euro

(b) Évolution de la participation aux bénéfiques



(c) Comparaison des taux servis et des taux attendus par les assurés

FIGURE 3.20 : Évolution des rachats, de la PB et de la comparaison des taux servis avec le taux attendu du scénario central et des scénarios choqués par les taux

Les rachats influencent la valeur du *Best Estimate* : la valeur de ce dernier diminue de 1% par rapport au scénario central alors que les engagements envers les assurés devraient augmenter au vu de la forte valeur des rachats. Cela s'explique par l'actualisation des cash-flows des prestations futures avec la



courbe élevée des taux. Concernant la PPB, elle ne subit pas beaucoup les conséquences du choc de taux, contrairement au *Best Estimate*. La figure 3.21 illustre les faibles répercussions sur la variation de PPB.

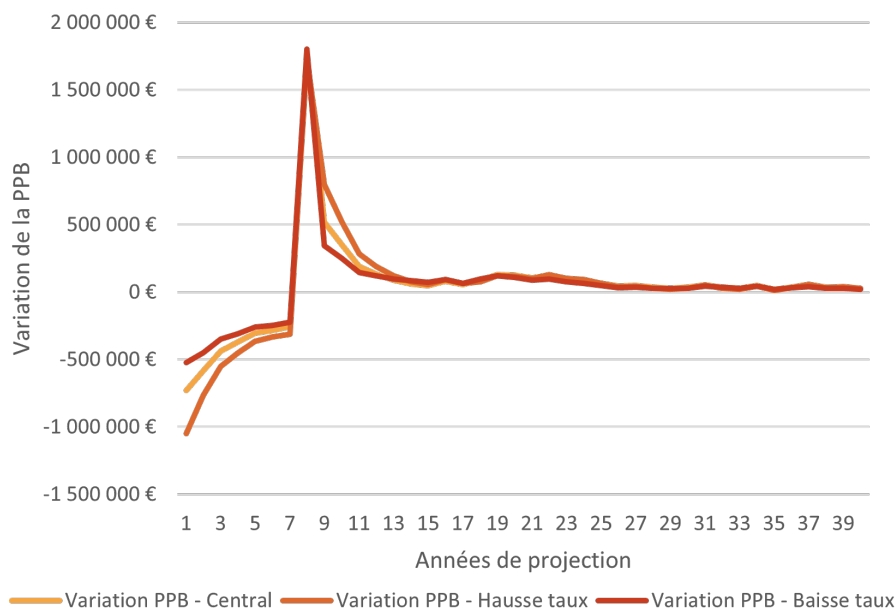


FIGURE 3.21 : Évolution de la PPB du scénario central et des scénarios choqués par les taux

Lors des 7 premières années, la variation de la PPB est négative dans le cas de hausse des taux et bien inférieure à celle du scénario central. Cela signifie que la PB contractuelle est supérieure au montant cible qui est calculé à l'aide de la formule 2.29. Au vu des forts rachats sur les premières années, cela peut sous-entendre que la politique de taux servis n'est peut être pas idéale. En servant aux assurés la PB contractuelle, les assureurs pourraient peut-être éviter cette vague de rachat. Néanmoins, c'est cohérent avec le fait que le taux cible initial n'a pas changé. De la 9<sup>ème</sup> à la 11<sup>ème</sup> année, la variation de PPB est légèrement supérieure au scénario central. En la mettant en relation avec le graphique des rachats, il est possible d'observer que les rachats sont très faibles sur ces années-là.

Il convient d'analyser le SCR. Le SCR est fortement lié au *Best Estimate* et à la valeur de marché des obligations du portefeuille. Lors d'une hausse des taux, le SCR augmente beaucoup. La figure 3.22 permet de mieux distinguer quels sont les risques qui contribuent le plus dans le BSCR. Toutes les contributions des sous-modules évoluent dans le sens contraire de la nature du choc de taux sauf celles des risques taux et action. Les contributions en pourcentage sont détaillées dans la table 3.16.

|                 | Rachat | Frais | Action | Immobilier | Taux           | Spread | BSCR       |
|-----------------|--------|-------|--------|------------|----------------|--------|------------|
| Central         | 13.87% | 1.49% | 50.36% | 6.57%      | 13.73% (Down)  | 13.56% | 1 463 505€ |
| Hausse des taux | 25.92% | 0.90% | 36.84% | 4.38%      | 16.08% (Up)    | 15.66% | 1 982 430€ |
| Baisse des taux | 18.80% | 2.03% | 52.54% | 5.50%      | 20.03 % (Down) | 0%     | 1 039 411€ |

TABLE 3.16 : Contribution des sous-modules de risque dans le calcul du BSCR

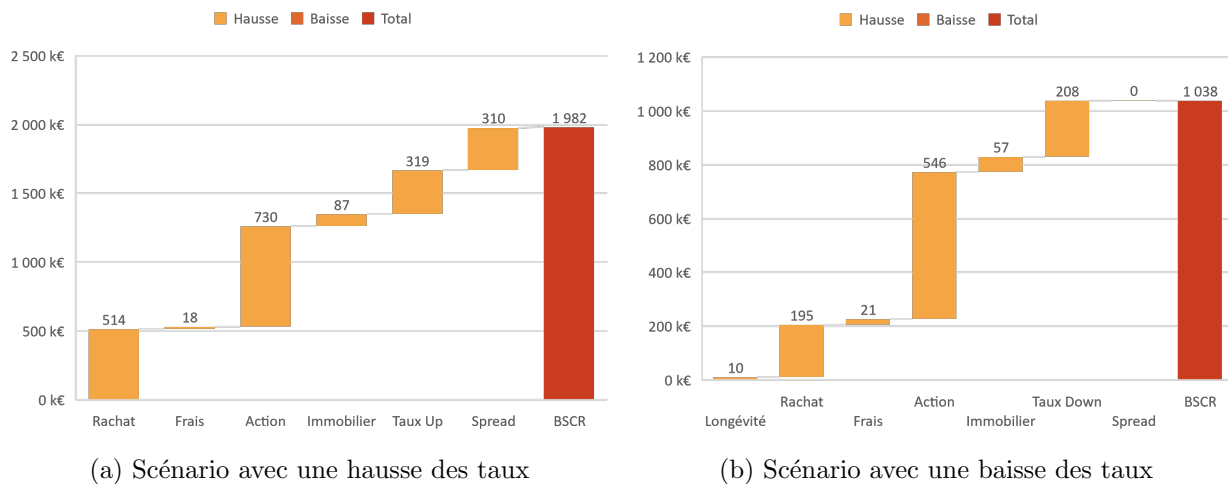


FIGURE 3.22 : Décomposition du BSCR par sous-module de risque

Dans le cas de la hausse des taux, le SCR de rachat augmente considérablement. Le SCR de rachat correspond au SCR de rachat massif qui est le plus coûteux parmi les trois SCR de rachat. Les moins-values latentes étant très nombreuses les premières années, le SCR de rachat massif devient plus conséquent. Le SCR taux correspond au SCR taux Up qui est plus coûteux que le SCR taux Down. Le SCR taux Down est nul dans le modèle de hausse des taux. La valeur des obligations du SCR taux Down génère d'importantes plus values latentes qui entraînent des profits futurs élevés : ce scénario n'est plus un risque pour l'assureur puisque les profits générés par le SCR taux Down sont supérieurs au scénario central.

