

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 25 Mars 2024

Par : Mengru CHEN

Titre : Impact de la transférabilité inter-compagnies des contrats d'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 : KPMG  
Signature :

**KPMG ADVISORY**  
Siège social  
2 avenue Gambetta – Tour EQHO  
92066 Paris La Défense Cedex  
903 526 165 R.C.S. Nanterre



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

*Directeur de Mémoire en entreprise :*  
Nom : Eléonore HAGUET-TROUPLIN  
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*

**Roya PANI**

**KPMG ADVISORY**  
Siège social  
2 avenue Gambetta – Tour EQHO  
92066 Paris La Défense Cedex  
903 526 165 R.C.S. Nanterre



*Bibliothèque :*

*Signature du candidat*





## Résumé

---

Déjà discutée dans le cadre de la loi PACTE, l'idée de la transférabilité des contrats d'assurance vie revient sur le devant de la scène avec une nouvelle proposition de loi, dite HUSSON-MONTGOLFIER, votée au Sénat lors de la séance du 31 janvier 2023. Celle-ci suggère la possibilité du transfert inter-compagnies des contrats de plus de huit années d'ancienneté dès 2025 et sans pénalité sur leur antériorité fiscale.

Du point de vue des assurés, cette mesure offre la possibilité de changer d'assureur pour bénéficier de conditions plus favorables, en migrant leur ancien contrat vers un autre plus attractif. Cependant, du point de vue des assureurs, le défi serait de fidéliser leurs assurés en proposant des rendements toujours plus avantageux. À défaut, les départs massifs, par le biais de transferts, obligeraient les assureurs à vendre des actifs pour honorer leurs engagements. À termes, pour prévenir d'une tendance de rachats anticipés des contrats, les assureurs seront d'autant plus prudents au regard de leur stratégie d'investissement et seront tentés d'acquérir des titres de maturité plus courte, en dépit d'un rendement moindre, afin de réduire le gap de duration actif-passif.

Dans un marché où les assureurs sont particulièrement sensibles aux fluctuations des taux d'intérêt, des *spreads* de crédit et des rachats, ce mémoire s'intéresse à l'impact de la transférabilité des contrats d'assurance vie sur la solvabilité et la rentabilité d'une compagnie d'assurance, en fonction des hypothèses économiques retenues. Afin d'anticiper les comportements de transferts des épargnants, l'étude se propose de modéliser une loi de rachats-transferts par la logique floue, un des paramètres centraux du modèle de gestion actif-passif.

Les résultats de l'étude soulignent la nécessité d'une vigilance accrue des assureurs, notamment en période de taux élevés. Le choc de la transférabilité est amplifié pour les compagnies dont la clientèle est principalement de profil dynamique. Toutefois, l'existence de la provision pour participation aux bénéfices pourrait atténuer les effets non-souhaités de la transférabilité. Ce mémoire offre ainsi une vision prospective pour les acteurs du secteur de l'assurance vie, mettant en lumière les défis à relever.

---

*Mots-clés : transférabilité, rachat, logique floue, assurance vie, solvabilité, gestion actif-passif.*

## Abstract

---

Already mentioned in the PACTE law, the idea of transferability of life insurance contracts is back in the spotlight with a new proposal by HUSSON and MONTGOLFIER, which was passed by the Senate on January 31, 2023. This new law opens the possibility of transferring more-than-eight-year-old contracts between insurance companies, without losing tax benefits, starting in 2025.

From the policyholders' perspective, this measure offers the opportunity to change their insurer to benefit from more favourable conditions, by transferring their old contract to a more attractive one. However, from the insurers' standpoint, they would need to convince their policyholders to stay by offering increasingly advantageous contracts. Otherwise, massive customer loss through transfers would force them to sell their assets to meet their commitments. In the long term, to avoid a trend of early surrender, insurers will be more cautious in their investment strategy and may be tempted to acquire shorter maturity securities, despite a lower yield, to reduce the asset-liability duration gap.

In a market where insurers are extremely sensitive to interest rate fluctuations, credit spreads, and surrenders, this paper examines the impact of the transferability of life insurance contracts on the solvency and profitability of an insurance company, for various economic assumptions. To anticipate the behaviour of policyholders, the study proposes to model the surrender-transfer rate using fuzzy logic, which is one of the central parameters of the asset-liability management model.

The preliminary results of the study highlight the need for greater vigilance on the part of insurers, particularly during periods of high-interest-rates. The shock of transferability is amplified for companies whose clientele is mainly dynamic profile. However, the existence of the profit-sharing reserve could mitigate the adverse effects of transferability. This thesis offers a forward-looking perspective for insurers, highlighting the challenges ahead.

---

*Keywords: transferability, lapse, fuzzy logic, life insurance, solvability, asset-liability management.*

# Note de Synthèse

## Contexte et enjeu

En réponse à une inflation en hausse et afin d'améliorer le fonctionnement du marché de l'épargne et du pouvoir d'achat, les sénateurs Jean-François HUSSON et Albéric DE MONTGOLFIER souhaitent faire adopter une proposition de loi, la proposition de loi n°586 tendant à renforcer la protection des épargnants. Cette proposition a déjà été approuvée par le Sénat en première lecture lors de la séance de janvier 2023.

Les articles 7 et 7 bis de cette loi, dite de HUSSON-MONTGOLFIER, visent notamment à :

- Autoriser le rachat d'un contrat d'assurance vie et son transfert vers un autre assureur sans entraîner les conséquences fiscales d'un dénouement. Cette transférabilité inter-compagnies, également dite externe, est conditionnée aux transferts totaux pour les contrats ayant une ancienneté de plus de 8 ans, impliquant le versement d'au moins une partie des montants en unités de compte.
- Encadrer les frais liés aux transferts au sein d'une même compagnie dans la limite de 1% des droits acquis, lesquels deviendraient nuls pour un contrat de plus de 8 ans. Ce type de transfert, également dite interne, est possible depuis la loi PACTE de 2019, qui offrait la possibilité à l'assuré de renouveler un ancien contrat pas rentable. Il est important de noter que cette disposition ne concerne pas la transférabilité externe.
- Mettre l'accent sur le devoir de conseil des assureurs et des intermédiaires afin qu'ils puissent faire l'effort de communiquer les informations relatives aux droits des assurés ou aux conséquences d'une transformation de contrats par exemple.

Le mémoire se concentre essentiellement sur le premier point. Du point de vue des assurés, cette mesure offre la possibilité de changer d'assureur afin de bénéficier de conditions plus avantageuses pour la constitution de leur épargne. Du point de vue des assureurs, les départs anticipés de leurs clients génèrent un déséquilibre de duration actif-passif, élément central dans la stratégie d'investissement des assureurs. De plus, en cas de rachats ou de transferts massifs, conjugués à un environnement de croissance des taux brutale, la vente d'actifs en moins-values latentes pour honorer les engagements envers les assurés aurait un impact négatif sur les résultats des assureurs.

L'enjeu du mémoire est de mesurer les effets potentiels sur la santé financière et la rentabilité des entreprises d'assurance si la loi de transférabilité HUSSON-MONTGOLFIER est mise en oeuvre. L'étude se focalise sur l'analyse de l'impact du portefeuille d'un assureur vie donné dans divers environnements économiques.

## Méthodologie générale

La démarche menée pour répondre à la problématique est résumée dans le schéma 1.

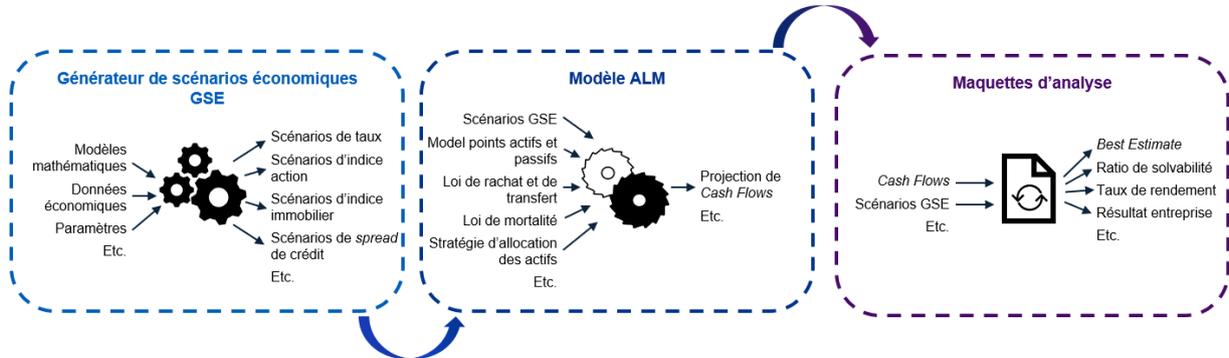


FIGURE 1 : Démarche globale

Étant donné que l'évaluation de l'impact sera réalisée dans divers contextes de taux, l'utilisation d'un générateur de scénarios économiques (GSE) s'avère essentielle pour simuler différents scénarios sur un horizon temporel préalablement défini. Ici, pour chaque grandeur économique, 1000 scénarios sont générés sur 50 ans. Au moment de l'écriture de ce mémoire en 2023, le contexte économique est marqué par une hausse brutale des taux. Pour examiner les disparités éventuelles dans les impacts en fonction de l'année de mise en place de la loi, l'étude se concentrera sur les années 2021 et 2022, caractérisées par un écart de 300 bps pour le taux OAT 10 ans.

Le modèle de gestion actif-passif (ALM) utilisera ensuite ces sorties GSE pour modéliser l'évolution des portefeuilles actif et passif de l'assureur tout en tenant compte leurs interactions. Ces interactions dépendent des caractéristiques techniques, économiques et comportementaux telles que les rachats ou les transferts. C'est sur ce dernier élément que le mémoire s'intéresse plus particulièrement, en cherchant à modéliser une loi de rachats-transferts.

Enfin, en sortie du modèle ALM, sont projetés des *cash-flows*, qui serviront à établir le bilan de l'entreprise et à construire des indicateurs de suivi. Parmi ces indicateurs, il y a le ratio de solvabilité qui servira à évaluer la santé financière de l'entreprise

$$\text{Ratio de solvabilité} = \frac{\text{Fonds propres}}{\text{SCR}}.$$

Un second indicateur est le ratio  $\frac{PVFP}{BE}$ , il permet de mesurer le bénéfice récupéré par l'assureur pour 1 € d'engagement de l'assureur

$$\text{Ratio}_{PVFP/BE} = \frac{PVFP}{\text{Best Estimate}},$$

où PVFP (*Present Value of Future Profits*) est la valeur actualisée des profits futurs, après impôts, générés par les contrats en portefeuille et les actifs en représentation

$$PVFP = \frac{1}{N} \sum_{s=1}^{N=1000} \sum_{t=1}^{T_{fin}=50} \frac{\text{Résultat Net}^{(s)}(t)}{(1 + r^{(s)}(t))^t}.$$

## Modélisation de la transférabilité par la logique floue

La modélisation du comportement de transferts devrait être similaire à celle des rachats car il s'agit de probabilités de retrait d'argent dans les deux cas. Une distinction se fait entre les rachats de types structurels et conjoncturels. L'un est lié aux caractéristiques des assurés et celles du contrat souscrit, l'autre est lié à l'environnement économique et à la concurrence. La transférabilité viendrait introduire la compétition entre les assureurs du marché, ainsi, l'objectif des travaux serait de modéliser la loi de rachats conjoncturels existante de manière à intégrer les comportements liés aux transferts.

La recherche bibliographique met en évidence que la modélisation usuelle des lois de rachats, par la régression ou les techniques de *Machine Learning*, ne peuvent être utilisées. En effet, celles-ci reposent sur des bases de données historiques, qui, dans notre cas sont inobservables car la loi n'a pas encore été mise en place. Ainsi, ce mémoire se base sur la théorie de la logique floue pour contourner cette limite. Cette théorie a été introduite par ZADEH en 1965 et a la particularité de modéliser le raisonnement humain. Une décision ne sera pas prise au hasard mais résulte d'un ensemble de processus approximatifs. L'application de cette approche s'effectue en trois étapes.

Le processus débute par la fuzzification, il s'agit d'exprimer les variables décisives du monde réel en monde flou. Concrètement, chaque variable quantitative sera qualitativement exprimée à l'aide d'ensembles flous et de fonctions d'appartenance préalablement définies. Dans nos travaux, cinq variables sont retenues afin de modéliser le taux de rachats-transferts, à savoir : l'écart de rendements, le taux OAT 10 ans, l'ancienneté du contrat d'assurance, l'âge de l'assuré ainsi que son niveau de patrimoine.

Ensuite, l'inférence floue intervient à travers une matrice de décision, où le raisonnement flou est réalisé pour chaque combinaison de valeurs des cinq variables fournies en entrée du modèle. Pour évaluer l'impact de la transférabilité externe, ce mémoire propose deux matrices de décision distinctes, dont une correspond au cas sans transférabilité et l'autre avec. Concrètement, pour chaque combinaison de valeur, sont activées un certain nombre de règles de décision à l'étape d'activation. Chaque règle donne lieu à une conclusion qui sera associée à un degré de véracité et à une fonction d'appartenance. Ces deux informations seront utilisées à l'étape de l'implication pour construire une nouvelle fonction d'appartenance. Il y aura autant de nouvelles fonctions d'appartenance que de règles activées. L'étape d'agrégation permet de les combiner afin d'obtenir une unique fonction d'appartenance finale.

Enfin, la défuzzification marque le passage du monde flou en monde réel et quantifie la conclusion obtenue. Grâce à des méthodes appliquées sur la fonction d'appartenance finale, le modèle renvoie une valeur quantitative unique. Dans notre contexte, elle correspondra au taux de rachats-transferts d'un individu dont les caractéristiques sont saisies en entrée du modèle.

Prenons l'exemple d'un assuré de 65 ans ayant souscrit à une assurance vie 12 ans auparavant et dont le patrimoine s'élève à 1 million €. Dans un environnement où le taux OAT 10 ans de 2,5%, les lois de rachats-transferts modélisées en logique floue sont données dans le graphe 2. L'écart entre les deux courbes représente l'impact de la transférabilité HUSSON-MONTGOLFIER.



FIGURE 2 : Exemple de loi de rachats-transferts

## Étude d'impact

L'étude est réalisée sur un portefeuille en *run-off*. L'actif est composé à 87% d'obligations, dont 77% sont des titres souverains et 22% des titres de société. La maturité moyenne des obligations est de 9 ans. Le restant de l'actif est investi dans des actions, de l'immobilier ou est resté en trésorerie.

Le passif est réparti en 92% de provision mathématiques, de 6% de provision pour participation aux bénéficiaires (PPB) et le restant en réserve de capitalisation et en provision pour risques d'exigibilité. L'âge moyen des assurés est de 59 ans, l'ancienneté moyenne des contrats est de 12 ans et 70% des contrats ont plus de 8 ans.

Après avoir validé le modèle de logique floue en comparant le *Best Estimate* (BE) issu du modèle de la loi ONC et celui de la logique floue dans le cas avant transférabilité, nous avons mené trois études de sensibilité : sur les environnements de taux, sur les caractéristiques des assurés et sur le niveau de PPB des assureurs.

### Impact de l'environnement économique

Entre 2021 et 2022, la hausse des taux a dégradé le ratio de solvabilité de 252% à 135%. Cette dégradation s'explique d'une part, par une baisse des fonds propres ; et d'autre part, par un envole du SCR. En effet, du fait d'un portefeuille très obligataire, l'assureur est extrêmement vulnérable à la hausse des taux. De plus, un contexte économique de taux haut augmente également le risque de rachat.

L'effet de la transférabilité aggrave la solvabilité en 2022. Un assureur qui ne parvient pas à être plus attractif à travers ses taux servis, pourrait perdre ses clients qui voudront aller chez des concurrents proposant des taux de rendements plus intéressants. En cas de départ massif, l'assureur devant honorer davantage ses engagements, voit son BE augmenter, par conséquent, ses fonds propres baissent encore un fois. Par ailleurs, le SCR augmente du fait d'un risque de rachats-transferts plus important.

Nous remarquerons qu'en 2021, la transférabilité ne joue pas un rôle majeur. En effet, le rendement des fonds en euros est faible en situation de taux bas. Il s'agit d'un phénomène général sur l'ensemble du marché de l'assurance vie. Par conséquent, il n'est pas question de compétitivité entre les assureurs, les assurés ne seront pas incités à transférer leurs contrats.

Sur le plan de la rentabilité, l'assureur récupère plus de bénéfice en 2022. Un assuré est plus rentable en taux haut, car en face des engagements au passif, l'assureur pourra investir cette somme dans des actifs, par exemple dans des obligations, plus rémunérateurs.

Cependant, lorsqu'il s'agit de transférabilité, le départ d'un contrat entraîne également des coûts plus élevés pour l'assureur. Cette réalité explique la diminution de -0,68% du ratio  $\frac{PVFP}{BE}$  en 2022, tandis qu'en 2021 l'impact est nul.

		31/12/2021	31/12/2022
Ratio solvabilité	Av transf.	252%	135%
	Ap transf.	252%	125%
	Ecart	0,0002%	-9,3956%
Ratio PVFP/BE	Av transf.	7,66%	8,98%
	Ap transf.	7,66%	8,30%
	Ecart	0,0000%	-0,6793%

TABLE 1 : Résultats avant et après la transférabilité en fonction de l'environnement économique

## Impact des caractéristiques des assurés

Considérons trois compagnies : la compagnie C est celle initialement présentée ; la compagnie A est celle dont les assurés sont plus jeunes et actifs, riches et ayant des contrats d'ancienneté supérieure à celle de la compagnie C ; et la compagnie P avec des assurés passifs, en opposition avec ceux de la compagnie A.

Dans un environnement donné, la santé financière est moins stable pour la compagnie A comparée à celle de la compagnie P. Des assurés plus actifs et ayant une logique de fructification sont sources d'instabilité. En effet, ils ont tendances à racheter leur contrat dès lors que des opportunités s'offrent à eux. Ainsi, l'assureur subit un risque de rachat plus élevé, qui a pour conséquence une hausse de SCR de souscription vie et donc une baisse du ratio de solvabilité.

La mise en place de la transférabilité n'arrange pas la situation pour la compagnie A, car en plus du rachat, le transfert explose aussi le SCR de souscription vie : le SCR augmente davantage. De plus, l'opération de transfert fait croître le BE de la compagnie, et donc décroître les fonds propres. En 2022, la compagnie A subit une baisse du ratio de -29,3% contre seulement -3,9% pour la compagnie P.

Sur la rentabilité, un assuré de la compagnie A est plus rentable que celui de la compagnie P. Cela s'explique par la détention, au sein du portefeuille, des assurés fortunés possédant également des contrats de maturité plus longue, offrant alors la possibilité à l'assureur d'investir des montants conséquents dans des actifs à plus longue maturité, générant ainsi des bénéfices plus élevés.

Cependant, avec l'introduction de la loi sur la transférabilité qui libère les assurés de l'obligation de rester chez le même assureur, le départ de ces clients peut avoir des répercussions sur la rentabilité de l'entreprise. Cette influence est plus marquée chez l'assureur A, dont la clientèle est plus réactive. De plus, la durée des passifs d'assurance de la compagnie A connaîtra une diminution soudaine. En comparaison, cette diminution sera plus significative que celle de la compagnie P, ce qui pourrait l'amener à réévaluer sa stratégie d'investissement.

		31/12/2021			31/12/2022		
		Compagnie P	Compagnie C	Compagnie A	Compagnie P	Compagnie C	Compagnie A
Ratio solvabilité	Av transf.	282%	252%	211%	148%	135%	129%
	Ap transf.	282%	252%	211%	145%	125%	100%
	Ecart	0,0000%	0,0002%	0,0000%	-3,8755%	-9,3956%	-29,2989%
Ratio PVFP/BE	Av transf.	6,93%	7,66%	9,26%	8,09%	8,98%	10,95%
	Ap transf.	6,93%	7,66%	9,26%	7,63%	8,30%	9,34%
	Ecart	0,0000%	0,0000%	0,0000%	-0,4579%	-0,6793%	-1,6100%

TABLE 2 : Résultats avant et après la transférabilité en fonction des caractéristiques assurés

## Impact du niveau de PPB de l'assureur

Un *benchmark* réalisé sur la base des dix plus grands assureurs vie français en 2022\* montre que le niveau de PPB d'un assureur par rapport à ses encours peut aller de 1% jusqu'à 8,5%. Notre assureur dispose initialement de 6% de PPB, mais nous nous sommes intéressés à effectuer des sensibilités sur ce niveau de PPB et d'observer ses impacts dans un monde avec et sans transférabilité.

Sur le plan solvabilité, il est toujours mieux pour un assureur de posséder un stock de PPB important. Cette réserve lui permet d'atteindre le niveau de taux attendu par les assurés (la « cible ») plus facilement et ainsi éviter les rachats. En résultat, les fonds propres de l'assureur sont augmentés.

\*Crédit Agricole, CNP, BNP Paribas, Crédit Mutuel, AXA, Société Générale, Aéma, Generali, BCPE et AG2R.

Cette PPB permet également de contrôler le SCR : d'abord, le SCR marché via une meilleure capacité d'absorption des provisions techniques ; puis, le SCR souscription via une diminution des rachats-transferts de masse puisque la cible est atteinte. Ces éléments vont dans le sens de l'amélioration du ratio de solvabilité.

Avec la transférabilité, la distinction réside dans le fait qu'en cas de non-atteinte de la cible, le nombre de résiliations de contrats augmente. Avec un niveau de PPB de 0% le choc de la transférabilité fait baisser le ratio de solvabilité de -46,2% en 2022 tandis qu'avec un niveau de 8% la baisse n'est que de -2,7%. Posséder davantage la PPB permet donc à l'assureur de mieux retenir ses assurés en leur offrant des taux de rendement qui correspondent à leurs attentes, les dissuadant ainsi de se tourner vers la concurrence.

En termes de rentabilité, celle-ci s'améliore avec la PPB. Rappelons-nous que l'assureur dispose de 8 ans pour écouler le stock de PPB. Ainsi, pendant la période de détention, il pourra investir une partie de cette somme dans des actifs, notamment dans des obligations, de maturité plus longue et plus rémunérateur. De ce fait, plus l'assureur en possède, plus il pourra tirer profits.

Avec la transférabilité, la rentabilité n'est peu impactée en environnement de taux bas, cependant elle l'est en taux haut. L'impact deviendrait moins conséquent à mesure que la PPB augmente. Une base solide de PPB apporte donc de la confiance aux parties prudentes et permet ainsi à l'assureur une meilleure gestion des risques et de ses rendements.

		31/12/2021				
		PPB 0%	PPB 2%	PPB 4%	PPB 6%	PPB 8%
Ratio solvabilité	Av transf.	238%	243%	248%	252%	257%
	Ap transf.	238%	243%	248%	252%	257%
	Ecart	0,0001%	0,0002%	0,0003%	0,0002%	0,0001%
Ratio PVFP/BE	Av transf.	7,41%	7,49%	7,58%	7,66%	7,75%
	Ap transf.	7,41%	7,49%	7,58%	7,66%	7,75%
	Ecart	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%
		31/12/2022				
		PPB 0%	PPB 2%	PPB 4%	PPB 6%	PPB 8%
Ratio solvabilité	Av transf.	109%	120%	129%	135%	140%
	Ap transf.	63%	83%	106%	126%	138%
	Ecart	-46,2396%	-37,6920%	-22,2899%	-9,3191%	-2,7190%
Ratio PVFP/BE	Av transf.	8,85%	8,85%	8,89%	8,98%	9,11%
	Ap transf.	7,67%	8,08%	8,20%	8,31%	8,44%
	Ecart	-1,1831%	-0,7658%	-0,6838%	-0,6786%	-0,6654%

TABLE 3 : Résultats avant et après la transférabilité en fonction du niveau de PPB de l'assureur

## Conclusion et perspective

L'adoption potentielle de la loi HUSSON-MONTGOLFIER ouvrirait la voie à la transférabilité dès 2025, introduisant ainsi une dimension inconnue dans le paysage assurantiel. Dans l'analyse prospective de cet événement encore incertain, la modélisation du comportement des assurés a été abordée à l'aide de la théorie de la logique floue. L'étude des sensibilités a permis de tirer quelques conclusions préliminaires : d'abord, en cas de transférabilité, les taux élevés entraîneraient un impact négatif sur la solvabilité et la rentabilité de l'entreprise ; ensuite, l'effet serait amplifié lorsque les assurés sont réactifs et ont un objectif de rendement de leur capital ; enfin, la richesse de l'assureur pourrait atténuer ces conséquences non-voulues. Il est important de souligner que ces constatations devront être nuancées en raison de la spécificité du portefeuille et d'une modélisation qui pourrait nécessiter plus de recul pour une évaluation complète.

# Synthesis note

## Context and significance

In response to rising inflation and in order to improve the functioning of the savings and purchasing power market, senators Jean-François HUSSON and Albéric DE MONTGOLFIER wish to pass a law seeking to enhance the protection of savers (original in French “proposition de loi n°586 tendant à renforcer la protection des épargnants”). This proposal has already been approved by the Senate in its first reading during the January 2023 session.

Articles 7 and 7 bis of this legislation, also known as the HUSSON-MONTGOLFIER law, aim in particular to:

- Allow the surrender of a life insurance policy and its transfer to another insurer without incurring the tax consequences of termination. This inter-company transferability, also known as external transferability, is conditional on total transfers for policies with a seniority of more than 8 years, involving the payment of at least part of the amounts in units of account.
- Regulate the fees related to transfers within the same company to 1% of acquired rights, which would become null for a contract that lasts more than 8 years. This type of transfer, also known as internal transfer, has been in place since 2003 with the FOURGOUIS amendment and was further extended in 2019 with the PACTE law. It is important to note that this disposal does not concern external transferability.
- Emphasize the duty of advice for insurers and intermediaries so that they make an effort to communicate information regarding policyholders’ rights or the consequences of transforming contracts.

The focus of the thesis is primarily on the first point. From the policyholders’ perspective, this measure provides the possibility to change insurers to benefit from more advantageous conditions for building up their savings. From the insurers’ perspective, early exits of their customers generate an imbalance in the asset-liability duration, a central element in insurers’ investment strategy. Moreover, in the event of a mass surrender or transfer, combined with a sudden increase in interest rates, selling assets at unrealized losses to honour commitments to policyholders would harm insurers’ results.

The thesis aims to assess the potential impacts on the financial health and profitability of insurance companies if the HUSSON-MONTGOLFIER transferability law is implemented. The analysis will cover various economic contexts, based on the portfolio of a given life insurer.

## General methodology

The approach to address the issue is summarised in figure 3.

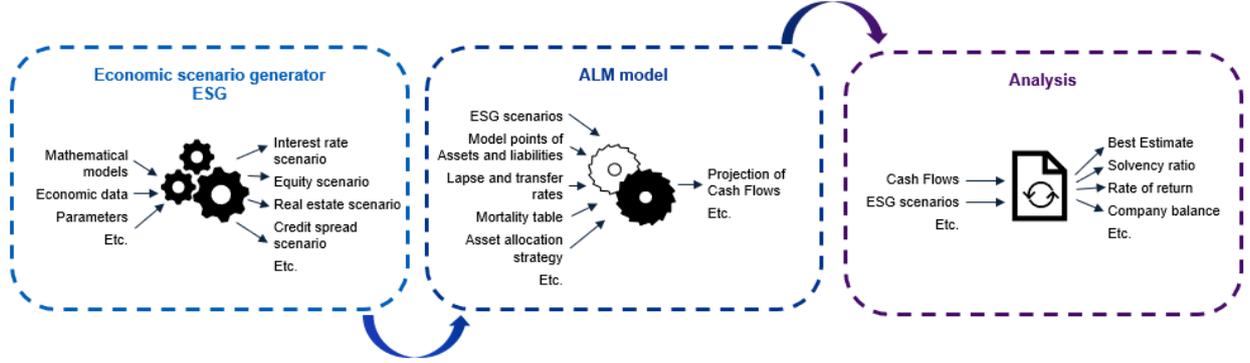


Figure 3: Overall approach

Given that the impact assessment will be carried out in various interest rate contexts, using an Economic Scenario Generator (ESG) is essential to simulate different scenarios over a predefined time horizon. Here, for each economic variable, 1000 scenarios are generated over 50 years. At the time of writing in 2023, the economic context is marked by a sharp rise in interest rates. Thus, to examine the possible disparities in impact depending on the year in which the law will be implemented, the study will focus on the years 2021 and 2022, characterised by a 300 bps difference in French 10-year Treasury bond (OAT) rates.

The Asset and Liability Management (ALM) model will then use these outputs of ESG to model the evolution of the insurer's asset and liability portfolios. The ALM model can take into account the interactions between both portfolios. These interactions depend on technical, economic, and behavioural characteristics such as surrenders or transfers. It is this last element that the thesis focuses on, seeking to model surrender-transfer rates.

Finally, the output of the ALM model is projected cash flows, which are used to draw up the company's balance sheet and construct monitoring indicators. These indicators include the solvency ratio, which is used to monitor the company's financial health

$$\text{Solvency ratio} = \frac{\text{Equity}}{\text{SCR}}.$$

A second indicator is the ratio  $\frac{PVFP}{BE}$ , which measures the profit recovered by the insurer for €1 of his commitment

$$\text{Ratio}_{PVFP/BE} = \frac{PVFP}{\text{Best Estimate}},$$

where PVFP is the Present Value of Future Profits, after tax, generated by the contracts in the portfolio and the assets under-representation

$$PVFP = \frac{1}{N} \sum_{s=1}^{N=1000} \sum_{t=1}^{T_{end}=50} \frac{\text{Net Income}^{(s)}(t)}{(1 + r^{(s)}(t))^t}.$$

## Transferability modelling using fuzzy logic

The modelling of transfer behaviour should be similar to that of surrenders, as in both cases, the probability of withdrawing money is involved. A distinction is made between structural and dynamic surrenders. The first type is related to the policyholder’s characteristics and the terms of the subscribed policy, while the second is linked to economic environments and competition. Transferability would introduce competition among insurers in the market, so the work would aim to remodel the existing dynamic surrender rates to incorporate behaviours related to transfers.

The literature review highlights that usual modelling methods for surrender rates, such as regressions or Machine Learning techniques, cannot be applied in our case. These methods require access to observable databases, whether historical data or current economic data. However, no observable data exist for modelling transferability, which has not yet been implemented. This thesis therefore uses fuzzy logic theory to overcome this limitation. This theory was introduced by ZADEH in 1965 and has the particularity of modelling human reasoning. A decision is not made arbitrarily but results from a set of approximate processes. The application of this approach occurs in three stages.

The process begins with fuzzification, which involves expressing the decisive variables of the real world in the fuzzy world. In concrete terms, each quantitative variable will be qualitatively expressed using fuzzy sets and membership functions beforehand. In our case, five variables are selected to model the surrender-transfer rate, namely: the yield spread, the 10-year OAT rate, the seniority of the insurance policy, the age of the policyholder, and their wealth level.

Next, fuzzy inference occurs through a decision matrix, where fuzzy reasoning is performed for each combination of values of the five variables provided as input to the model. To assess the impact of external transferability, this thesis proposes two separate decision matrices, one for the case without transferability and the other one with. In concrete terms, for each combination of values, a certain number of decision rules are activated at the first stage. Each rule is associated with a conclusion which will be followed by a degree of activation and a membership function. These two pieces of information will be used at the implication stage to construct a new membership function. There will be as many new membership functions as there are activated rules. The aggregation stage consists of combining all of them to obtain a unique final membership function.

Finally, defuzzification marks the transition from the fuzzy world to the real one and quantifies the obtained conclusion. Through methods applied to the final membership function, the model returns a unique quantitative value. In our context, this corresponds to the surrender-transfer rate of an individual whose characteristics are inputs into the model.

Let’s consider the example of a policyholder who is 65 years old, subscribed to a life insurance policy 12 years ago, and has assets of €1 million. In an average interest rate environment with a 10-year OAT of 2.5%, the surrender-transfer rates modelled using fuzzy logic are shown in figure 4. The gap between these two curves illustrates the impact of the HUSSON-MONTGOLFIER transferability.

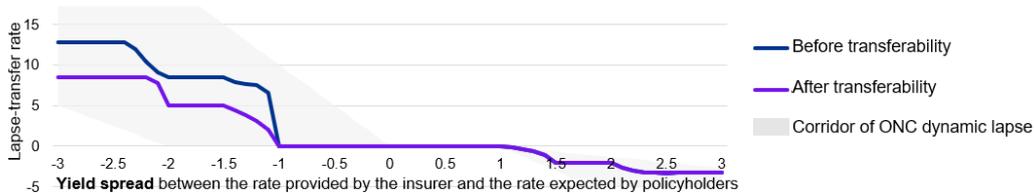


Figure 4: Example of surrender-transfer rates

## Impact study

The study is conducted on a run-off portfolio. The asset is composed of 87% bonds. Out of these, 77% are sovereign securities and 22% corporate bonds. The average maturity of the bonds is 9 years. The remaining portion of the asset is invested in equities, real estate, or held in cash.

The liability is distributed with 92% in mathematical reserve, 6% in profit-sharing reserve (PSR), and the remainder in capitalization reserve and liquidity risk reserve. The average age of the policyholders is 59 years, the average contract seniority is 12 years, and 70% have contracts exceeding 8 years.

After validating the fuzzy logic model by comparing the Best Estimate (BE) derived from the ONC basic model and that of the fuzzy logic in the case before transferability, three sensitivity studies were conducted: on interest rate environments, on policyholder characteristics, and on the level of PSR.

### Impact of the economic environment

Between 2021 and 2022, the rise in interest rates deteriorated the solvency ratio from 252% to 135%. This degradation can be explained, on one hand, by a decrease in equity, and on the other hand, by a surge in the SCR. Due to a highly bond-centric portfolio, the insurer is extremely vulnerable to interest rate increases. Furthermore, an economic environment with high-interest-rates also increases the risk of surrender.

The effect of transferability worsens solvency in 2022. An insurer that fails to be more attractive through its offered rates may lose clients who seek competitors offering more attractive returns. In the event of a mass transfer, as the insurer must honour more commitments, its BE increases, consequently causing its equity to decrease once again. Additionally, the SCR increases due to a higher risk of surrender-transfer.

It is noteworthy that in 2021, transferability does not play a major role. Indeed, the yield on euro funds is low in a low-interest-rate situation. This is a general phenomenon throughout the life insurance market. As a result, there is no competition among insurers, and policyholders have no incentive to transfer their contracts.

In terms of profitability, the insurer will make more profit in 2022. A policyholder is more profitable in a high-interest-rate environment because the insurer invests this amount in more lucrative assets, such as bonds, to cover liabilities.

However, when it comes to transferability, the departure of a contract also incurs higher costs for the insurer. This reality explains the decrease of -0.68% in the ratio  $\frac{PVFP}{BE}$  in 2022, while in 2021 there is no impact.

		31/12/2021	31/12/2022
Solvency ratio	Pre transf.	252%	135%
	Post transf.	252%	125%
	Diff.	0.0002%	-9.3956%
Ratio PVFP/BE	Pre transf.	7.66%	8.98%
	Post transf.	7.66%	8.30%
	Diff.	0.0000%	-0.6793%

Table 4: Results before and after transferability depending on the economic environment

## Impact of policyholder characteristics

Let's consider three companies: Company C, as initially presented; Company A, whose policyholders are younger, more active, wealthy, and have contracts with longer seniority than those of Company C; and Company P, with passive policyholders, in contrast to those of Company A.

In a given environment, the financial health of Company A is less stable than that of Company P. More active policyholders with a wealth-building logic are sources of instability. They tend to surrender their contracts whenever opportunities arise. As a result, the insurer is exposed to a higher surrender risk, which leads to an increase in the life underwriting SCR and therefore a fall in the solvency ratio.

The introduction of transferability does not improve the situation for Company A. In addition to surrenders, transfers also significantly increase the life underwriting SCR, causing a further SCR increase. Moreover, the transfer operation increases the company's BE and therefore decreases its equity. In 2022, Company A experienced a ratio decrease of -29.3%, compared to only -3.9% for Company P.