Il faut se pencher maintenant sur la PVFP. Dans le cas de la hausse des taux, la PVFP est quasi constante. Sur les 5 premières années de projection, les rachats dynamiques s'accroissent comme vu précédemment avec une augmentation en moyenne de 80% sur cette période de projection par rapport au central. Les frais subissent un pic à 5 ans de projection avec une baisse de 16% par rapport au central. Les taux servis ont un pic d'augmentation de 60% lors de la 9ème année de projection, par rapport au cas central. Enfin, les produits financiers augmentent de 28% la première année de projection. En conclusion, les différentes évolutions se compensent pour obtenir une PVFP constante. Dans le ratio de couverture, la PVFP lors d'une hausse des taux ne suffit pas à contrebalancer le SCR élevé. En effet, en comparaison avec le scénario central, le SCR augmente de 30% tandis que la PVFP est constante. La forte mobilisation de capital l'emporte sur tous les profits que peuvent engendrer une hausse des taux. Cela explique pourquoi le ratio de couverture diminue considérablement par rapport au scénario central.

Dans le cas de baisse des taux, les contributions des sous-modules augmentent toutes avec les mêmes proportions sauf le SCR de taux et de spread. Le SCR de taux augmente considérablement : cela est dû à la PVFP qui diminue de 18% tandis que le *Best Estimate* et la valeur de marché des obligations augmentent de la même quantité (3%). En cas de vente d'obligations, la plus-value réalisée les premières années cumulée aux déflateurs importants ne suffit pas pour compenser les rendements des obligations très faibles : cela explique la forte diminution de la PVFP. Il faut noter que le SCR de spread est nul à cause du *Best Estimate* qui diminue moins rapidement que la valeur de marché des obligations, notamment avec l'actualisation avec des taux doublement bas.

Dans le cas de baisse des taux, la PVFP baisse de 26% et s'explique notamment par la baisse des produits financiers de 43% par rapport au central. En cas de baisse des taux, malgré des taux servis relativement bas avec une moyenne de 2,14%, les prestations de rachats des fonds Euro diminuent de 17%. L'actualisation avec les taux faibles l'emporte sur les prestations basses pour le calcul du

*Best Estimate.* Les engagements de l'assureur sont alors plus conséquents. La PVFP est très basse car en cas de vente d'obligations, la plus-value réalisée ne suffit pas pour compenser les rendements des obligations très faibles. Concernant le SCR, il diminue de 24% avec un SCR de Spread nul.

Du fait du choc sur les taux, la valeur de marché des obligations subit directement les conséquences et fait fluctuer tous les indicateurs. Qu'importe le choc sur les taux, le ratio de couverture se dégrade. Le SCR réagit dans le même sens que la nature du choc sur les taux tandis que la PVFP est constante ou se dégrade.

### Scénario avec une hausse sur l'inflation et les taux

Il est nécessaire de s'intéresser au scénario à double choc avec une hausse des taux et de l'inflation.

Dans les paragraphes précédents, il a été vu que la hausse des taux et la hausse de l'inflation font baisser le ratio de couverture tout en laissant l'assureur solvable. En toute logique, le ratio de couverture du scénario de double hausse devrait être inférieur à celui du scénario de hausse des taux. Ce qui est le cas. Le ratio de solvabilité du scénario étudié vaut 115,32% avec une PVFP de 3 096 772 € et un SCR de 2 176 961 € tandis que le ratio du scénario de hausse des taux seul vaut 115,53% avec une PVFP de 3 123 547 € et un SCR de 2 192 626 €.

Afin de constater si l'effet de la double hausse est bien le résultat des deux chocs indépendants, il est préférable de comparer le scénario de double hausse avec le scénario de hausse des taux et de hausse de l'inflation plutôt qu'avec le scénario central.

Les effets sur le *Best Estimate* sont les effets cumulés de la hausse des taux et de l'inflation : l'actualisation des provisions techniques venant de la hausse des taux qui vient le faire baisser et les frais élevés venant de la hausse de l'inflation qui vient légèrement le faire augmenter. Au global, le *Best Estimate* diminue. Les effets sur la PVFP, la variation de PPB, les taux servis et le SCR sont dans le même sens que le cumul des répercussions des deux chocs indépendants sur toutes les années de projection.

Les prestations de rachat du fonds en euros sont légèrement supérieures au scénario de hausse des taux du fait de la hausse de l'inflation. Néanmoins, les prestations de rachats et de décès au global diminuent par rapport au scénario de hausse des taux alors qu'avec le coefficient additif sur les rachats dynamiques, elles devraient diminuer. Ce ne peut être un effet sur les UC puisque les rachats concernant les UC ne sont pas impactés par l'inflation. Les prestations décès du fonds en euros diminuent plus rapidement que les rachats du fonds en euros n'augmentent avec la baisse de l'inflation du fait de la hausse de la PM : les prestations de rachats et de décès au global diminuent par rapport au scénario de hausse des taux.

Les indicateurs ainsi que leurs effets par rapport au scénario central sont résumés dans la table 3.17.

Les contributions des sous-modules dans le calcul du BSCR sont données dans la table 3.18 et la figure 3.23. Les contributions dans le calcul du BSCR des sous-modules sont très proches de celles du scénario de hausse des taux. La contribution du risque taux est très élevée par rapport au scénario central mais augmente très peu par rapport au scénario de hausse des taux. La hausse de l'inflation cumulée à la hausse des taux ralentit la croissance du coût du risque de taux. Il faut se rappeler qu'en cas de hausse de l'inflation, c'est le SCR des taux Down qui est le plus coûteux. Dans le cas étudié, le SCR taux est porté par le SCR taux Up puisque les effets d'une hausse des taux sont plus importants que ceux de l'inflation avec le changement de courbe des taux. La hausse de l'inflation vient diminuer

| Indicateurs                               | Central       | Double hausse | Hausse taux | Hausse inflation |
|---|---------------|---------------|-------------|------------------|
| Somme des prestations                     | 64 598 149€   | 68 742 418€   | 68 742 950€ | 64 633 034€      |
| Variation par rapport au scénario central |               | 6.415%        | 6.416%      | 0.054%           |
| <i>Best Estimate</i>                      | 49 003 786€   | 46 737 038€   | 46 710 266€ | 49 068 535€      |
| Variation par rapport au scénario central |               | -4.626%       | -4.680%     | 0.132%%          |
| Somme de la PB                            | 20 081 878€   | 22 423 007€   | 22 423 676€ | 20 082 679€      |
| Variation par rapport au scénario central |               | 11.658%       | 11.661%     | 0.004%%          |
| Moyenne des taux servis                   | 2.91%         | 3.99%         | 3.99%       | 2.91%            |
| Variation par rapport au scénario central |               | 36.894%       | 36.892%     | 0.002%           |
| Somme des frais réels                     | 2 888 481€    | 2 702 608€    | 2 646 708€  | 2 948 585€       |
| Variation par rapport au scénario central |               | -6.435%       | -8.370%     | 2.081%           |
| Contribution SCR rachat                   | 13.87%        | 25.86%        | 25.92%      | 13.85%           |
| Variation par rapport au scénario central |               | 86.470%       | 86.922%     | -0.108%          |
| Contribution SCR taux                     | 13.73% (Down) | 15.98% (Up)   | 16.08% (Up) | 14.08% (Down)    |
| Variation par rapport au scénario central |               | 16.349%       | 17.066%     | 2.521%           |
| SCR global                                | 1 684 023€    | 2 176 961€    | 2 192 626€  | 1 676 588€       |
| Variation par rapport au scénario central |               | 29.271%       | 30.202%     | -0.441%          |