In terms of profitability, a policyholder from Company A is more profitable than one from Company P. This is explained by the fact that the portfolio includes wealthy policyholders who also have long-dated policies, providing the insurer to invest substantial amounts in long-maturity assets, thereby generating higher profits.

However, with the introduction of transferability legislation that frees policyholders from the obligation to stay with the same insurer, the departure of these customers can have repercussions on the company's profitability. This impact is more pronounced for Company A, whose clientele is more sensitive. Additionally, the duration of insurance liabilities for Company A is expected to decrease more rapidly. In comparison, this decrease will be more significant than that of Company P, which might prompt a reassessment of its investment strategy.

		31/12/2021			31/12/2022		
		Company P	Company C	Company A	Company P	Company C	Company A
Solvency ratio	Pre transf.	282%	252%	211%	148%	135%	129%
	Post transf.	282%	252%	211%	145%	125%	100%
	Diff.	0.0000%	0.0002%	0.0000%	-3.8755%	-9.3956%	-29.2989%
Ratio PVFP/BE	Pre transf.	6.93%	7.66%	9.26%	8.09%	8.98%	10.95%
	Post transf.	6.93%	7.66%	9.26%	7.63%	8.30%	9.34%
	Diff.	0.0000%	0.0000%	0.0000%	-0.4579%	-0.6793%	-1.6100%

Table 5: Results before and after transferability depending on policyholders' characteristics

## Impact of the insurer's PSR level

A benchmark carried out based on the ten largest French life insurers in 2022\* shows that the PSR level of an insurer can vary from 1% to 8.5%. Our insurer initially has a PSR of 6%, but we are interested in conducting sensitivities on this level of PSR and observing its impacts in a world with and without transferability.

In terms of solvency, it is always better for an insurer to have a large stock of PSR. This reserve enables them to reach the policyholders' expected rates (the "target") more easily and thus avoid surrenders. As a result, the insurer's equity is increased. This PSR also helps control the SCR: first, the market SCR through a better capacity to absorb technical provisions; then, the life underwriting

\*Crédit Agricole, CNP, BNP Paribas, Crédit Mutuel, AXA, Société Générale, Aéma, Generali, BCPE, and AG2R.

SCR by reducing mass surrenders-transfers since the target is achieved. These elements all contribute to improving the solvency ratio.

In the context of transferability, the distinction lies in the fact that in case of failure to reach the target, the number of policy terminations increases: with a PSR level of 0%, the shock of transferability reduces the solvency ratio by -46.2% in 2022, while with a level of 8%, the decrease is only -2.7%. Having more PSR means that the insurer can better retain its policyholders by offering them rates of return that match their expectations, thereby dissuading them from turning to competitors.

In terms of profitability, it improves with PSR. Remember that the insurer has 8 years to use up the PSR stock. During the holding period, insurers can invest a portion of this amount in assets, especially longer-maturity and more remunerative bonds. Therefore, the more PSR the insurer has, the more profits they can generate.

With transferability, profitability is minimally impacted in a low-interest-rate environment, but it is affected in a high-interest-rate environment. However, the impact becomes less significant as PSR increases. A solid base of PSR instils confidence in prudent parties and allows the insurer better risk management and yield optimization.

		31/12/2021				
		PSR 0%	PSR 2%	PSR 4%	PSR 6%	PSR 8%
Solvency ratio	Pre transf.	238%	243%	248%	252%	257%
	Post transf.	238%	243%	248%	252%	257%
	Diff.	0.0001%	0.0002%	0.0003%	0.0002%	0.0001%
Ratio PVFP/BE	Pre transf.	7.41%	7.49%	7.58%	7.66%	7.75%
	Post transf.	7.41%	7.49%	7.58%	7.66%	7.75%
	Diff.	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%
		31/12/2022				
		PSR 0%	PSR 2%	PSR 4%	PSR 6%	PSR 8%
Solvency ratio	Pre transf.	109%	120%	129%	135%	140%
	Post transf.	63%	83%	106%	126%	138%
	Diff.	-46.2396%	-37.6920%	-22.2899%	-9.3191%	-2.7190%
Ratio PVFP/BE	Pre transf.	8.85%	8.85%	8.89%	8.98%	9.11%
	Post transf.	7.67%	8.08%	8.20%	8.31%	8.44%
	Diff.	-1.1831%	-0.7658%	-0.6838%	-0.6786%	-0.6654%

Table 6: Results before and after transferability depending on the insurer's PSR level

## Conclusion and outlook

The potential adoption of the HUSSON-MONTGOLFIER law would pave the way for transferability starting in 2025, introducing an unknown dimension into the insurance landscape. In examining the future implications of this unpredictable event, the modelling of policyholders' behaviour has been approached using fuzzy logic theory. The results of sensitivities to the economic environment and the characteristics of the insurer's liabilities have allowed for some preliminary conclusions. Firstly, higher interest rates would harm the solvency and profitability of the company in the case of transferability. Secondly, the effect would be amplified when policyholders are active and have a return objective for their capital. Finally, the insurer's financial strength could mitigate these unintended consequences. It is important to emphasize that these findings should be nuanced due to the specificity of the portfolio and a modelling approach that may require more hindsight for a complete evaluation.

# Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier KPMG de m'avoir offert l'opportunité de réaliser mon stage.

Je voudrais remercier tout particulièrement Eléonore HAGUET-TROUPLIN, ma tutrice entreprise, sans qui ce mémoire n'aurait pas vu le jour. Merci Eléonore de m'avoir initiée au sujet et accompagnée tout au long de l'élaboration de ce mémoire. Merci encore pour les connaissances qu'elle m'a transmises et le temps qu'elle m'a accordé.

Plus généralement, je tiens à remercier mes chère.s collègues de l'équipe Actuariat de KPMG pour leur bienveillance et leur bonne humeur. Mention spéciale à Théodore pour son accueil chaleureux au début de mon parcours professionnel, ainsi qu'à Matthieu et Meyez pour leur aide précieuse de dernière minute.

J'adresse ensuite mes sincères remerciements à Quentin GUIBERT, mon tuteur académique, pour ses nombreux conseils apportés lors de nos échanges et pour ses relectures minutieuses. Merci encore pour son cours sur les modèles de simulation enseigné à Dauphine, qui m'a beaucoup aidé dans la réalisation de ce mémoire.

Je tiens à remercier également l'ensemble du corps professoral pour les compétences qu'ils m'ont apprises tout au long de ma scolarité.

Pour terminer, un grand grand merci à ma famille et mes ami.e.s pour m'avoir supportée tout au long de cette longue aventure.



# 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>21</b>
<b>1 Présentation du contexte</b>	<b>23</b>
1.1 L'assurance vie, le premier placement des Français . . . . .	23
1.2 La transférabilité externe, une extension de la loi PACTE . . . . .	31
1.3 La transférabilité dans le contexte de la hausse des taux . . . . .	33
<b>2 Mise en place de l'étude - Outils à disposition</b>	<b>41</b>
2.1 Générateur de scénarios économiques . . . . .	42
2.2 Outil ALM de 3 <sup>e</sup> génération . . . . .	48
2.3 Indicateurs de suivi et outils d'analyse . . . . .	54
<b>3 La logique floue et les lois de rachats</b>	<b>61</b>
3.1 État de l'art de la modélisation . . . . .	61
3.2 Théorie de la logique floue . . . . .	65
3.3 La démarche utilisée pour appliquer la logique floue aux rachats . . . . .	73

<b>4</b>	<b>Modélisation de la transférabilité par la logique floue</b>	<b>75</b>
4.1	La fuzzification . . . . .	76
4.2	L'inférence floue . . . . .	82
4.3	La défuzzification . . . . .	86
<b>5</b>	<b>Mise en application et analyses de sensibilité</b>	<b>91</b>
5.1	Analyse du bilan en fonction des configurations économiques . . . . .	91
5.2	Étude de sensibilité sur le portefeuille de passif . . . . .	97
5.3	Limites de la modélisation de la transférabilité . . . . .	101
	<b>Conclusion</b>	<b>105</b>
	<b>Bibliographie</b>	<b>107</b>
<b>A</b>	<b>Matrices d'agrégation pour le calcul du SCR</b>	<b>111</b>
<b>B</b>	<b>Coefficients appliqués sur les chocs de taux</b>	<b>113</b>
<b>C</b>	<b>Argumentation pour le calibrage de la matrice de décision</b>	<b>115</b>
<b>D</b>	<b>Tests de sensibilité sur les méthodes de la logique floue</b>	<b>119</b>

# Introduction

La transférabilité des contrats d'assurance vie consiste à migrer un ancien contrat vers un nouveau sans perdre les droits et les avantages cumulés jusque-là. Initiée en 2005 par l'amendement FOURGOU, puis de nouveau discutée dans le cadre de la loi PACTE, l'idée de la transférabilité revient sur le devant de la scène avec une nouvelle proposition de loi, la loi HUSSON-MONTGOLFIER, débattue au Sénat fin janvier 2023. À l'heure où ce mémoire continu d'être écrit en début 2024, la loi est toujours en cours de discussion. Cette nouvelle proposition suggère la possibilité, à partir de 2025, le transfert inter-compagnies des contrats sans pénalité sur leur antériorité fiscale pour ceux ayant plus de huit années d'ancienneté. Autrefois où la transférabilité au sein d'un même compagnie d'assurance était déjà possible, cette fois-ci, la proposition de loi étend la transférabilité à l'ensemble du marché de l'assurance vie. De la transférabilité interne, nous passons à la transférabilité externe.

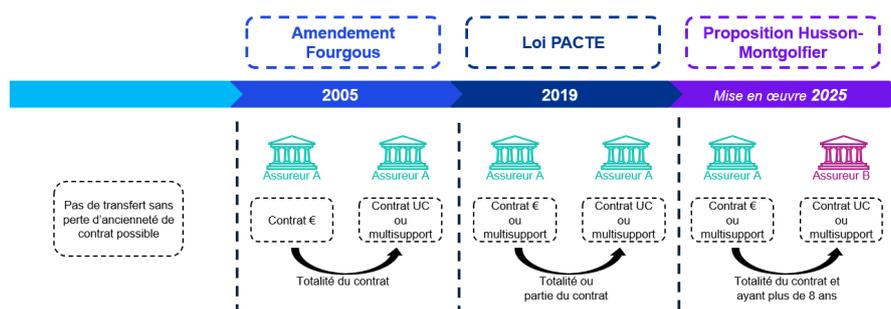


FIGURE 5 : De la transférabilité interne à la transférabilité externe

Du côté des assurés, cette mesure offre la possibilité de changer d'assureur afin de bénéficier de conditions plus favorables pour constituer leur épargne et leur retraite. Du côté des assureurs, la possibilité d'un tel transfert de contrat pourrait à terme modifier la structure du portefeuille de passif et de l'actif. En effet, si les assurés rachètent et transfèrent leur contrat plus tôt que prévu, la durée du passif se raccourcit. Or dans le même temps, les assureurs établissent leur stratégie d'investissement sur un équilibre entre la durée d'actif et de passif. En cas de transférabilité, les assureurs seront donc invités à revoir leur stratégie d'investissement et à avoir une gestion plus prudente et plus flexible de leur actif et passif. De ce fait, pour éviter le départ massif des assurés qui voudront chercher un meilleur rendement ailleurs, l'enjeu des assureurs est de les convaincre à rester, en leur proposant des contrats toujours plus intéressants.

De plus, dans un secteur où les assureurs sont particulièrement sensibles aux variations de taux d'intérêt, la possibilité d'un transfert inter-compagnies pourrait entraîner la réalisation des plus ou moins-values latentes. Or pour de nombreux organismes et compte tenu du contexte actuel de la hausse des taux inédite, une part significative du portefeuille d'actifs est susceptible de se trouver en situation de moins-values latentes. En cas de départ massif des assurés, les assureurs pourront être obligés à

vendre leurs obligations et ainsi réaliser ces moins-values. Cela a pour conséquence d'enregistrer des résultats négatifs au bilan, en plus d'impacter leur santé financière.

Entre rentabilité, engagement et respect des contraintes réglementaires dans le maintien d'un niveau de solvabilité suffisant, ce mémoire s'intéressera à l'impact de la transférabilité inter-compagnies des contrats d'assurance vie.

Après avoir présenté le contexte de l'étude (chapitre 1) et les outils nécessaires aux analyses (chapitre 2), nous nous intéresserons aux lois de transferts. Nous rappelons qu'une loi de transferts dans notre cadre d'étude est équivalente à une loi de rachats totaux. Pour contourner les contraintes que nous ne pouvons éviter (telles que la prise en compte du comportement humain, l'absence de données liées à la transférabilité externe), la modélisation de ces lois utilisera la théorie de la logique floue. Après avoir exposé cette théorie (chapitre 3), nous l'appliquerons à la construction d'une loi de rachats-transferts (chapitre 4). Enfin, des études de sensibilité seront menées pour analyser l'impact de la transférabilité dans d'autres environnements économiques (chapitre 5).

# Chapitre 1

## Contexte de la transférabilité en l'assurance vie

### 1.1 L'assurance vie, le premier placement des Français

#### 1.1.1 Généralités sur l'assurance vie

##### Le contrat et les acteurs

L'assurance vie est un moyen d'épargne. Le contrat d'assurance vie met en relation un assuré et un assureur, moyennant des primes versées par un souscripteur, en contrepartie de la couverture d'un risque lié à la durée de vie de l'assuré. En cas de vie ou de décès de ce dernier, l'assureur s'engage à verser une prestation à un ou plusieurs bénéficiaires sous forme de rente ou de capital comme convenu dans la garantie du contrat. Une fois conclu, l'assureur investit les primes reçues dans les marchés financiers dans l'optique de faire fructifier les capitaux. L'assuré peut réaliser des versements et des retraits au cours de la vie du contrat pour augmenter ou diminuer *in fine* les intérêts futurs.

Souvent souscrite pour préparer un complément de retraite, anticiper les dépenses pour un projet à long terme, transmettre son patrimoine ou simplement pour constituer son épargne, l'assurance vie est aujourd'hui l'un des placements préférés des Français loin devant les placements en action et en immobilier d'après un article de CORRIC (2023). Historiquement, elle a même été le premier support de placement.

Le graphique 1.1 montre l'évolution des flux nets de placements depuis 2017. L'assurance vie a toujours été en tête du classement jusqu'en 2020, début de la crise du COVID-19. Depuis, nous pouvons distinguer deux périodes de chute dans le placement de l'assurance vie :

- Entre le 2<sup>e</sup> trimestre 2020 et le 3<sup>e</sup> trimestre 2021, pendant presque un an, le COVID-19 a entraîné une hausse des dépôts à terme ;
- Depuis le 2<sup>e</sup> trimestre 2022, la hausse des taux a entraîné une deuxième vague des dépôts à terme.

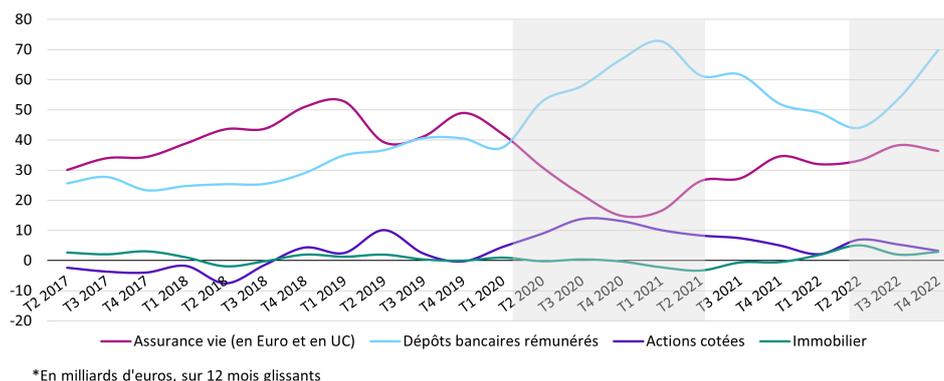


FIGURE 1.1 : Flux nets de placements (BANQUE DE FRANCE, 2023a)

## Les garanties

Il existe dans le marché plusieurs types de garanties que nous pouvons retrouver chez la majorité des assureurs vie. En reprenant les fondamentaux détaillés sur le site de INSTITUT NATIONALE DE LA CONSOMMATION (2016), nous distinguons :

- La garantie en cas de vie, à vocation d'épargne, où l'assureur s'engage à verser un capital ou une rente au souscripteur en cas de survie de l'assuré au terme du contrat. S'il y a eu décès avant la fin du contrat, les versements seront donnés aux bénéficiaires désignés.
- La garantie en cas de décès, à vocation de prévoyance, où l'assureur s'engage à verser un capital ou une rente aux bénéficiaires dans le cas où l'assuré décède pendant la durée de couverture du contrat.
- L'assurance vie dit mixte, qui marie les deux garanties précédentes. L'assureur s'engage à verser un capital ou une rente peu importe le décès ou non de l'assuré avant le terme du contrat, c'est-à-dire, soit à l'assuré s'il est en vie à la fin du contrat, soit aux bénéficiaires s'il décède avant.

## Les supports

Contrairement aux épargnes réglementées où la rémunération est en générale très stable dans le temps, et à la différence de l'investissement en action qui est plus risqué, l'assurance vie est parfois considérée comme un bon compromis. En effet, un exemple d'épargne réglementée est le livret A, il est majoritairement indexé sur l'inflation française et où le capital est garanti à 100%. Quant aux investissements en action, l'entrée en bourse nécessite une plus grande connaissance du marché, où la garanti en capital n'est pas assuré, en plus d'un rendement qui est moins stable et fluctue dans le temps.

L'assurance vie est alors un bon compromis entre stabilité du rendement et goût du risque. Plus précisément, selon le profil de risque de chaque épargnant, l'assureur adapte la proportion de somme investie dans les supports en euros ou dans les supports en unité de compte.

- Pour les supports en euros, le capital est garanti à 100% et est placé sur les fonds en euros

constitués majoritairement d'obligations sécurisées et garanties. L'effet cliquet de ce type de fonds permet d'acquérir définitivement les intérêts perçus au cours d'un exercice, qui par la suite pourra se recapitaliser. Certains assureurs prévoient même un taux minimum garanti (TMG) correspondant au rendement minimum qu'ils s'engagent à verser chaque année à l'assuré. Remarquons que dans ce cas, l'assureur supporte tout le risque d'investissement.

- Pour les supports en unités de compte (UC), le capital est placé sur des supports d'investissement permettant d'acquérir des parts d'actions, d'obligations, d'immobiliers ou de fonds de placement. À la différence des contrats en euros, l'assureur ne s'engage plus à rémunérer à un taux de rendement mais joue un rôle intermédiaire aidant l'assuré à placer son argent dans les marchés financiers. Ce dernier récupère alors des parts d'actions ou des coupons dont il percevra les rendements et intérêts qui dépendent de la performance du marché financier. L'assureur ne garantit pas de capital, le risque est porté par l'assuré lui-même.

Nous parlons parfois de contrat monosupport ou multisupports. Dans le premier cas, il s'agit d'un contrat ne proposant qu'un seul support d'investissement qui est le fonds en euros. Dans le cas d'un contrat multisupport, le capital est réparti entre un ou plusieurs fonds en UC et un fonds en euros. La proportion investie dans l'un ou dans l'autre dépend du profil de risque de l'assuré, pouvant être prudent, équilibré ou dynamique. Plus son appétence pour le risque est élevé, plus la part investie dans les fonds en UC est importante, afin de tirer potentiellement le maximum de gain.

Aux gains générés par ces produits financiers, il faut encore en déduire des frais (variable d'une entreprise à l'autre), des prélèvements sociaux\* et de l'impôt sur le revenu en cas de retrait de montants ou à la fin du contrat.

Le graphique 1.2 montre le rendement moyen des différents supports d'investissement net de chargements et de prélèvements. Pour la première fois depuis plus de 10 ans, la rémunération du livret A (3% au 1<sup>er</sup> février 2023 contre 2% en fin 2022) a dépassé les taux servis des supports euros en assurance vie (autour de 2%).

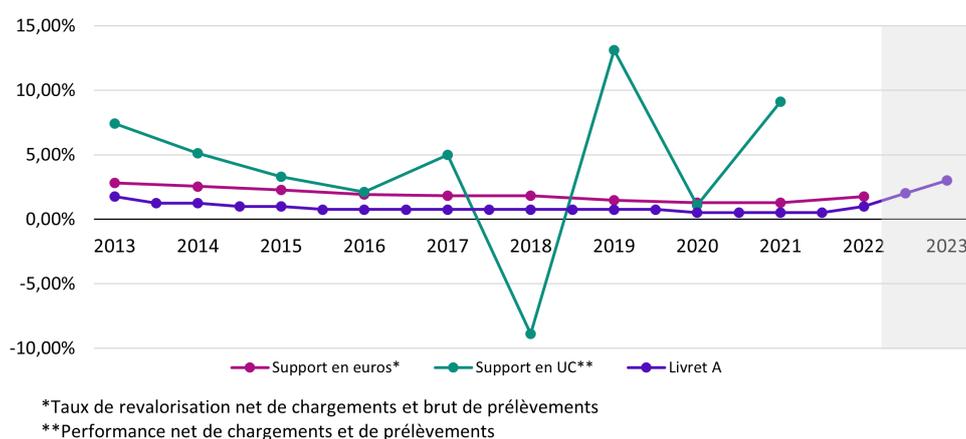


FIGURE 1.2 : Taux de rendement des supports (FRANCE ASSUREURS, 2022c ; ACPR, 2023)

\*Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2018, les prélèvements sociaux sont fixés à 17,2%. Il existe toutefois un cas d'exonération.

## Les sorties

Le dénouement d'un contrat peut être dû à plusieurs raisons. Nous en notons trois principales. Par ailleurs, elles ne sont pas soumises aux mêmes fiscalités que ce soit en terme de prélèvements sociaux ou fiscaux.

- La fin du contrat : arrivé au terme du contrat, pour la garantie en cas de vie, l'assureur s'engage à verser un capital ou une rente à l'assuré s'il est en vie, ou à ses bénéficiaires le cas échéant. La sortie en rentes est seulement soumise aux prélèvements sociaux tandis que celle en capital est soumise aux prélèvements sociaux et fiscaux.
- Le décès : avant la fin du contrat, pour la garantie en cas décès, l'assureur s'engage à verser un capital ou une rente aux bénéficiaires de l'assuré s'il décède. En plus des prélèvements fiscaux, il faut ajouter les droits de succession.
- Le rachat : avant la fin du contrat l'assuré peut procéder à des retraits d'argent pour des raisons personnelles. Le retrait peut être total ou partiel. La part des intérêts est soumis à l'impôt sur le revenu (prélèvement fiscal). La fiscalité sera détaillée dans la section suivante.

### 1.1.2 Côté assuré, une fiscalité avantageuse

Le succès de l'assurance vie provient en partie de la souplesse et la facilité de placement, de la disponibilité et la sécurité du capital à tout moment mais également d'une fiscalité avantageuse.

Dans le cas d'un rachat, les intérêts perçus au-delà du capital investi sont considérés comme des revenus. Ces gains sont donc imposables au même titre que les salaires avec un taux d'imposition. Cependant, ce taux devient plus intéressant avec la durée du contrat. Il est minimal pour les contrats ayant plus de 8 ans d'ancienneté.

Des exonérations allant jusqu'à 4600 € pour une personne seule et 9200 € pour un couple sont également prévues pour donner des avantages aux détenteurs de contrats d'assurance vie plus anciens.

Remarquons aussi que depuis la mise en place de la *Flat Tax* qui s'inscrit dans le projet de loi de finance de 2018, les intérêts issus des versements sur contrat d'assurance réalisés à partir du 27 septembre 2017 ne sont plus soumis aux mêmes fiscalités qu'auparavant. Autrefois, il y avait un allègement de fiscalité au bout de 4 ans puis 8 ans d'ancienneté : le taux de prélèvement (hors prélèvements sociaux) sur les retraits passe de 35% à 15% puis de 15% à 7,5%. Cela se traduit par des rachats de contrats d'assurance plus importants à 4 ans et à 8 ans. Aujourd'hui l'avantage fiscal n'apparaît seulement qu'au bout de 8 ans. Le taux de prélèvement sur les retraits réalisés avant 8 ans est de 12,8%, très inférieur au taux appliqué avant la *Flat Tax*. Le taux appliqué sur les retraits après 8 ans n'a pas changé, hormis dans le cas où les intérêts perçus sont issus des versements supérieurs à 150 000 €.

La figure 1.3 résume la fiscalité spécifique de l'assurance vie dans le cas d'un rachat.

Cette particularité au niveau fiscal fait de l'assurance vie une épargne de moyen à long terme. Une étude de l'Institut des Actuaires relève qu'en France l'ancienneté moyenne d'un assuré dans le portefeuille assureur est de 12,6 ans. De plus, la proportion de ceux ayant plus de 8 ans d'ancienneté représente 70% chez les assureurs français.

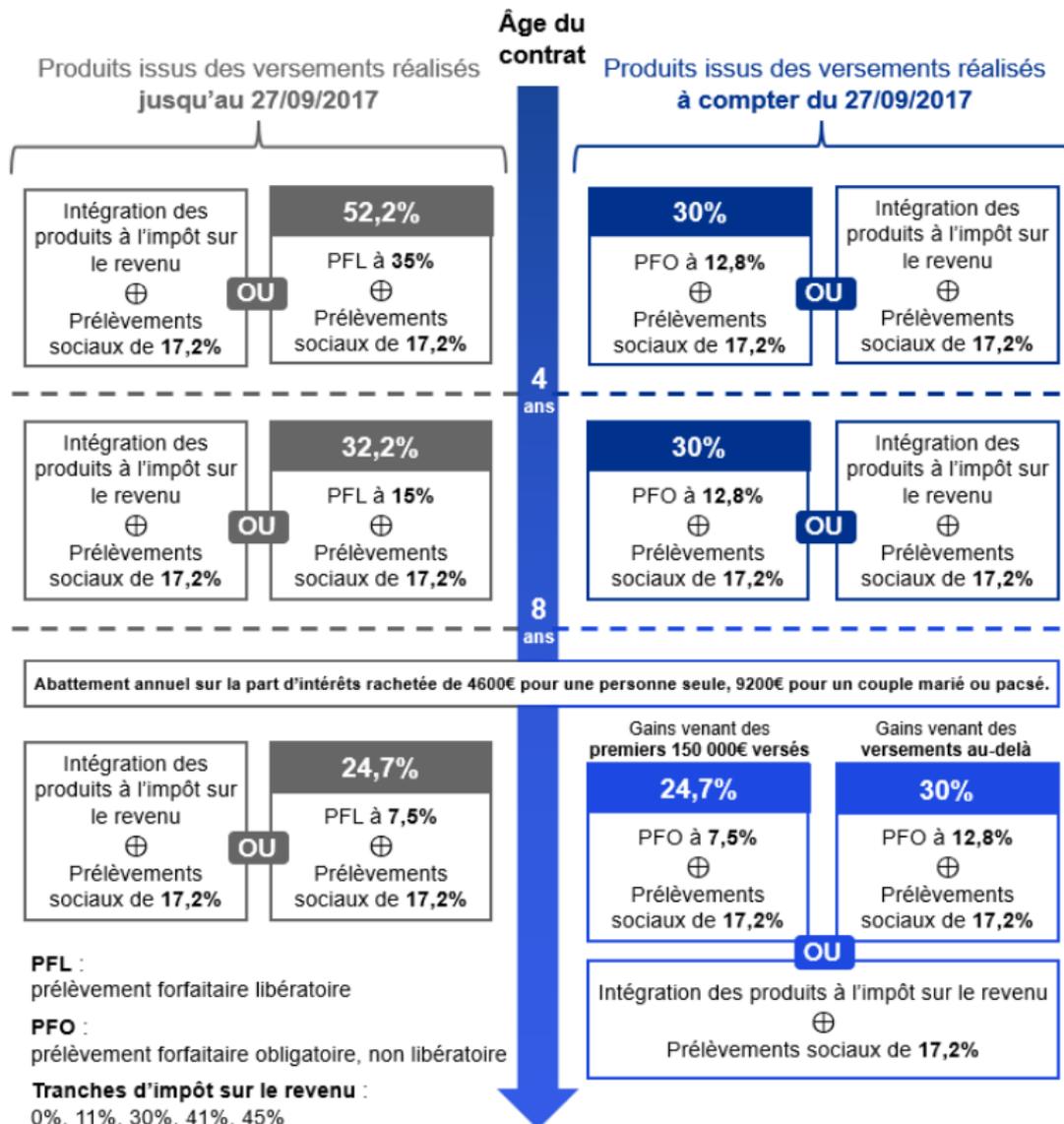


FIGURE 1.3 : Fiscalité de l'assurance vie (MEILLEURTAUX, 2022)

### 1.1.3 Côté assureur, une réglementation plus encadrée

« L'assurance vie joue un rôle essentiel dans le financement de l'économie réelle. »

— FRANCE ASSUREURS (2022a)

Proposition souvent entendue dans les médias mais qui se trouve être bien justifiée. En effet, le portefeuille des assureurs français est composé majoritairement d'obligations souveraines et *corporate*. En d'autres termes, c'est ce fonds en euros constitué qui soutient les emprunts d'États et d'entreprise. En somme à fin 2022, l'encours en assurance vie est de 1885 milliards d'euros d'après l'ACPR (2023), ce qui représente 70% du PIB français. Les graphiques suivants montrent la composition de l'actif des assureurs en France. En 2022, près de 60% de leurs actifs sont placés dans des obligations dont 86% sont des obligations à taux fixe.

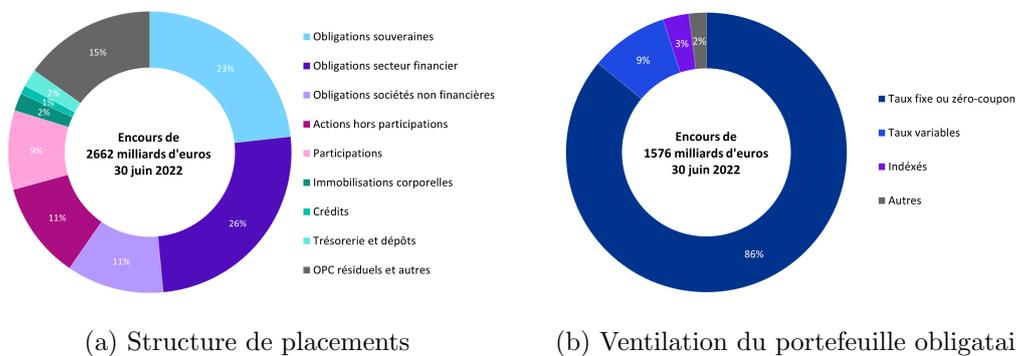


FIGURE 1.4 : Placements des assureurs au 30 juin 2022 (ACPR et BANQUE DE FRANCE, 2022)

Une réglementation plus stricte et sévère à l'égard des assureurs est donc justifiée pour trois raisons : d'une part pour protéger les épargnants et renforcer leur niveau de confiance ; d'autre part pour assurer le bon fonctionnement des compagnies d'assurance afin qu'elles puissent honorer leurs engagements ; et enfin pour soutenir l'économie car la dette de l'État repose pour une bonne partie sur les assureurs vie.

Dans ce cadre, supervisés par l'Autorité de contrôle prudentiel et de résolution (ACPR) au niveau national et par l'Autorité européenne des assurances et des pensions professionnelles (*European Insurance and Occupational Pensions Authority*, EIOPA) au niveau européen, les assureurs sont soumis à la réglementation prudentielle Solvabilité II. Les mémoires de LEVY (2017) et de ALIBERT (2017) présentent de façon plus détaillés le contexte de la Solvabilité II, ici, nous exposons seulement les principaux éléments.

## Solvabilité II

Le règlement délégué (UE) 2015/35 de la Commission en complément de la directive 2009/138/CE, dit Solvabilité II (PARLEMENT EUROPÉEN ET CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE, 2009), mis en place depuis 2016 au niveau européen a pour but d'homogénéiser les règles de solvabilité soumises aux entreprises d'assurances en les incitant à avoir une meilleure gestion de leur risque, et de renforcer la protection des clients-assurés. Elle demande notamment aux entreprises d'assurance de requérir d'un niveau de capital suffisant pour faire face aux risques et aux chocs éventuels.

Plus précisément, tous les ans, les assureurs doivent publier un rapport sur la solvabilité et la situation financière (SFCR), où doit figurer en particulier le capital de solvabilité requis (SCR). Il

s'agit d'un capital économique calculé sur une liste de risques non exhaustive. L'exigence en matière de capital demande notamment aux assureurs d'avoir un niveau de fonds propres qui couvre au moins le SCR afin de réduire la probabilité de faire faillite.

Il existe dans la profession deux approches quant au calcul du SCR : soit par modèle interne, soit par formule standard. La première est plus complexe car elle est basée sur le calcul d'un quantile sur les pertes du portefeuille à horizon un an, sa difficulté repose sur la nécessité de modéliser la loi jointe des différents facteurs de risques. Elle permet cependant à l'assureur d'avoir une meilleure connaissance de leurs risques. La seconde repose sur une agrégation des sous risques dont les méthodes de calculs sont définies par la réglementation. Le mémoire ne s'intéresse pas aux méthodes de calculs du SCR, les analyses qui seront faites tout au long de ce mémoire utilisent le SCR en formule standard. Cette deuxième approche, modulaire, peut être représentée par le schéma 1.5.

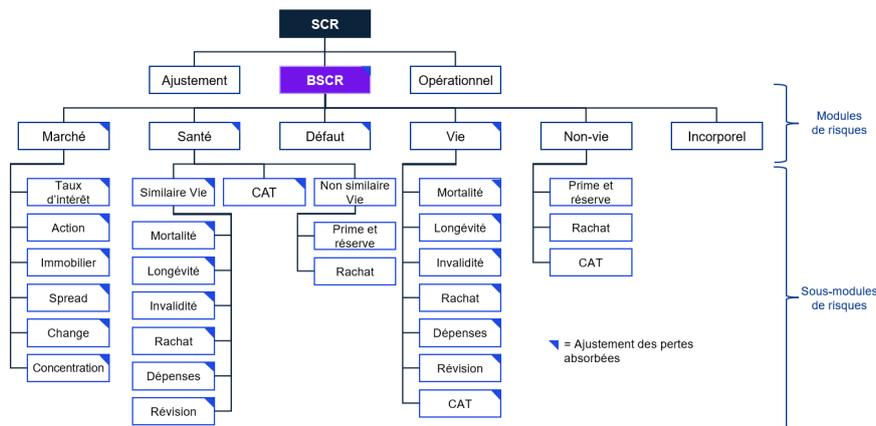


FIGURE 1.5 : La formule standard du SCR (AUTORITÉ DE CONTRÔLE PRUDENTIEL, 2011)

Le marché de l'assurance vie est particulièrement sensible aux taux, aux actions, aux rachats et aux risques de crédit. De ce fait, les modules les plus impactés sont les modules de marché et de vie.

Le schéma 1.6 est une représentation d'un bilan simplifié en Solvabilité II. Afin de tenir compte des variations du marché, la valorisation des actifs du bilan est calculée en valeur économique. Le *Best Estimate* (BE) est l'évaluation en risque neutre des engagements futurs de l'assureurs. La *Risk Margin* correspond à la valeur actualisée du coût du capital futur. Les détails de calcul de certains éléments seront présentés dans la section 2.3.

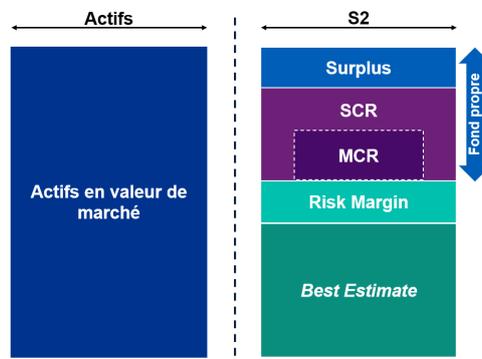


FIGURE 1.6 : Bilan sous Solvabilité 2

## Provisions en assurance vie

En France, outre le régime prudentiel européen Solvabilité II, les sociétés d'assurances sont également soumises au *Code des Assurances* (2023). Ce dernier inclut l'ensemble des lois et règlements qui leur sont applicables, ainsi que les dispositions concernant les relations entre assureurs et assurés. Il fournit notamment des précisions quant aux provisions techniques que les assureurs doivent constituer pour faire face aux éventuels aléas financiers et pour respecter leurs obligations envers les assurés. Nous présenterons les principales provisions qui interviennent dans ce mémoire.