TABLE 3.17 : Résumé des principaux effets sur les indicateurs

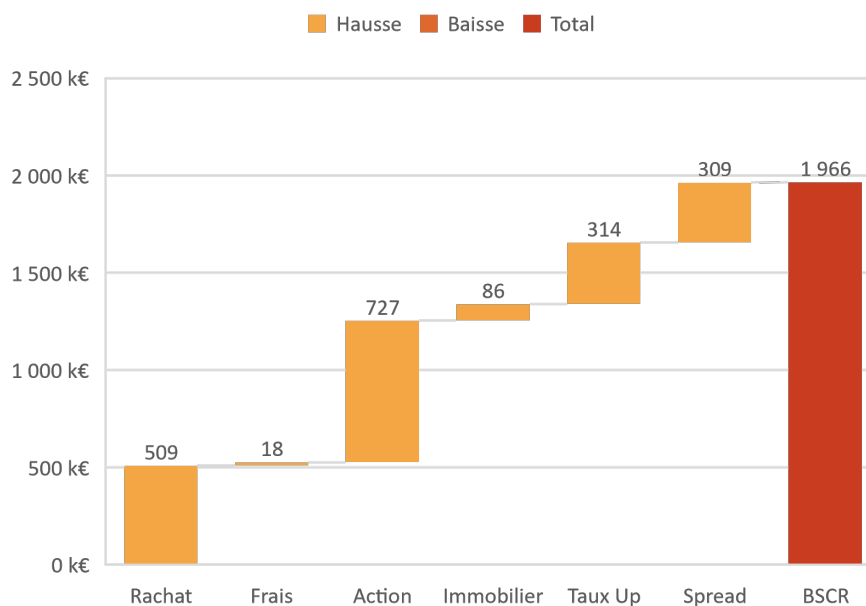


FIGURE 3.23 : Décomposition du BSCR par sous-module de risque dans le cas de double hausse

le coût du SCR lié au risque de taux avec un effet de bord. Cela explique pourquoi le SCR de taux en cas de double choc diminue légèrement par rapport au scénario de hausse des taux.

En outre, il faut noter que le SCR de rachat diminue plus que la baisse sur la somme des deux chocs. Cela est dû au changement de SCR de rachat. En effet, le SCR de rachat du scénario avec hausse de l'inflation et du scénario central correspond au SCR rachat massif tandis le SCR de rachat haussier est le plus coûteux dans le scénario de double hausse et le scénario de hausse des taux.

|               | Rachat | Frais | Action | Immobilier | Taux        | Spread | BSCR       |
|---------------|--------|-------|--------|------------|-------------|--------|------------|
| Central       | 13.87% | 1.49% | 50.36% | 6.57%      | 13.73%      | 13.56% | 1 463 505€ |
| Double Hausse | 25.86% | 0.92% | 36.96% | 4.38%      | 15.98% (Up) | 15.69% | 1 966 644€ |

TABLE 3.18 : Décomposition du BSCR par sous-module de risque

Il est intéressant de noter que pour les modèles avec une hausse des taux, le risque de rachat global correspond à la somme des risques haussiers du fond euro et des UC. Pour les deux autres modèles, le risque rachat global est seulement porté par les SCR rachat massif UC. Les rachats massifs sur la première année de projection ont un fort impact sur les prestations qui diminuent.

Pour conclure sur ce scénario, la ratio de solvabilité qui vaut 115,32% se dégrade de 47% par rapport au scénario central. La valeur des engagements de l'assureur envers les assurés diminue avec l'actualisation des provisions techniques avec des taux élevés. Néanmoins, les profits futurs se dégradent par rapport à la situation actuelle projetée et s'élèvent à 3 096 772 €. Cela est dû à l'effet inflation qui vient faire diminuer la PVFP tandis que la hausse des taux n'a pas d'impact sur la PVFP par effet de compensation. L'inflation a très peu d'impact quantitativement. Concernant le comportement des assurés, le taux servi augmente considérablement du fait de l'inflation et des taux élevés qui améliorent la valeur des nouvelles obligations achetées. Cela permet de limiter les rachats même si ces derniers augmentent inévitablement par rapport au scénario central. L'inflation fait gonfler les rachats du fonds en euros : cet effet ne se ressent pas dans les prestations décès et rachats confondus.

La table 3.19 répertorie les évolutions des indicateurs par rapport au scénario central et au scénario de hausse des taux.

|                | Évolution par rapport au scénario de hausse des taux | Évolution par rapport au scénario central |
|----------------|--|---|
| PVFP           | -  | -   |
| Taux servis    | +  | ++  |
| VIF            | -  | -   |
| BE             | +  | --  |
| SCR            | -  | ++  |
| Ratio de solva | -  | --  |

TABLE 3.19 : Récapitulatif de l'évolution des indicateurs du modèle choqué à la hausse par l'inflation et les taux

### Scénario avec une hausse des taux et une baisse de l'inflation

Le scénario avec une hausse des taux et une baisse de l'inflation correspond au scénario qui suit la politique de la BCE visant à réduire l'inflation par l'augmentation de ses taux directeurs. Le ratio de solvabilité augmente discrètement par rapport à celui du scénario de hausse des taux avec les effets de l'inflation. Il se dresse à 115,74% contrairement à celui de la hausse des taux qui est de 115,53%.

En étudiant le ratio de solvabilité, il se trouve que cette situation est la plus exigeante en capital parmi les neuf autres scénarios étudiés : le SCR vaut 2 207 869€. Les profits générés par ce scénario font partis des meilleurs parmi tous les scénarios, la PVFP s'élève à 3 149 653€.

Les contributions des sous-modules dans le calcul du BSCR sont données dans la table 3.20 et la figure 3.24. Les contributions évoluent globalement dans le même sens que le cumul des deux contributions

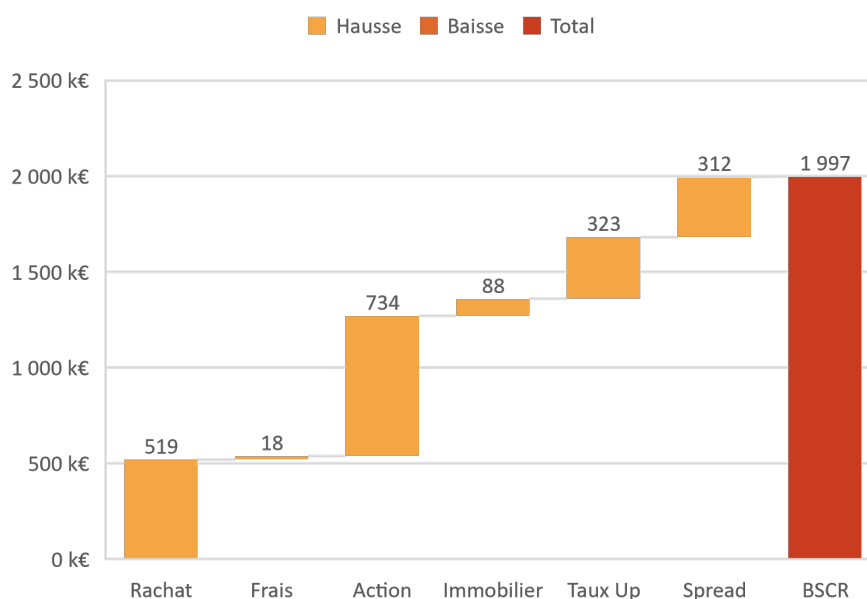


FIGURE 3.24 : Décomposition du BSCR par sous-module de risque dans le cas de hausse des taux et de la baisse de l'inflation

|               | Rachat | Frais | Action | Immobilier | Taux        | Spread | BSCR       |
|---------------|--------|-------|--------|------------|-------------|--------|------------|
| Central       | 13.87% | 1.49% | 50.36% | 6.57%      | 13.73%      | 13.56% | 1 463 505€ |
| Hausse baisse | 25.96% | 0.88% | 36.73% | 4.38%      | 16.17% (Up) | 15.63% | 1 997 790€ |

TABLE 3.20 : Décomposition du BSCR par sous-module de risque

des chocs indépendants.

Il est possible de constater que le SCR Action ne se comporte pas comme la somme des deux effets des scénarios indépendants. La contribution diminue plus la somme des deux effets. La contribution du SCR taux est plus élevée que si les deux chocs indépendants sont additionnés. La différence des SCR de taux pour un choc sur l'inflation et un choc sur les taux conduit un SCR de taux plus important.

Les autres indicateurs étudiés suivent le cumul des effets des deux chocs indépendants. En prenant comme référence le scénario de hausse des taux, il est aisé de constater si la différence avec ce dernier s'explique par le choc de l'inflation. Les prestations de décès et rachats augmentent légèrement plus que le scénario de hausse des taux avec les faibles effets de l'inflation sur les rachats dynamiques. Le *Best Estimate* diminue plus que le scénario de hausse des taux du fait de l'actualisation avec les taux élevés et la baisse de l'inflation qui vient faire baisser les rachats. L'effet est légèrement plus accentué par le cumul des deux chocs lié à l'effet de bords. Quant à la participation aux bénéficiaires, elle s'établit à 560 610€ en moyenne par année, contrairement à 560 592€ en moyenne pour le scénario de hausse des taux. Les prestations de rachat du fonds en euros sont légèrement plus faibles que le scénario de hausse des taux du fait la baisse de l'inflation. Néanmoins, les prestations de rachats et de décès au global augmentent par rapport au scénario de hausse des taux. Les rachats concernant les UC ne sont pas impactés par l'inflation. Les prestations décès du fonds en euros augmentent plus rapidement que les rachats ne diminuent avec la hausse de l'inflation : les prestations de rachats et de décès au global augmentent par rapport au scénario de hausse des taux. Les frais réels de l'assureur sont moins conséquents que la somme des deux effets du fait de l'effet de bord des chocs cumulés. La table 3.21

résume les principaux effets.

| Indicateurs                               | Central     | Hausse taux et baisse inflation | Hausse taux | Baisse inflation |
|---|-------------|---------------------------------|-------------|------------------|
| Somme des prestations                     | 64 598 149€ | 68 743 514€                     | 68 742 950€ | 64 633 802€      |
| Variation par rapport au scénario central |             | 6.417%                          | 6.416%      | 0.055%           |
| <i>Best Estimate</i>                      | 49 003 786€ | 46 684 159€                     | 46 710 266€ | 48 997 238€      |
| Variation par rapport au scénario central |             | -4.734%                         | -4.680%     | -0.013%          |
| Somme de la PB                            | 20 081 878€ | 22 424 382€                     | 22 423 676€ | 20 083 678€      |
| Variation par rapport au scénario central |             | 11.665%                         | 11.661%     | 0.009%           |
| Moyenne des taux servis                   | 2.91%       | 3.99%                           | 3.99%       | 2.91%            |
| Variation par rapport au scénario central |             | 36.890%                         | 36.892%     | -0.009%          |
| Somme des frais réels                     | 2 888 481€  | 2 592 467€                      | 2 646 708€  | 2 832 499€       |
| Variation par rapport au scénario central |             | -10.248%                        | -8.370%     | -1.938%          |
| Contribution SCR rachat                   | 13.87%      | 25.98%                          | 25.92%      | 13.95%           |
| Variation par rapport au scénario central |             | 87.360%                         | 86.922%     | 0.558%           |
| Contribution SCR taux                     | 13.73%      | 16.17%                          | 16.08%      | 13.39%           |
| Variation par rapport au scénario central |             | 17.761%                         | 17.066%     | -2.474%          |
| SCR global                                | 1 684 023€  | 2 207 869€                      | 2 192 626€  | 1 692 501€       |
| Variation par rapport au scénario central |             | 31.107%                         | 30.202%     | 0.503%           |

TABLE 3.21 : Résumé des principaux effets sur les indicateurs

Pour conclure sur ces chocs simultanés dans des sens contraires, par rapport au modèle central, le ratio de solvabilité qui vaut 115,74% se dégrade. La plupart des indicateurs suivent les effets cumulés des deux chocs indépendants. Les comparaisons avec la situation actuelle projetée et la situation avec une hausse simultanée sur l'inflation et les taux se retrouvent dans la table 3.22.

|                | Évolution par rapport au scénario de hausse des taux | Évolution par rapport au scénario central |
|----------------|--|---|
| PVFP           | +  | ++  |
| Taux servis    | -  | ++  |
| VIF            | +  | ++  |
| BE             | -  | --  |
| SCR            | +  | ++  |
| Ratio de solva | +  | --  |

TABLE 3.22 : Récapitulatif de l'évolution des indicateurs du modèle choqué par l'inflation à la baisse et par les taux à la hausse

### Scénario avec une baisse des taux et de l'inflation

Le scénario où l'inflation et les taux nominaux subissent un choc à la baisse donne un ratio de solvabilité de 149,02%. Par rapport à la situation actuelle projetée, le ratio se dégrade mais s'améliore par rapport au scénario de baisse des taux grâce à la baisse de l'inflation qui a un impact positif sur le ratio. La PVFP s'élève à 3 149 653 € et le SCR à 1 281 258 €. La PVFP s'améliore par rapport au scénario central tandis que le SCR est plus coûteux.

Du fait la baisse des taux et de la baisse de l'inflation, les rachats du fonds en euro diminuent considérablement. C'est le scénario où les rachats du fonds en euro sont les plus bas. En effet, du

fait de l'indexation des rachats dynamiques sur l'inflation, ces derniers n'augmentent pas. Les prestations décès et rachats augmentent par rapport au scénario de baisse des taux malgré une baisse de l'inflation. Cet effet peut être expliqué par l'augmentation des prestations de décès qui sont indexées sur la PM qui augmente.

Les taux étant bas, le rendement des obligations à moyen terme est très bas et impacte alors les taux servis. La figure 3.25 confirme que les taux servis remontent très peu à long terme par rapport au scénario central. Malgré les taux servis faibles, ils sont au-dessus du taux attendu par les assurés en moyenne. Cela explique les faibles rachats dans ce scénario.

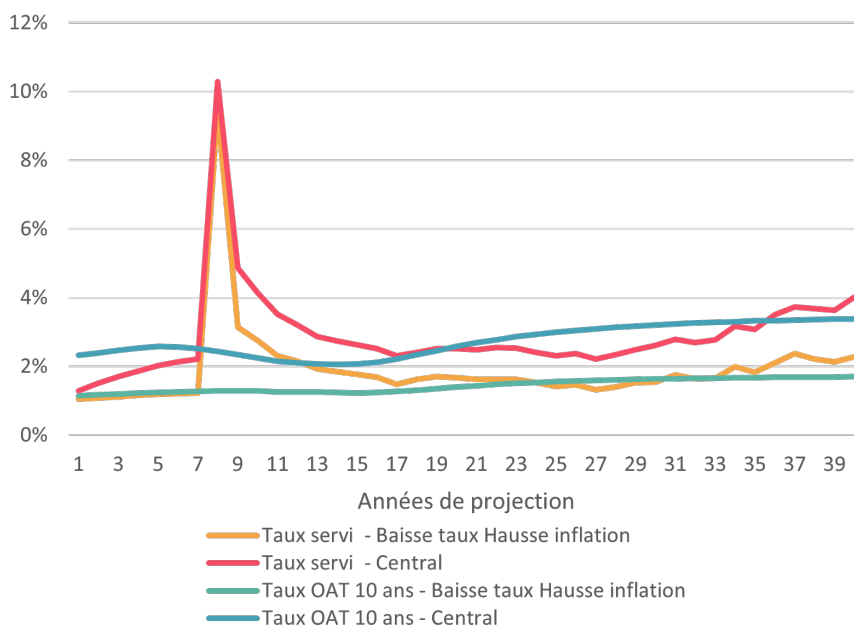


FIGURE 3.25 : Taux de rémunération des contrats

Concernant le *Best Estimate*, le cumul de l'actualisation des provisions techniques avec des taux bas et le montant des prestations qui augmente ne suffit pas à faire augmenter le *Best Estimate* par rapport au scénario de baisse des taux. Le *Best Estimate* diminue du fait de la baisse des frais. Compte tenu du *Best Estimate* élevé par rapport au scénario central, la PVFP diminue fortement. Elle augmente néanmoins par rapport au scénario de baisse des taux.