**Provision mathématique (PM)** Elle est définie par l'article R343-3 comme « *la différence entre les valeurs actuelles des engagements pris par l'assureur et par les assurés* ».

**Provision pour Participations aux Bénéfices (PPB)** Elle est définie par l'article R343-3 comme « *le montant des participations aux bénéfices attribuées aux bénéficiaires de contrats lorsque ces bénéfices ne sont pas payables immédiatement après la liquidation de l'exercice qui les a produits* ». Il s'agit d'une provision appartenant aux assurés et elle est utilisée généralement par les assureurs pour doper le rendement servi aux épargnants les mauvaises années. Les assureurs disposent d'un délai de 8 ans pour utiliser les sommes versées dans cette provision.

Le niveau de Participation aux Bénéfices (PB) servi peut être différent d'une compagnie à une autre. La réglementation prévoit tout de même un niveau minimum que les organismes d'assurances vie doivent respecter. Son calcul correspond à la différence entre la participation aux résultats et les intérêts techniques

$$\textit{Participation aux Bénéfices} = \textit{Participation aux Résultats} - \textit{Intérêts techniques},$$

$$\text{où } \textit{Participation aux Résultats} = 90\% \text{ du Résultat technique (ou } 100\% \text{ si négatif)} \\ + 85\% \text{ du Résultat financier (ou } 0\% \text{ si négatif)}.$$

Ce montant de PB peut être incorporé à la PM ou affecté à la PPB comme mentionné dans l'article A132-16.

**Réserve de Capitalisation (RC)** Elle est définie par l'article R343-3 comme « *une réserve destinée à parer à la dépréciation des valeurs comprises dans l'actif de l'entreprise et à la diminution de leur revenu* ». Elle est alimentée par les plus-values sur les cessions d'obligations et est diminuée en cas de réalisation de moins-value. Il s'agit donc d'une provision technique qui vise à neutraliser les effets des plus ou moins-values obligataires.

**Provision pour Risque d'Exigibilité (PRE)** Elle est définie par l'article R331-5-1 comme « *une provision qui est constituée lorsque les placements mentionnés à l'article R.332-20, à l'exception des valeurs amortissables que l'entreprise d'assurance a la capacité et l'intention de détenir jusqu'à leur maturité se trouvent en situation de moins-values latentes nettes globales* ». Elle a pour vocation de permettre à l'assureur de faire face à des engagements en cas de moins-values des actifs. Elle doit être augmentée lorsque l'ensemble des actifs non obligataires en valeur de marché est en moins-values latentes par rapport à leur prix d'acquisition.

En conclusion, le succès de l'assurance vie est rendu possible par sa flexibilité, conçue pour s'adapter aux besoins individuels de chaque épargnant, ainsi que par son cadre fiscal avantageux et sa sécurité renforcée grâce à des textes réglementaires stricts. Néanmoins, hormis dans des cas très spécifiques, il est aujourd'hui impossible pour un assuré de transférer son contrat d'assurance vie d'un assureur à un autre pour bénéficier des rendements plus intéressants. S'il devrait résilier son contrat existant et souscrire à un nouveau, cela entraînerait la perte des avantages fiscaux accumulés jusqu'à présent. La possibilité d'une transférabilité inter-compagnies permettrait alors à un assuré une plus grande liberté de choix de l'assureur en fonction de ses besoins et des conditions des marchés financiers.

## 1.2 La transférabilité externe, une extension de la loi PACTE

### 1.2.1 Mise en contexte et état des lieux

Le Plan d'Action pour la Croissance et la Transformation des Entreprises, dit la loi PACTE du 22 mai 2019 (ASSEMBLÉE NATIONALE, 2019), a pour objectif d'offrir aux entreprises françaises les moyens d'innover, de se transformer et de s'agrandir selon le Gouvernement. Son impact sur l'assurance vie concerne notamment la permission du transfert des contrats mais sous conditions. L'objectif est de rendre plus attractifs les placements vers une assurance vie multisupports, contenant des unités de compte. Le tout dans la finalité d'investir dans les entreprises en pleine croissance afin de les aider dans leur développement.

Autrefois limité et contraignant, l'article 72 de la loi PACTE permet désormais à un épargnant de transformer librement une partie ou la totalité du capital de son ancien contrat d'assurance vie moins performant et peu rémunérateur vers un autre contrat d'assurance vie plus compétitif. Cependant, ce mécanisme de transfert autorisé par la loi PACTE est contraint au sein d'une même compagnie d'assurance. C'est ce que nous appelons la « transférabilité interne ».

En parallèle, le même article a également mis en place le dispositif du plan d'épargne retraite (PER). Celui-ci permet de transférer un ancien contrat d'assurance vie vers un contrat PER individuel de l'assureur actuel ou d'un autre assureur s'il propose de meilleurs avantages. Ce transfert est sans pénalité fiscale et a l'avantage d'un abattement plus élevé. Il est cependant conditionné aux contrats ayant plus de 8 ans d'ancienneté et le détenteur doit être à plus de 5 ans de l'âge légal de départ en retraite. L'assuré sera cependant soumis à un régime fiscal différent de celui présenté à la section 1.1.2 et ne pourra débloquer le capital constitué qu'une fois à la retraite. Ce dispositif de transfert vers un PER était possible jusqu'au 31/12/2022, il est malheureusement fermé aujourd'hui.

### Quelques chiffres sur la transférabilité interne

Une presse du 2 février 2023 de FRANCE ASSUREURS (2023) a révélé que sur l'année 2022, il y a eu 331 000 contrats transférés sur un nouveau contrat d'assurance vie, représentant un montant de 13,5 milliard d'euros. Par ailleurs, une étude du Comité de suivi et d'évaluation de la loi PACTE (BAIZ et al., 2022) a évalué que le nombre de contrats transférés est de 421 000 pour un montant de 15,1 milliards en 2021. Résultat en nette hausse par rapport à l'année 2020 avec un nombre de 236 000 contrats pour 6,8 milliard d'euros. Sur ces trois dernières années d'observation, la loi PACTE a donc réussi à encourager davantage d'épargnant à renouveler leur ancien contrat d'assurance vie peu performant. Résultat encourageant mais pas suffisant puisque depuis sa mise en oeuvre, le dispositif n'a concerné que moins d'un million de contrats sur un total de 54 millions en 2023, ce qui représente seulement 1,8% de l'ensemble des contrats d'assurance vie en France.

Les résultats peu convaincants de la transférabilité interne peuvent être en partie expliqués par le manque de connaissance des assurés, la complexité administrative nécessaire, les frais éventuels impliqués dans la démarche de transfert et les conditions restrictives. Rappelons-nous, le transfert de contrat d'assurance vie vers un autre contrat est actuellement limité au sein d'un même assureur, et dans le cas d'un transfert vers un PER, l'ancien contrat doit avoir plus de 8 ans d'ancienneté.

## Une ouverture vers l'extérieur de la transférabilité

Afin d'élargir le champ du possible et d'offrir aux assurés une plus grande diversité quant à leur épargne, les sénateurs Jean-François HUSSON et Albéric de MONTGOLFIER avaient déjà déposé en mars 2022 une proposition de loi visant en particulier à mettre en oeuvre la « transférabilité externe » des contrats d'assurance vie dans le but de mieux protéger les épargnants.

Elle consiste à assurer la portabilité des contrats d'assurance vie, en d'autres termes, autoriser le transfert du montant total d'un contrat d'assurance vie à un autre assureur, sans pénalité sur l'ancienneté du contrat déjà cumulée et à condition que le contrat d'origine ait au moins 8 ans d'ancienneté.

Début d'année 2023, cette proposition a été votée par le Sénat en première lecture puis présentée à l'Assemblée nationale. À l'heure où ce mémoire a été écrit, la proposition est toujours en cours de discussion.

### 1.2.2 La transférabilité externe, une proposition de loi Husson-Montgolfier

La proposition de loi n°586 tendant à renforcer la protection des épargnants, dite la loi de HUSSON et MONTGOLFIER (2023), s'inscrit dans le cadre du renforcement du fonctionnement du marché de l'épargne et du pouvoir d'achat dans un contexte de forte inflation. En particulier, les articles 7 et 7 bis du chapitre III de la proposition concernent la « transférabilité des contrats d'assurance vie » où les mesures phares sont rappelées ci-dessous.

D'abord, la possibilité de transférer, à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2025, un contrat assurance vie d'un assureur vers un autre contrat d'un deuxième assureur, via un mouvement de rachat-versement mais sans conséquence ni sur la fiscalité ni sur l'ancienneté. Sous condition que le contrat initial ait plus de 8 ans de maturité, que l'*autre* contrat soit souscrit moins de 6 mois avant le moment du rachat et qu'au moins une partie du montant soit versée en UC. Un tel transfert maintenant les avantages fiscaux ne concerne uniquement les rachats totaux. L'assureur devrait alors transférer la totalité des sommes détenues à la structure receveuse dans les deux mois qui suivent la demande de l'assuré s'il n'arrive pas à proposer des contrats d'assurance plus intéressants.

Ensuite, il est ajouté des précisions concernant la transférabilité interne déjà mise en place depuis la loi PACTE. Il est demandé à ce que les frais générés à l'issue du transfert devraient être plafonnés à 1% et doivent être nuls si le contrat a plus de 8 ans. Par ailleurs, l'assureur ne pourra pas s'opposer à une telle décision de l'assuré. Nous remarquerons que cette mesure ne propose cependant aucun encadrement au niveau des frais quant à la transférabilité externe.

Enfin, le devoir de conseil exemplaire de l'assureur l'oblige à communiquer les informations relatives aux droits, aux modalités et aux conséquences d'une telle transformation du contrat.

### Intérêts attendus pour les assurés et les assureurs

L'objectif visé est de faire profiter aux assurés un meilleur contrat qui leur est plus avantageux et plus bénéfique. La mise en place de la transférabilité vise à instaurer une concurrence entre les assureurs, tant vis-à-vis de ceux proposant des assurances vie que des établissements offrant d'autres formes d'épargne, telles que le livret A. Un assuré quelconque pourrait être tenté de racheter puis transférer l'intégralité de son contrat pour aller chez un assureur plus compétitif. Pour éviter le départ des clients, il s'agira *in fine* d'une course aux meilleurs rendements.

Du côté de l'offre, cette mesure va permettre aux nouveaux acteurs d'entrer plus facilement dans le marché de l'assurance vie en proposant des contrats plus avantageux et à condition que l'ACPR délivre des agréments. Par exemple, en considérant un nouvel entrant dans le marché de l'assurance vie où le portefeuille d'actif obligataire est constitué des zéro-coupons à taux élevé, il pourra proposer un rendement plus intéressant aux assurés qui y souscrivent. Leur démarche est avant tout de fidéliser leur client et leur proposant un taux servi à la hauteur de leur concurrent.

De prime abord bénéfique pour l'ensemble des acteurs du marché, cette mesure n'est pourtant pas sans conséquences financières et économiques à plus long terme, voire déjà à court terme.

## 1.3 Un focus sur les conséquences anticipées de la loi de transférabilité dans le contexte actuel de la hausse des taux

Les avantages promis par les porte-paroles de la proposition de loi sont nombreux en faveur des épargnants. Et malgré tout, les acteurs du marché de l'assurance vie restent globalement vigilants et sont inquiets des conséquences de cette mesure ainsi que les risques à long terme qu'elle peut engendrer. Après un bref rappel du contexte général des taux, nous allons nous concentrer sur le cas d'un assureur européen où, justement, la transférabilité des contrats dans le pays est plus souple qu'en France. Ensuite, nous consacrerons une partie pour évoquer des risques plus spécifiques.

### 1.3.1 Un rappel sur le contexte général des taux

Un des sujets majeurs dans le monde de l'assurance vie lorsque ce mémoire a été écrit est la hausse des taux. Explication.

Suite à la crise financière de 2008, les politiques monétaires menées par les banques centrales visaient à baisser les taux d'intérêt. Dans certains cas, les taux vont même devenir négatifs. En Europe, c'est le cas depuis 2014 où la Banque centrale européenne (BCE) a fixé les taux directeurs négatifs. Par conséquent, les taux intérêt de courts et moyens termes publiés par EIOPA ont également affiché des valeurs négatives par la suite.

La pandémie du COVID-19 ainsi que la guerre en Ukraine, survenues respectivement en 2020 et 2022, ont engendré des vagues d'inflation très importantes. Pour faire face à cette situation inflationniste, la BCE a été amenée à relever les taux d'intérêt. Pour la première fois en près d'une décennie, les taux sont redevenus positifs et de manière très rapide.

De même, les courbes publiées par EIOPA le sont devenues également. Le graphique 1.7 montre qu'entre fin 2021 et fin 2022, en moins d'une année, les taux 1 an ont augmenté de plus de 390 bps. De même, les taux 10 ans ont augmenté de plus de 300 bps. Cette hausse rapide a suscité des conséquences non négligeables chez les assureurs que nous détaillerons dans les parties 1.3.2 et 1.3.3.

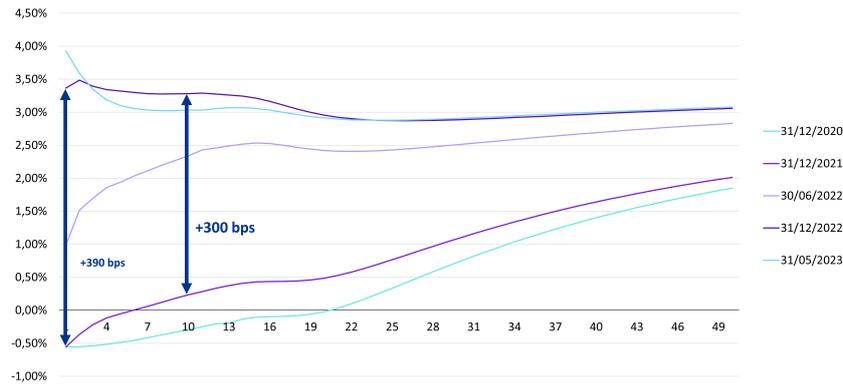


FIGURE 1.7 : Taux spot EIOPA avec *Volatility Adjustment* (EIOPA, 2023b)

L'effet d'une variation des taux d'intérêt sur les assureurs est multiple. En effet, ces courbes sont utilisées pour actualiser leurs flux d'actifs et de passifs. De plus, le prix des obligations qu'ils acquièrent ainsi que les rendements générés par ces obligations en dépendent.

Rappelons-nous qu'une obligation est un titre qui distribue des coupons. En échange du paiement d'un nominal  $N$  à la date d'acquisition du titre en  $T_0$ , l'acheteur d'une obligation reçoit des coupons  $C_{T_k}$ ,  $k=1, \dots, n$  à chaque période  $T_k$ . Arrivé à maturité  $T_n$ , l'acheteur reçoit un prix du remboursement qui peut être égal au nominal  $N$ . La valeur de marché de l'obligation à l'acquisition est donc de

$$VM_{obligation} = \sum_{k=1}^n \frac{C_{T_k}}{(1 + r_{T_k})^{T_k}} + \frac{N}{(1 + r_{T_n})^{T_n}}.$$

Lorsque les taux d'intérêt  $r_{T_k}$  augmentent, l'actualisation des flux futurs fait mécaniquement baisser la valeur de marché de l'obligation. Par conséquent, le portefeuille obligataire des assureurs ayant acquis des titres avant la hausse des taux seront en moins-values latentes (MVL).

Dans le cas inverse d'une baisse des taux, les assureurs seront en plus-values latentes (PVL).

### 1.3.2 Un exemple d'actualité en Italie

L'une des intentions des sénateurs HUSSON et MONTGOLFIER consisterait à instaurer la portabilité des contrats d'assurance vie. Cette situation peut être mise en parallèle avec l'exemple de l'Italie, où justement, il y a moins de contraintes et de pénalités pour un assuré souhaitant transférer son contrat. La politique en termes de fiscalité est plus souple en Italie.

Cette souplesse, additionnée à la remontée brusque des taux d'intérêt et à une mauvaise gestion actif-passif, ont révélé des failles de la transférabilité, ou plutôt du *rachat facilité*. Nous allons illustrer cela via le cas d'Eurovita, un assureur vie italien, victime de la hausse des taux, qui est au bord de la faillite. La société comptait 353 000 clients ayant souscrit 413 000 contrats pour une valeur totale de 15 milliards d'euros (BFM, 2023).

### **Étape 1 : un portefeuille très majoritairement obligataire**

Le portefeuille actif d'un assureur vie est en grande majorité constitué d'obligations. C'est le cas chez Eurovita, où en 2021, son portefeuille est composé de 87% d'obligations dont 93,7% sont des titres d'État (chiffres publiés dans le rapport financier de EUROVITA, 2021).

### **Étape 2 : une hausse des taux brusques**

La hausse des taux d'intérêt commencée en début 2022 (section 1.3.1) a entraîné une baisse de la valeur de marché des obligations, ce qui a fait apparaître les MVL.

Dans le même temps, les assurés cherchent à maximiser leur rendement. Ils peuvent souscrire à des nouveaux produits d'assurance vie plus rémunérateurs avec un capital investi pouvant être issu du rachat des anciens contrats moins performants auprès de leur ancien assureur.

Dans ce cas, par la volonté du rachat de l'assuré, l'assureur paye son engagement soit avec sa trésorerie, soit avec les primes perçues, soit avec les provisions prévues à cet effet. Si le montant est trop important, l'assureur sera amené à vendre ses obligations d'État. Or, si la valeur de marché des obligations détenue dans le portefeuille assureur a nettement dépréciée entre temps par rapport à la valeur nette comptable enregistrée depuis l'acquisition du titre (lorsque les taux étaient très bas, voire négatifs), alors la vente effective des obligations fait réaliser les moins-values.

### **Étape 3 : une vague de rachat**

Le rachat massif qu'a expérimenté Eurovita viendrait à la suite de la hausse des taux et d'une plus grande facilité d'exercer l'option de rachat en Italie. Ajoutons à cela une mauvaise gestion qui a créé une crainte chez les assurés, ce qui a pour conséquence de vouloir racheter encore plus leur contrat. Le montant important que la compagnie doit payer à ses assurés l'oblige à vendre les obligations pour honorer leur engagement. L'ampleur du rachat a été telle qu'Eurovita s'est retrouvé en difficulté financière dès mars 2023 (article de FUENTES, 2023).

Par ailleurs, dans le rapport sur la stabilité financière publié par la Banque centrale d'Italie (BANCA D'ITALIA, 2023), il est révélé que les rachats étaient même plus importants que les primes. En fin mars 2023, ils représentaient 119% des primes sur l'ensemble du marché italien.

### **Étape 4 : une mise sous tutelle**

La situation critique d'Eurovita a poussé leur principal investisseur Cinven à réinjecter 100 millions d'euros pour tenter de le secourir. En vain, Eurovita n'a pas pu se relever, la compagnie est sous administration extraordinaire du régulateur Italien du secteur de l'assurance IVASS depuis le 29 mars 2023. Les rachats étant bloqués jusqu'au juin 2023 avec possibilité de prolongation.

### **Étape 5 : un plan de sauvetage**

Courant juin 2023, les 5 plus grands assureurs en Italie ainsi que 25 banques se sont mobilisés pour sauver la compagnie. Un accord a été trouvé (article de BFM, 2023). Ensemble, ils investiront 500 millions d'euros pour devenir actionnaires et se répartiront les polices détenues par les assurés.

### 1.3.3 Crainte des assureurs d'un enchaînement des risques

Le cas d'Eurovita est une première en Europe dans le secteur de l'assurance vie depuis plus d'une décennie. Cet exemple montre qu'une mauvaise gestion actif-passif dans un univers de hausse brutale des taux ainsi qu'un assouplissement des règles de l'assurance vie, sont synonymes de faillite.

Si la loi HUSSON-MONTGOLFIER est mise en place, alors les rachats des contrats au-delà de 8 ans seraient facilités. Nous pouvons penser que la situation d'Italie pourrait être translatée en France. Dans ce cas, ces rachats s'accompagneront d'une série de risques qui impacteraient les assureurs, et plus encore.

#### Risque de la hausse des taux

La hausse des taux a d'abord un effet direct et positif sur les assureurs car elle leur permet de réinvestir les capitaux à des taux plus élevés et plus rémunérateurs.

Généralement, une faible variation des taux n'attire pas l'attention des médias généralistes. Mais la situation que nous connaissons aujourd'hui est une hausse brutale des taux. Cela pourrait être l'un des éléments déclencheurs d'autres risques que nous verrons dans la suite.

L'augmentation des taux crée mécaniquement des moins-values latentes obligataires dans le portefeuille des assureurs. En effet, en norme Solvabilité II, la valeur des actifs étant comptabilisée en valeur de marché, les anciennes obligations détenues jusqu'à présent ne valent donc plus autant qu'avant (le mécanisme étant vu dans la partie 1.3.1).

Ajoutons à cela une incertitude face au marché immobilier et une instabilité des actions cotées en bourse. En somme, la hausse des taux fait diminuer le rendement des actifs des assureurs.

#### Hausse de la concurrence

Les assurés cherchent toujours à avoir un rendement plus intéressant au vu de la hausse des taux.

Si la transférabilité serait accordée sans la moindre pénalité, certains assureurs vie pourraient voir leur client partir vers d'autres assureurs plus compétitifs. Par exemple, le lancement des nouveaux produits comme CORUM EuroLife de CORUM L'Épargne (TACHDJIAN, 2023) profitent actuellement de la situation de la hausse des taux pour proposer aux assurés des contrats avec un rendement plus intéressant par le biais d'un nouveau fonds en euros.

À cela s'ajoute les autres solutions d'épargne, notamment les PER ou les livrets réglementés qui garantissent des taux de rémunération supérieurs à la moyenne des contrats d'assurance vie aujourd'hui. À titre d'exemple, depuis le 1<sup>er</sup> février 2023, le taux d'intérêt annuel du livret A est passé à 3% alors que celui de l'assurance est plutôt autour de 2% (graphique 1.2). Ce cas de figure n'est pas relié à la transférabilité mais plutôt à une hausse des taux. Face à cette concurrence plus rude, sur le plan de la rentabilité, l'assurance vie semble devenir moins intéressante et les assureurs vie plus vulnérables aux comportements de leurs assurés.

Ainsi, afin d'éviter les départs massifs des contrats et de garantir, voir offrir un taux servi plus intéressant pour les épargnants, les assureurs font une reprise sur leur PPB, destinée initialement à lisser leurs résultats dans le cas d'une situation défavorable.

### Risque de rachat

La crainte actuelle du rachat massif est surtout motivée par l'augmentation soudaine des taux dans un contexte de taux bas. Mais il faut tout de même nuancer que la décision du rachat n'est pas seulement reliée à la hausse des taux, elle peut être davantage motivée ou découragée par :

- La sévérité des pénalités appliquées suite au rachat\* ;
- Le cadre fiscal et successoral ;
- Les besoins en liquidité des assurés ;
- Les caractéristiques du contrat et de l'assuré † ;
- La confiance envers l'assureur et sa solidité financière.

Généralement, les assureurs s'attendent à un taux de rachats élevé lorsqu'il y a un allègement fiscal significatif. Un exemple de loi de rachats classique‡ en fonction de l'ancienneté ressemble à celle de la figure 1.8. Les premières années sont marquées par des instabilités qui pourraient être expliquées par

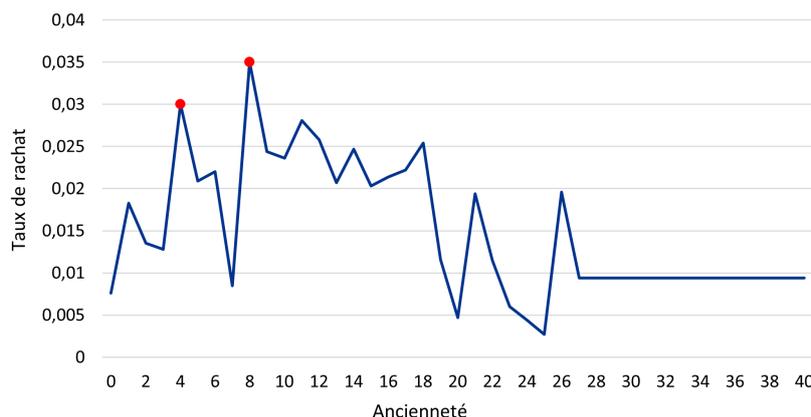


FIGURE 1.8 : Exemple de loi de rachats totaux structurels

le comportement des clients. En se référant au tableau 1.3, nous pouvons justifier les pics de rachats à 4 ans puis à 8 ans d'ancienneté par les allègements fiscaux passant de 35% à 15% (pour les versements avant 2017) puis de 15% à 7,5%. Ces clients préfèrent attendre quelques années supplémentaires pour profiter d'un allègement fiscal avant de récupérer la totalité du capital pour soit investir dans un autre produit plus intéressant, soit simplement utiliser à des fins personnelles.

Avec la loi HUSSON-MONTGOLFIER, il y aura d'autant plus de rachats après 8 ans que les produits d'assurance vie sont compétitifs ailleurs. En effet, la loi permet aux assurés de garder cet avantage fiscal à 7,5% tout au long de sa vie. La loi de transférabilité des contrats modifierait le comportement de rachats des assurés. Il est donc légitime de penser que la loi de rachats pour le segment au-delà de 8 ans d'ancienneté pourrait être revue à la hausse par cette mesure.

\*Par exemple, les assouplissements énoncés par la loi de transférabilité.

†En général, il y a moins de risque de rachat chez les personnes âgées.

‡Il s'agit d'un exemple de loi de rachats structurels en montant total.

Hormis pour les assureurs *initiaux*, les assureurs *receveurs-successeurs* pourraient également être vulnérables aux rachats. Ils seront face à des assurés plus réactifs, plus informés et ayant déjà eu des expériences de rachat à la HUSSON-MONTGOLFIER. Pour ce type d'assurés, nous pouvons très bien supposer qu'ils voudront racheter à nouveau leur contrat de leur deuxième assureur pour aller souscrire chez un troisième assureur, etc. En effet, la proposition de loi actuelle ne limite pas le nombre de rachats-transferts autorisé, ni même les conditions sur la durée minimum qu'un contrat doit être resté chez le même assureur en plus de la contrainte de 8 ans d'ancienneté. L'enjeu pour ces assureurs *successeurs* reste toujours la gestion actif-passif : que feront-ils des nouvelles primes acquises qui risquent peut-être de rester dans le portefeuille pendant seulement une courte durée ?

### Risque de liquidité

En cas de départ massif effectif, les assureurs n'ayant plus assez de liquidité pour couvrir les engagements, seraient dans l'obligation de vendre leurs actifs. Dans ce cas, seront concernées majoritairement les obligations à taux fixe qui représentait 82% des encours en assurance vie au 2<sup>e</sup> trimestre 2022 sur un total estimé à 2662 milliard d'euros.

D'après une étude réalisée par un groupe de travail de l'Institut des Actuaire, aujourd'hui, 70% des encours des contrats d'assurance vie sont ceux ayant plus de 8 ans d'ancienneté. La durée moyenne des passifs pondérée par l'encours étant de 12,6 ans. Autrement dit, la transférabilité externe des contrats permettrait à tous les assurés ayant plus de 8 ans d'ancienneté de racheter librement leur contrat, ce qui représente un total de 1863,4 milliard d'euros pour l'ensemble des assureurs français.

Dans ce cas, la vente massive des obligations dans un temps imparti pour récupérer la valeur des actifs constitue un risque de liquidité. À cela s'ajoute que les obligations sont en MVL. La vente effective des actifs du portefeuille donne un résultat négatif dans le bilan de l'assureur.

### Risque d'adossement actif-passif

De plus, indépendamment de la hausse des taux, laisser la possibilité de transférer les contrats fait naturellement baisser la durée des passifs puisque les assurés voudront racheter leur contrat plus tôt. Les assureurs devront opter pour une gestion actif-passif prudente afin de réduire le gap de durée.

Du fait de la durée des passifs qui deviendrait plus courte, à terme, il se pourrait que les assureurs optent en actif pour des obligations souveraines et d'entreprises de maturité plus courte afin d'adosser l'actif au passif. Or, les obligations de plus courtes maturités rapportent moins de revenu que celles plus longues.

Il reste également un risque de désinvestissement en action. En effet, le marché financier est très volatil, il est en général plus intéressant de garder un titre à long terme afin de garantir un rendement positif. Si l'assureur anticipe un horizon d'investissement plus court dû au raccourcissement du passif, alors il pourrait ne plus acquérir autant de part d'actions. Ceci va d'ailleurs à l'encontre du but initial de la proposition de loi, qui s'inscrit dans la continuité de la loi PACTE visant à lever les obstacles à la croissance des entreprises. En essayant de réduire les risques et la durée d'investissement, les assureurs mettraient moins d'argent dans les fonds d'actions PME et ETI, qui généralement ont besoin plus de temps pour devenir rentables.

Hormis les conséquences du côté des assureurs, à terme, la situation sera moins profitable aux assurés. En effet, les nouvelles stratégies d'investissement et de *management action* menées par les

assureurs en réponse aux rachats feront diminuer les rendements à terme, du fait du raccourcissement de l'horizon d'investissement. Par conséquent, cela pourrait faire baisser le taux servi.

### Risque de faillite

Dans un scénario hypothétique où il y a un soucis de liquidité majeur et où l'assureur n'est plus capable d'honorer les engagements envers les départs massifs, nous pouvons penser à un risque de faillite des assureurs. Est-il possible qu'un événement comme celui d'Eurovita puisse se reproduire en France ?

Un tel scénario pourrait se répéter si nous nous plaçons dans deux environnements comparables. Or, les pays comme la France, l'Allemagne ou la Suisse appliquent relativement plus de restriction comparés à l'Italie ou à l'Espagne. Sur le plan fiscal et les pénalités appliqués aux rachats, les situations française et italienne ne sont pas comparables.

Le cadre fiscal avantageux de l'assurance vie en France décourage déjà les assurés à aller vers d'autres produits de placement, tel que les livrets réglementés. Néanmoins, avec la mise en place de la transférabilité, nous risquons des départs chez des assureurs vie concurrents.

### 1.3.4 Solutions pour maintenir la stabilité financière des assureurs

Pour prévenir l'arrivée d'un risque majeur qui pourrait être déclenché avec la mise en place de la transférabilité, l'assureur dispose de plusieurs solutions pour limiter ses pertes. Il peut notamment :

- Faire recourir à la réassurance (soit l'assureur de l'assureur) ;
- Revoir ses politiques de taux servis ;
- Modifier ses politiques en terme de frais de rachats ou de transferts.

En faisant appel à une société de réassurance, l'assureur délègue une partie de ses risques à son assureur à lui. En augmentant le taux servis à ses assurés, il peut leur convaincre de rester et limiter ainsi les départs chez la concurrence. En augmentant les frais de rachats, il peut dissuader les assurés à quitter l'entreprise au risque de payer un montant de pénalité élevé.

Dans le cas où l'assureur ne puisse plus mener seul les moyens pour éviter un risque systémique, la loi n°2016-1691 du 9 décembre 2016 relative à la transparence, à la lutte contre la corruption et à la modernisation de la vie économique, dite la loi Sapin 2 (CONSEIL CONSTITUTIONNEL, 2016), peut être appliquée pour réguler la situation. Le Haut Conseil de stabilité financière (HCSF) pourrait alors limiter ou restreindre de manière temporaire les rachats, les versements et la faculté d'arbitrages des assurés, comme a pu le faire l'IVASS dans le cas d'Eurovita.

Pour rappel, le HCSF est une autorité prudentielle créée en 2013 et qui a pour mission la préservation de la stabilité du système financier français. Il est composé de 8 membres, parmi lesquels il y a :

- Le ministre de l'Économie, des Finances et de la Relance qui préside le conseil ;
- Le gouverneur de la Banque de France, qui est également le président de l'ACPR ;
- Le vice-président de l'ACPR ;

- Le président de l'Autorité des marchés financiers (AMF) ;
- Le président de l'Autorité des normes comptables (ANC).

Le Haut Conseil est chargé de la coopération et de l'échange entre ces institutions afin d'assurer une surveillance parfaite sur les différents secteurs.

## Conclusion du chapitre

L'assurance vie est un produit d'épargne intéressant pour ses rendements plus rémunérateurs et son cadre fiscal avantageux. La possibilité d'une transférabilité quasi-sans restriction laisse libre les assurés à aller chercher des produits d'assurance vie encore plus compétitifs. La concurrence au sein des compagnies vie devient alors plus rude.

Dans un environnement économique bouleversé par la remontée brutale des taux, nous nous intéressons aux comportements de transferts des assurés, autrement dit les impacts des changements de comportements de rachats des assurés en réaction de la hausse des taux. C'est dans ce cadre que notre étude portera en particulier dans un cas de la remontée des taux actuels, mais ne se limitera pas seulement à ce cas de figure. Nous considérerons également un environnement de taux bas et un environnement de pandémie.

L'enjeu du mémoire sera donc d'évaluer les impacts de la loi de transférabilité sur la santé financière des assureurs vie en se plaçant dans différents contextes économiques.

## Chapitre 2

# Mise en place de l'étude - Outils à disposition

Ce chapitre est consacré à la présentation des outils à disposition du cabinet nécessaires au pilotage actif-passif (en anglais, *Asset and Liability Management*, ALM) et des indicateurs utiles à l'analyse des sorties ALM. Le mémoire consiste en partie à améliorer certains d'entre eux. Le travail réalisé par BRU (2022) au sein du même cabinet décrit également ce modèle ALM.

Nous illustrons dans le schéma 2.1 un bref récapitulatif de notre démarche.

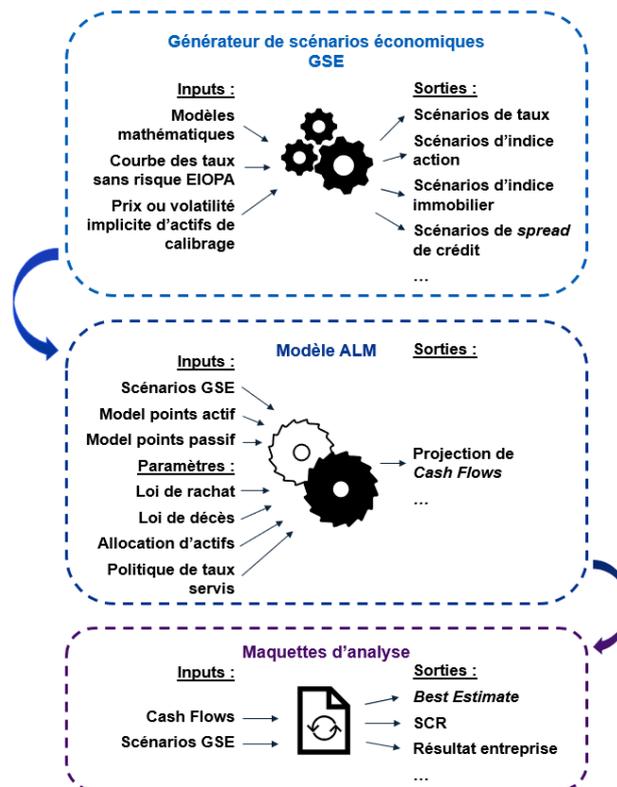


FIGURE 2.1 : Schéma récapitulatif de la démarche

## 2.1 Générateur de scénarios économiques

Un générateur de scénarios économiques (GSE) est un outil permettant de simuler des scénarios de grandeurs économiques sur un horizon défini. Chaque scénario est généré de manière stochastique en suivant un modèle mathématique. En assurance vie, le GSE a encore plus d'importance car les scénarios stochastiques déclenchent des options et garanties financières dans l'ALM que seul un scénario déterministe ne le permet pas. De plus, le calcul de la valeur de *Best Estimate* dépend également de ces scénarios.

Dans la mesure où le mémoire ne se focalise pas sur le GSE, nous n'approfondirons pas les aspects techniques. Le mémoire rédigé par LAGHRAID (2019) au sein du même cabinet traite plus en détail la mise en place du GSE. Néanmoins, afin d'assurer la bonne compréhension et la fluidité du mémoire, il est important de préciser les modèles retenus dans la modélisation. Une attention particulière est accordée à la validation des tables de scénarios.

Plusieurs modèles sont implémentés dans le GSE interne du cabinet. Ce dernier nous a permis de diffuser **1000 scénarios** de grandeurs économiques (nombre de scénarios recommandé par l'ACPR) en **univers risque neutre** sur un horizon de **projection de 50 ans** avec un pas de temps annuel.

### 2.1.1 Modèle de taux d'intérêt

Le choix du modèle de taux d'intérêt doit être adapté au contexte économique. Entre 2021 et 2022, les taux courts sont passés de négatifs aux positifs. Le modèle choisi doit donc être capable de reproduire aussi bien les taux positifs que des taux négatifs. Pour cela nous optons pour le modèle LMM+ à volatilité déterministe qui se base sur les taux *forward*.

Nous détaillerons d'abord le modèle LMM (BRIGO et MERCURIO, 2006) avant de revenir sur sa version modifiée LMM+ (JOSHI et REBONATO, 2003).

Le modèle LMM permet de modéliser les taux *forward* sous la probabilité risque neutre  $Q$ .

Considérons l'échéancier suivant  $(T_k)_{0, \dots, k, \dots, n}$  et notons  $F_k(t) := F(t, T_k, T_{k+1})$  le taux *forward* entre  $T_k$  et  $T_{k+1}$  vu en date  $t$  comme indiqué dans le schéma 2.2.

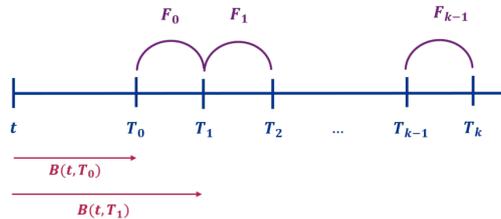


FIGURE 2.2 : Représentation du taux *forward*

Sous la probabilité risque neutre  $Q$ , ce taux *forward*  $F_k(t)$  est relié au taux spot  $r(t)$  via le prix zéro-coupon  $B(t, T)$  par la relation suivante

$$\forall t < T_{k+1}, \quad F_k(t) = \frac{B(t, T_k) - B(t, T_{k+1})}{(T_{k+1} - T_k)B(t, T_{k+1})},$$

$$\text{où } B(t, T) = \mathbb{E}^Q \left[ e^{-\int_t^T r(s) ds} \middle| \mathcal{F}_t \right].$$

Toujours sous  $Q$ , sa dynamique s'écrit

$$\frac{dF_k(t)}{F_k(t)} = \mu_k(t)dt + \gamma_k(t)dW^k(t), \quad k = 0, \dots, n-1,$$

avec :

- $\mu_k$  : le *drift* qui correspond au retour à la moyenne ;
- $\gamma_k$  : la fonction de volatilité déterministe, ne s'annule pas et est de carré intégrable

$$\gamma_k(t) = \Psi_k \left[ (a(T_k - t) + d)e^{-b(T_k - t)} + c \right] \quad \text{où } a, b, c, d \text{ et } \Psi_k \text{ sont des paramètres ;}$$

- $W^k$  : un mouvement brownien sous  $Q$  tel que  $d\langle W^j(t), W^k(t) \rangle = \rho_{j,k}dt$ .

L'hypothèse fondamentale du modèle LMM est que la dynamique des taux *forward* est lognormale. De plus, le taux  $F_k$  est une martingale sous la mesure  $Q^{k+1}$ .

Ainsi, sous la probabilité risque neutre  $Q^{k+1}$ , appelée aussi la probabilité *forward* neutre, nous pouvons écrire

$$\frac{dF_k(t)}{F_k(t)} = \gamma_k(t)dW^{k+1}(t), \quad k = 0, \dots, n-1, \quad (2.1)$$

avec  $W^{k+1}$  un mouvement brownien unidimensionnel sous  $Q^{k+1}$ .

De manière générale, nous pouvons exprimer la dynamique lognormale de  $F_k$  sous n'importe quelle probabilité *forward*  $Q^{j+1}$

$$\frac{dF_k(t)}{F_k(t)} = \left[ \sum_{i=j+1}^k \frac{(T_{i+1} - T_i)\rho_{i,k}\gamma_i(t)\gamma_k(t)}{1 + (T_{i+1} - T_i)F_i(t)} \right] dt + \gamma_k(t)dW^{j+1}(t), \quad k = 0, \dots, n-1,$$

Nous ne démontrons pas cette formule dans le mémoire.

Comme déjà précisé, le modèle LMM suppose que les taux *forward* sont lognormaux, par conséquent, les taux modélisés seront positifs. Or, avec l'apparition des taux négatifs, il est nécessaire d'adapter ce modèle pour reproduire des taux correspondant à ceux du marché. Le modèle LMM+, également appelé LMM *shifted*, a alors été introduit pour répondre à cette problématique. Sur la base de la dynamique classique 2.1, nous lui ajoutons un coefficient de déplacement  $\delta_k$ .

Ainsi, sous la probabilité *forward* neutre,

$$\frac{dF_k(t) + \delta_k}{F_k(t) + \delta_k} = \gamma_k(t)dW^{k+1}(t), \quad k = 0, \dots, n-1.$$

**Calibrage** Le calibrage des paramètres nécessite l'utilisation d'un produit vanille. Dans notre cas, il s'agit de *swaption*, une option financière sur *swap*. Une *swaption* est dite payeuse s'il donne le droit à l'acheteur d'entrer dans un *swap* de maturité  $T$ . En échange d'un paiement au taux fixe, il recevra le taux variable.

Sous la probabilité  $Q$ , le prix de la *swaption* payeuse en  $t < T$  est

$$\pi(t) = \mathbb{E}^Q \left[ e^{-\int_t^T r(s)ds} \left( B(T, T_0) - B(T, T_n) - K \sum_{j=1}^n (T_j - T_{j-1})B(T, T_j) \right)_+ \middle| \mathcal{F}_t \right].$$

Par changement de probabilité, il est possible d'appliquer la formule de Black-Scholes pour déterminer le prix théorique à l'instant initial  $t < T$  d'une *swaption* de *strike*  $K$  sur la période  $[T_\alpha; T_\beta]$

$$\pi^{BS}(t) = \sum_{k=\alpha+1}^{\beta} B(t, T_k) [S(t, T_\alpha, T_\beta) \mathcal{N}(d_1) - K \mathcal{N}(d_2)],$$

avec :

- $S(t, T_\alpha, T_\beta) = \frac{\sum_{k=\alpha+1}^{\beta} B(t, T_k) F_k(t)}{\sum_{k=\alpha+1}^{\beta} B(t, T_k)}$  : le taux *swap forward* ;
- $d_1 = \frac{\ln \frac{S(t, T_\alpha, T_\beta)}{K} + \frac{1}{2} v_{\alpha, \beta}^2 T}{v_{\alpha, \beta} \sqrt{T}}$  ;  $d_2 = d_1 - v_{\alpha, \beta}^2 T$  ;
- $v_{\alpha, \beta}^2 = \frac{1}{T_\alpha} \int_0^{T_\alpha} \gamma_{\alpha, \beta}^2(s) ds$  ;
- $\gamma_{\alpha, \beta}^2(s)$  : la volatilité du sous-jacent.

Pour  $[T_\alpha; T_\beta] = [T_k; T_{k+1}]$ , le calibrage du modèle consiste à déterminer les paramètres de la fonction  $\gamma_{\alpha, \beta} = \gamma_k$  et les corrélations *forward-forward*  $\rho$  de sorte que la quantité  $\sum_{t=1}^T \left| \frac{\pi^{BS}(t)}{\pi^M(t)} - 1 \right|$  soit minimale. Nous notons  $\pi^M$  le prix *swaption* en valeur de marché.

Les prix *swaption* de marché utilisés pour le calibrage est une matrice maturité  $\times$  ténor de 20 ans sur 20 ans à pas annuel qui est extraite de Bloomberg. Il s'agit des *swaption* ATM du taux EUR IBOR à la date du 31/12/N. Les données sur les cellules manquantes sont obtenues par interpolation linéaire. Par ailleurs, la diffusion se base sur la courbe des taux spot EIOPA avec *Volatility Adjustment*.

**Validation** La validation des scénarios économiques consiste à effectuer deux types de tests.

D'une part, le **test de martingalité** qui vérifie que sous la probabilité risque neutre, l'actualisation du prix zéro-coupon à un instant ultérieur est égale à sa valeur initiale.

- Test de martingalité sur déflateur : pour chaque maturité  $T$ , la moyenne des  $N$  simulations de déflateurs  $D^{(s)}(T)$  converge vers le prix zéro-coupon  $B(0, T)$

$$\mathbb{E}[D(T)] = B(0, T) \quad \text{où} \quad \mathbb{E}[D(T)] \approx \frac{1}{N} \sum_{s=1}^N D^{(s)}(T).$$

- Test de martingalité sur zéro-coupon : pour chaque maturité  $T$ , à chaque instant  $t$ , la moyenne des prix actualisés  $\tilde{B}(t, T)$  converge vers le prix à l'instant  $t = 0$

$$\mathbb{E}[\tilde{B}(t, T)] = \mathbb{E}[D(t)B(t, T)] = B(0, T) \quad \text{où} \quad \mathbb{E}[\tilde{B}(t, T)] \approx \frac{1}{N} \sum_{s=1}^N D^{(s)}(t)B^{(s)}(t, T).$$

D'autre part, le **test de Market Consistency** qui vérifie que les prix simulés du modèle sont cohérents avec les prix du marché donnés en entrée. Dans notre cas, cela consiste à vérifier que les prix des *swaptions* sont correctement répliqués.

### 2.1.2 Modèle d'inflation

Dans le but d'intégrer ultérieurement le prix zéro-coupon réel dans le modèle ALM, nous utilisons un modèle d'inflation

$$I(t) = \frac{B^{infl}(0, t)}{D(t)^\xi},$$

avec :

- $B^{infl}(0, t)$  : le spot inflation ;
- $D(t)$  : le déflateur ;
- $\xi$  : le coefficient d'élasticité fixé à 0,8.

**Calibrage** La diffusion du modèle nécessite une courbe des taux *swap* inflation récupérée sur Bloomberg.

**Validation** Les mêmes types de **tests de martingalité** sont répétés pour l'indice inflation : d'abord un test de martingalité sur l'indice inflation puis un test de martingalité sur les prix zéro-coupons réels. Remarquons que le test de *Market Consistency* n'est pas nécessaire ici car aucun produit du marché n'a été utilisé pour calibrer le modèle. L'indice inflation est obtenu par diffusion.

### 2.1.3 Modèle de crédit

Le modèle de crédit utilisé pour simuler des scénarios de zéro-coupon risqué est le modèle à intensité de défaut LMN (le mémoire de SABOURIN (2022) traite plus en détail les modèles de crédit). Étant donné que l'assureur investit le capital dans des obligations de différentes qualités, notées de triple *A* à simple *B*, nous devons de même modéliser plusieurs intensités de défaut. Les obligations de qualité inférieure sont notées *NR*.

Pour chaque notation  $\mathcal{R} \in \{AAA, AA, A, BBB, BB, B, NR\}$ , l'intensité de défaut suit un processus de CIR indépendant entre chaque notation

$$d\lambda^{\mathcal{R}}(t) = \kappa^{\mathcal{R}}(\mu^{\mathcal{R}} - \lambda^{\mathcal{R}}(t))dt + \sigma^{\mathcal{R}}\sqrt{\lambda^{\mathcal{R}}(t)}dW^{\mathcal{R}}(t),$$

avec :

- $\kappa^{\mathcal{R}}$  : la vitesse de retour à la moyenne ;
- $\mu^{\mathcal{R}}$  : la moyenne de l'intensité de défaut ;
- $\sigma^{\mathcal{R}}$  : la volatilité de l'intensité de défaut ;
- $W^{\mathcal{R}}(t)$  : un mouvement brownien.

Sous l'hypothèse d'indépendance entre le taux sans risque et l'intensité de défaut et sous la probabilité risque neutre  $Q^{\mathcal{R}}$ , le prix zéro-coupon risqué  $B^{\mathcal{R}}(t, T)$  est relié avec l'intensité de défaut  $\lambda^{\mathcal{R}}(s)$

$$B^{\mathcal{R}}(t, T) = \mathbb{1}_{\tau \geq t} \mathbb{E}^{Q^{\mathcal{R}}} \left[ e^{-\int_t^T r(s) + \lambda^{\mathcal{R}}(s) ds} \middle| \mathcal{F}_t \right] \quad (2.2)$$

$$= B(t, T) \times [1 - LGD + LGD \times Q^{\mathcal{R}}(\tau > T - t \mid \tau > t)], \quad (2.3)$$

avec :

- $\tau$  : l'instant de défaut ;
- $LGD^{\mathcal{R}}$  : *Loss Given Default*, la part de perte en cas de défaut.

Il existe une autre relation reliant le prix zéro-coupon risqué au *spread* de crédit  $s^{\mathcal{R}}(t, T)$

$$B^{\mathcal{R}}(t, T) = B(t, T) \times \frac{1}{(1 + s^{\mathcal{R}}(t, T))^{T-t}}. \quad (2.4)$$

Les équations 2.3 et 2.4 nous permettent de relier directement le *spread* à la probabilité de défaut

$$s^{\mathcal{R}}(t, T) = (1 - LGD + LGD \times Q^{\mathcal{R}}(\tau > T - t \mid \tau > t))^{-\frac{1}{T-t}} - 1. \quad (2.5)$$

**Calibrage** Le calibrage du modèle nécessite la courbe de *spread* de toutes les notations à la date 31/12/N pour les ténors allant de 1 an à 10 ans et celui de 12 ans. Ces données sont extraites de Bloomberg. À l'issue du calibrage, nous obtenons les prix risqués grâce à la formule 2.2.

**Validation** De même, seul le **test de martingalité** sur *Cash Flows* est nécessaire ici. Nous devons vérifier que pour chaque notation dans  $\mathcal{R}$ , pour chaque maturité  $T$ , il y ait

$$\mathbb{E}[D(T)(1 - LGD^{\mathcal{R}}Q_{\mathcal{R}}(0, T))] = \mathbb{E}[D(T)B^{\mathcal{R}}(0, T)] = B^{\mathcal{R}}(0, T)$$

$$\text{où } \mathbb{E}[D(T)B^{\mathcal{R}}(0, T)] \approx \frac{1}{N} \sum_{s=1}^N D^{(s)}(T)B^{\mathcal{R}^{(s)}}(0, T).$$

### 2.1.4 Modèles action et immobilier

Les diffusions de l'indice action et de l'indice immobilier sont simulées selon le modèle Black-Scholes. En univers risque neutre  $Q$ , sa dynamique s'écrit de manière suivante

$$\frac{dS(t)}{S(t)} = rdt + \sigma dW(t),$$

avec :

- $S(t)$  : le prix de l'actif ;
- $r$  : le taux sans risque ;
- $\sigma$  : la volatilité de l'actif, constant dans le temps ;
- $W(t)$  : un mouvement brownien indépendant pour chaque indice.

**Calibrage** Le calibrage de ces indices nécessite en entrée des volatilités implicites. Pour l'indice action, nous avons pris la volatilité sur un an du CAC 40 (action type 1) et de l'EURO STOXX 50 (action type 2). La volatilité de l'indice immobilier est fixée à environ 10%.

**Validation** Le **test de martingalité** consiste ici à vérifier que  $\mathbb{E}[\tilde{S}(T)] = \mathbb{E}[D(T)S(T)] = S(0)$ , autrement dit que la moyenne des prix des actifs actualisés est égale au prix initial. Le **test de Market Consistency** consiste à vérifier que la volatilité implicite de l'actif générée par le modèle est égale à celle donnée en *input*.

L'ensemble des facteurs de risques économiques sont reliés par une matrice de corrélation dont les valeurs peuvent être retrouvées sur Bloomberg. Nous ne détaillerons pas la méthodologie utilisée pour prendre en compte des corrélations.

Pour conclure, nous affichons dans les graphes 2.3 quelques tests graphiques effectués sur les données du 31/12/2023. Un niveau de confiance standard de 95% est utilisé pour construire les intervalles de confiance. Le GSE est validé puisque pour les tests de martingalité la moyenne sur les  $N = 1000$  simulations est bien dans l'intervalle de confiance.

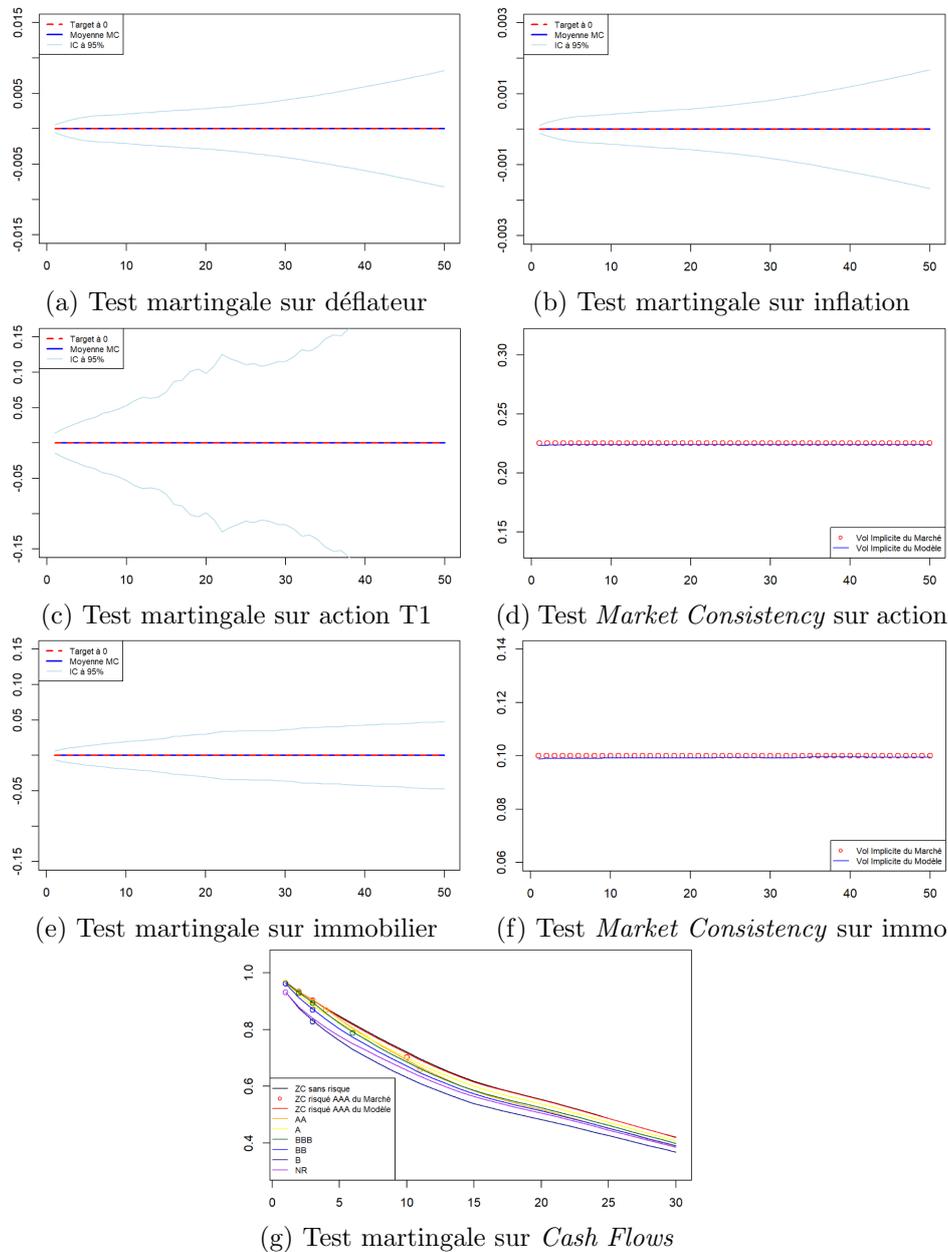


FIGURE 2.3 : Tests de martingalité et de *Market Consistency*

## 2.2 Outil ALM de 3<sup>e</sup> génération

Afin de prendre en compte les interactions actif-passif dans la projection de flux futurs, un modèle ALM de 3<sup>e</sup> génération a été développé par le cabinet. Contrairement aux outils des deux premières générations qui utilisent soit une approche statique, soit des scénarios déterministes, ici, notre modèle explore de nombreux scénarios aléatoires. Ce dernier est alimenté par des *model points*, des hypothèses du portefeuille assureur ainsi que des scénarios économiques issus du GSE décrit dans la section précédente. L'outil de modélisation DEvent à possession du cabinet est alors utilisé. Son architecture générale est schématisée dans la figure 2.4.

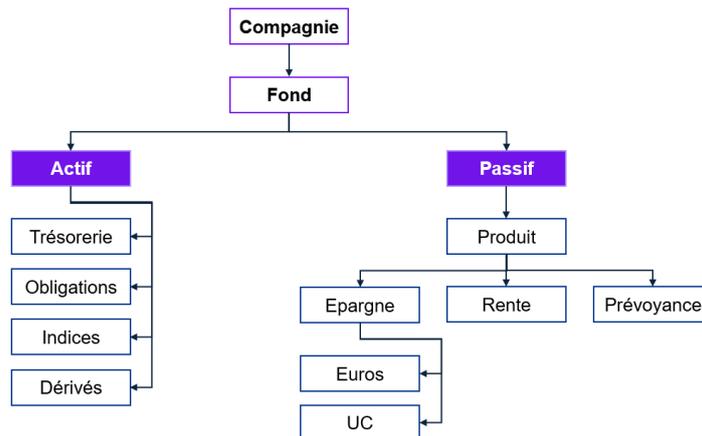


FIGURE 2.4 : Architecture DEvent

### 2.2.1 Les *model points*

Les portefeuilles des assureurs sont composés d'un très grand nombre de contrats. Pour réduire le temps de calcul, nous avons eu recours à des *model points*. Ils permettent d'agréger des contrats similaires entre eux afin de réduire le nombre de lignes et donc les temps de calculs.

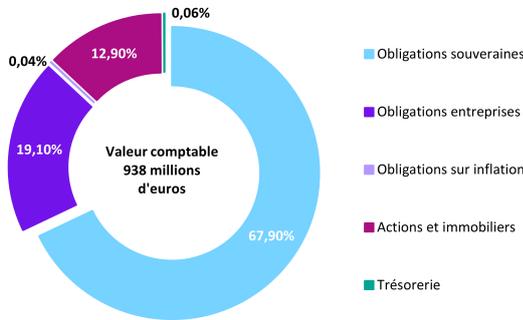
Les *model points* actifs et passifs utilisés dans la suite de ce mémoire ont été mis à disposition par le cabinet. Ils sont construits sur la base d'un assureur vie français et sont donc représentatifs de la réalité de cet assureur en 2021.

#### *Model points* actifs

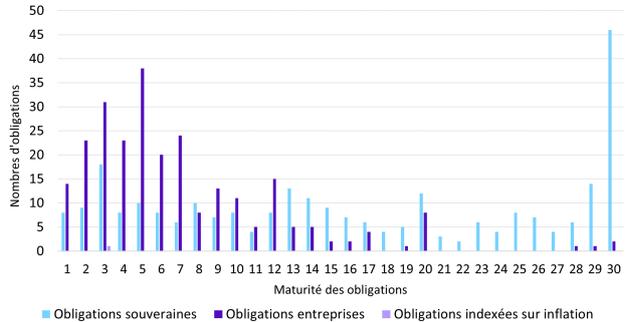
Les *model points* d'actifs contiennent les informations sur les actifs de l'assureur. Ils sont composés de titres obligataires souverains (obligations peu risquées), des titres obligataires émis par des sociétés (obligations plus risquées), des obligations indexées sur l'inflation, des parts d'actions, des revenus de biens immobiliers ainsi que de la trésorerie.

Le diagramme 2.5a illustre la répartition des actifs détenus par notre assureur. Le portefeuille se compose d'environ 500 *model points* d'obligations, représentant 87% du montant total d'actifs évalué à 938 millions d'euros en valeur comptable. La maturité moyenne des obligations est de 8,5 ans. Néanmoins, la maturité des obligations souveraines est plus longue que celle des obligations d'entreprise, qui sont considérées comme plus risquées. La maturité moyenne des titres obligataires d'État

est de 12,0 ans contre 5,2 ans pour les titres d’entreprise. Le détail se trouve dans l’histogramme 2.5b. Nous noterons également que les titres souverains sont supposés être des coupons risqués de notation AAA tandis que les titres d’entreprises sont de notation BBB.



(a) Répartition des actifs



(b) Occurrences de maturité des obligations

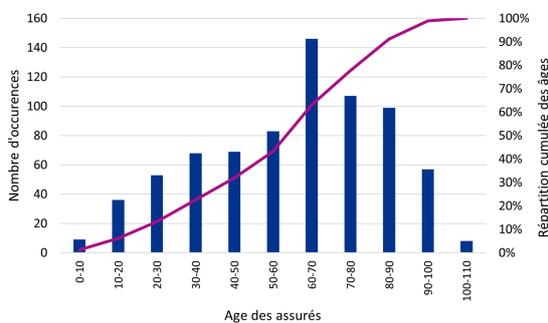
FIGURE 2.5 : Portefeuille actif de l’assureur

### Model points passifs

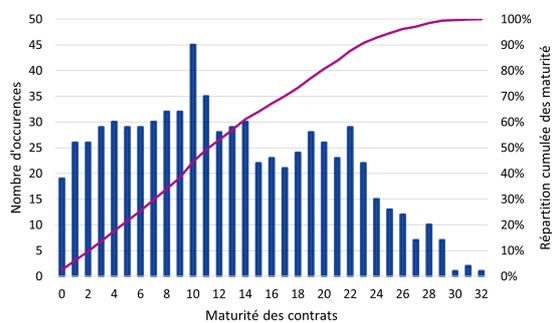
Les *model points* de passifs recensent les caractéristiques liées aux contrats telles que le type de produit, la provision mathématique, le taux minimum garanti (TMG)\* ; et les informations liées aux groupes assurés telles que le sexe et la date de naissance. Chaque *model point* regroupe les assurés ayant des caractéristiques similaires.

Dans notre cas, le portefeuille passif étudié est composé *uniquement* de contrats d’épargne en euros. L’assureur propose une vingtaine de produits différents. Le portefeuille est constitué de 735 *model points*.

Par simplification, les individus sont supposés être des hommes nés entre 1914 et 2019. L’âge moyen des individus est de 58,6 ans, la répartition des âges se trouve dans l’histogramme 2.6a. L’ancienneté moyenne des assurés dans le portefeuille est de 12,2 ans, la part de ceux ayant plus de 8 années d’ancienneté est de 70,3%.



(a) Age des assurés



(b) Maturité des contrats

FIGURE 2.6 : Portefeuille passif de l’assureur

\*Le TMG est le rendement minimum auquel l’assureur s’engage à verser sur un contrat d’assurance pour une durée déterminée. Ce taux est réglementé par le *Code des Assurances* (2023).

Les assurés de cette compagnie d'assurance ont souscrit à un contrat entre 1990 et 2022 avec un TMG contractuel de 0%.

Dans une démarche de simplification, nous considérons que tous les contrats souscrits par les clients inclus l'option de rachats. Cela signifie qu'il leur est possible de racheter leur contrat d'assurance à tout moment. Dans le cadre de notre mémoire qui traite de l'impact de la loi HUSSON-MONTGOLFIER, nous supposons en plus que tous les assurés ont également souscrit à l'option de transfert. Cela laisse la possibilité à un assuré voulant transférer son contrat de le faire s'il remplit la condition de 8 ans d'ancienneté. Les autres garanties en assurance vie, telles que la garantie plancher ou la garantie en cas de décès, ne sont pas modélisées dans l'outil ALM.

Le portefeuille passif d'un assureur vie est constitué de provisions\*. Il y a notamment la Provision Mathématique (PM) pour respecter l'engagement envers les assurés, la Provision pour Participations aux Bénéfices (PPB) pour doper le rendement servi, la Provision pour Risques d'Exigibilité (PRE) pour faire face aux MVL des actifs non obligataires. Ajoutons également la Réserve de Capitalisation (RC) pour parer les PMVL du côté des obligations. La répartition de ces provisions est dans la figure 2.7.

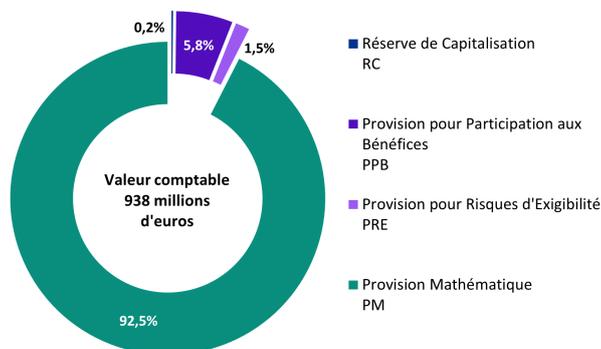


FIGURE 2.7 : Répartition des passifs de l'assureur

Dans ce mémoire, le portefeuille passif de notre assureur est composé majoritairement de PM avec une part de 92,5%. La PPB représente 5,8% du passif, légèrement supérieure à la moyenne française en 2022<sup>†</sup>. Le restant est partagé entre la PRE et la RC qui représentent respectivement 1,5% et 0,2% du total du passif.

### 2.2.2 Les hypothèses

Les hypothèses dans un modèle ALM permettent d'ajouter des détails qui ne sont pas figurés dans les *model points* et qui sont pourtant indispensables dans le fonctionnement d'un moteur ALM. Elles permettent d'explicitier en particulier :

- La situation des concurrents, comme le taux servi ;
- Les stratégies d'investissements ;

\*La définition exacte des différentes provisions se trouve dans la section 1.1.3.

<sup>†</sup>Voir *benchmark* de la PPB en figure 5.2.

- Les hypothèses de rachats (total ou partiel, structurel ou dynamique) ;
- Les hypothèses sur les lois de transferts entre supports euros et UC ;
- Les frais et commissions ;
- Les tables de mortalité ;
- Le taux d'impôt sur les sociétés.

Dans le cadre de l'étude, nous nous intéressons particulièrement aux hypothèses des lois de rachats. En effet, la transférabilité telle que nous l'avons présentée dans le chapitre 1 est une forme de rachat total impulsé par un environnement favorable. Tout l'enjeu de ce mémoire est de construire des lois de rachats-transferts cohérentes que nous détaillerons dans les chapitres 3 et 4.

Nous posons par ailleurs les hypothèses additionnelles suivantes. Elles permettent de simplifier la modélisation et l'interprétation.

- Le portefeuille fonctionne en *run-off*, c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'affaires nouvelles tout au long de la projection. Par conséquent, les frais d'acquisition sont supposés nuls.

De plus, les versements libres ne sont pas modélisés dans DEvent, du fait du référentiel en Solvabilité II que nous considérons.

- Aucun transfert (interne) entre contrat en euros et contrat en UC n'est modélisé. Par conséquent, les frais associés à ce type de transfert sont nuls.
- Les frais liés aux rachats partiels ou totaux sont nuls dans le cadre standard.
- Les frais liés aux transferts HUSSON-MONTGOLFIER sont identiques que les rachats totaux.

Le cadre de la loi de transférabilité ne précise à l'heure actuelle aucun encadrement au niveau des frais liés à un transfert (section 1.2.2). En réalité, les compagnies pourraient appliquer des frais plus élevés pour dissuader le départ de leur client.

- L'impôt sur les sociétés est fixé à 25% à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2022.

### 2.2.3 Le pilotage de la marge financière de l'assureur

En assurance vie, les taux servis aux assurés constituent le fruit d'un pilotage de la marge financière de l'assureur. Ce processus complexe repose sur la mise en oeuvre d'un algorithme de distribution de la PPB. Ce dernier tient compte de divers paramètres, tels que les rendements des investissements, les taux de concurrence, et les obligations contractuelles envers les assurés. Ainsi, le taux servi en assurance vie est le résultat d'un équilibre délicat entre la nécessité pour l'assureur de maintenir une rentabilité durable et la satisfaction des attentes des assurés en termes de rendement.

Nous présentons dans cette section l'algorithme en vision simplifiée de notre assureur, sans tenir compte de la contrainte de 8 ans de la PPB (comme précisée dans la section 1.1.3).

Pour chaque année de projection

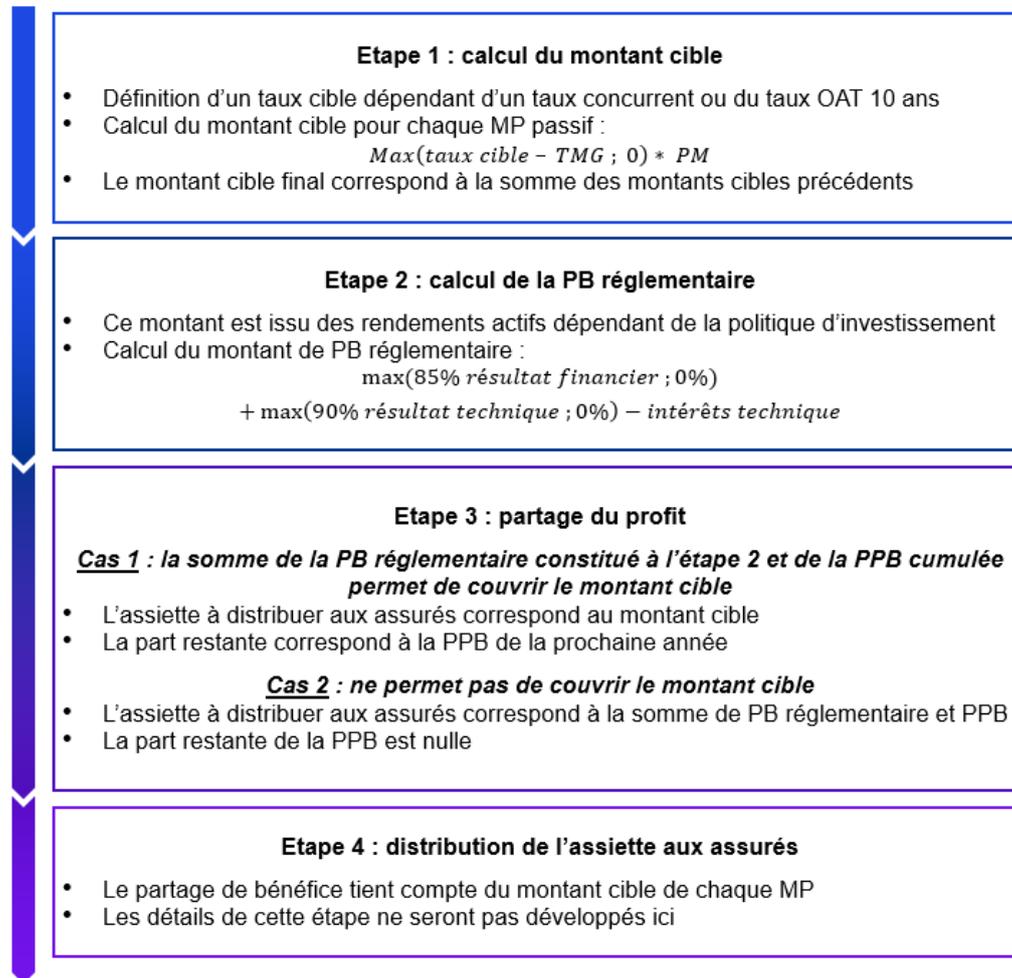


FIGURE 2.8 : Algorithme de distribution de PPB

## 2.2.4 Le processus du vieillissement des contrats dans un modèle ALM

Un modèle ALM permet de vieillir les portefeuilles d'actifs et de passifs, tout en prenant en compte de leurs interactions. À chaque simulation donnée et à chaque pas de projection, le modèle fonctionne suivant le schéma 2.9.

Le « *rebalancing* » est le processus de réallocation des actifs du portefeuille défini par la politique d'investissement de l'assureur. Le *rebalancing* consiste donc à vendre ou à acheter certains produits financiers tout en respectant cette stratégie.