La table 3.23 ainsi que la figure 3.26 présentent les différentes contributions des sous-modules de risque dans la détermination du BSCR.

L'effet de la baisse de l'inflation est amplifié lors du cumul avec une baisse des taux. La PVFP ne diminuant pas aussi rapidement que la valeur de marché des obligations, le SCR de spread est alors négatif donc nul. Il faut noter que le SCR de taux correspond dans les quatre scénarios considérés au SCR de taux down. Concernant le SCR de rachat, le sous-module le plus coûteux dans le scénario central est le rachat haussier tandis que dans le scénario de double baisse, c'est le risque de rachat baissier qui l'emporte.



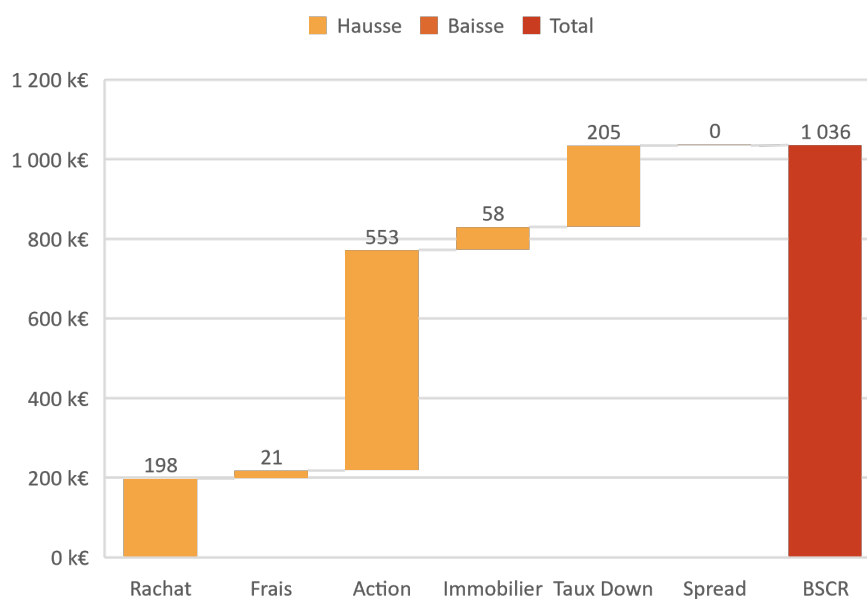


FIGURE 3.26 : Décomposition du BSCR par sous-module de risque dans le cas de baisse des taux et de l'inflation

|               | Rachat | Frais | Action | Immobilier | Taux Down | Spread | BSCR       |
|---------------|--------|-------|--------|------------|-----------|--------|------------|
| Central       | 13.87% | 1.49% | 50.36% | 6.57%      | 13.73%    | 13.56% | 1 463 505€ |
| Baisse baisse | 18.94% | 1.98% | 52.91% | 5.60%      | 19.63%    | 0%     | 1 045 039€ |

TABLE 3.23 : Décomposition du BSCR par sous-module de risque

Les montants ainsi que les variations de tous les indicateurs analysés sont résumés dans la table 3.24. La baisse de l'inflation vient amplifier les effets.

| Indicateurs                               | Central     | Baisse taux et baisse inflation | Baisse taux | Baisse inflation |
|---|-------------|---------------------------------|-------------|------------------|
| Somme des prestations                     | 64 598 149€ | 58 835 684€                     | 58 835 535€ | 64 633 802€      |
| Variation par rapport au scénario central |             | -8.921%                         | -8.921%     | 0.055%           |
| <i>Best Estimate</i>                      | 49 003 786€ | 52 493 078€                     | 52 538 132€ | 48 997 238€      |
| Variation par rapport au scénario central |             | 7.120%                          | 7.212%      | -0.013%          |
| Somme de la PB                            | 20 081 878€ | 15 677 715€                     | 15 677 453€ | 20 083 678€      |
| Variation par rapport au scénario central |             | -21.931%                        | -21.932%    | 0.009%           |
| Moyenne des taux servis                   | 2.91%       | 2.14%                           | 2.14%       | 2.91%            |
| Variation par rapport au scénario central |             | -26.557%                        | -26.555%    | -0.009%          |
| Somme des frais réels                     | 2 888 481€  | 2 846 217€                      | 2 904 147€  | 2 832 499€       |
| Variation par rapport au scénario central |             | -1.463%                         | 0.542%      | -1.938%          |
| Contribution SCR rachat                   | 13.87%      | 18.94%                          | 18.80%      | 13.95%           |
| Variation par rapport au scénario central |             | 36.540%                         | 35.573%     | 0.558%           |
| Contribution SCR taux                     | 13.73%      | 19.63%                          | 20.03%      | 13.39%           |
| Variation par rapport au scénario central |             | 42.953%                         | 45.817%     | -2.474%          |
| SCR global                                | 1 684 023€  | 1 281 258€                      | 1 275 833€  | 1 692 501€       |
| Variation par rapport au scénario central |             | -23.917%                        | -24.239%    | 0.503%           |

TABLE 3.24 : Résumé des principaux effets sur les indicateurs

Pour résumer les effets des chocs à la baisse sur l'inflation et des taux, le ratio de solvabilité s'améliore par rapport au scénario de baisse des taux. Le *Best Estimate* s'améliore par rapport au scénario de baisse des taux. La PVFP augmente alors. Les évolutions des indicateurs par rapport au scénario central et au scénario de baisse des taux sont résumées dans la table 3.25.

|                | Évolution par rapport au scénario de baisse des taux | Évolution par rapport au scénario central |
|----------------|--|---|
| PVFP           | +  | --  |
| Taux servis    | -  | --  |
| VIF            | +  | --  |
| BE             | -  | ++  |
| SCR            | +  | ++  |
| Ratio de solva | +  | --  |

TABLE 3.25 : Récapitulatif de l'évolution des indicateurs du modèle choqué par l'inflation et les taux à la baisse

### Scénario avec une baisse des taux et une hausse de l'inflation

Le scénario avec une baisse des taux et une hausse de l'inflation est le scénario le moins coûteux en capital avec un SCR de 1 270 296€. Cela engendre les pires profits qui sont alors très bas avec 2 286 975€. Le ratio de solvabilité vaut 143,12%. Les principaux indicateurs se comportent de manière prévisible au vu de l'analyse réalisée auparavant. En comparant ce scénario au scénario central, les effets sont les mêmes que ceux du scénario de double baisse en raison des effets de l'inflation qui sont minimes. Il s'agit alors de le comparer au scénario de baisse des taux et au scénario de hausse de l'inflation.

Les prestations décès et rachats diminuent discrètement par rapport au scénario de baisse des taux à

cause de la variation des prestations décès du fond en euro qui est négative, qui est plus importante que la variation à la hausse des prestations de rachats du fonds en euro. L'actualisation des provisions techniques à taux bas étant plus forte que la diminution des prestations, la valeur des engagements de l'assureur envers les assurés augmente. La PVFP diminue alors.