Le « *profit sharing* » est la politique de partage de bénéfices entre les assureurs et les assurés. C'est à cette étape que la PPB peut être utilisée pour atteindre le taux cible par exemple. Les effets des PMVL sont lissés à ce moment par le biais de dotations ou de reprises dans des réserves.

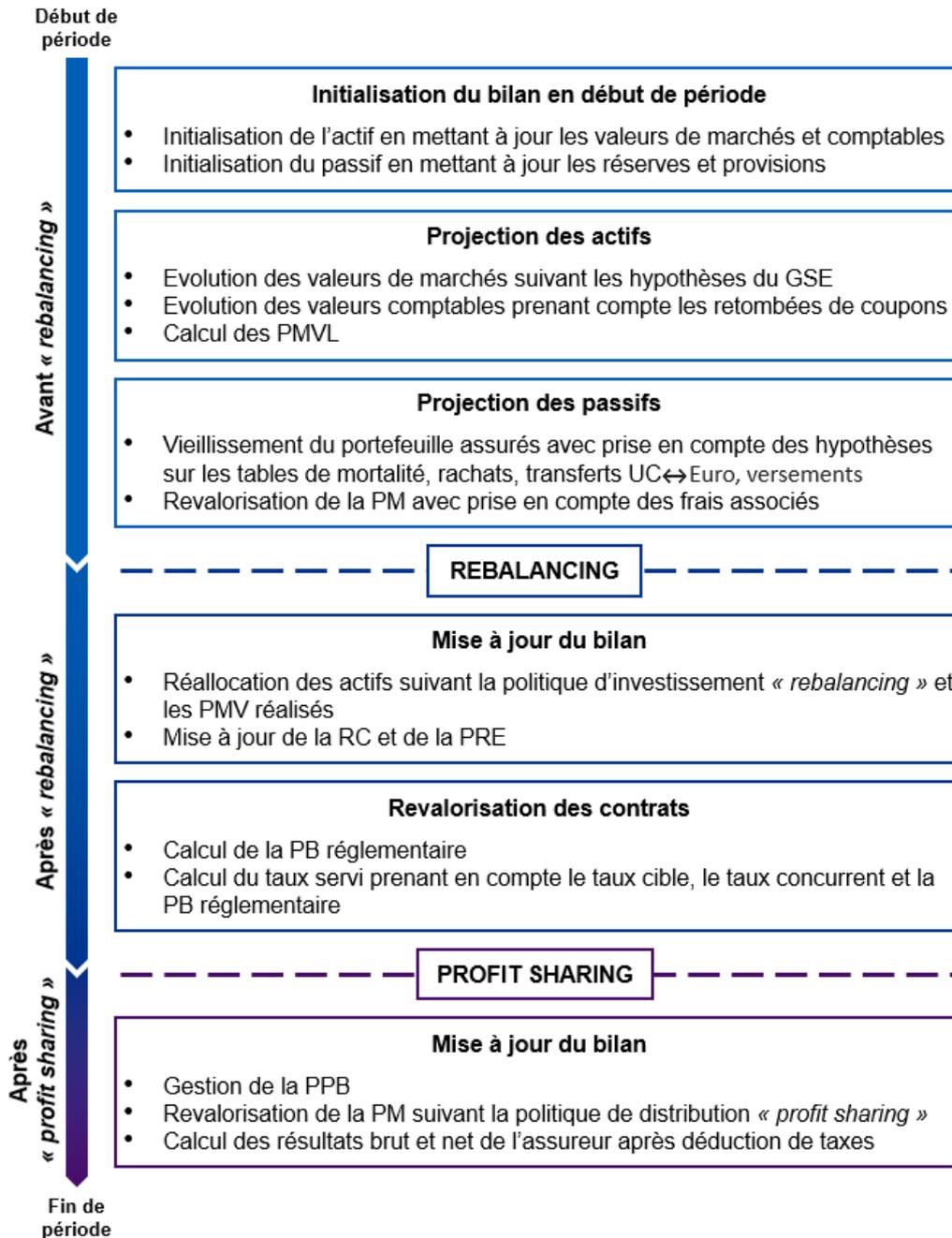


FIGURE 2.9 : Fonctionnement du modèle ALM

## 2.3 Indicateurs de suivi et outils d'analyse

Cette section est consacrée à l'explication et aux calculs des indicateurs nous permettant d'analyser les sorties ALM présentées dans le chapitre 5. Nous utiliserons aussi bien des indicateurs réglementaires mesurant le niveau de solvabilité de l'entreprise que des indicateurs financiers pour suivre la rentabilité de l'entreprise.

### 2.3.1 Provision technique, *Best Estimate* et *Risk Margin*

La Directive Solvabilité II définit la valeur des provisions techniques (PT) comme étant égale à la somme de la meilleure estimation (« *Best Estimate* », *BE*) et de la marge de risque (« *Risk Margin* », *RM*)

$$PT = BE + RM.$$

#### *Best Estimate*

Selon l'article 77 de la Solvabilité II, « *la meilleure estimation correspond à la moyenne pondérée par leur probabilité des flux de trésorerie futurs, compte tenu de la valeur temporelle de l'argent (valeur actuelle attendue des flux de trésorerie futurs), estimée sur la base de la courbe des taux sans risque pertinents* »

$$BE = \frac{1}{N} \sum_{s=1}^N \sum_{t=1}^{T_{fin}} \frac{Flux_{sortants}^{(s)}(t) - Flux_{entrants}^{(s)}(t)}{(1 + r^{(s)}(t))^t}, \quad (2.6)$$

avec :

- $r^{(s)}(t)$  : le taux zéro-coupon de l'année  $t$  pour le scénario  $s$  ;
- $Flux_{sortants}^{(s)}(t) - Flux_{entrants}^{(s)}(t)$  : le flux net de l'année  $t$  pour le scénario  $s$  ;
- $N$  : le nombre de scénarios ;
- $T_{fin}$  : l'horizon de projection.

#### *Risk Margin*

Toujours selon la Directive, « *la marge de risque est calculée de manière à garantir que la valeur des provisions techniques est équivalente au montant que les entreprises d'assurance et de réassurance demanderaient pour reprendre et honorer les engagements d'assurance et de réassurance* »

$$RM = CoC \cdot \sum_{t=0}^{T_{fin}-1} \frac{SCR(t)}{(1 + r(t+1))^{t+1}},$$

avec :

- *CoC* : le coût du capital (*Cost of capital*) fixé à 6% ;
- *SCR* : le capital de solvabilité requis.

### 2.3.2 Capital de solvabilité requis

La réglementation prévoit plusieurs méthodes pour le calcul du capital de solvabilité requis (SCR). Il s'agit d'un montant minimum à détenir en fonds propres pour être solvable à horizon 1 an en cas d'événements extrêmes survenant tous les 200 ans.

Dans sa version en formule standard, le calcul se base sur l'agrégation des risques. En reprenant le schéma 1.5, notons :

- $M$  : l'ensemble des modules de risques ;
- $SCR_m$  : le capital économique du module  $m$  ;
- $\rho_{i,j}^M$  : le coefficient de corrélation entre le module  $i$  et le module  $j$  ;
- $R_m$  : l'ensemble des risques du module  $m$  ;
- $C_i$  : le capital requis du risque  $i$  ;
- $\rho_{i,j}^{R_m}$  : le coefficient de corrélation entre le risque  $i$  et le risque  $j$ .

Le SCR s'obtient en ajoutant au SCR de base le SCR opérationnel ainsi qu'un terme d'ajustement

$$SCR = Ajustement + BSCR + SCR_{Opérationnel}.$$

Le risque opérationnel correspond aux pertes potentielles liées aux défaillances des processus internes, aux erreurs humaines et des événements externes de l'entreprise, il est estimé par

$$SCR_{Opérationnel} = \min\{30\% \cdot BSCR; Op\},$$

où  $Op = 0,45\% \cdot \max\{PT; 0\}$ .

Le terme d'ajustement correspond à la capacité d'absorption de pertes des provisions techniques, il se calcule par

$$Ajustement = -\max\{\min\{BSCR - BSCR_{net}; FDB\}; 0\},$$

où FDB désigne les provisions techniques sans marge de risque afférentes à des prestations discrétionnaires futures.

Le BSCR (pour *Basic SCR*) s'obtient par l'agrégation des modules de risques via une matrice de corrélation

$$BSCR = \sqrt{\sum_{i,j \in M} \rho_{i,j}^M \cdot SCR_i \cdot SCR_j}.$$

Chaque SCR de module s'obtient de manière similaire au précédent calcul

$$SCR_m = \sqrt{\sum_{i,j \in R_m} \rho_{i,j}^{R_m} \cdot C_i \cdot C_j}.$$

De manière générale, pour chaque risque de sous-module, la capital requis  $C_i$  s'obtient de la manière suivante

$$\begin{aligned} C_i &= \max\{\Delta_i VAN; 0\} \quad \text{où VAN correspond à la valeur de l'actif net} \\ &= \max\{\Delta_i VM - \Delta_i BE; 0\} \quad \text{où VM correspond à la valeur de marché de l'actif} \\ &= \max\{(VM_{central} - VM_{choc\ i}) - (BE_{central} - BE_{choc\ i}); 0\}. \end{aligned}$$

### Remarque pour le choc de taux

Du fait de l'importance du contexte économique dans le cadre de notre mémoire, nous consacrerons dans cette sous-section une attention particulière pour le choc de taux.

La réglementation Solvabilité II prévoit d'appliquer un choc multiplicatif et diminutif sur la base de la courbe des taux sans risque de EIOPA pour simuler le risque d'une hausse de taux et celui d'une baisse de taux. Le choc de taux à la hausse ou à la baisse qui sera pris en compte dans le calcul final du SCR est celui qui maximise le capital requis au titre du risque de taux

$$C_{taux} = \max\{C_{taux}^{hausse}; C_{taux}^{baisse}\}.$$

Notons qu'en fonction de l'un ou l'autre qui sera pris en compte, la matrice de corrélation qui sera utilisée pour agréger les sous-modules du module de marché sera également différente. Les différentes matrices utilisées sont figurées en annexe A.

La Directive Solvabilité II donne également la méthodologie à employer pour ajuster les nouvelles courbes de taux. Pour chaque maturité  $m$

$$\begin{aligned} r_{t,m}^{hausse} &= \max\{r_{t,m} \cdot (1 + s_m^{hausse}); r_{t,m} + 1\%\} \\ r_{t,m}^{baisse} &= \min\{r_{t,m} \cdot (1 - s_m^{baisse}); r_{t,m}\}, \end{aligned} \quad (2.7)$$

avec :

- $s_m^{hausse}$  : le coefficient à la hausse ;
- $s_m^{baisse}$  : le coefficient à la baisse ;
- $r_{t,m}$  : le taux sans risque.

Les coefficients  $s_m^{hausse}$  et  $s_m^{baisse}$  sont résumés dans le tableau B.1 de l'annexe B.

À titre illustratif, nous obtenons pour les chocs de taux au 31/12/2021 (en environnement taux bas) et au 31/12/2022 (en environnement taux haut).

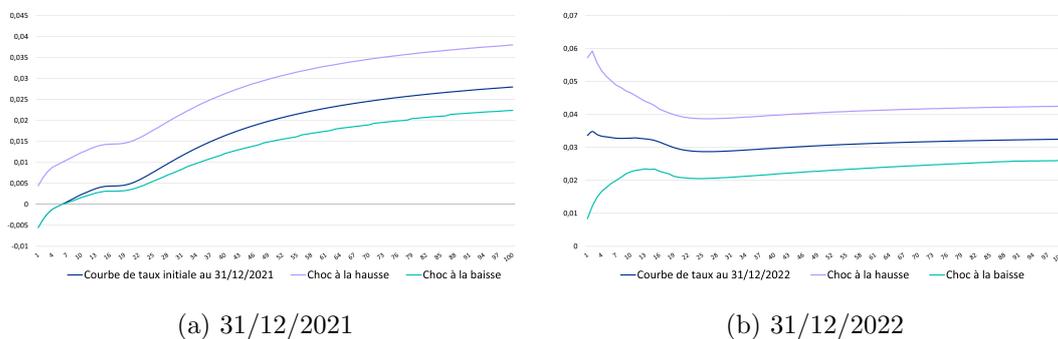


FIGURE 2.10 : Courbe de taux choquée

Nous remarquons que pour les taux négatifs, le choc à la baisse n'est pas pris en compte dans le calcul du SCR comme dans le cas au 31/12/2021. De plus, il est demandé que dans le cas du choc à la hausse l'augmentation doit être d'au moins 1% (équation 2.7).

Un projet de révision en cours de la Solvabilité II a alors proposé une nouvelle façon de choquer la courbe des taux pour prendre en compte les taux négatifs. Elle consisterait à utiliser la méthode *Shifted*

$$\begin{aligned} r_{t,m}^{hausse} &= r_{t,m} \cdot (1 + s_m^{hausse}) + b_m^{hausse} \\ r_{t,m}^{baisse} &= r_{t,m} \cdot (1 - s_m^{baisse}) - b_m^{baisse}. \end{aligned} \quad (2.8)$$

De même, les nouveaux coefficients  $s_m^{hausse}$ ,  $s_m^{down}$ ,  $b_m^{hausse}$  et  $s_m^{baisse}$  sont résumés dans le tableau B.2 de l'annexe B.

Les nouvelles courbes choquées permettent de prendre en compte le choc de taux à la baisse même pour les taux négatifs. Le choc minimum de 1% n'est plus exigé. Remarquons que pour les maturités courtes, la méthode *Shifted* donne des chocs plus importants que ça soit à la hausse ou à la baisse.

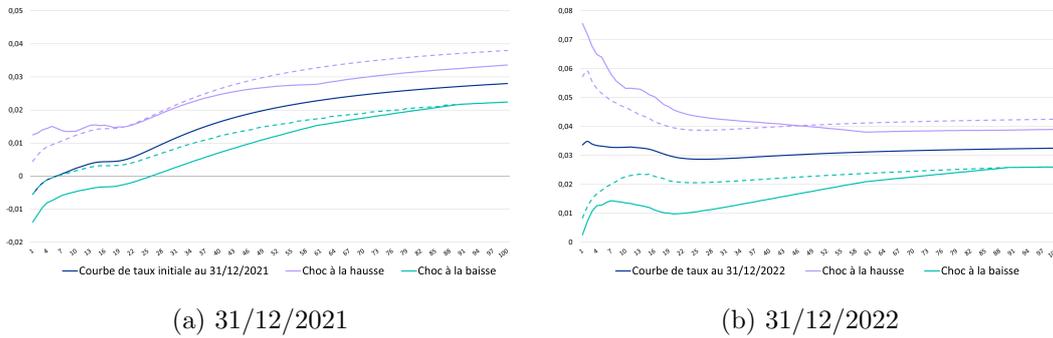


FIGURE 2.11 : Courbe de taux choquée avec la méthode *Shifted*

### Remarque pour le choc de rachat

Pour le risque de rachat, l'exigence de capital requis est donnée par la plus élevée des exigences de capital entraînées parmi les trois chocs suivants : *rachat à la hausse*, *rachat à la baisse* et *rachat massif*. Nous supposons que ces trois types de chocs de rachat sont également appliqués à l'option de transfert.

Les chocs à la hausse (*resp.* à la baisse) du rachat traduisent une hausse (*resp.* une baisse) de 50% des taux de remboursement anticipé utilisés dans le calcul de la meilleure estimation et qui est appliqués à toutes les années de projection. Le choc de rachat massif traduit une hausse de rachat de 40% des contrats survenu dès la première année de projection.

L'exigence de capital est donnée par la formule suivante

$$C_{rachat} = \max\{C_{rachat}^{hausse}, C_{rachat}^{baisse}, C_{rachat}^{masse}\}, \quad (2.9)$$

où :

$$\begin{aligned} C_{rachat}^{hausse} &= 0,5 \cdot l^{hausse} \cdot \eta^{hausse} \cdot S^{hausse} \\ C_{rachat}^{baisse} &= 0,5 \cdot l^{baisse} \cdot \eta^{baisse} \cdot S^{baisse}, \end{aligned}$$

avec :

- $l^{hausse}$  et  $l^{baisse}$  : le taux de rachats en cas de hausse ou de baisse ;
- $\eta^{hausse}$  et  $\eta^{baisse}$  : la durée moyenne des contrats rachetés ;
- $S^{hausse}$  et  $S^{baisse}$  : la somme des coûts de rachats positifs ou négatifs.

### 2.3.3 Ratio de solvabilité

Le ratio de solvabilité est un indicateur mesurant la santé financière de l'entreprise. Il est exigé par les régulateurs que ce ratio soit supérieur à 100%.

$$\text{Ratio de solvabilité} = \frac{\text{Fonds propres}}{\text{SCR}} \quad (2.10)$$

$$= \frac{VM - BE - RM}{SCR}. \quad (2.11)$$

Notons que les fonds propres ne contiennent pas de *surplus funds* liés à la PPB (ETIENNE, 2020).

D'après le rapport sur la situation des assureurs en France publié par ACPR et BANQUE DE FRANCE (2022), le ratio de solvabilité pour les organismes vie et mixtes est de 260% au 1<sup>er</sup> trimestre 2022.

### 2.3.4 TVFOG

L'utilisation du GSE a permis de simuler 1000 scénarios qui a donné lieu à un BE stochastique issu des projections stochastiques. Ce BE stochastique correspond à une moyenne fait sur les 1000 scénarios.

À la différence du BE déterministe qui utilise un seul scénario théorique en équivalent certain, le BE stochastique permet de capter les coûts supplémentaires de l'assureur suite aux déclenchements des options et garanties de contrat dans les différents projections.

L'estimation de ces coûts, que nous appelons TVFOG (*Time Value of Financial Guarantees and Options*), est usuellement définie à partir de la VIF (*Value In Force*) à l'aide d'une formule qui fait intervenir des notions rapportant à la MCEV (PÉRICLÈS, 2016)

$$VIF = PVFP - TVFOG - FCRC - CRNHR,$$

avec :

- PVFP (*Present Value of Future Profits*) : projection des marges futures actualisées du scénario central en risque neutre ;
- TVFOG (*Time Value of Financial Guarantees and Options*) : coût des options cachés ;
- FCRC (*Frictionnal Cost Required Capital*) : coût lié aux fonds propres que doit immobiliser l'assureur ;
- CRNHR (*Cost of Residual Non Hedgeable Risks*) : coûts liés aux risques non couvrables, non pris en compte dans le PVFP et la TVFOG.

Nous ne détaillerons pas plus cette formule dans ce mémoire.

Il est également possible de mesurer la TVFOG par la différence des BE stochastiques et déterministe

$$TVFOG = BE_{stochastique} - BE_{déterministe},$$

$$\text{où } BE_{stochastique} = \frac{1}{N} \sum_{s=1}^N BE_{stochastique}^{(s)}.$$

### 2.3.5 Indicateur sur les rendements de l'assureur

Un indicateur a été mis en place pour suivre les rendements de l'entreprise. Il s'agit du ratio  $\frac{PVFP}{BE}$ , mesurant le bénéfice pouvant être récupéré par l'assureur pour 1 € d'engagement de l'assureur

$$Ratio_{PVFP/BE} = \frac{PVFP}{BE},$$

avec :

- *PVFP (Present Value of Future Profits)* : la valeur actualisée des profits futurs, après impôts, générés par les contrats en portefeuille et les actifs en représentation

$$PVFP = \frac{1}{N} \sum_{s=1}^N \sum_{t=1}^{T_{fin}} \frac{\text{Résultat Net}^{(s)}(t)}{(1 + r^{(s)}(t))^t};$$

- *BE (Best Estimate)* : la meilleure estimation des engagements, donnée par l'équation 2.6.

Un ratio  $\frac{PVFP}{BE}$  élevé signifie que la compagnie d'assurance est capable de tirer un maximum de rentabilité à partir de ses passifs.



## Chapitre 3

# La logique floue et les lois de rachats

De part l'importance dans la gestion actif-passif que revêtent aujourd'hui les rachats et demain les transferts, ce chapitre s'inscrit pleinement au coeur du mémoire. Il est consacré à la présentation de l'approche que nous allons mener pour construire les lois de rachats-transferts, compte tenu de nos contraintes.

### 3.1 État de l'art de la modélisation des lois de rachats

Telle qu'elle est présentée actuellement la proposition de loi HUSSON-MONTGOLFIER, et sous réserve de modification, les lois de transferts inter-compagnies sont équivalentes aux lois de rachats totaux (section 1.2.2).

Pourtant une modélisation cohérente des lois de rachat est nécessaire pour une analyse correcte des résultats finaux. Du fait des caractéristiques de la proposition de loi qui autorise seulement le transfert des contrats en **montant total** de plus de 8 ans d'ancienneté, nous nous focaliserons uniquement sur les lois de rachats totaux. Le mémoire ne s'intéressera donc pas à la modélisation des rachats partiels.

La pratique courante déployée par la majorité des acteurs de l'assurance est de distinguer la loi de rachats structurels (RS) de la loi de rachats dynamiques ou conjoncturels (RC).

- Les rachats structurels correspondent aux comportements de rachats des assurés motivés par d'autres facteurs que l'environnement économique. Le taux de rachats structurels est en général fortement lié aux caractéristiques du portefeuille assuré comme l'âge moyen, le sexe, l'année de naissance ou encore l'ancienneté du contrat. La loi de rachats peut donc être variée d'un assureur à un autre du fait des produits proposés qui sont très différents.
- Les rachats conjoncturels correspondent aux comportements de rachats liés à l'environnement économique. Les rachats conjoncturels interviennent notamment en cas d'évolution significative de l'environnement de taux ou dans un contexte concurrentiel lorsque l'assuré arbitre son contrat d'assurance par rapport à d'autres supports financiers.

Ils sont agrégés en une loi de rachats totaux (RT) comme suit

$$RT = \min\{\max\{RS + RC; 0\}; 1\}.$$

### 3.1.1 Principaux travaux sur les rachats structurels

De nombreux travaux ont été menés pour modéliser les rachats structurels. Les plus récemment publiés sur cette thématique emploient des techniques de *Machine Learning*. Ces modèles utilisent un ensemble de variables explicatives historiques pour pouvoir prédire les comportements de rachats futurs. Les variables peuvent être l'âge des assurés, le type de support, le capital, le genre, la localisation, le mode de commercialisation, la gamme de produit, la saisonnalité, le segment de la clientèle, etc.

Parmi les modèles de *Machine Learning*, nous pouvons citer les GLM (*Generalized Linear Models*) qui, au-delà de prédire les comportements de rachats des assurés, permettent également de relever les tendances de rachats en fonction des variables explicatives. L'étude réalisée par BARUCCI et al. (2020) sur le marché italien a montré que les comportements de rachats diffèrent selon le type de support souscrit par l'assuré. L'étude révèle que les contrats en UC ont en général un taux de rachats plus élevé que les contrats en euros, et sont moins dépendants de l'âge des assurés. Et parmi ceux qui ont souscrit un contrat en euros, il y a une relation négative entre le taux de rachats et l'âge : les jeunes assurés rachètent plus, cette tendance décroît avec l'âge. L'étude de ELING et KIESENBAUER (2014) réalisée sur le marché allemand a montré que les rachats totaux décroissent en fonction de l'ancienneté du contrat après une première année de turbulence. Quelques années auparavant, l'étude de MILHAUD (2011) sur le marché espagnol a montré que le comportement de rachats est surtout incité par la fiscalité en assurance vie. Les avis peuvent diverger entre les différentes études réalisées, la modélisation des rachats structurels est donc très dépendante des caractéristiques de l'assureur et de ses assurés.

Quant aux autres techniques de *Machine Learning*, nous pouvons encore citer le *Random Forest*, le *XGBoost* ou l'algorithme CART (*Classification And Regression Tree*). Ce sont des techniques qui font partie de la famille des *Ensemble Learning*, elles combinent plusieurs modèles simples pour obtenir des prédictions plus robustes. Les réseaux de neurones permettent, quant à eux, d'établir des liens encore plus complexes entre les données. Les modèles SVM (*Support Vector Machine*) sont également utilisés pour leur efficacité dans la prédiction du taux de rachats. Les mémoires de MILHAUD (2011) et JAMAL (2016) utilisent plusieurs de ces méthodes pour modéliser les rachats structurels. Ces auteurs ont conclu que les meilleurs modèles n'ont besoin que de très peu de variables pour modéliser le rachat. Ils mettent en évidence qu'il est généralement suffisant de sélectionner trois variables endogènes parmi les plus significatives, telles que l'ancienneté, le segment de clientèle ou l'âge lors de la souscription, et une variable exogène reflétant le contexte économique ou financier.

L'approche par *Machine Learning* offre une vision individuelle, capable d'estimer les taux de rachats pour chacun des contrats. Il existe d'autres approches offrant une vision collective du rachat en se basant sur des estimateurs. Le mémoire réalisé par JEMLI (2019) utilise l'estimateur de Kaplan-Meier pour calculer la durée qu'un contrat reste dans le portefeuille, afin d'obtenir une loi de rachats en fonction de l'ancienneté. L'étude du phénomène de rachat sur le marché italien a permis d'identifier que les pics de rachats dépendent des options contractuelles des produits comme la pénalité de rachat.

Les méthodes décrites ci-dessus consistent à une calibration d'une ou de plusieurs lois de rachats basées sur l'historique. Cela a l'avantage de construire des lois robustes pour les assureurs ayant déjà des portefeuilles clients assez stables et volumineux.

Hormis les approches statistiques et probabilistes, il y a aussi l'approche économique qui utilise la notion d'espérance d'utilité. C'est un concept utilisé en économie et qui appartient à la théorie de la décision. Elle vise à quantifier la satisfaction ou le bien-être d'une personne en prenant en compte ses préférences, son aversion pour le risque et ses choix. Le mémoire de FAUVEL et PÉVÉDIC (2007) utilise la théorie d'utilité de von Neumann et Morgenstern pour déterminer si l'assuré a plus intérêt à contracter un emprunt ou bien racheter son contrat d'assurance vie.

### 3.1.2 Principaux travaux sur les rachats conjoncturels

Les lois rachats conjoncturels sont usuellement construites à l'aide d'une fonction dépendant de l'écart entre le taux servi à l'assuré (TS) et le taux de rendement attendu des assurés (TA). Dans le cadre des ONC (Orientations Nationales Complémentaires) pour le QIS 5, l'AUTORITÉ DE CONTRÔLE PRUDENTIEL (2013) a proposé deux lois de rachats conjoncturels : lois de rachats maximales et minimales. L'expression mathématique de ces lois de rachats est donnée par l'équation 3.1

$$RC = \begin{cases} RC_{\max} & \text{si } TS - TA < \alpha \\ RC_{\max} \times \frac{TS - TA - \beta}{\alpha - \beta} & \text{si } \alpha < TS - TA < \beta \\ 0 & \text{si } \beta < TS - TA < \gamma \\ RC_{\min} \times \frac{TS - TA - \gamma}{\delta - \gamma} & \text{si } \gamma < TS - TA < \delta \\ RC_{\min} & \text{si } TS - TA > \delta \end{cases} \quad (3.1)$$

avec :

- $RC_{\max}$  et  $RC_{\min}$  : les taux de rachats conjoncturels maximaux et minimaux ;
- $\alpha$  : le seuil en dessous duquel les rachats sont constants valant  $RC_{\max}$  ;
- $\delta$  : le seuil en dessus duquel les rachats sont constants valant  $RC_{\min}$  ;
- $\beta$  et  $\gamma$  : les bornes entre lesquelles il n'y a pas de rachats.

Sa représentation graphique se trouve en figure 3.1. Ces lois indiquent que dans le cas où l'écart de rendements est positif, alors le taux de rachats conjoncturels est négatif. Or, les rachats négatifs n'existent pas, la lecture se fait de la façon suivante :

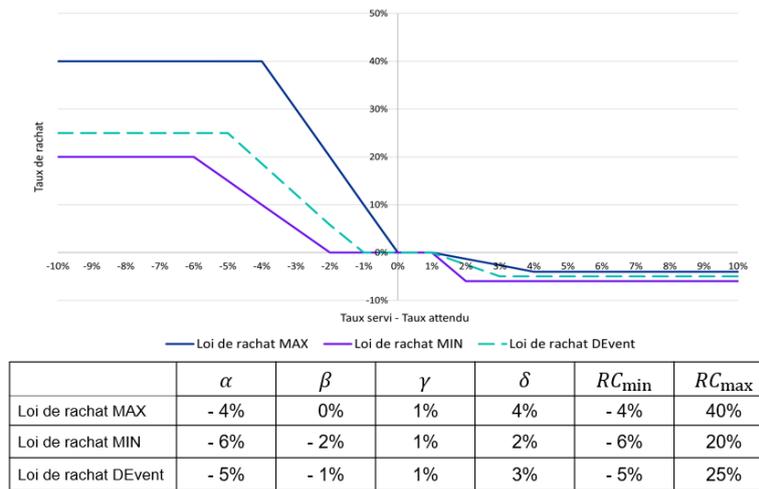


FIGURE 3.1 : Lois de rachats conjoncturels des ONC

- Si le taux servi est inférieur au taux attendu par les assurés, ces derniers auront tendance l'année suivante à racheter plus que ne l'indique la courbe de rachats structurels ;
- À l'inverse, si les assurés se voient offrir un taux supérieur à leurs attentes, ils rachèteront l'année suivante moins que par le passé.

Il est recommandé aux organismes d'assurances de calibrer leur loi de rachats de telle sorte qu'elle soit dans le tunnel. Dans la pratique, nombreux sont ceux qui respectent cette forme de loi donnée par l'expression 3.1. La modélisation des lois de rachats conjoncturels consiste alors à ajuster *a minima* la définition de TS et de TA, ou à mettre à jour les 6 paramètres. La méthode de calibrage de ces paramètres est variable d'un assureur à un autre. Le mémoire de BRUGIRARD (2012) propose une manière de les calibrer à partir d'une seule variable explicative telle que la volatilité du CAC 40 ou l'indice de confiance des ménages. Le mémoire de ROZES (2021) propose une approche similaire en partant de la construction d'une variable explicative.

Il existe d'autre approche plus originale de modéliser le taux de rachats conjoncturels. Les mémoires de ADESU (2016), de DETROULLEAU et MOURET (2013) proposent une modélisation par la logique floue. Elle a la particularité de pouvoir représenter la prise de décision des êtres humains face à des situations courantes, et a l'avantage de ne pas avoir nécessairement besoin de données complexes, qui étaient autrefois un frein à notre modélisation de la loi de rachats conjoncturels. Leur loi de rachats respectivement construite utilisant la logique floue a abouti à des résultats satisfaisants : le *Best Estimate* ainsi obtenu a seulement une différence de 1% par rapport à celui obtenu avec la loi de l'ONC.

### 3.1.3 Principaux travaux sur les rachats totaux

Alors que certains assureurs utilisent la décomposition RS-RC, d'autres préfèrent modéliser directement la loi de rachats totaux. Les mêmes approches que pour la loi structurelle peuvent être reprises, auxquelles nous pouvons ajouter les approches financières et économétriques.

L'approche financière utilise des dynamiques de taux qui comportent une dimension aléatoire. L'aléatoire qui viendrait du caractère irrationnel du comportement de rachats des individus dans des conditions de marchés particulières. Le mémoire de SURU (2011) traite de cette approche en proposant notamment la dynamique de Vasicek.

Enfin, l'approche par série temporelle permet de capter les pics de rachats au-delà d'une tendance moyenne.

### Décision de l'approche à mener

La proposition de loi HUSSON-MONTGOLFIER n'étant pas encore adoptée, le phénomène de la transférabilité inter-compagnies est nouveau en France, les données liées à son impact sont donc inexistantes. En absence de ces données, nous ne pouvons pas utiliser les approches classiques pour calibrer une loi de rachats-transferts adaptée à notre situation. Elles ne conviennent donc pas. De plus, par le caractère incertain de l'environnement économique auquel nous serons confronté plus tard, le calibrage d'une loi de rachats-transferts basée sur les indices économiques actuels est également inapproprié. Pourtant, cet aspect économique a un impact non négligeable comme nous avons pu voir dans le chapitre 1.

La construction d'une loi de rachats-transferts adaptée et cohérente est donc indispensable dans la modélisation ALM et les prises de décisions futures ou *management actions* qui en découlent. C'est pourquoi nous allons opter pour l'approche par la logique floue. Celle-ci permet de contourner notre problématique autour des données manquantes. Ayant déjà obtenu des résultats convaincants dans les anciens travaux de modélisation de loi de rachats conjoncturels, nous nous en inspirerons pour construire notre propre loi de rachats-transferts. Le taux concurrentiel est utilisé dans la modélisation des rachats conjoncturels et est donc approprié pour celle du comportement de transferts des assurés.

## 3.2 Théorie de la logique floue

La théorie de la logique floue (« *fuzzy logic* »), développée par ZADEH (1965), est une extension de la logique booléenne. Elle permet d'imiter la prise de décision humaine dans la vie courante qui comporte une dimension incertaine et imprécise due à son environnement en constante évolution et à l'approximation des informations qu'il reçoit ou qu'il émet. L'exemple classique est de demander si un homme qui mesure 178 cm est « grand », « moyen » ou « petit ». L'observateur hésitant entre « grand » et « moyen », aura tendance à répondre par du *à peu près* plutôt qu'une affirmation directe.

Cette théorie se trouve très bien adaptée à notre cas de figure où, justement, l'assureur est face à un manque d'information exacte sur le futur économique. L'utilisation de cette approche est également justifiée par le comportement indécis, incertain et aléatoire des assurés.

Nous exposerons dans cette partie les notions fondamentales de la théorie des ensembles flous ainsi que la démarche que nous allons mener, qui est résumée dans le schéma 3.2. Afin d'assimiler ces notions plus facilement, nous allons les illustrer à travers un exemple : la décision d'un conducteur de voiture en ville à l'approche d'un feu tricolore, où la vitesse maximale est limitée à 50 km/h.



FIGURE 3.2 : Démarche du raisonnement par logique floue

### 3.2.1 La fuzzification

La première étape consiste à passer d'un monde réel au monde flou. C'est la transcription des choses mesurées quantitativement en univers de discours, en variables linguistiques, pour ensuite raisonner en cerveau humain.

#### Variables floues

Le choix de variables pertinentes est indispensable pour construire un bon discours et arriver à une décision pertinente. Prenons l'exemple de la voiture, nous pouvons considérer les variables « couleur du feu », « vitesse » et « distance au feu ». Les autres informations telles que « présence d'arbre » ou « nombre de bâtiments » sont clairement secondaires.

Une variable floue ou linguistique doit être définie mathématiquement pour être appliquée en théorie de la logique floue. Chaque variable est caractérisée par un triplet  $(\mathcal{X}, \mathcal{U}, \mathcal{R})$  avec :

- $\mathcal{X}$  : la variable. Par exemple, la vitesse de conduite.
- $\mathcal{U}$  : l'univers du discours associé à la variable. C'est un ensemble de  $\mathbb{R}$ . Par exemple, l'unité en km/h dans  $[0; 200]$ .
- $\mathcal{R}$  : l'ensemble des ensembles flous associés à la variable. Il est discret et de taille finie. Par exemple, « élevée », « moyenne » et « faible ».

## Ensembles flous et fonction d'appartenance

La logique floue repose sur la théorie des ensembles flous. Il s'agit d'une généralisation de la logique booléenne. Appartenir à un ensemble flou amène à se dire à quel degré d'appartenance nous y sommes. De manière mathématique, un ensemble flou  $\mathcal{A}$ , élément de  $\mathcal{R}$ , est caractérisé par sa fonction d'appartenance  $\mu_{\mathcal{A}}$  qui, pour chaque élément  $x$  dans  $\mathcal{U}$ , lui associe un nombre réel dans l'intervalle  $[0; 1]$ .

Dans notre exemple, nous pouvons considérer les ensembles flous présentés dans le tableau 3.1 pour chaque variable floue (à l'exception de la variable « couleur »).

Variables linguistiques	Entrées			Sortie
	Couleur du feu	Vitesse	Distance au feu	Vitesse de freinage
Ensembles flous	Rouge Orange Verte	Faible Moyenne Elevée	Proche Loin	Freine fortement Freine doucement Maintiens la vitesse Accélère
Univers de discours	{Rouge, Orange, Verte}	[0km/h; 200km/h]	[0m; 100m]	[-50km/h; 50km/h]

TABLE 3.1 : Exemple de variables et ensembles flous

Au lieu de se dire si oui ou non la voiture roule à une vitesse élevée, auquel cas

$$\forall x \in \mathcal{U}, \mu_{\mathcal{A}}(x) = \mathbb{1}_{\mathcal{A}}(x),$$

où  $\mathbb{1}_{\mathcal{A}}$  est fonction indicatrice d'un ensemble classique, ici, nous allons plutôt nous demander à quel degré la vitesse est considérée comme élevée. Plus le degré d'appartenance est grand, plus la vitesse est considérée comme dans la catégorie « élevée ». Cela dépendra évidemment de l'appréciation de chacun, ce qui montre la nécessité d'avis d'experts

$$\forall x \in \mathcal{U}, \mu_{\mathcal{A}}(x) \in [0; 1].$$

Il existe différentes formes de fonction d'appartenance. Celles principalement utilisées et qui sont disponibles dans le package `sets` (MEYER et HORNIK, 2023) de R sont citées en figure 3.3.

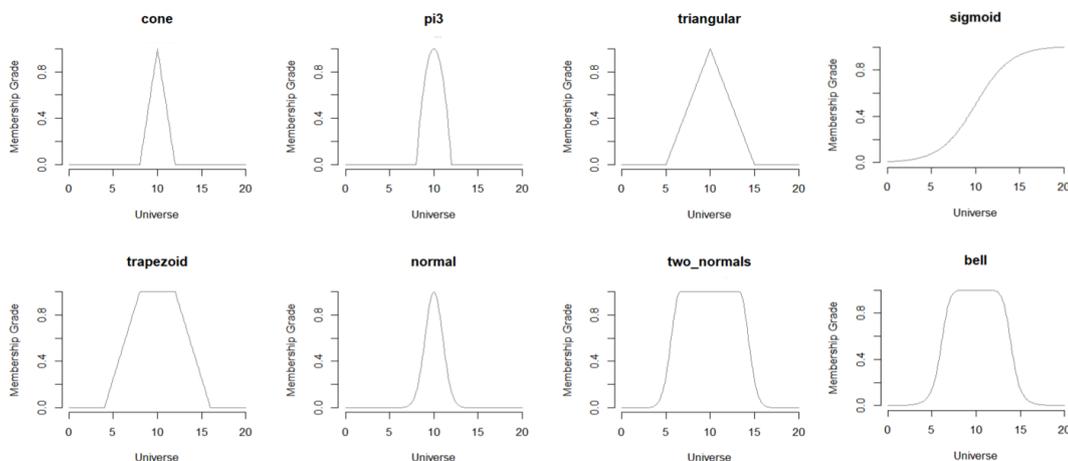
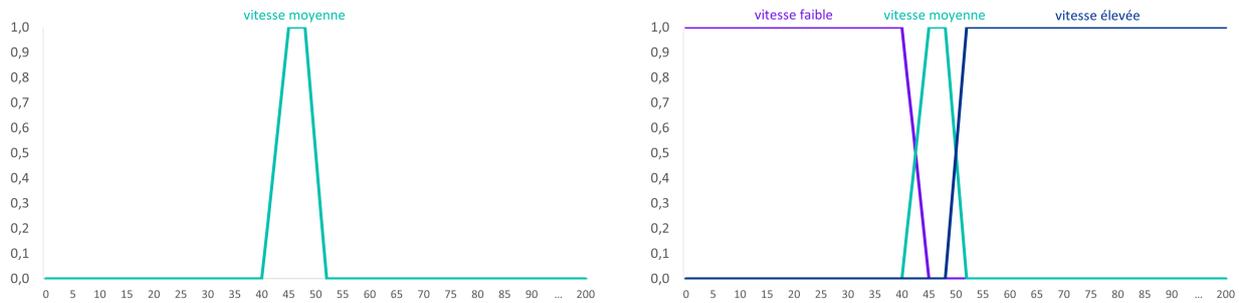


FIGURE 3.3 : Fonctions d'appartenance

Dans une démarche de modélisation simplifiée, nous utiliserons uniquement les fonctions d'appartenance de forme triangulaire ou trapézoïde. Ces formes sont également les plus usuellement utilisées.

Prenons l'exemple de la vitesse en ville. Supposons dans le cas où la vitesse est limitée à 50 km/h et que le trafic est fluide alors la fonction d'appartenance associée à la catégorie « moyenne » pourrait être représentée comme dans la figure 3.4a. En superposant tous les ensembles de la variable « vitesse », nous avons alors la figure 3.4b.



(a) Vitesse « moyenne »

(b) Tous les ensembles de la variable « vitesse »

FIGURE 3.4 : Fonctions d'appartenance de la variable « vitesse »

La détermination de ces fonctions d'appartenance se fait soit par les analyses effectuées sur les données observées, soit par avis d'expert, soit par intuition.

**Remarque** Nous noterons également que pour chaque élément  $x$  de l'univers de discours  $\mathcal{U}$  de la variable  $\mathcal{X}$ , la somme des degrés d'appartenance qui lui sont associés doit valoir 1

$$\forall x \in \mathcal{U}, \quad \sum_{\mathcal{A}_i, \sqcup_i \mathcal{A}_i = \mathcal{R}} \mu_{\mathcal{A}_i}(x) = 1.$$

Illustrons cette remarque à travers le même exemple de la voiture dans la figure 3.5 :

- En roulant à 20 km/h, la vitesse de conduite est considéré à 100% « faible »

$$\mu_{faible}(20 \text{ km/h}) = 1.$$

- En roulant à 44 km/h, la vitesse de conduite est considéré à 20% « faible » et à 80% « moyenne »

$$\mu_{faible}(44 \text{ km/h}) + \mu_{moyenne}(44 \text{ km/h}) = 0,2 + 0,8 = 1.$$

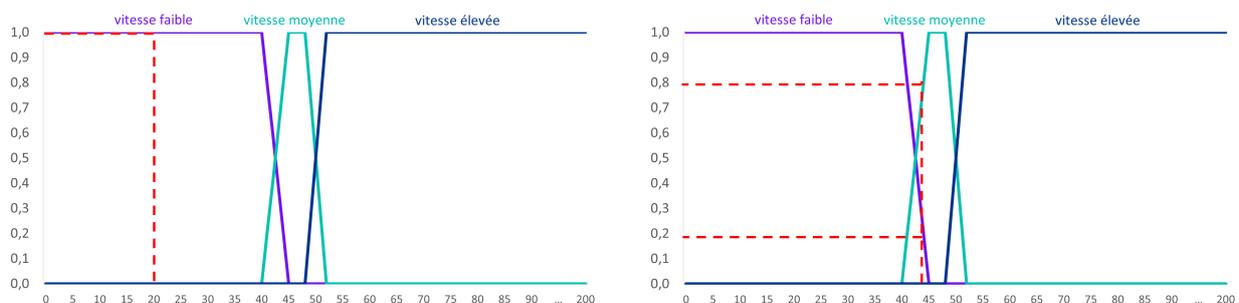


FIGURE 3.5 : Illustration de la remarque

### 3.2.2 L'inférence floue

Cette deuxième étape consiste à construire une matrice de décision, c'est-à-dire expliciter l'ensemble des règles de décisions nécessaires à l'aboutissement de la conclusion finale. Cela passe par cinq phases :

- Déterminer la matrice des règles de décision ;
- Expliciter chaque règle de décision ;
- Calculer le degré d'activation ;
- Associer la fonction d'appartenance pour la conclusion de chaque règle ;
- Agréger les règles de décision pour aboutir à la conclusion finale.

#### Matrice de décision $\mathcal{M}$

La première phase de l'inférence floue consiste à mettre en place la matrice de décision. Cette matrice reprend la logique d'un raisonnement humain. En assimilant des données diverses et variées perçues, il va approximer les informations, peser leur importance, les analyser puis mettre un avis.

Plus il y a des variables linguistiques et des ensembles qui leur sont associés, plus la dimension et la taille de la matrice sera grande. De même, la calibration de cette matrice nécessite du sens commun et des avis d'expert.

Un exemple de matrice peut ressembler à celle présentée au tableau 3.2.

		Couleur du feu								
		Rouge			Orange			Verte		
		Vitesse Faible	Vitesse Moyenne	Vitesse Elevée	Vitesse Faible	Vitesse Moyenne	Vitesse Elevée	Vitesse Faible	Vitesse Moyenne	Vitesse Elevée
Distance	Proche	Freine doucement	Freine fortement	Freine fortement	Freine doucement	Accélère	Maintien la vitesse	Accélère	Maintien la vitesse	Freine doucement
	Loin	Maintien la vitesse	Freine doucement	Freine doucement	Maintien la vitesse	Freine doucement	Freine doucement	Accélère	Maintien la vitesse	Freine doucement

TABLE 3.2 : Exemple de matrice de décision

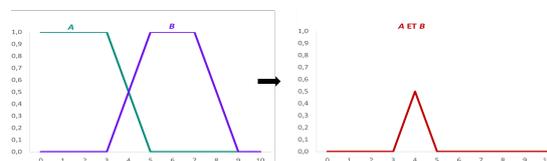
### Opérateurs flous et règles floues

Sur la base de la matrice de décision précédemment construite et des ensembles flous de chaque variable, nous pouvons formaliser des règles comportementales. Ces règles utilisent les opérateurs flous de ZADEH.

Soient deux ensembles flous  $\mathcal{A}$  et  $\mathcal{B}$  avec des fonctions d'appartenance  $\mu_{\mathcal{A}}(x)$  et  $\mu_{\mathcal{B}}(x)$ . Il existe trois opérateurs flous qui sont les plus utilisés dans l'application de cette théorie.

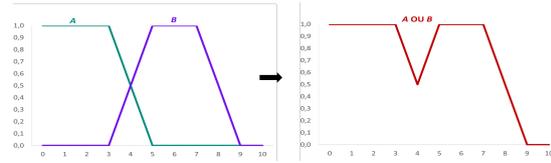
- Intersection **ET**

$$\mu_{\mathcal{A} \cap \mathcal{B}}(x) = \min\{\mu_{\mathcal{A}}(x), \mu_{\mathcal{B}}(x)\},$$



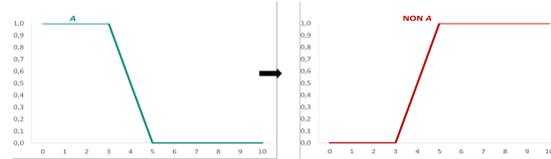
- Réunion **OU**

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\},$$



- Négation **NON**

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x).$$



Revenons aux règles floues. Une règle est composée de *prémisse(s)* et d'une *conclusion*. Chaque *prémisse* est un ensemble flou associé à une variable d'entrée floue. La *conclusion* est la décision finale, c'est l'ensemble flou de la variable de sortie floue. Une règle floue possède le formalisme suivant

**SI** [Prémisse 1] **ET/OU/NON** [Prémisse 2] **ET/OU/NON** [Prémisse  $i$ ] ... **ALORS** [Conclusion].

Par la suite, notons  $x_0$  le vecteur en entrée, il représente les données d'entrée en univers du discours.

Dans notre cas,  $x_0 = (\text{couleur du feu; vitesse; distance au feu}) = (\text{rouge; } 44 \text{ km/h; } 5 \text{ m})$ . Supposons que le feu soit rouge et que la distance soit 100% « proche ». En s'appuyant sur le tableau 3.5, la vitesse est considérée à 20% « faible » et à 80% « moyenne ». Les deux règles suivantes s'appliquent

- $R_1$  : **SI** le feu est rouge **ET** la vitesse est faible **ET** la distance au feu est proche **ALORS** je freine doucement ;
- $R_2$  : **SI** le feu est rouge **ET** la vitesse est moyenne **ET** la distance au feu est proche **ALORS** je freine fortement.

### Activation

La phase d'activation consiste à calculer le degré d'activation, ou plutôt, la *véracité* de chaque règle floue. Elle est déterminée directement par l'énoncé de la règle et de la définition des opérateurs de ZADEH.

Par la suite, nous noterons  $\mu_{R_i}$  le degré d'activation de la règle  $R_i$  pour les données d'un  $x_0$  fixé.

Pour une règle  $R_i$  quelconque, si deux prémisses  $\mathcal{A}$  et  $\mathcal{B}$  sont reliées par un **ET**, nous appliquerons l'opérateur min. Il nécessite que les deux prémisses soient vérifiées pour que l'implication ait lieu. Si  $\mu_{\mathcal{A}} = 0,6$  et  $\mu_{\mathcal{B}} = 0,2$  alors  $\mu_{R_i} = \min\{0,6; 0,2\} = 0,2$ . En reprenant les exemples ci-dessus

- Pour  $R_1$  :  $\mu_{R_1} = \min\{1; 0,2; 1\} = 0,2$  : la règle  $R_1$  est vraie à 20% ;
- Pour  $R_2$  :  $\mu_{R_2} = \min\{1; 0,8; 1\} = 0,8$  : la règle  $R_2$  est vraie à 80%.

De la même façon, si deux prémisses  $\mathcal{A}$  et  $\mathcal{B}$  sont reliées par un **OU**, nous appliquerons l'opérateur max. En effet, il suffit que l'une des deux prémisses soient vérifiées pour que l'implication ait lieu. Si  $\mu_{\mathcal{A}} = 0,6$  et  $\mu_{\mathcal{B}} = 0,2$  alors  $\mu_{R_i} = \max\{0,6; 0,2\} = 0,6$ .

Le nombre de règles activées dépend du vecteur  $x_0$  saisi en entrée. Plus il fait intervenir les fonctions d'appartenance, plus il y aura de règles activées. Dans notre cas, seulement 2 règles sont activées ( $1 \times 2 \times 1 = 2$ ). De manière générale, pour un  $x_0$  quelconque, ce nombre est majoré

$$\#règles\ activées(x_0) \leq 2^{\#variables\ floues\ d'entrée}.$$

## Implication

À présent, toutes les règles ont été définies, leur degré d'activation est calculé. Il convient maintenant, pour chaque règle  $R_i$ , de mesurer son degré d'appartenance à la conclusion. Dans l'exemple que nous avons évoqué précédemment, nous remarquons que les mêmes données  $x_0$  nous mènent à des conclusions totalement différentes : « freiner doucement » ou « freiner fortement ». Il faut donc calculer la fonction d'appartenance des décisions pour chaque règle activée.

Notons dans la suite,

- $\mu_{R_i}(x_0)$  : le degré d'activation de la règle  $R_i$ .

Par exemple,  $\mu_{R_1} = 0,2$  et  $\mu_{R_2} = 0,8$ .

- $\mu_{conclusion_{R_i}}(y)$  : la fonction d'appartenance de l'ensemble flou de la variable de sortie. La variable  $y$  appartient à l'univers de discours de la variable de sortie

Par exemple,  $\mu_{conclusion_{R_1}}(y) = \mu_{freine\ doucement}(y)$  et  $\mu_{conclusion_{R_2}}(y) = \mu_{freine\ fortement}(y)$ .

- $\mu_{conclusion_{R_i}}^*(y)$  : la fonction d'appartenance de la conclusion de la règle  $R_i$ . Elle correspond à la décision de la règle  $R_i$ .

Par exemple,  $\mu_{conclusion_{R_1}}^*(y) = f(\mu_{conclusion_{R_1}}(y), \mu_{R_1}(x_0))$ , où  $f$  est définie par la méthode choisie.

Il existe dans la littérature deux méthodes d'implication floue qui calculent  $\mu_{conclusion_{R_i}}^*(y)$  : la méthode de Mamdani et la méthode de Larsen.

**La méthode de Mamdani** Historiquement, c'est la première méthode à être appliquée. Elle prend le minimum entre le degré d'activation de la règle  $R_i$  et la fonction d'appartenance de l'ensemble flou de la variable de sortie. Schématiquement, elle consiste à effectuer une troncature pour la partie au-delà de  $\mu_{R_i}(x_0)$

$$\forall y \in \mathcal{U}, \mu_{conclusion_{R_i}}^*(y) = \min\{\mu_{R_i}(x_0); \mu_{conclusion_{R_i}}(y)\}.$$

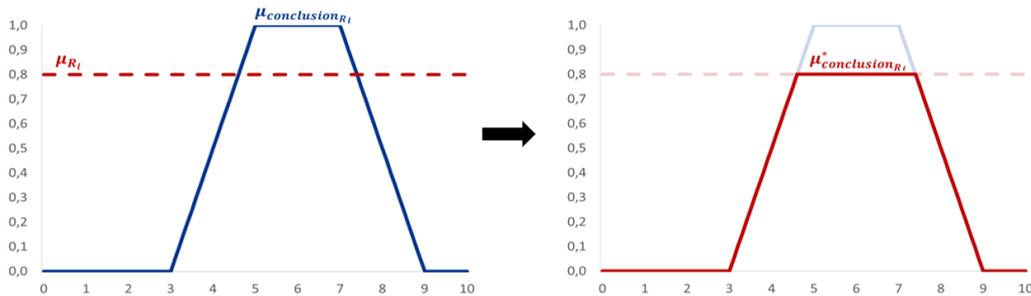


FIGURE 3.6 : Méthode de Mamdani

**La méthode de Larsen** Cette deuxième méthode diffère de la première par l'utilisation de l'opérateur produit au lieu de l'opérateur minimum. Avec cette méthode, la forme de la fonction est déformée et est aplatie par le degré d'activation de la règle  $R_i$

$$\forall y \in \mathcal{U}, \mu_{conclusion_{R_i}}^*(y) = \mu_{R_i}(x_0) \times \mu_{conclusion_{R_i}}(y).$$

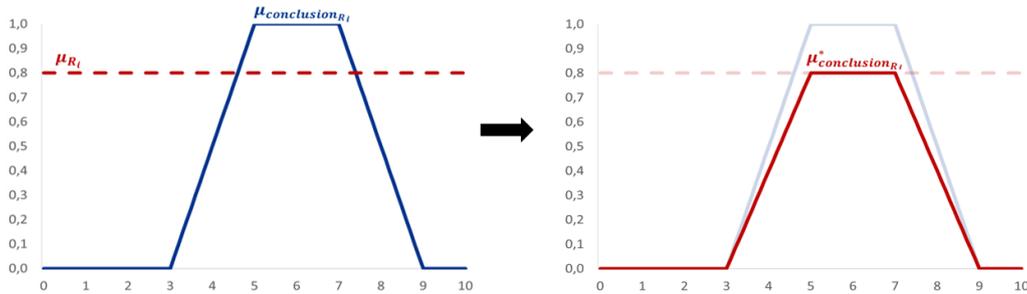


FIGURE 3.7 : Méthode de Larsen

### Agrégation

Une fois que la fonction d'appartenance de la conclusion pour chaque règle est définie, il convient dans cette dernière phase d'inférence de les agréger ensemble pour obtenir une règle de décision finale. En effet, à la fin de l'implication, il y a eu autant de fonction d'appartenance  $\mu_{conclusion_{R_i}}^*$  que de règles activées.

Concrètement, la démarche consiste à superposer tous les fonctions d'appartenance  $\mu_{conclusion_{R_i}}^*$ , puis à prendre le maximum des  $\mu_{conclusion_{R_i}}^*$  en chaque point  $y$  de l'univers de la variable de sortie

$$\forall y \in \mathcal{U}, \mu_{finale}(y) = \max_i \{ \mu_{conclusion_{R_i}}^*(y) \}.$$

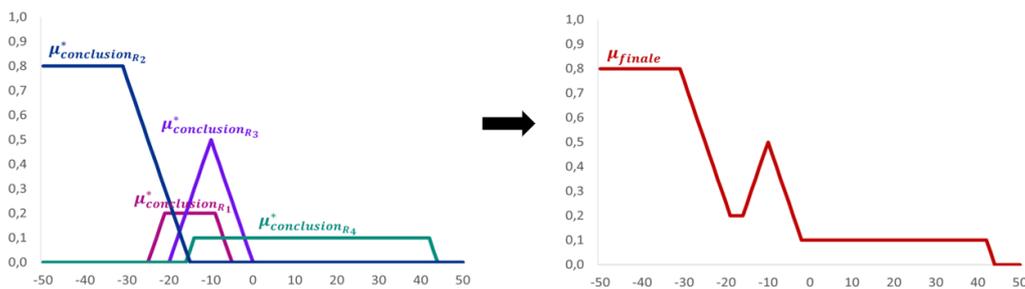


FIGURE 3.8 : Agrégation

La fonction de décision finale résume donc tous les fonctions d'appartenance de type  $\mu_{conclusion_{R_i}}^*$  de tous les ensembles de sorties. Elle comprend l'ensemble des règles appliquées au vecteur d'entrée  $x_0$ . À chaque élément de l'univers du discours de la variable de sortie, est associé un niveau de véracité. Par exemple, la décision de réduire la vitesse de conduire de 30 km/h est à 80% vraie ( $\mu_{finale}(y = -30) = 0,8$ ), tandis que la décision d'augmenter de 50 km/h est à 0% vraie ( $\mu_{finale}(y = 50) = 0$ ).

### 3.2.3 La défuzzification

La troisième et la dernière étape du raisonnement par la logique floue n'est rien d'autre que d'apporter une réponse ultime en univers du discours : c'est le repassage du monde flou en monde réel. Elle utilise la fonction d'appartenance finale  $\mu_{finale}$  (figure 3.8). Dans notre exemple de la voiture, c'est la décision de réduire de combien la vitesse de conduite.

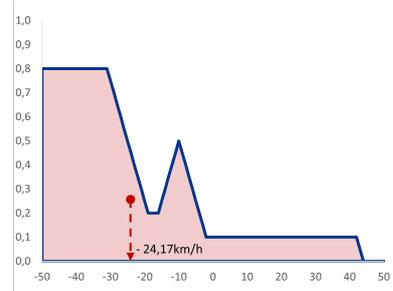
Dans le package `sets`, il est proposé quatre méthodes de défuzzification pour obtenir la valeur quantitative finale  $z_{finale}(x_0)$ , que nous noterons  $z_{finale}$  par la suite.

- Méthode du centre de gravité ("centroid")

$$z_{finale} = \frac{\int_{\mathcal{U}} y \cdot \mu_{finale}(y) dy}{\int_{\mathcal{U}} \mu_{finale}(y) dy},$$

où  $\mathcal{U}$  est l'univers du discours de la variable de sortie.

Appliquée à notre cas, le conducteur devra réduire sa vitesse de 24 km/h car  $z_{finale} = -24,17$ .

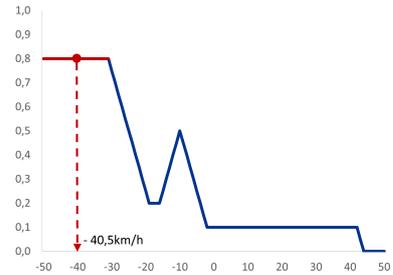


- Méthode de la moyenne des maxima ("meanofmax")

$$z_{finale} = \frac{\int_{\mathcal{M}} y dy}{\int_{\mathcal{M}} dy},$$

où  $\mathcal{M} = \{y \in \mathcal{U}, \mu_{finale}(y) = \max_{\tilde{y} \in \mathcal{U}} \mu_{finale}(\tilde{y})\}$ .

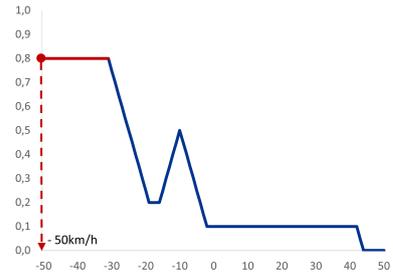
Appliquée à notre cas,  $z_{finale} = -40,4$ .



- Méthode du minimum des maxima ("smallestofmax")

$$z_{finale} = \inf \mathcal{M}.$$

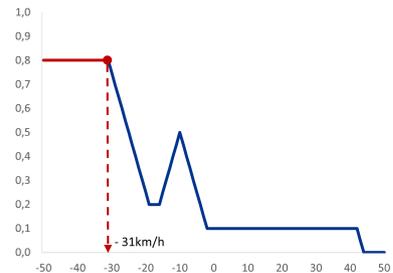
Appliquée à notre cas,  $z_{finale} = -50$ .



- Méthode du maximum des maxima ("largestofmax")

$$z_{finale} = \sup \mathcal{M}.$$

Appliquée à notre cas,  $z_{finale} = -31$ .



### 3.3 La démarche pour l'application de la logique floue aux rachats-transferts dans le modèle ALM

La théorie de la logique floue se révèle être une méthodologie adaptée pour répondre à notre problématique. Face à l'absence de données réelles sur les rachats liés à la transférabilité externe et à l'inconnu de l'environnement économique futur, cette théorie offre une solution permettant de traduire le comportement humain face à la prise de décision de racheter et de représenter nos projections sur la réalité future.

La modélisation des lois de rachats-transferts respectera les étapes décrites précédemment, à savoir :

- Dans l'étape de la fuzzification :
  1. Choix des variables (exemple : écart de rendements) ;
  2. Définition de leur univers de discours, modalités et fonction d'appartenance respective.
- Dans l'étape de l'inférence floue :
  3. Calibrage d'une matrice de décision cohérente incluant l'ensemble des règles de décision ;
  4. Choix d'une méthode d'implication.
- Dans l'étape de la défuzzification :
  5. Choix d'une méthode de défuzzification et agrégation de l'ensemble des règles afin de fournir une décision finale pour chaque vecteur d'entrée  $x_0$ .

Le calibrage des différentes composantes d'un algorithme de logique floue se base sur la littérature empirique des rachats, les pratiques courantes employées, les statistiques et les avis d'expert.

Pour intégrer ces modifications d'hypothèse de loi dans l'outil ALM, notre nouvelle loi de rachats-transferts modèle floue obtenue remplacera la loi de rachats conjoncturels des ONC.

Contrairement à la loi de rachats ONC qui comprenait qu'une seule dimension

$$\text{taux de rachats} = \text{fonction}(\text{écart de rendements}),$$

cette nouvelle loi de rachats sera une matrice qui comportera autant de dimensions que de variables d'entrée floues

$$\text{taux de rachats} = \text{fonction}(\text{variable entrée 1}, \text{variable entrée 2}, \dots).$$

Concrètement, nous allons construire une nouvelle chronique comme dans la figure 3.9. Celle-ci sera mise en *input* du modèle ALM.

Par abus de langage, nous parlerons parfois de *plusieurs* lois de rachats-transferts car il y a *plusieurs* lignes. Chacune de ces lois peut alors être vue en une fonction de l'écart de rendements

$$\text{taux de rachats}_{\text{variable 2}, \text{variable 3}, \dots} = \text{fonction}_{\text{variable 2}, \text{variable 3}, \dots}(\text{variable d'entrée 1})$$

$$\text{où } \text{variable d'entrée 1} = \text{écart de rendements}.$$

Par conséquent, il devrait y avoir autant de lignes que de combinaisons de valeurs des variables d'entrée.

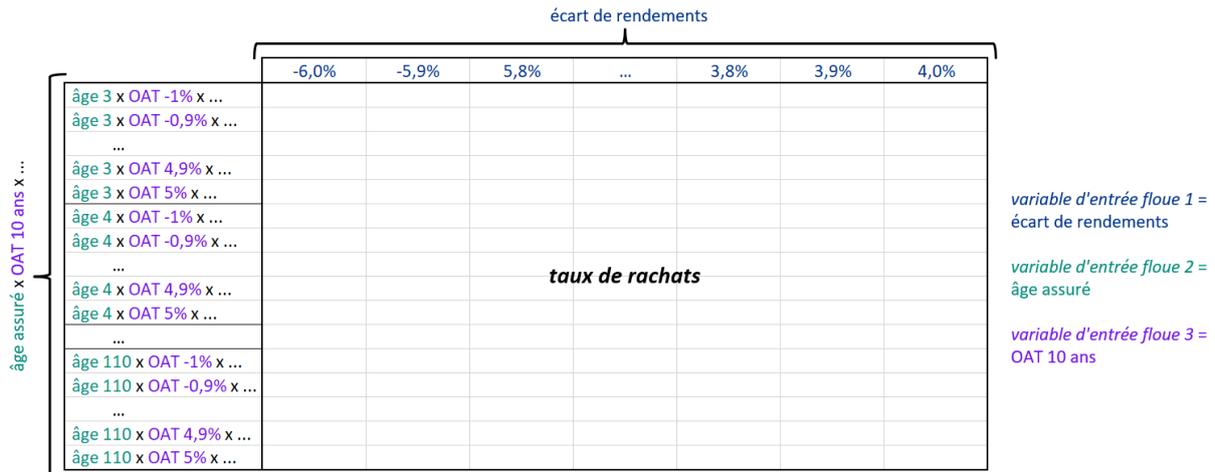


FIGURE 3.9 : Schéma d'une chronique

**Remarques** La précision des valeurs qui peuvent être prises par les différentes variables est limitée par leur nombre de chiffres significatifs. C'est un choix que nous avons fait pour alléger le temps de calcul du modèle logique flou. Nous avons alors effectué quelques adaptations.

- Pour la variable 1, à savoir l'écart de rendements, la précision est de 0,1%. Par conséquent, si la vraie valeur de l'écart de rendements vaut 3,88%, alors le taux de rachats sera calculé par interpolation linéaire.
- Pour les autres variables, par exemple l'OAT 10 ans, sa précision est de 0,1%. Si sa vraie valeur est de -0,94%, alors nous l'arrondirons à son chiffre de dixième le plus proche. La ligne qui sera lue par l'outil ALM sera celle qui comporte « OAT -0,9% ».

Dans le chapitre 4, nous allons mettre en oeuvre cette démarche pour construire une loi de rachats-transferts adaptée prenant en compte la transférabilité.

## Chapitre 4

# Modélisation de la transférabilité par la logique floue

Ce chapitre a pour but de modéliser les comportements humains si la loi HUSSON-MONTGOLFIER était mise en oeuvre. Il s'intéresse aux lois de rachats-transferts. Connaissant les complexités liées aux méthodes de modélisation classique, nous avons choisi d'adopter une approche basée sur la logique floue. Ne nécessitant pas forcément de données réelles actuelles, le calibrage du modèle requiert néanmoins des justifications solides basées sur des historiques et des avis des experts du domaine.

Tel que le modèle ALM est construit aujourd'hui, l'impact de la transférabilité inter-compagnies peut être directement traduit dans la loi de rachats conjoncturels. En effet, le comportement de rachats-transferts des assurés est extrêmement influencé par les changements de l'environnement économique et par la concurrence. Cette dernière est prise en compte dans la modélisation des rachats conjoncturels. Ce chapitre se consacre donc à l'intégration de la transférabilité dans la modélisation de cette loi de rachats en utilisant la logique floue.

Afin d'évaluer l'impact, nous modéliserons deux lois de rachats-transferts. Une première sans tenir compte de la transférabilité, puis une seconde en tenant en compte. De plus, la modélisation actuelle du taux de rachats conjoncturels, qui reprend la loi des ONC, repose uniquement sur un écart de rendement entre le taux servi et le taux attendu. Cette nouvelle approche va permettre d'ajouter davantage de variables et affiner ainsi notre modèle.

Par ailleurs, nous pouvons penser que la loi de rachats totaux structurels pourrait également être modifiée par l'introduction de la transférabilité. En effet, de la même façon que les pics de 4 ans et de 8 ans reflètent les périodes d'allègement fiscal, pourquoi ne pas ajuster le segment au-delà de 8 ans d'ancienneté de manière à incorporer les assouplissements sur les contraintes de rachat ? Si tel est le cas, les rachats-versements réalisés par l'assuré seraient principalement pour aller chercher un meilleur rendement chez la concurrence. Or, cette information est censée être déjà prise en compte dans la modélisation de notre loi de rachats conjoncturels. En essayant de modifier la loi de rachats structurels en plus de la loi de rachats conjoncturels, nous risquons alors de double-compter les transferts.

De plus, dans les faits, la loi de rachats structurels est très variable d'un assureur à un autre. Au sein d'une même compagnie d'assurance, il n'est pas rare de voir les assureurs construire différentes lois en fonction des produits d'assurance vendus sur le marché. En effet, chaque produit ne vise pas les mêmes types d'assurés. N'ayant pas les mêmes caractéristiques et comportements, il est donc normal d'en proposer plusieurs lois. Dans ce mémoire, nous utilisons des produits d'assurance vie classiques. Dans une démarche de simplification, une loi de rachats structurels unique est utilisée.

## 4.1 La fuzzification

### 4.1.1 Choix des variables

La première étape de la fuzzification consiste à identifier les variables qui pourraient avoir une influence significative sur le comportement de rachats des individus. Parmi une multitude de variables explicatives, nous en avons gardé cinq. La variable de sortie que nous cherchons à expliquer est le taux de rachats conjoncturels, ou autrement appelé le taux de rachats-transferts dans le mémoire.

Le choix de ces variables s'est inspiré des anciens travaux qui avaient pour objectif de développer des modèles de rachats par la théorie de la logique floue. DETROULLEAU et MOURET (2013) ont utilisé uniquement trois variables pour construire leur loi de rachats : écart de rendements, ancienneté du contrat et âge de l'assuré. Par la suite, ADESU (2016) a ajouté le patrimoine, l'aptitude de calcul (construit sur la catégorie socio-professionnelle de l'individu) et le taux de diversification (part de UC dans le contrat) pour enrichir davantage la modélisation. Par ailleurs, le groupe de travail « *Best Estimate Liabilities Vie* » de l'INSTITUT DES ACTUAIRES (2023) a identifié que l'environnement économique joue aussi un rôle important dans le déclenchement des rachats dynamiques. C'est pourquoi, dans notre modèle, nous avons inclus la variable OAT 10 ans pour tenir compte de cet aspect.

**Écart des rendements** La définition même du rachat conjoncturel considère les changements de comportements des assurés en situation concurrentielle. Lorsqu'il y a une différence de rendement entre la promesse de l'assureur et les offres disponibles ailleurs, l'assuré ira naturellement vers celle qui est plus en sa faveur. Il s'agit donc d'une variable importante. De plus, la modélisation préconisée par les ONC du QIS 5 utilise l'écart des rendements comme seule variable explicative.

Cet écart de rendement est défini comme étant la différence entre le taux servi (TS) et le taux attendu (TA). Une amélioration a été effectuée sur l'outil DEvent de telle sorte que ces taux puissent prendre en compte un effet mémoire. Cela signifie les TS et TA de l'année  $t$  dépendent de ceux évalués en  $t - 1$ . Ainsi

$$TS_t = \max\{TMG; \text{Taux moyen servi}_{t-1}\},$$

et

$$TA_t = 0,25 \times TS_{t-1} + 0,75 \times \text{Taux swap 10 ans}_{t-1}.$$

**Taux OAT 10 ans\*** Cette variable est censée représenter l'environnement économique. C'est le taux fixe auquel l'État français emprunte sur une durée déterminée. Nous avons exposé dans la section 1.3 les risques potentiels que pourraient engendrer la transférabilité dans un contexte de la remonté brutale des taux dans un environnement de taux bas. L'assuré est davantage enclin à réaliser ces opérations lorsque les conditions économiques lui sont propices.

**Ancienneté** Il s'agit généralement l'une des variables les plus déterminantes dans la modélisation des rachats structurels pour capter l'effet de la fiscalité. Elle est utilisée ici pour distinguer les individus ayant plus de 8 ans d'ancienneté et qui sont alors concernés par la transférabilité.

**Âge de l'assuré** Les individus souscrivent à des contrats d'assurance tout au long de leur vie pour différentes raisons. Les personnes qui sont proches de l'âge de départ à la retraite ont une logique de

---

\*Le taux OAT (Obligations Assimilables du Trésor) est le taux de rendement de l'obligation en France.

succession ou de complément de retraite, tandis que les plus jeunes sont dans l'optique d'investissement pour faire fructifier leur épargne. Aux âges faibles, les individus sont donc plus réactifs et plus enclins à racheter et à transférer un contrat lorsque cela est possible et avantageux.