Les taux servis augmentent légèrement du fait de la hausse de l'inflation et les frais réels augmentent. Les indicateurs sont résumés dans le tableau 3.26.

| Indicateurs                               | Central     | Baisse taux et hausse inflation | Baisse taux | Hausse inflation |
|---|-------------|---------------------------------|-------------|------------------|
| Somme des prestations                     | 64 598 149€ | 58 835 393€                     | 58 835 535€ | 64 633 034€      |
| Variation par rapport au scénario central |             | -8.921%                         | -8.921%     | 0.054%           |
| <i>Best Estimate</i>                      | 49 003 786€ | 52 584 442€                     | 52 538 132€ | 49 068 535€      |
| Variation par rapport au scénario central |             | 7.307%                          | 7.212%      | 0.132%%          |
| Somme de la PB                            | 20 081 878€ | 15 677 206€                     | 15 677 453€ | 20 082 679€      |
| Variation par rapport au scénario central |             | -21.934%                        | -31.932%    | 0.004%%          |
| Moyenne des taux servis                   | 2.91%       | 2.14%                           | 2.14%       | 2.91%            |
| Variation par rapport au scénario central |             | -26.554%                        | -26.555%    | 0.002%           |
| Somme des frais réels                     | 2 888 481€  | 2 963 781€                      | 2 904 147€  | 2 948 585€       |
| Variation par rapport au scénario central |             | 2.607%                          | 0.542%      | 2.081%           |
| Contribution SCR rachat                   | 13.87%      | 18.66%                          | 18.80%      | 13.85%           |
| Variation par rapport au scénario central |             | 34.526%                         | 35.573%     | -0.108%          |
| Contribution SCR taux                     | 13.73%      | 20.44%                          | 20.03%      | 14.08%           |
| Variation par rapport au scénario central |             | 48.816%                         | 45.817%     | 2.521%           |
| SCR global                                | 1 684 023€  | 1 270 296€                      | 1 275 833€  | 1 676 588€       |
| Variation par rapport au scénario central |             | -24.568%                        | -24.239%    | -0.441%          |

TABLE 3.26 : Résumé des principaux effets sur les indicateurs

Les différentes contributions des risques dans le calcul du BSCR se retrouvent dans la figure 3.27 et la table 3.27.

|               | Rachat | Frais | Action | Immobilier | Taux Down | Spread | BSCR       |
|---------------|--------|-------|--------|------------|-----------|--------|------------|
| Central       | 13.87% | 1.49% | 50.36% | 6.57%      | 13.73%    | 13.56% | 1 463 505€ |
| Baisse hausse | 18.66% | 2.08% | 52.15% | 5.40%      | 20.44%    | 0.00%  | 1 033 666€ |

TABLE 3.27 : Décomposition du BSCR par sous-module de risque

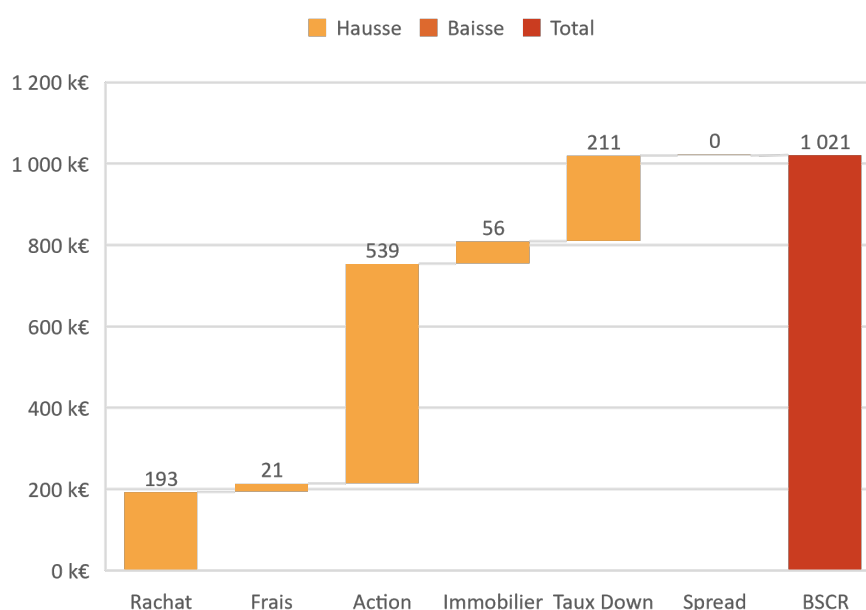


FIGURE 3.27 : Décomposition du BSCR par sous-module de risque dans le cas de baisse des taux et de hausse de l'inflation

Pour conclure, l'évolution des indicateurs est donnée par la table 3.28. Ce scénario se comporte dans le même sens que le cumul des deux effets des chocs sur l'inflation et les taux séparément.

|                | Évolution par rapport au scénario de baisse des taux | Évolution par rapport au scénario central |
|----------------|--|---|
| PVFP           | -  | --  |
| Taux servis    | +  | --  |
| VIF            | -  | --  |
| BE             | +  | ++  |
| SCR            | -  | --  |
| Ratio de solva | -  | --  |

TABLE 3.28 : Récapitulatif de l'évolution des indicateurs du modèle choqué par les taux à la baisse et par l'inflation à la hausse

## 3.5 Conclusions et limites

### 3.5.1 Conclusions

Pour conclure sur les scénarios choqués, le ratio de solvabilité se détériore dans le cas d'une hausse de l'inflation par rapport au scénario central. Les prestations diminuent légèrement contrairement aux attentes du fait de la faible volatilité de l'inflation générée par le GSE. Les frais en moyenne ainsi que le *Best Estimate* augmentent également. Les engagements de l'assureur s'amplifiant, ses profits diminuent. Le choc d'inflation a très peu de répercussions quantitativement sur les indicateurs.

Avec un choc sur les taux, les coupons des obligations subissent directement les conséquences et fait

fluctuer tous les indicateurs. Qu'importe le choc sur les taux, le SCR devient plus conséquent et vient dégrader le ratio de couverture. Néanmoins en cas de hausse des taux, l'assureur reste solvable tandis que ce n'est pas le cas dans un choc de baisse des taux.

Dans le cas d'une double hausse, la ratio de solvabilité qui vaut 140, 57% se dégrade de 15% par rapport à la situation actuelle projetée. Contre toutes attentes, le ratio de couverture se situe en-dessous de celui du scénario de hausse des taux. Cela est dû à la décroissance plus rapide du SCR par rapport à la VIF. La valeur des engagements de l'assureur envers les assurés se rétrécit grâce à l'actualisation des provisions techniques avec des taux élevés. Les profits sont donc meilleurs que dans la situation actuelle projetée et s'élèvent à 3 639 774 €. L'inflation a très peu d'impact quantitativement mais fait réagir le ratio de solvabilité de façon contraire aux attentes. Concernant le comportement des assurés, le taux servi augmente considérablement du fait de l'inflation et des taux élevés qui améliorent la valeur des nouvelles obligations achetées. Cela permet de limiter les rachats même si ces derniers augmentent inévitablement par rapport au scénario central. L'inflation fait gonfler les rachats du fonds en euros : cet effet ne se ressent pas dans les prestations décès et rachats confondus.

Dans le cas de l'inflation qui baisse et des taux qui augmentent, scénario qui est susceptible de se réaliser au troisième trimestre 2022, par rapport à la situation actuelle projetée, le ratio de solvabilité qui se dégrade en passant à 140,14%. La baisse de l'inflation joue un effet contraire sur le ratio en venant le faire baisser par rapport au scénario de hausse des taux. La plupart des indicateurs suivent les effets cumulés des deux chocs indépendants.

Pour résumer les effets des chocs à la baisse sur l'inflation et des taux, le ratio de solvabilité s'améliore par rapport au scénario de baisse des taux. Le *Best Estimate* se détériore par rapport au scénario de baisse des taux. Une baisse de la PVFP est observée.

Concernant la situation où les taux subissent un choc à la baisse et l'inflation à la hausse, le ratio de solvabilité de 78% est le plus bas de tous les scénarios. Le *Best Estimate* augmente considérablement.

### 3.5.2 Limites

Les études réalisées présentent plusieurs limites. Les limites peuvent être dues à des hypothèses qui ont été retenues mais également à des méthodes.