**Patrimoine** Le niveau de l'encours des contrats joue également un fort lien sur le taux de rachats. Une enquête réalisée par l'ACPR et BANQUE DE FRANCE (2016) sur le « Patrimoine sur les comportements de rachats en assurance vie » a souligné que plus un individu possède un patrimoine important, plus le taux de rachats est élevé. Cela pourrait être expliqué par le fait que les plus gros contrats appartiennent aux chefs d'entreprises, aux cadres et aux professions libérales, qui sont des personnes diplômées. Elles ont aussi accès à de meilleurs conseils d'investissement. Les assurés de cette catégorie ont généralement une meilleure connaissance du marché, ou du moins, sont plus éduqués financièrement. Ils sont donc plus sensibles aux variations de rendements (exemple :  $TA - TS$ , taux d'intérêt) et aux informations qui circulent (exemple : transférabilité, hausse des taux). Cette variable permet de capter les informations sur le niveau d'étude et la catégorie socio-professionnel des assurés.

Par ailleurs, nous pouvons penser que les variables ancienneté, âge et patrimoine pourraient être fortement corrélées les unes aux autres, avec une relation de causalité. Cette corrélation pourrait entraîner un biais dans la décision finale en sortie du modèle. En effet, les personnes possédant des contrats anciens sont plus susceptibles d'être âgés. Étant plus âgés, ces mêmes individus ont également un encours/patrimoine plus important en accumulant au fur à mesure des intérêts ou des versements. Le corrélogramme 4.1 construit à partir de nos *model points*, nous montre qu'il y a effectivement une relation positive entre ces 3 variables mais les corrélations observées restent toutefois peu significatives.

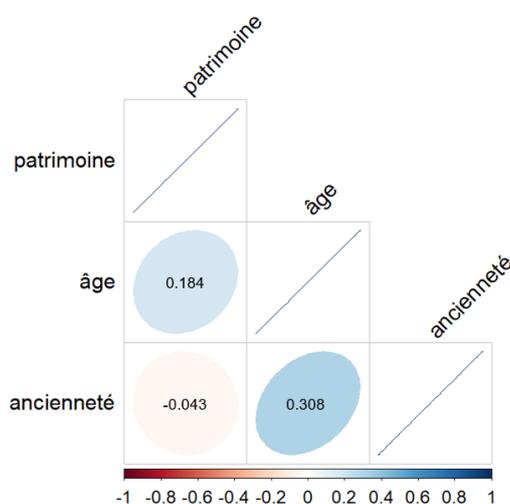


FIGURE 4.1 : Corrélogramme

D'autres variables intéressantes pourraient expliquer le rachat conjoncturel. Parmi elles, nous pouvons mentionner le sexe de l'assuré, les pénalités de rachats, le taux moyen d'emprunt d'État ainsi que le taux 1 an. Elles ne seront pas incluses dans notre modélisation principalement pour trois raisons : d'abord, elles risquent d'alourdir considérablement le temps de calcul\* ; ensuite, elles sont en corrélation avec d'autres variables déjà retenues ; enfin, elles ne sont tout simplement pas disponibles dans notre base de données.

\*Le modèle de logique floue est coûteux en temps de calcul, estimé à 35 heures. Voir détails à la sous-section 4.3.1.

### 4.1.2 Univers du discours, ensembles flous et fonctions d'appartenance

À cette étape de la fuzzification, la définition de l'univers du discours, le choix des modalités appropriées ainsi que la forme des fonctions d'appartenance seront basés sur des analyses approfondies que nous effectuerons dans la suite de notre étude. En plus, nous prendrons en compte les connaissances d'experts du domaine.

Pour chacune des variables floues sélectionnées, nous allons les formaliser mathématiquement en leur associant un triplet  $(\mathcal{X}, \mathcal{U}, \mathcal{R})$ .

**Écart de rendements** Sur un historique de 10 ans (graphique 1.2), les taux servis pour le support en euros\* n'ont excédé les 3%. Sur une période plus longue, le taux OAT 10 ans est resté en dessous du seuil maximal de 5% (graphique 4.3). De manière prudente, l'écart de rendement pourrait ainsi être minoré par  $-5\%$ <sup>†</sup> et majoré par  $4\%$ <sup>‡</sup>. Toutefois, nous préférons suivre les recommandation de l'ACPR émises dans les ONC du QIS 5, à savoir de retenir par précaution l'intervalle  $[-6\%; 4\%]$ .

Par la suite, nous avons attribué à cette variable 5 ensembles flous en univers linguistique. L'écart de rendements peut alors être considéré comme étant « fortement négatif », « négatif », « négligeable », « positif » ou bien « fortement positif ».

Sur la base de plusieurs assureurs et bancassureurs français, le cabinet a réalisé en interne un *benchmark*. Ceci nous a permis de définir les fonctions d'appartenance comme dans la figure 4.2. L'étude menée a relevé qu'un écart de rendements entre  $-1\%$  et  $1\%$  n'implique quasiment pas de rachat de type conjoncturel. L'écart est considéré 100% « négligeable » lorsque qu'il est inférieur à 1% en valeur absolue. En dessous d'un écart de rendements de  $-2,5\%$ , il est considéré comme « fortement négatif ». Cela signifie que le taux servi aux assurés est nettement inférieur à ce qu'ils attendaient, dans ce cas, le risque de rachat est au plus élevé. À l'inverse, lorsque l'écart de rendement est à plus de  $3\%$ , il est considéré comme « fortement positif ». Enfin, la sensibilité des assurés devient moindre lorsque cet écart est entre  $-2,5\%$  et  $-1\%$  ou entre  $1\%$  et  $3\%$ . On dit alors que l'écart de rendement est « faiblement négatif » ou « faiblement positif ».

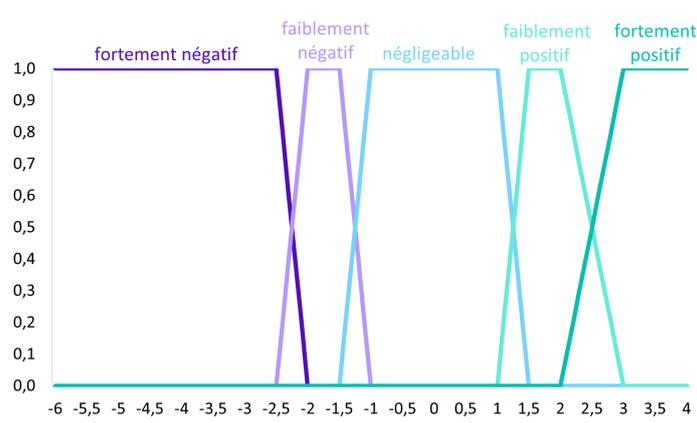


FIGURE 4.2 : Fonctions d'appartenance de l'écart de rendements

\*Le portefeuille passif étudié est composé de contrats d'épargne en euros uniquement.

<sup>†</sup>L'écart minimal est  $\min TS - \max TA$  où  $TS \in [0\%; 3\%]$  est le taux servi et  $TA \in [-1\%; 5\%]$  est l'OAT 10 ans.

<sup>‡</sup>L'écart maximal est  $\max TS - \min TA$ .

**Taux OAT 10 ans** La Banque de France met à jour quotidiennement les taux des bons du trésor et OAT de différentes maturités, entre autre, se trouve le taux OAT 10 ans. Sur un historique de 20 ans entre le 01/01/2003 et le 30/06/2023 (graphique 4.3), ce taux a fluctué entre -0,44% et 4,84%. Il a atteint son minimum en fin août 2019. En arrondissant à l'unité la plus proche, l'univers de discours est défini par l'intervalle  $[-1\%; 5\%]$ .

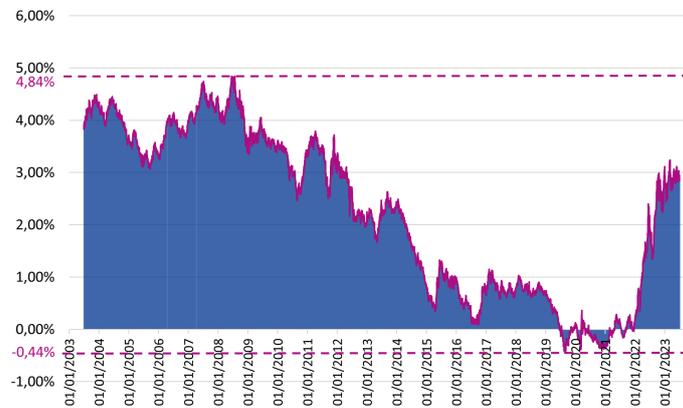


FIGURE 4.3 : Courbe taux OAT 10 ans (BANQUE DE FRANCE, 2023b)

Nous considérons 3 ensembles flous pour la variable taux OAT 10 ans. Cette dernière peut alors prendre des valeurs correspondantes à des environnements en taux « bas », « moyen » ou « haut ».

Lorsque le taux est inférieur au 1<sup>er</sup> quartile ( $Q1 = 0,75\%$ ), il est dit 100% « bas ». De même, lorsqu'il est supérieur au 3<sup>e</sup> quartile ( $Q3 = 3,69\%$ ), il est dit 100% « haut ». Sur l'historique observé, le taux OAT médian est de 2,50%, dans ce cas, il est considéré 100% « moyen ». Ce taux devient de moins en moins bas ou de moins en moins haut à l'approche de la valeur médiane. Ainsi 50% des taux peuvent être considérés plutôt « bas », et l'autre 50% plutôt « haut ». Le schéma 4.4 résume ce paragraphe.

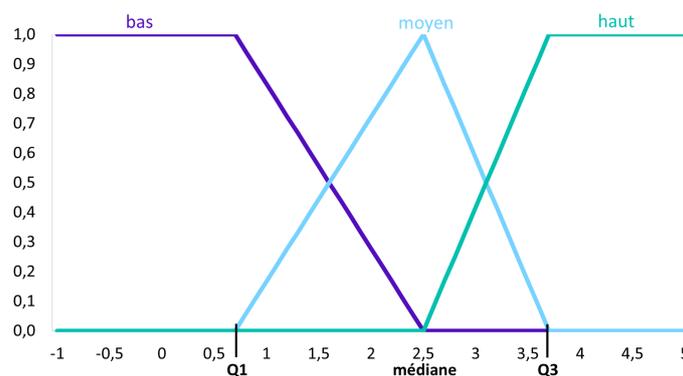


FIGURE 4.4 : Fonction d'appartenance du taux OAT 10 ans

**Ancienneté** Les contrats d'épargne du portefeuille assuré ont une ancienneté allant de 0 à 32 ans. L'univers du discours est  $[0; 40 \text{ ans}]$  en prenant compte de la durée de projection et de la mortalité.

L'étude s'intéresse à la transférabilité qui distingue ceux ayant plus de 8 ans d'ancienneté et ceux ayant moins, c'est pourquoi nous avons défini 2 ensembles flous pour cette variable : « avant 8 ans » et « après 8 ans ». Les fonctions d'appartenance associées sont représentées dans la figure 4.5.

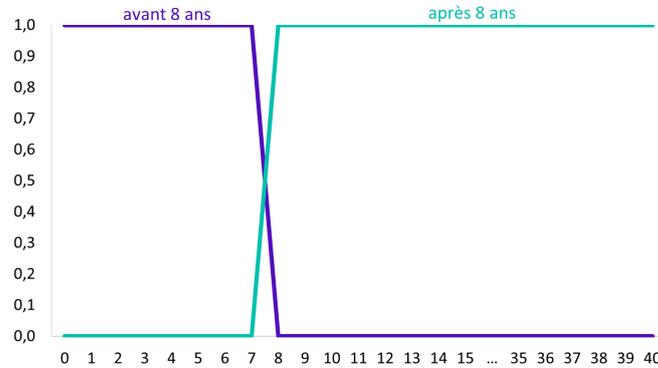


FIGURE 4.5 : Fonction d'appartenance de l'ancienneté

**Âge de l'assuré** Les assurés du portefeuille sont âgés de 3 ans à 108 ans. En supposant l'âge de décès maximal à 110 ans, l'univers de discours est  $[3; 110 \text{ ans}]$ . Cette variable floue a été choisie pour distinguer les motifs de souscription à une assurance vie.

Nous définissons ainsi l'ensemble flou « retraité » pour les assurés partant bientôt à la retraite et qui préparent un complément de retraite ou souscrivent dans une logique de succession de patrimoine. En parallèle, l'ensemble « adulte » regroupe tous les autres assurés. Il convient de noter que les mineurs font aussi partie de cette catégorie, principalement pour deux raisons : d'une part, ce sont les parents qui gèrent leur assurance vie, et d'autre part, pour réduire le temps de calcul dans notre modèle.

En France, dans le régime général de la retraite, l'âge d'ouverture minimal aux droits de retraite est de 60 ans et l'âge maximal pour avoir le taux plein est fixé à 67 ans. Un assuré est considéré 100% « retraité » à partir de l'âge de 67 ans. En dessous de 60 ans, il est 100% « adulte ». Les fonctions d'appartenance associées sont dans la figure 4.6.

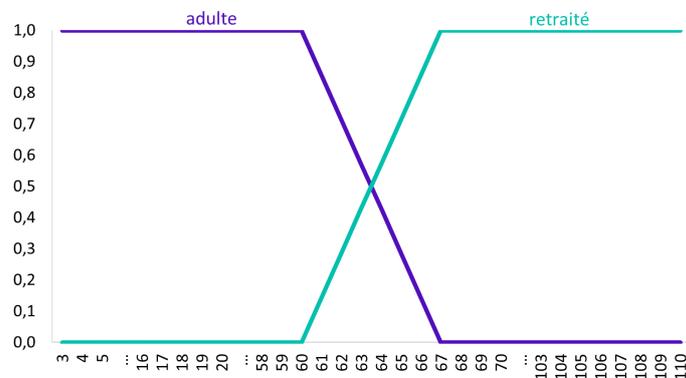


FIGURE 4.6 : Fonction d'appartenance de l'âge

**Patrimoine** Prenons le montant de provision mathématique pour caractériser le niveau de patrimoine des individus. Dans la base de données à disposition, les PM vont de 14 euros à 17,1 millions d’euros. L’univers de discours défini est  $[0; 18 \text{ millions}]$ .

Les ensembles flous associés à la variable patrimoine sont « faible », « modéré » et « important ». Il convient ensuite de définir chaque ensemble flou par leur fonction d’appartenance (figure 4.7). Une personne considérée comme riche possède un patrimoine important. Le seuil de richesse établi par OBSERVATOIRE DES INÉGALITÉS (2022) est fixé au triple du patrimoine médian national. À partir du double du médian, l’individu est qualifié d’aisé. À l’inverse, une personne moins aisée possède un patrimoine plus limité. Le seuil de pauvreté est défini comme étant égal à 60% du médian. En deçà de 40% du médian, l’individu est considéré en grande pauvreté. En appliquant par analogie ces mêmes seuils à notre base de données, en retenant comme référence le patrimoine médian de notre portefeuille, environ 30% des détenteurs de contrats seraient considérés comme riches, 30% autres catégorisés comme pauvres et 40% restants comme modérés.

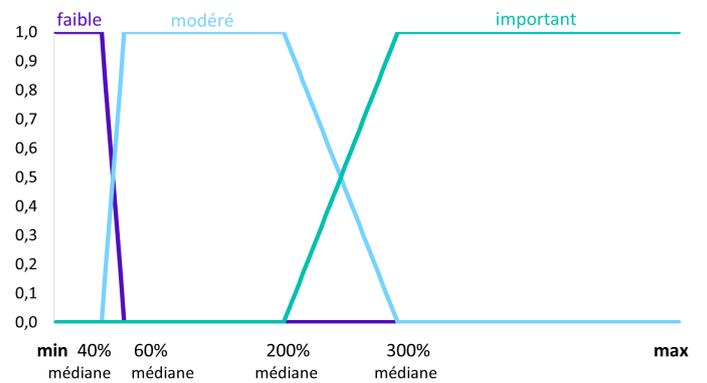


FIGURE 4.7 : Fonction d’appartenance du patrimoine

**Taux de rachats conjoncturels ou de rachats-transferts** Il s’agit de la variable de sortie. Son univers de discours est borné par le minimum et le maximum de la loi des ONC, à savoir  $[-6%; 40\%]$ .

Afin de prendre en compte plus de sensibilité, nous avons défini 6 ensembles flous : « très négatif », « négatif », « proche de zéro », « positif », « très positif » et « excessivement positif ». Le dernier a été ajouté pour permettre de prendre en considération le risque de rachats-transferts massifs.

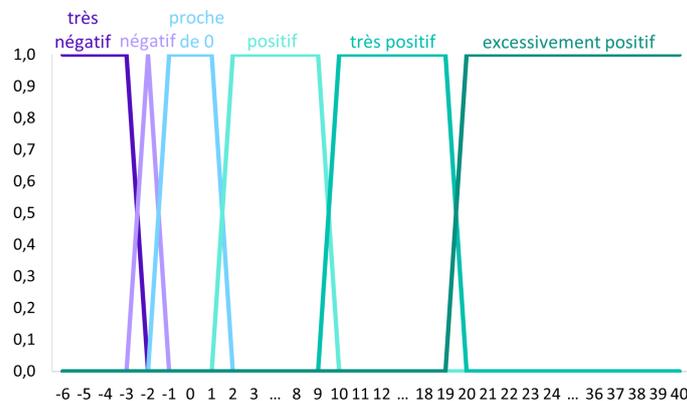


FIGURE 4.8 : Fonction d’appartenance du taux de rachats conjoncturels

À partir du *benchmark* et des avis d'expert, nous avons construit les fonctions d'appartenance (figure 4.8). Les taux de rachats conjoncturels sont « négligeables » et « proche de zéro » lorsqu'ils sont dans l'intervalle  $[-1\%; 1\%]$ . Au-delà, les taux de rachats sont dits « positifs » puis deviennent « très positifs » à partir de 10% et « excessivement positifs » à partir de 20%. Ils sont considérés comme « négatifs » autour de -2%, voir « très négatifs » s'ils sont en dessous de 3%.

Pour résumer, à l'issue de la fuzzification, nous obtenons le tableau 4.1.

Variables linguistiques	Entrées					Sortie
	Ecart de rendements	Taux OAT 10 ans	Ancienneté	Age de l'assuré	Patrimoine	Taux de rachats conjoncturels
Ensembles flous	Fortement négatif Négatif Négligeable Positif Fortement positif	Bas Moyen Haut	Avant 8 ans Après 8 ans	Adulte Retraité	Faible Modéré Important	Très négatif Négatif Proche de 0 Positif Très positif Excessivement positif
Univers de discours	$[-6\%; 4\%]$	$[-1\%; 5\%]$	$[0 \text{ an}; 40 \text{ ans}]$	$[3 \text{ ans}; 110 \text{ ans}]$	$[0; 18 \text{ millions } \text{€}]$	$[-6\%; 40\%]$

TABLE 4.1 : Résumé de la fuzzification pour la modélisation du rachat conjoncturel

## 4.2 L'inférence floue

### 4.2.1 Matrice de décision

Il convient dans un second temps d'établir une matrice de décision (tableau 4.2). Elle est centrale dans la modélisation du taux de rachats-transferts. C'est ici que se trouve l'essence même du raisonnement floue, elle résume la décision de rachat d'un assuré face aux informations qu'il reçoit. Il s'agit d'une matrice à 5 dimensions où chacune représente une variable d'entrée floue. Chaque cellule correspond à la conclusion d'une règle de décision floue. Il convient de noter que la partie « après 8 ans » est construite dans deux versions : une première dans le cas où nous nous plaçons dans un monde où la loi de transférabilité HUSSON-MONTGOLFIER est applicable, et une seconde où elle ne l'est pas. Cette distinction nous servira à faire des points de comparaison dans la suite. Ainsi, nous devons définir au total  $5 \times 3 \times 3 \times 2 \times 3 = 270$  règles floues. Cette matrice est très fine en termes de paramétrages, pour faciliter la visualisation, les cellules ayant la même valeur sont marquées du même code couleur.

Le calibrage de la matrice est en grande partie fondé sur des jugements d'experts et les statistiques issues de l'enquête sur le patrimoine des français (ACPR et BANQUE DE FRANCE, 2016) avec les huit principaux constats ci-dessous. Nous nous limitons à une version synthétique ici, les arguments plus détaillés se trouvent à l'annexe C.

En pratique, les différentes cellules de la matrice ont été fixées de manière à 1. respecter les principes établis et qui sont issus de la littérature empirique ; et 2. assurer la cohérence des résultats. Cet deuxième aspect implique que, dans le cas avant transférabilité, nous souhaitons obtenir à partir de l'approche logique floue des *Best Estimate* avec un écart non significatif par rapport à ceux obtenus à partir de la loi de rachats des ONC. Plus précisément, nous avons d'abord déterminé la matrice avant transférabilité. Pour cela, une version de la matrice a été proposée. Puis, nous avons fait appel à des experts du domaine de l'assurance vie du cabinet pour valider ou ajuster le cas échéant le calibrage jusqu'à satisfaire 1 et 2. Dans un second temps, ces experts ont identifié les zones de la matrice sensibles à la loi de transférabilité (tableau C.1). Ces zones sont ensuite choquées de manière à prendre en compte les effets de la loi. La nouvelle matrice a également été revue, ajustée puis validée par les experts de sorte à satisfaire 1 et 2.

Avant 8 ans			Patrimoine	Faible		Modéré		Important	
			Age	Adulte	Retraité	Adulte	Retraité	Adulte	Retraité
Taux OAT 10 ans	Bas	Ecart de rendements	Fortement négatif	Proche de 0	Proche de 0	Positif	Proche de 0	Positif	Positif
			Faiblement négatif	Proche de 0					
			Négligeable	Proche de 0					
			Faiblement positif	Proche de 0					
			Fortement positif	Proche de 0	Proche de 0	Négatif	Proche de 0	Négatif	Négatif
	Moyen		Fortement négatif	Positif	Proche de 0	Positif	Proche de 0	Positif	Positif
			Faiblement négatif	Proche de 0					
			Négligeable	Proche de 0					
			Faiblement positif	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Négatif	Proche de 0
			Fortement positif	Négatif	Proche de 0	Négatif	Proche de 0	Négatif	Négatif
	Haut		Fortement négatif	Positif	Positif	Positif	Positif	Positif	Positif
			Faiblement négatif	Proche de 0	Proche de 0	Positif	Proche de 0	Positif	Positif
			Négligeable	Proche de 0					
			Faiblement positif	Proche de 0	Proche de 0	Négatif	Proche de 0	Négatif	Négatif
			Fortement positif	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif

(a) Avant 8 ans

Après 8 ans avant transf			Patrimoine	Faible		Modéré		Important	
			Age	Adulte	Retraité	Adulte	Retraité	Adulte	Retraité
Taux OAT 10 ans	Bas	Ecart de rendements	Fortement négatif	Positif	Proche de 0	Positif	Positif	Très Positif	Positif
			Faiblement négatif	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Positif	Positif
			Négligeable	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0
			Faiblement positif	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Négatif	Négatif
			Fortement positif	Négatif	Proche de 0	Négatif	Négatif	Très Négatif	Négatif
	Moyen		Fortement négatif	Positif	Positif	Très Positif	Positif	Très Positif	Positif
			Faiblement négatif	Proche de 0	Proche de 0	Positif	Proche de 0	Positif	Positif
			Négligeable	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0
			Faiblement positif	Proche de 0	Proche de 0	Négatif	Proche de 0	Négatif	Négatif
			Fortement positif	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif	Très Négatif	Négatif
	Haut		Fortement négatif	Très Positif	Positif	Très Positif	Positif	Très Positif	Positif
			Faiblement négatif	Positif	Positif	Positif	Positif	Positif	Positif
			Négligeable	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0
			Faiblement positif	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif
			Fortement positif	Très Négatif	Négatif	Très Négatif	Négatif	Très Négatif	Négatif

(b) Après 8 ans, avant la transférabilité

Après 8 ans après transf			Patrimoine	Faible		Modéré		Important	
			Age	Adulte	Retraité	Adulte	Retraité	Adulte	Retraité
Taux OAT 10 ans	Bas	Ecart de rendements	Fortement négatif	Positif	Proche de 0	Très Positif	Positif	Très Positif	Positif
			Faiblement négatif	Proche de 0	Proche de 0	Positif	Positif	Très Positif	Positif
			Négligeable	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0
			Faiblement positif	Proche de 0	Proche de 0	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif
			Fortement positif	Négatif	Proche de 0	Négatif	Négatif	Très Négatif	Négatif
	Moyen		Fortement négatif	Positif	Positif	Très Positif	Très Positif	Excess Positif	Très Positif
			Faiblement négatif	Positif	Proche de 0	Très Positif	Positif	Très Positif	Positif
			Négligeable	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0
			Faiblement positif	Négatif	Proche de 0	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif
			Fortement positif	Négatif	Négatif	Très Négatif	Négatif	Très Négatif	Négatif
	Haut		Fortement négatif	Très Positif	Positif	Excess Positif	Très Positif	Excess Positif	Très Positif
			Faiblement négatif	Très Positif	Positif	Très Positif	Positif	Excess Positif	Très Positif
			Négligeable	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0
			Faiblement positif	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif	Très Négatif	Négatif
			Fortement positif	Très Négatif	Négatif	Très Négatif	Négatif	Très Négatif	Très Négatif

(c) Après 8 ans, après la transférabilité

TABLE 4.2 : Matrice de décision pour la modélisation du rachat conjonctuel

1. Plus l'écart de rendement  $TS - TA$  est « négatif », plus le taux de rachats conjoncturels est « positif ». En effet, le cas  $TS < TA$ , autrement dit le taux servi est inférieur au taux attendu, correspond au cas où les assurés perçoivent un montant inférieur à ce qu'ils espéraient recevoir. Déçus par leurs attentes insatisfaites, ils sont incités à racheter leurs contrats pour faire d'autre investissement (ou pas), par exemple, aller chez la concurrence où le taux proposé sera plus élevé. À l'inverse, si l'écart de rendement est « positif », alors le taux de rachats est « proche de zéro », voire « négatif ».
2. Lorsque l'écart de rendements est « négligeable », le taux de rachats conjoncturels est toujours « proche de zéro » peu importe dans quelle configuration nous nous trouvons. Dans les faits, des rachats sont effectivement observés même si l'écart est très faible. Ce cas de figure se rapporte plutôt aux rachats de type structurel, qui est, pour rappel, induit par le comportement des assurés motivé par d'autres raisons que l'environnement économique dans lequel ils évoluent.
3. Les contrats de plus de 8 ans sont plus sensibles aux rachats conjoncturels que les contrats récents. Toute chose égale par ailleurs, si le taux de rachats était « positif » avant 8 ans d'ancienneté, alors passé 8 ans, il deviendrait « positif », « très positif », voire « excessivement positif ». De même, s'il était « négatif », il deviendrait « négatif » ou « très négatif ».
4. En cas d'application de la loi HUSSON-MONTGOLFIER, il convient de noter qu'en termes de comportement de rachats conjoncturels, les anciens contrats avant la transférabilité sont moins sensibles aux rachats que les anciens contrats après la transférabilité. Ils restent toutefois plus réactifs que les récents contrats qui sont exclus par la loi.

En effet, l'attrait pour d'autres compagnies d'assurance, c'est-à-dire la concurrence, est d'autant plus grand que leurs offres sont avantageuses ailleurs. L'influence médiatique accentue cette tendance, en particulier chez les individus bien informés. Dans un environnement de taux élevés, nous supposons que cette sensibilité est particulièrement marquée chez les assurés plus jeunes (plus sensible à l'influence médiatique et avec un besoin de fructification) et plus fortunés (plus soucieux et avec un niveau d'étude plus élevé).

5. Les jeunes sont plus réactifs que les retraités en terme de rachats. Ayant une logique de fructification du capital, les jeunes sont plus sensibles aux variations des taux.

C'est un constat vrai en général pour les contrats en euros. Plusieurs études comme celles de BARUCCI et al. (2020), FFSa et GEMA (2013) et ELING et KIESENBAUER (2014) ont montré que le taux de rachats chez les adultes plus jeunes sont élevés. Pour les personnes retraitées, « les assurés de plus de 70 ans quant à eux sont peu incités à racheter leur contrat du fait des contraintes de droits de succession pour les versements effectués après 70 ans », d'après l'INSTITUT DES ACTUAIRES (2023).

6. En générale, les assurés ayant un patrimoine important sont également plus sensibles aux rachats conjoncturels. Comme expliqué dans l'étape du choix des variables, cette catégorie d'individus a de meilleures connaissances du marché et de l'assurance en général, elle est donc plus apte à réagir face aux changements économiques et connaît mieux les offres disponibles sur le marché.

En réalité, il s'agit d'une variable très « controversée » mais qui pourtant semble être un déterminant des rachats. Les différentes littératures menées sur ce sujet aboutissent souvent à des conclusions opposées selon le portefeuille étudié. Malgré tout, nous avons décidé de nous baser sur les résultats de l'étude réalisée par ACPR et BANQUE DE FRANCE (2016), qui montre que la relation entre rachat et patrimoine est linéairement positive.

7. En supposant qu'il y ait des frais de sortie à régler pour un transfert HUSSON-MONTGOLFIER, les assurés ayant un patrimoine faible seraient moins prêts à réaliser l'opération.

8. Plus les taux d'intérêt sont élevés, plus il y en a de rachats observés. Pour s'en convaincre, nous avons étudié la corrélation entre les taux d'emprunt d'État de maturité 10 ans (les mêmes OAT 10 ans que dans le graphique 4.3) et les taux de rachats. Sur un historique de 10 ans, nous avons, d'une part, extrait les taux OAT 10 ans auxquels nous avons fait la moyenne par année, et d'autre part, relevé les taux de rachats en France par année et par type supports publiés par l'ACPR (2023). Les coefficients de corrélation observés entre le taux OAT 10 ans et les différents taux de rachats par supports sont très positifs, tous supérieurs à 72%. La corrélation entre l'OAT et le rachat sur support en euros\* est de 78%.

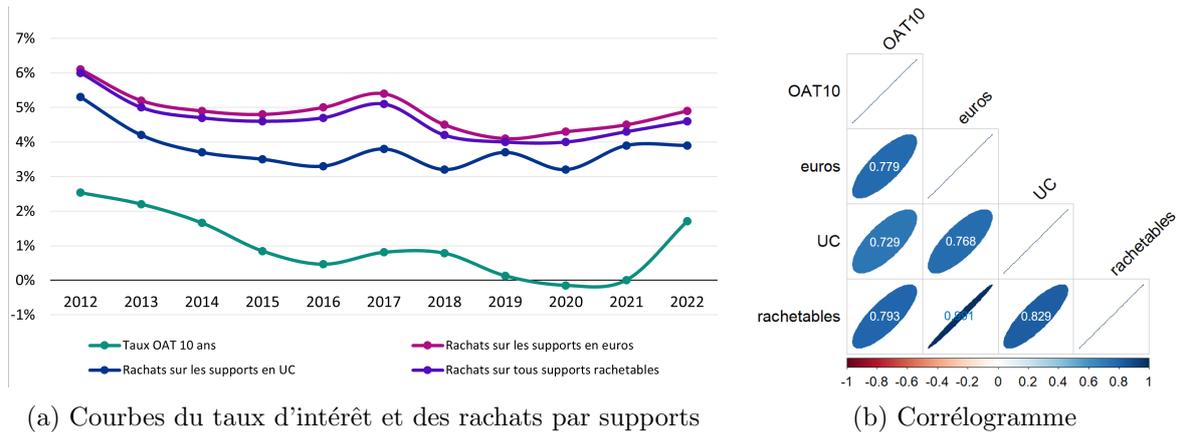


FIGURE 4.9 : Corrélation entre OAT10 et rachats (ACPR, 2023 ; BANQUE DE FRANCE, 2023b)

#### 4.2.2 Activation, implication et agrégation

L'ensemble des règles floues vient d'être défini dans la section 4.2.1. Nous rappelons qu'une règle est composée de prémisses et d'une décision, et est de la forme suivante

**SI** [Prémisse 1] **ET/OU/NON** [Prémisse 2] **ET/OU/NON** [Prémisse  $i$ ] ... **ALORS** [Conclusion].

À chaque vecteur d'entrée exprimé en monde réel

$$x_0 = (\text{écart de rendements ; taux OAT 10 ans ; ancienneté ; âge ; patrimoine}),$$

le modèle fait activer un certain nombre de règles. Si tous variable floue appartient entièrement à un de leurs ensembles flous, 1 règle sera activée. Dans le cas où une des variables n'appartient pas entièrement à son ensemble flou, 2 règles seront activées. Si deux variables n'appartiennent pas entièrement à leur ensemble flou,  $2 \times 2 = 4$  règles seront activées. En suivant ce raisonnement, un vecteur  $x_0$  peut activer au maximum  $2^5 = 32$  règles dans notre modélisation de rachats conjoncturels. Cet aspect d'appartenance binaire est une des caractéristiques de notre modèle logique flou.

Illustrons via les deux exemples du tableau 4.3. Dans le premier cas, tous les variables appartiennent 100% à un de leurs ensembles flous, donc seule une règle est activée. Dans le deuxième cas, les variables « écart de rendements » et « âge » n'appartiennent pas 100% à un ensemble flou, donc 4 règles sont activées.

\*Dans nos *model points*, 100% des contrats sont en support euros.

Variables d'entrée	Ecart de rendements	Taux OAT 10 ans	Ancienneté	Age de l'assuré	Patrimoine
Univers réel	-2%	2,5%	12 ans	50 ans	1 000 000
Univers linguistique	100% faible négatif	100% moyen	100% après 8 ans	100% adulte	100% important

Règles activées	Ecart de rendements	Taux OAT 10 ans	Ancienneté	Age de l'assuré	Patrimoine	Taux de rachat
R1	Faiblement négatif	Moyen	Après 8 ans	Adulte	Important	Très positif

(a) Exemple 1 : toutes les variables appartiennent entièrement à un ensemble flou

Variables d'entrée	Ecart de rendements	Taux OAT 10 ans	Ancienneté	Age de l'assuré	Patrimoine
Univers réel	-1,1%	2,5%	12 ans	65 ans	1 000 000
Univers linguistique	75% faible négatif 25% négligeable	100% moyen	100% après 8 ans	29% adulte 71% retraité	100% important

Règles activées	Ecart de rendements	Taux OAT 10 ans	Ancienneté	Age de l'assuré	Patrimoine	Taux de rachat
R1	Faiblement négatif	Moyen	Après 8 ans	Adulte	Important	Très positif
R2	Faiblement négatif	Moyen	Après 8 ans	Retraité	Important	Positif
R3	Négligeable	Moyen	Après 8 ans	Adulte	Important	Proche de 0
R4	Négligeable	Moyen	Après 8 ans	Retraité	Important	Proche de 0

(b) Exemple 2 : deux des variables n'appartiennent pas entièrement à un ensemble flou

TABLE 4.3 : Exemples d'implication appliquée aux rachats conjoncturels

Les raisonnements utilisés pour établir l'ensemble des règles se basent sur des **ET**. Par conséquent, le seul opérateur de ZADEH utilisé est l'intersection, le degré d'activation de chaque règle  $R_i$  est donc le minimum du degré de véracité de ses prémisses\*.

La méthode choisie dans la phase d'implication est la méthode de Mamdani. Les travaux menés par DETROULLEAU et MOURET (2013) ont montré que le choix de la méthode d'implication n'influe que très peu sur le résultat final. Par soucis de simplicité, nous avons opté pour la méthode de Mamdani dans la modélisation. Les tests de sensibilité du modèle flou seront présentés dans la sous-section 4.3.2.

La phrase d'agrégation, comme son nom l'indique, agrège ensuite tous les résultats associés au vecteur  $x_0$  fourni initialement.

## 4.3 La défuzzification

### 4.3.1 La méthode de défuzzification

La défuzzification permet de revenir du monde flou au monde réel. Pour chaque vecteur  $x_0$ , elle utilise sa fonction de décision finale  $\mu_{finale}$  pour déduire un taux de rachats conjoncturels réel.

Il existe 4 méthodes de défuzzification : méthodes du centre de gravité, méthode de la moyenne des maxima, méthode du minimum des maxima et méthode du maximum du maxima. Elles ont été présentées dans la sous-section 3.2.3.

Les deux premières méthodes sont les plus couramment utilisées dans la pratique de la logique floue. Néanmoins, dans les travaux réalisés par DETROULLEAU et MOURET (2013), les auteurs nous révèlent que la méthode de la moyenne des maxima est beaucoup trop instable et ne permet pas de prendre en compte tout l'intervalle de données. C'est pourquoi nous avons privilégié la méthode du centre de gravité dans notre modélisation.