La première limite concerne les frais réels des assureurs. En effet, ils sont calculés en fonction de l'inflation générale. Néanmoins, certains postes comme l'alimentation, les transports ou l'habillement impactent très peu les assureurs. Il serait intéressant de faire une étude sur l'impact de la hausse de l'énergie et du logement sur les frais de l'assureur.

Une autre limite qui a été constatée est la difficulté à prédire la collecte nette. Malgré toutes les prédictions que l'on peut faire, l'hétérogénéité des comportements des agents ne permet de faire de prédiction exacte. En effet, l'épargne dépend du comportement des agents et notamment de mesures non-rationnelles, que les prédictions ne peuvent pas prendre en compte. De plus, il manque de nombreux paramètres qui n'ont pas été pris en compte dans l'étude, comme la fiscalité ou le taux de confiance des ménages dans l'économie qui méritent une modélisation particulière. En outre, la période inédite de l'année 2022 avec la forte inflation et la remontée des taux accentue la complexité à modéliser et prédire la collecte nette. En effet, les comportements ne sont pas les mêmes suite à un choc suivant l'hétérogénéité des produits et selon le profil des assurés. Par exemple, les seniors ainsi que les personnes habitant dans des zones rurales pourraient être plus touchés par la forte inflation que les autres ménages. Les ménages qui vont faire de nouveaux emprunts pourraient voir leur coût

augmenter avec la remontée des taux. L'inflation et la remontée des taux ne vont donc pas impacter les mêmes catégories de ménages et les conséquences sur l'épargne vont dépendre des caractéristiques des ménages. Dans cette étude, les données sur la collecte viennent de France Assureurs et ne sont pas détaillées par déterminants selon le profil des assurés.

Une troisième limite apparaît concernant les données utilisées pour la calibration du GSE. En effet, la calibration du GSE avec des données antérieures à l'année 2022 a des conséquences dans les résultats du modèle épargne. Le modèle est calibré sur des données non représentatives de la période actuelle où le niveau de l'inflation était plus bas qu'à fin 2022. Le GSE fournit alors une très faible volatilité de l'inflation inter-simulations : il y a très peu de différence entre un scénario sans choc et un scénario avec un choc relatif de 5% sur l'inflation. L'impact d'un tel choc ne se traduit donc pas par une hausse importante de la volatilité des trajectoires d'inflation générée par le GSE. Du fait des frais élevés et des rachats importants avec le coefficient additif créé, cela engendrerait un fort impact sur la solvabilité. En corrigeant la volatilité de l'inflation dans le GSE, l'impact serait négatif sur la solvabilité des assureurs.

Une dernière limite qui a été relevée est liée au portefeuille et à l'évolution du SCR. L'étude se base sur un portefeuille de passif qui donne une vue générale des épargnants français en assurance vie. Les résultats sont donc propres et représentatifs du portefeuille d'assurés étudié et dépendent de ce dernier. En changeant certaines hypothèses comme l'âge des assurés ou le TMG, les résultats seraient différents. Il a été vu précédemment que lorsque le TMG est nul pour tout le portefeuille d'assuré, le SCR diminuait. Il faut noter également qu'en modifiant les revenus des assurés ou les catégories socio-professionnelles, l'inflation n'a pas le même impact sur les comportements des épargnants. Il faudrait s'attendre à avoir des effets qui s'atténuent avec des revenus élevés. En effet, les ménages aux salaires élevés pourraient consacrer une part moins importante à l'alimentation et à l'énergie que les plus modestes et pourraient dépenser une part plus importante de leur budget dans les loisirs et les services. Or, l'alimentation et l'énergie subissent des évolutions plus importantes que les loisirs et les services. L'inflation se répercute donc moins sur les ménages les plus aisés qui peuvent lisser la hausse des prix en réduisant légèrement la part dédiée aux loisirs et services ou à l'épargne. Les ménages aux revenus modestes pourraient devoir réduire considérablement la part consacrée à l'épargne pour pouvoir subvenir aux dépenses essentielles.

La loi des rachats dynamiques n'est pas spécifique au portefeuille et a été choisie à dire d'experts. Elle n'est donc pas représentative du portefeuille. Néanmoins le SCR de rachats qui est élevé se comporte comme sur le marché.

Une des difficultés de cette étude a été d'aboutir à des résultats avec des données non représentatives de l'année 2022.

Pour aller plus loin et améliorer la précision de l'analyse, en présence de données avec un historique d'un assureur, il serait intéressant de créer une méthode pour indexer les rachats dynamiques avec l'inflation.

Afin de mettre en oeuvre des solutions, il serait également pertinent d'intégrer des obligations indexées sur l'inflation dans le portefeuille d'actif et de constater si c'est une méthode efficace pour se protéger de l'inflation.

# Conclusion

La crise sanitaire de 2020 a profondément bouleversé le marché de l'épargne. La consommation ayant été restreinte par les confinements, les ménages ont constitué une épargne forcée. Les incertitudes liées au contexte économique et sanitaire ont accentué la forte augmentation de l'épargne. Avec la guerre entre l'Ukraine et la Russie, les prix de l'énergie ont explosé, cela s'est propagé sur tous les biens et les services conduisant à une rapide et soudaine augmentation du taux d'inflation dans la zone euro. Deux pics du taux d'inflation sur le sol français ont eu lieu en juillet dernier avec 6,1% en glissement annuel et en octobre-novembre 2022 avec 6,2%. Pour contraindre l'inflation, la BCE a redressé ses taux directeurs à quatre reprises au cours de l'année 2022 pour atteindre 2,5% à fin 2022.

Dans un premier temps, l'objectif de ce mémoire a été de comprendre et de prédire les comportements des assurés dans un contexte de remontée des taux et de forte inflation. Une modélisation de la collecte nette en assurance vie a été réalisée avec les séries temporelles. Le modèle vectoriel à correction d'erreur a été retenu car les variables choisies sont non-stationnaires et ne permettent pas de prendre un modèle auto-régressif classique.

En projetant la situation au premier trimestre 2022 sur 8 trimestres, il s'avère que le modèle prédit une baisse soudaine de la collecte nette en assurance vie sur les premiers trimestres de projection. Elle continue sur une pente décroissante mais progressive. En étudiant les prédictions sur les taux nominaux et le taux d'inflation et en les comparant à la situation du deuxième et troisième trimestre 2022, le modèle a été validé sur le sens des variations des composantes prédites. Néanmoins, le volume de l'effet ne l'a pas été puisque l'impact des variations était trop faible.

Lorsqu'une hausse soudaine des taux nominaux est générée sur les deuxième et troisième trimestres 2022 prédits, la collecte en assurance vie s'améliore par rapport à la situation initiale projetée. Il est difficile de connaître les raisons de la variation de la collecte nette sans être en connaissance du montant des cotisations et des prestations. Si cette amélioration provient d'une diminution des cotisations, elle serait portée par la préférence des ménages pour le présent.

Lorsqu'une hausse soudaine de l'inflation est modélisée, l'impact est négatif sur la collecte nette. En considérant que la forte inflation ne s'accompagne pas d'une hausse des salaires, la théorie de Keynes serait vérifiée avec l'augmentation des cotisations plus lente que les prestations.

Lorsqu'une hausse soudaine et simultanée a lieu sur les taux nominaux et l'inflation, la collecte nette s'améliorerait par rapport à la situation initiale. Les effets d'une hausse des taux l'emportent sur ceux de la hausse de l'inflation. Cette modélisation ne prend pas en compte de nombreux paramètres comme la fiscalité, le taux de confiance des ménages dans l'économie. De plus, il n'est possible de prédire exactement les comportements des épargnants puisque ils sont difficilement modélisables du fait de la non-rationnalité des mesures prises par les épargnants. Enfin, la période inédite de l'année 2022 accentue la complexité de la prédiction de la collecte nette puisque les comportements sont différents suite à un choc selon l'hétérogénéité des produits et des déterminants des assurés.

Dans un second temps, une étude ALM a été menée afin de voir comment les assureurs seraient impactés par l'inflation et les taux. En projetant la situation économique au 30 juin 2022, le ratio de

solvabilité de la compagnie fictive étudiée se dresse à 155%. Compte tenu des hypothèses qui ont été prises, en cas de forte inflation durable, l'assureur voit ses indicateurs se détériorer légèrement avec un ratio de 154%. Néanmoins lorsque l'inflation est élevée, la BCE essaye de la contraindre en relevant ses taux directeurs. Il est difficile d'envisager, de manière réaliste, une situation future où l'inflation évoluerait de manière soudaine sans que les taux ne réagissent. La situation où les taux remontent très rapidement est plus défavorable que la situation actuelle projetée avec un ratio de 140%. Lorsque les taux remontent rapidement, que l'inflation soit très élevée ou baisse soudainement, les indicateurs ne sont pas beaucoup impactés. Cela est dû à la calibration du GSE qui est faite avec des données non représentatives du contexte économique de l'année 2022. La situation où les taux chuteraient brusquement est la pire situation qui pourrait arriver d'autant plus si elle est accompagnée d'une forte hausse de l'inflation. Le ratio diminuerait de moitié par rapport à la situation actuelle projetée. La seule situation qui permettrait à l'assureur d'améliorer son ratio de couverture serait une baisse brutale de l'inflation sans que les taux ne réagissent. Son ratio s'améliorerait de 2%. La situation qui correspond le mieux au contexte économique au quatrième trimestre 2022 est celle avec le scénario de hausse des taux et de l'inflation. Cette situation suit la politique de la BCE qui vise à augmenter ses taux directeurs pour faire diminuer l'inflation. Les assureurs resteront solvables mais le SCR sera très coûteux et les profits élevés. Les taux servis augmenteront progressivement compte tenu des nombreuses obligations à rendements bas dans le portefeuille des assureurs. Néanmoins ils n'augmenteront sûrement pas assez rapidement malgré la reprise de la PPB pour être concurrentiel face au Livret A qui a augmenté son taux à 3% au 1<sup>er</sup> février 2023.



# Bibliographie

- ACPR (2013). Orientations Nationales Complémentaires aux Spécifications Techniques pour l'exercice 2013 de préparation à Solvabilité II. URL : [http://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/20130527-onc-2013\\_0.pdf](http://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/20130527-onc-2013_0.pdf).
- ACPR (2021). Le marché de l'assurance-vie en 2021. *Analyses et synthèses* 133.
- AKAIKE, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE transactions on automatic control* 19.6, p. 716-723.
- BIEN, F. et MÉRITET, S. (2016). Microéconomie: Comportements des agents et concurrence parfaite. Rapp. tech.
- BRIGO, D. et MERCURIO, F. (2006). One-factor short-rate models. *Interest Rate Models—Theory and Practice: With Smile, Inflation and Credit*, p. 51-136.
- CAZENAVE-LACROUX, M.-C., CHELOUDKO, P. et HUBERT, O. I. (2022). La composition du patrimoine des ménages évolue peu à la suite de la crise sanitaire. *INSEE PREMIÈRE* 1899.
- Cercle de L'ÉPARGNE, L. (2022). L'assurance vie surfe entre inflation et baisse des actions. URL : <https://cercledelepargne.com/lassurance-vie-surfe-entre-inflation-et-baisse-des-actions>.
- GOURIÉROUX, C. et MONFORT, A. (1995). Séries temporelles et modèles dynamiques. *Economica*.
- GRANDPERRIN, L. (2018). Allocation de capital: théorie et pratique de la méthode d'Euler. Mémoire d'actuariat. ISFA, Univ. Claude Bernard Lyon 1.
- HANNAN, E. J. et QUINN, B. G. (1979). The determination of the order of an autoregression. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)* 41.2, p. 190-195.
- JARROW, R. et YILDIRIM, Y. (2003). Pricing treasury inflation protected securities and related derivatives using an HJM model. *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 38.2, p. 337-358.
- LEGROS, F. (1989). La demande d'assurance-vie en France. *Revue d'économie financière* 11, p. 39-53.
- L'HARDY, P et al. (1975). Deux approches des comportements d'épargne des ménages. *Economie et statistique* 66, p. 39-47.
- NAHON, J. (2022). Apport de la garantie fidélité en assurance vie. Mémoire d'actuariat. Paris-Dauphine PSL.
- R CORE TEAM (2022). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. URL : <https://www.R-project.org/>.
- SAQIB, S, PANEZAI, S., ULLAH, H., ALI, U. et USMAN, H. (2016). Determinants of household savings in rural and urban areas: The case of chitral district, Pakistan. *International journal of academic research in business and social sciences* 6.3, p. 54-64.
- SCHWARZ, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *The annals of statistics*, p. 461-464.
- WICKSELL, K. (1898). Interest and prices. McMillan et Co.



## Annexe A

# Mesures de la qualité d'un modèle statistique

Lors de l'estimation d'un vecteur autorégressif avec la méthode des moindres carrés ordinaire, il faut avant tout choisir le nombre de retard en fonction de certains critères, notamment avec l'AIC, le HQ, le SC et le FPE.

Soit un modèle autorégressif de retard  $p$  avec  $X_t$  la variable endogène et  $\epsilon$  un bruit blanc. Le but est de déterminer les coefficients  $\beta_1, \dots, \beta_p$  par la méthodes des moindres carrés.

$$X_t = \beta_1 X_{t-1} + \dots + \beta_p X_{t-p} + \epsilon \quad (\text{A.1})$$

Soient  $f_0$  la densité inconnue de  $T$  observations et  $f(\cdot), f \in \mathcal{F}$  la famille des densités parmi lesquelles l'estimation est faite. Les critères d'information mesurent l'écart, noté  $I$  dans l'équation A.2, entre le modèle proposé et la vraie loi.

$$I(f_0, \mathcal{F}) = \min_{f \in \mathcal{F}} \int \log \frac{f_0(x)}{f(x)} \times f_0(x) dx \quad (\text{A.2})$$

$f_0$  étant inconnue, plusieurs estimateurs permettent de minimiser cet écart.

**AIC et FPE** Le critère d'information d'Akaike (AIC) permet de mesurer la qualité d'un modèle statistique. Il est construit à partir de  $k$  le nombre de retard,  $T$  la taille de l'échantillon et  $\sigma^2$  l'approximation de  $I$  par la méthode du maximum de vraisemblance. Il est défini avec la formule A.3.

$$AIC = \ln \sigma^2 + \frac{2k}{T} \quad (\text{A.3})$$

Ce critère permet de trouver l'équilibre entre la complexité d'un modèle donné et l'adaptation du modèle aux données. Le but est de le minimiser pour optimiser cet équilibre. Le critère de l'erreur de prédiction finale d'Akaike (**FPE**) permet de mesurer l'erreur lié à l'AIC.

**HQ** Le critère d'information d'Hannan-Quinn est une alternative à l'AIC. Avec les mêmes notations que pour l'AIC et avec  $c$  le coût des améliorations, il est donné par la formule A.4.

$$HQ = \ln\sigma^2 + 2c \frac{k \ln \ln T}{T} \quad (\text{A.4})$$

Il s'agit également de minimiser cet estimateur. Il est très difficile de choisir la valeur de  $c$ .

**SC** Le critère SC désigne le critère de Schwarz qui est dérivé du critère de BIC à partir de distributions *a priori* de la famille Koopman-Darnois. Il s'écrit de la manière selon la formule A.5.

$$SC = \ln\sigma^2 + \frac{k \ln T}{T} \quad (\text{A.5})$$