\*Voir explications détaillées dans la sous-section 3.2.2.

Si la défuzzification se réduit à un *simple* calcul de centre de gravité, c'est lors de l'étape de l'inférence floue que la demande en temps de calcul devient plus gourmande. Pour chaque vecteur d'entrée saisi, il passe par les trois phrases d'activation, d'implication et d'agrégation, pouvant déclencher jusqu'à 32 règles. Chaque vecteur étant une combinaison des valeurs réelles prises dans l'univers du discours des variables d'entrées floues. Le nombre de combinaisons augmente considérablement si le saut des intervalles (discontinus) est trop petit. Le modèle deviendrait alors extrêmement coûteux en termes de temps de calcul. C'est pourquoi il est judicieux d'appliquer quelques simplifications :

- Lorsque plusieurs valeurs sont de même degré d'appartenance à un ensemble floue, il suffit d'en considérer une seule. Toutes choses égales par ailleurs, les autres valeurs de cette variable donneront le même résultat finale en sortie du modèle.

Par exemple, pour tout écart de rendements dans l'intervalle  $[-1\%; 1\%]$ , il est considéré 100% « négligeable ». Le résultat final  $z_{finale}(x_0)$  où  $x_0 = (\text{écart de rendements}, \dots)$  est identique pour toutes les valeurs de la variable floue *écart de rendements* qui se trouvent dans cet intervalle.

- Discrétiser l'univers de discours avec des sauts judicieusement choisis et adaptés à leur domaine de définition.

Ainsi, il a été choisi de considérer un pas de 10 bps pour les écarts de rendement sur l'intervalle  $[-6\%; 4\%]$ , un pas de 1 an pour l'âge des assurés sur l'intervalle  $[3 \text{ ans}; 110 \text{ ans}]$ , un pas de 10k € pour le patrimoine sur l'intervalle  $[0; 1M \text{ €}]$  et un pas de 100k € sur l'intervalle  $[1M \text{ €}; 18M \text{ €}]$ .

Malgré ces simplifications, le temps d'exécution requis pour obtenir les sorties du modèle flou de toutes ces combinaisons est estimé à 35 heures. Nous avons au total 43 200 combinaisons de valeurs des variables d'entrée.

La modélisation du rachat conjoncturel prenant compte de la transférabilité inter-compagnies est maintenant menée à son terme. Nous allons effectuer dans la sous-section 4.3.2 des tests de sensibilité du modèle si nous avons choisi les autres méthodes.

### 4.3.2 Tests de sensibilité sur les méthodes du modèle de logique floue

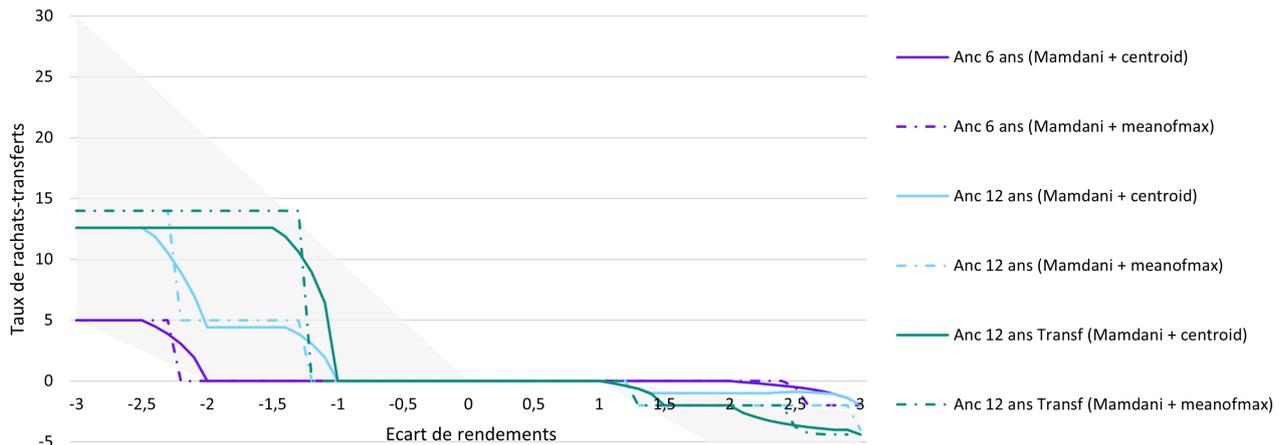
Nous allons voir dans cette partie quelques tests de sensibilité du modèle en fonction des variables d'entrée et en fonction des méthodes choisies (Mamdani ou Larsen pour la méthode d'implication, et centre de gravité ou moyenne des maxima pour la méthode de défuzzification). Cela permettra de vérifier si la modèle est bien conforme aux avis d'experts cités dans la section 4.2.1. La vérification se fait graphiquement.

Les sensibilités effectuées ont pour objectif d'apporter des éléments de réponse aux quatre questions suivantes :

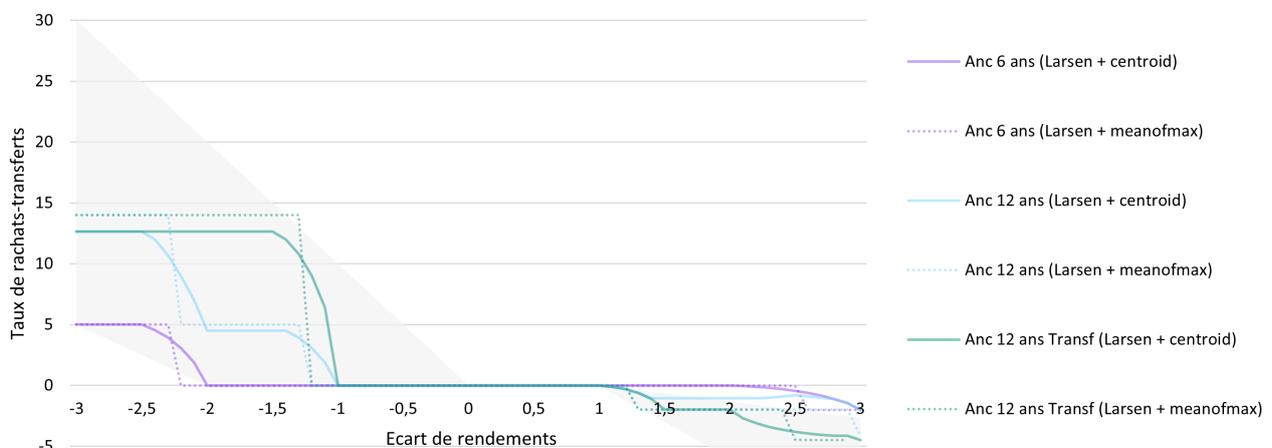
1. Comment le taux de rachats conjoncturels ou bien le taux de rachats-transferts varie-t-il en fonction de l'ancienneté ?
2. Comment varie-t-il en fonction du taux OAT 10 ans ?
3. Comment varie-t-il en fonction de l'âge de l'assuré ?
4. Comment varie-t-il en fonction de la richesse ?

Dans un souci de clarté, notre attention sera uniquement dirigée vers la question n°1 dans cette section. Les lecteurs intéressés peuvent consulter l'annexe D pour obtenir des détails sur les tests de sensibilité n°2, n°3 et n°4. Les résultats des tests conduisent à des analyses, des interprétations et des conclusions similaires

Pour cela, nous comparons les taux de rachats-transferts des assurées ayant une ancienneté à 6 ans, à 12 ans avant et après la transférabilité. Les autres variables sont fixées sur leur valeur moyenne, à savoir, le taux OAT 10 ans moyen est de 2,2%, l'âge moyen est de 58 ans, et le patrimoine est fixé à 300 000 €. Les résultats du test sont résumés dans la figure 4.10.



(a) Méthode d'implication de Mamdani



(b) Méthode d'implication de Larsen

FIGURE 4.10 : Tests de sensibilité du modèle sur l'ancienneté (avant et après transférabilité)

Tout d'abord, les courbes de rachats-transferts en sortie du modèle sont en adéquation avec les attentes. Les tests de sensibilité du modèle flou concordent avec les opinions des experts et les principes établis. En effet, dans le cas où le rendement servi ne correspond pas aux attentes de l'assuré, le rachat observé augmente avec l'ancienneté des contrats de l'assuré (illustration par les courbes en violet et en bleu). Puis, en choquant la matrice  $\mathcal{M}$  pour tenir compte les effets de la transférabilité, le taux de rachats-transferts augmente car les assurés éligibles à la politique de transférabilité sont davantage incités à racheter leur contrat (illustration par les courbes en bleu et en vert).

La figure 4.10 illustre la cohérence des résultats obtenus quelle que soit les méthodes appliquées pour l'implication.

Toutefois, dépendamment de la méthode de défuzzification sélectionnée, le taux de rachats estimé varie de façon plus significative. En plus de ne pas toujours se trouver dans le tunnel fixé par les ONC (zone grisée), les lois qui utilisent la méthode de la moyenne des maxima sont moins stables, elles sont également caractérisées par des paliers en formes d'escaliers (illustration par les courbes en pointillé). À l'inverse, la méthode du centre de gravité donne des courbes de rachats plus lisses (illustration par les courbes continues), ce qui confirme que cette méthode est plus adaptée.

## Conclusion du chapitre

Si le concept de logique floue peut être appréhendé de manière assez intuitive, sa mise en oeuvre est un travail complexe et chronophage qui nécessite d'être vigilant et minutieux. Il s'agit de poser de nombreuses hypothèses sans négliger leur vraisemblance pour assurer la crédibilité. Les répercussions des modèles construits sur le bilan de l'assureur seront analysées dans le chapitre 5.



## Chapitre 5

# Mise en application : analyse dans différents contextes économiques

Ce mémoire s'intéresse à l'impact de la loi de transférabilité HUSSON-MONTGOLFIER sur les compagnies d'assurance vie dans différents contextes économiques. Pour cela, nous analyserons l'impact de l'introduction de cette loi sur la solvabilité et la rentabilité d'un assureur représentatif de la situation moyenne des assureurs vie français.

### 5.1 Analyse du bilan en fonction des configurations économiques

#### 5.1.1 Choix des environnements économiques

Dans le chapitre 1, nous avons discuté des risques associés à une augmentation des taux d'intérêt dans un contexte de faibles taux. Les moins-values latentes (MVL) contenues dans les portefeuilles d'assurance pourraient générer un risque de perte économique en cas de rachat massif. Dans ce chapitre, nous analyserons et comparerons la situation financière de l'assureur de 2020 à celle de 2022, étant donné que les taux sont nettement plus élevés. L'année 2021 sera étudiée afin d'observer la période de transition passant des taux bas aux taux hauts.

Plusieurs indicateurs soigneusement choisis pour refléter au mieux le contexte économique des années concernées sont détaillés dans le tableau 5.1. Ces données sont utilisées dans le GSE pour simuler les scénarios aléatoires correspondant à ces trois périodes. Les taux sans risque ont effectivement augmenté durant les périodes récentes. Cette hausse est directement liée à l'inflation croissante en France. En ce qui concerne la volatilité du marché boursier, elle a atteint son pic en 2020, année marquée par les perturbations dues à la pandémie COVID-19. Après une période plus stable en 2021, la volatilité a de nouveau grimpé, en réaction aux conflits en Ukraine.

	31/12/2020	31/12/2021	31/12/2022
Taux sans risque EIOPA 1 an	-0,55%	-0,56%	3,37%
Taux sans risque EIOPA 10 ans	-0,30%	0,24%	3,28%
Taux inflation 1 an	0,76%	2,54%	5,20%
Taux inflation 10 ans	1,00%	1,99%	2,99%
Volatilité du CAC 40	32,65%	14,10%	22,52%
Volatilité de l'EURO STOXX 50	32,31%	15,66%	23,24%

TABLE 5.1 : Résumé de la situation économique de 2020 à 2022

La situation initiale de l'assureur est présentée dans le tableau récapitulatif 5.2. Les caractéristiques de ses actifs et passifs sont présentées dans la sous-section 2.2.1. À noter que la loi de rachats dynamiques utilisée est celle suggérée par les ONC (figure 3.1). Pour établir les comparaisons, nous avons utilisé les mêmes *model points* sur ces trois années.

		31/12/2020	31/12/2021	31/12/2022
Actif	<b>Valeur nette comptable</b>	<b>938 100 000</b>	<b>938 100 000</b>	<b>938 100 000</b>
	<i>Obligation</i>	816 299 149	816 299 149	816 299 149
	<i>Action et immobilier</i>	121 242 964	121 242 964	121 242 964
	<i>Trésorerie</i>	557 887	557 887	557 887
	<b>Valeur de marché</b>	<b>1 037 074 540</b>	<b>981 292 757</b>	<b>748 074 462</b>
	<i>Obligation</i>	911 160 505	855 378 723	622 160 427
	<i>Action et immobilier</i>	125 356 148	125 356 148	125 356 148
	<i>Trésorerie</i>	557 887	557 887	557 887
	<b>Plus ou moins-value latente</b>	<b>98 974 540</b>	<b>43 192 757</b>	<b>- 190 025 538</b>
	<i>Obligation</i>	94 861 357	39 079 574	- 194 138 722
<i>Action et immobilier</i>	4 113 184	4 113 184	4 113 184	
<i>Trésorerie</i>	-	-	-	
Passif	<b>Fonds propres</b>	<b>95 512 072</b>	<b>81 372 486</b>	<b>73 173 402</b>
	<i>VIF</i>	64 250 151	68 782 502	60 312 531
	<b>Risk Margin</b>	<b>1 456 902</b>	<b>1 697 170</b>	<b>3 218 255</b>
	<b>Best Estimate</b>	<b>940 105 566</b>	<b>898 223 101</b>	<b>671 682 805</b>

TABLE 5.2 : Bilan de l'assureur de 2020 à 2022

Le contexte de taux bas observé jusqu'en 2020 était favorable aux organismes dans le cadre de la valorisation de leurs actifs. La hausse des taux d'intérêt entre 2020 et 2022 a mécaniquement fait baisser la valeur de marché des actifs (VM) en raison de l'effet d'actualisation. Nous noterons que les actions et immobiliers sont restés constants car leur niveau est maintenu constant. Plus généralement, nous n'avons pas fait vieillir les portefeuilles actif et passif. Nous considérons ainsi l'impact des taux presque exclusivement en négligeant l'effet vieillissement, ce choix constituant également l'une des limitations de notre modélisation. Néanmoins, les volatilités de l'action et de l'immobilier ont été intégrées dans le GSE afin de tenir compte les évolutions conjointes des volatilités sous-jacentes des indicateurs modélisés.

La valeur nette comptable (VNC) est restée inchangée car nous avons utilisé les mêmes *model points* actifs pour chaque année. Il se trouve que dans notre cas, la hausse des taux observée entre 2020 et 2022 a été suffisante pour passer d'une plus-value latente (PVL) à une moins-value latente (MVL).

La diminution du *Best Estimate* (BE) s'explique par un effet d'actualisation plus fort. Il est à nuancer tout de même par les rachats conjoncturels plus présents en taux haut, impliquant un montant d'engagement plus élevé de la part de l'assureur, et par conséquent, plus de BE. Ici, l'effet actualisation par les taux l'emporte sur l'effet rachat. Notons que les mêmes *model points* passifs ont été utilisés sur les trois années, ce qui permet d'étudier toutes choses égales par ailleurs.

L'augmentation du *Risk Margin* (RM) est portée surtout par l'accroissement du risque de rachat.

La valeur des fonds propres (FP) est calculée en soustrayant la VM par le BE et le RM. La diminution des FP est essentiellement due à une baisse de VM plus importante que celle de BE. En effet, les périodes récentes sont marquées par une augmentation brutale des taux de courts et de moyens termes (graphe 1.7), entraînant une inversion de la courbe des taux et faisant de l'écart de taux entre deux années consécutives à décroître avec la maturité. Les éléments du bilan de durée plus courte sont alors plus impactés par la hausse des taux et voient leur valeur diminuer considérablement. Dans notre cas, l'actif, avec une durée d'environ 9 ans, est associé à un écart des taux EIOPA de +310 bps entre fin 2022 et fin 2023, tandis que le passif, avec une durée d'environ 12 ans, est associé à un écart de moindre mesure de +294 bps. Ainsi, la VM (actif) subit l'effet de la hausse des taux plus fort que le BE (passif), la hausse brutale des taux a donc contribué à une baisse plus importante de la VM.

Avant d'étudier l'impact de la transférabilité, nous allons d'abord comparer le BE de la compagnie selon le modèle standard et le modèle logique floue (tableau 5.3). Le modèle standard utilise la loi de rachats conjoncturels suggérée par les ONC. Le modèle logique floue utilise la loi de rachats-transferts de la logique floue que nous avons construite, en version hors prise en compte de la transférabilité.

Nous noterons que la matrice de décision  $\mathcal{M}$  intervenant dans la construction de la loi de rachats-transferts dans sa version avant transférabilité en logique floue a été calibrée en cohérence avec la loi des ONC. Par ailleurs, les paramètres de la loi des ONC utilisée sont proches de la loi moyenne. Ils ont été légèrement modifiés de sorte à minimiser l'écart entre le BE du modèle standard et celui du modèle logique floue avant transférabilité.

Cette étape permet de vérifier si le modèle de logique floue fonctionne correctement. La différence observée sur les trois années est très faible, inférieure à 0,01% dans les trois cas.

		31/12/2020	31/12/2021	31/12/2022
Valeur de marche des actifs		1 037 074 540	981 292 757	748 074 462
BE	Modèle standard	940 105 566	898 223 101	671 682 805
	Modèle logique floue	940 098 134	898 223 101	671 725 501
	Variation du BE en %	-0,0008%	0,0000%	0,0064%

TABLE 5.3 : Comparaison modèle standard et modèle logique floue

Par la suite, nous utiliserons donc ces chiffres issus du modèle de logique floue comme le point de départ. C'est avec cela que nous analyserons l'impact de la transférabilité. Les comparaisons du type « avant ou après la transférabilité » se baseront donc sur les résultats du modèle de logique floue. Ainsi, nous éviterons des écarts liés à une différence de méthode de modélisation.

### 5.1.2 Impact de la transférabilité

Une fois avoir validé l'utilisation de la logique floue pour la modélisation des lois de rachats de type conjoncturel, nous nous intéressons à présent à l'impact de la transférabilité sur le bilan de l'assureur. Rappelons-nous que le choc de la « transférabilité » est effectué au niveau de la matrice  $\mathcal{M}$ . Nous considérons de même les trois environnements économiques allant de 2020 à 2022.

Étudions d'abord l'impact de la transférabilité d'un point de vue prudentiel sous la norme Solvabilité II (tableau 5.4).

Toute chose égale par ailleurs, le transfert augmente le BE. Le transfert étant assimilé au rachat, par conséquent, une augmentation du taux de transferts oblige l'assureur à devoir honorer plus d'engagements. Les flux sortants croissent, par la formule 2.6, le BE augmente.

Indépendamment de l'impact de la loi de transférabilité, la hausse des taux entre 2020 et 2022 a fait baisser le ratio de solvabilité de 200%, expliqué d'une part, par la baisse des fonds propres ; et d'autres part, par l'augmentation du SCR. Le paragraphe 8 de la sous-section 5.1.1 détaille la raison de la baisse des FP. Quant à la hausse du SCR, elle est expliquée par les variations sur les modules de souscription vie et de marché (figure 1.5). Nous noterons que le portefeuille étudié est majoritairement composé d'obligation (à hauteur de 87%), par conséquent, l'assureur est particulièrement exposé au risque de taux, de ce fait, le module de marché est fortement impacté. Ajoutons encore un risque de rachat massif amplifié dans un environnement de taux haut, ce qui augmente le SCR de souscription vie. Sur l'impact du SCR au global, les explications en détails pour chaque passage se suivent.

		31/12/2020	31/12/2021	31/12/2022
<b>Best Estimate</b>	Av transf.	940 098 134	898 223 101	671 725 501
	Ap transf.	940 099 725	898 223 101	676 442 418
	Ecart	1 591	-	4 716 917
<b>Risk Margin</b>	Av transf.	1 455 750	1 697 216	3 078 943
	Ap transf.	1 455 784	1 697 214	3 095 460
	Ecart	34	- 2	16 518
<b>Fonds propres</b>	Av transf.	95 520 656	81 372 441	73 270 018
	Ap transf.	95 519 031	81 372 443	68 536 583
	Ecart	- 1 625	2	- 4 733 435
<b>SCR</b>	Av transf.	28 492 945	32 328 929	54 338 475
	Ap transf.	28 493 515	32 328 902	54 634 995
	Ecart	569	- 27	296 520
<b>SCR Marché (après diversification)</b>	Av transf.	34 057 560	55 607 238	92 467 045
	Ap transf.	34 061 301	55 607 199	88 207 183
	Ecart	3 741	- 39	4 259 862
<b>SCR Vie (après diversification)</b>	Av transf.	24 168 047	22 437 709	49 995 720
	Ap transf.	24 167 568	22 437 709	48 007 588
	Ecart	- 479	-	- 1 988 133
<b>Capacité d'absorption</b>	Av transf.	- 22 165 551	- 36 670 486	- 64 274 967
	Ap transf.	- 22 167 883	- 36 670 476	- 58 874 115
	Ecart	- 2 332	9	5 400 852
<b>Ratio de solvabilité</b>	Av transf.	335%	252%	135%
	Ap transf.	335%	252%	125%
	Ecart	-0,0124%	0,0002%	-9,3956%

TABLE 5.4 : Comparaison BE et ratio de solvabilité avant et après transférabilité

- Entre 2020 et 2021, la hausse des taux augmente le SCR marché. Celui-ci représente une part importante sur le SCR global, avec un ratio SCR marché sur SCR vie égal à 2,5 en 2021. La diversification inter-modules a tout de même permis de baisser le BSCR de 13,1 millions d'euros sur un total BSCR de 64,9 millions, ce qui représente une baisse de 20,1% en 2021. Dans le même temps, la hausse des taux diminue le coût des options et garanties financières car les assureurs pourront mieux servir les TMG aux assurés. Cela se traduit par une capacité d'absorption plus importante en 2021.
- Entre 2021 et 2022, l'effet rachat fait plus que doubler le SCR vie. L'équilibre entre les modules de risques se rétablit mieux, avec un ratio égal à 1,9 en 2022. Cela se traduit par une meilleure diversification des risques avec une baisse de 26,9 millions d'euros sur un total BSCR de 115,6 millions, soit 23,2%. Parallèlement, l'effet taux permet encore une fois d'absorber le SCR global à hauteur de 64,3 millions d'euros.

En ce qui concerne l'impact de la transférabilité, il semble être minime dans un contexte de taux bas. Pour les années 2020 et 2021, les variations observées sur les SCR et le ratio de solvabilité sont inférieures à 0,1%. Cette faible incidence s'explique par des rendements en fonds en euros bas dans un environnement de taux également bas. Étant donnée que notre portefeuille est entièrement composé de contrats en euros, la performance des investissements en actif en face de ces contrats est déterminée par les rendements sur ces fonds en euros. Par conséquent, les taux servis aux assurés sont peu attractifs. Dans ces conditions, les assurés n'ont pas d'incitation à transférer leur contrat chez un autre assureur, qui, potentiellement, proposerait un taux de rendement tout aussi faible, sans compter d'éventuels frais de sortie à payer. L'écart entre le taux servi aux assurés et le taux attendu par ces derniers ( $TS - TA$ ) est faible. Par construction de notre loi de logique floue, lorsque cet écart est réduit, le taux de rachats-transferts tend vers zéro, rendant l'effet du transfert pratiquement invisible dans ce contexte. Du côté de l'assureur, en cas de rachat ou de transfert de contrats dans un tel environnement, la vente des obligations pour honorer les engagements lui permet de réaliser des PVL.

Focalisons maintenant notre attention sur l'année 2022, une période marquée par une conjoncture économique caractérisée par des taux élevés, et où la question de la transférabilité revêt d'une importance capitale. En effet, la hausse des taux a permis aux assureurs d'être plus bénéfiques sur leurs investissements, ils pourront ainsi proposer des taux de rendements plus ou moins élevés dépendamment de leur performance d'investissement. De plus, en utilisant leur réserve de PPB cumulée jusque-là, les assureurs peuvent rendre leurs taux plus attractifs et plus compétitifs. À cette concurrence, certains assureurs font face à un risque de rachats et de transferts plus rude, qui se traduit également par la réalisation des MVL.

L'impact de la transférabilité en 2022 a fait dégrader le ratio de solvabilité de 9,4%. Elle est principalement expliquée par une baisse des FP (-4,7 millions d'euros), causée par un BE plus important pour répondre aux besoins de transferts des assurés. La hausse du SCR (+0,3 millions d'euros) ne joue qu'un rôle mineur ici.

Par ailleurs, l'augmentation de la TVFOG montre d'un autre côté que l'assureur aurait besoin de supporter plus de coûts liés aux options cachées. Dans notre cas, s'agit surtout des suppléments de coût liés à l'introduction de la transférabilité qui se manifeste au niveau des rachats conjoncturels (tableau 5.5). Nous remarquerons que la variation du BE déterministe est nulle car elle n'utilise qu'un seul scénario théorique qui ne prend pas en compte la loi de rachats-transferts et qui ne permet donc pas le déclenchement des options et garanties financières.

	Avant transf.	Après transf.	Variation
BE déterministe	667 748 809	667 748 809	+ 0%
BE stochastique	671 725 501	676 442 418	+ 1%
TVFOG	3 976 692	8 693 609	+ 118%

TABLE 5.5 : TVFOG 2022 en situation avant et après la mise en place de la transférabilité

D'un point de vue rentabilité à présent, nous allons suivre l'indicateur défini à la sous-section 2.3.5 sur les trois années à étudier. Les résultats sont recensés dans le tableau 5.6 ci-dessous.

		31/12/2020	31/12/2021	31/12/2022
Ratio PVFP/BE	Av transf.	6,83%	7,66%	8,98%
	Ap transf.	6,83%	7,66%	8,30%
	Ecart	0,0001%	0,0000%	-0,6793%
PVFP	Av transf.	64 231 882	68 782 502	60 291 944
	Ap transf.	64 232 512	68 782 502	56 120 126
	Ecart	630	-	4 171 818
Best Estimate	Av transf.	940 098 134	898 223 101	671 725 501
	Ap transf.	940 099 725	898 223 101	676 442 418
	Ecart	1 591	-	4 716 917

TABLE 5.6 : Comparaison des indicateurs de rendements avant et après transférabilité

Indépendamment du transfert, le ratio croit au fil des années. Cela signifie qu'un même contrat est plus rentable en 2022 plutôt qu'en 2021. Les rendements issus des investissements augmentent du fait de la hausse des taux. Nous remarquerons que la PVFP de 2022 est inférieure à celle de 2021 par un effet d'actualisation des taux. En réalité, les profits nets de 2022 sont supérieurs à ceux de 2021.

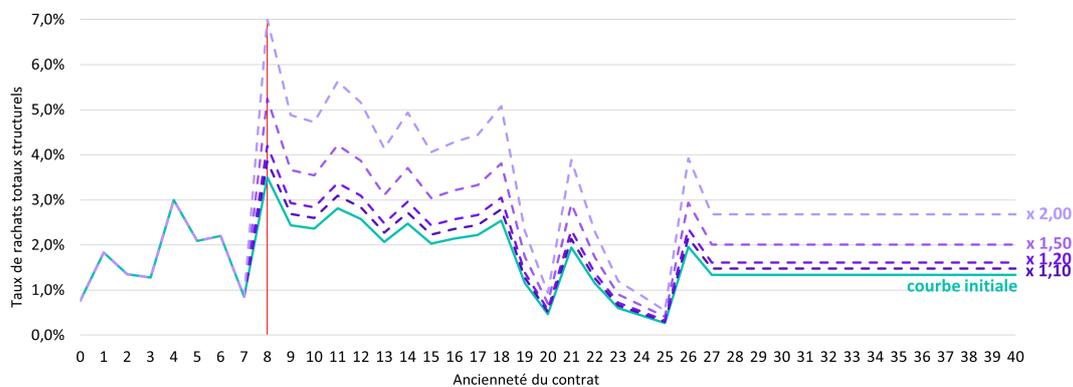
À la suite de la transférabilité, la baisse du ratio de rendement en 2022 est justifiée par un coût de rachats-transferts plus élevé. En effet, le départ d'un contrat rentable n'est pas profitable pour l'assureur car il devra vendre les actifs qui sont capables de générer de revenus financiers importants. À l'inverse en taux bas, l'impact de la transférabilité au niveau rendement est négligeable qui pourrait être justifié par un faible nombre de transfert, ou voire potentiellement avoir un effet rentable.

### 5.1.3 Point de basculement de rachat

Dans le chapitre 4, il a été abordé que si nous devions également modifier les rachats structurels, nous risquerons de surestimer l'impact de la transférabilité en le double-comptant. De plus, en raison du manque d'informations sur les produits vendus par notre assureur vie, il ne nous semble pas adapté de les modéliser à l'aide de la logique floue.

Dans cette section, notre objectif est d'évaluer la capacité de résilience de l'assureur face aux chocs. Bien qu'il s'agisse d'un scénario extrême, nous nous posons tout de même la question suivante : au-delà de quel seuil de rachats, l'assureur tombe-t-il en état d'insolvabilité ?

Pour estimer ce seuil, nous supposons que les lois de rachats structurels sont sujets à des modifications. Nous allons utiliser les lois initialement fournies par notre assureur. Afin de simuler une réaction significative des assurés en réponse de la transférabilité, nous allons simplement appliquer un coefficient multiplicateur pour le segment au-delà de 8 ans d'ancienneté (illustration 5.1). Cette approche nous permet de modéliser de manière simple et rapide la hausse de rachats.



Legende : x 1,50 signifie que le rachat a augmenté de 50% par rapport à la situation initiale pour chaque maturité.

FIGURE 5.1 : Un exemple de courbe de rachats avec des chocs au-delà de 8 ans

En ayant intégré cette modification, le modèle ALM a projeté les nouveaux flux, ce qui nous a permis d'identifier le point de basculement de rachats pour les années 2020 à 2022. Le point de basculement correspond au niveau de rachats à partir duquel le ratio de solvabilité descend en dessous de 100%. Plaçons-nous toujours dans un monde où la transférabilité est en vigueur. Initialement, le taux de rachats\* rapporté aux encours est de 3,3%. Pour se trouver en situation d'insolvabilité<sup>†</sup>, il faut :

- Une augmentation de 52% de rachats pour une année comme celle de 2022. Le coefficient appliqué est 1,52. Le taux de rachats sur encours passe alors à 4,3%. C'est une situation potentiellement probable dont il faut se méfier, un des effets pervers de la remontée des taux.
- Une augmentation de 575% de rachats pour une année comme celle de 2021, avec un taux de rachats moyen de 14,2%. De telle augmentation nous semble irréaliste dans un contexte de taux bas où le comportement de rachats était déjà moins observable.
- En ce qui concerne l'année 2020, le ratio de solvabilité ne passe pas en dessous de 100% quel que soit le choc de rachat.

\*Rachats totaux de type structurels

<sup>†</sup>Les ratios de solvabilité initiaux sont indiqués dans le tableau 5.4.

## 5.2 Étude de sensibilité sur le portefeuille de passif

En termes de rentabilité ou de solvabilité, les études menées dans la section 5.1.2 ont montré qu'il y a peu de différence d'impact pour les années 2020 et 2021. Elles représentent toutes les deux des environnements de taux bas. Par ailleurs, la variable « OAT 10 ans » pour ces deux années est considérée comme 100% « bas » par le modèle de logique floue, les lois de rachats-transferts utilisées sont donc les mêmes. Pour éviter la redondance, nous n'étudierons pas l'année 2020 par la suite.

### 5.2.1 Analyse sur différents profils d'assurés

L'environnement économique joue un rôle primordial dans l'évaluation de la santé financière d'un assureur vie. Mais nous ne pouvons pas ignorer que la structure du passif joue un rôle tout aussi important. Pour cela, nous allons désormais considérer trois compagnies dont le profil moyen des assurés est bien différent.

- La compagnie C (cas « Central ») est celle que nous considérons depuis le début. L'âge moyen de ses assurés est de 58,6 ans, l'ancienneté moyenne des contrats est de 12,2 ans.
- La compagnie P (assurés « Passifs ») est une compagnie dont les assurés sont passifs. Ils sont âgés de 61,2 ans en moyenne, la plupart déjà en âge de la retraite. L'ancienneté moyenne est de 10,3 ans mais la plupart ne sont pas encore éligible à transférer leur contrat. L'objectif d'ouvrir une assurance vie pour ces assurés est de préparer leur retraite ou la transmission de leur capital.
- La compagnie A (assurés « Actifs ») est une compagnie dont les assurés sont plus dynamiques et plus sensibles au sens du rachat ou du transfert. Les assurés sont plus jeunes que ceux de la compagnie C avec un âge moyen de 55,8 ans. Ils ont un patrimoine plus important et détiennent un contrat d'assurance depuis 14,3 ans en moyenne. Ces assurés ont une bonne connaissance du marché et sont dans une logique de fructifier leur capital.

Nous nous intéressons aux ratios de solvabilité et à l'indicateur de rentabilité de ces trois compagnies d'assurance dans deux environnements de taux différents : celui de taux bas comme en 2021, et celui de taux moyen-haut comme en 2022.

		31/12/2021			31/12/2022		
		Compagnie P	Compagnie C	Compagnie A	Compagnie P	Compagnie C	Compagnie A
Ratio solvabilité	Av transf.	282%	252%	211%	148%	135%	129%
	Ap transf.	282%	252%	211%	145%	125%	100%
	Ecart	0,0000%	0,0002%	0,0000%	-3,8755%	-9,3956%	-29,2989%
Fonds propres	Av transf.	80 766 867	81 372 441	92 576 988	71 905 838	73 270 018	85 062 567
	Ap transf.	80 766 867	81 372 443	92 576 988	69 150 282	68 536 583	72 876 015
	Ecart	- 0	2	0	- 2 755 556	- 4 733 435	- 12 186 552
SCR	Av transf.	28 652 825	32 328 929	43 943 649	48 431 054	54 338 475	65 938 392
	Ap transf.	28 652 825	32 328 902	43 943 645	47 823 419	54 634 995	73 092 236
	Ecart	1	- 27	3	- 607 635	296 520	7 153 844
Ratio PVFP/BE	Av transf.	6,93%	7,66%	9,26%	8,09%	8,98%	10,95%
	Ap transf.	6,93%	7,66%	9,26%	7,63%	8,30%	9,34%
	Ecart	0,0000%	0,0000%	0,0000%	-0,4579%	-0,6793%	-1,6100%
PVFP	Av transf.	59 761 047	68 782 502	85 150 202	52 292 283	60 291 944	74 865 699
	Ap transf.	59 761 047	68 782 502	85 150 202	49 548 522	56 120 126	64 963 648
	Ecart	-	-	-	- 2 743 761	- 4 171 818	- 9 902 052
Best Estimate	Av transf.	862 299 713	898 223 101	919 360 705	646 482 498	671 725 501	683 874 723
	Ap transf.	862 299 713	898 223 101	919 360 705	649 315 816	676 442 418	695 741 382
	Ecart	-	-	-	2 833 317	4 716 917	11 866 659

TABLE 5.7 : Suivi des indicateurs de solvabilité et de rendements pour les compagnies P, C et A

Les observations pour chaque environnement rejoignent les analyses de la sous-section 5.1.2.

En terme de solvabilité, que ce soit en environnement de taux haut ou de taux bas, le ratio de solvabilité décroît lorsque les assurés d'une compagnie sont considérés comme réactifs. Cette baisse est expliquée par un accroissement du SCR plus fort que celle des FP. En effet, les jeunes assurés de la compagnie A sont plus sensibles aux mouvements de taux et aux rachats lorsque les opportunités leur permettent, à l'inverse des assurés de la compagnie P qui sont passifs. La compagnie A est donc plus exposée aux risques de souscription vie.

Dans une situation de transférabilité, les compagnies ne verront que très peu de variations sur le ratio en taux bas. Les explications sont données dans le paragraphe 5 de la sous-section 5.1.2. Cependant, lorsque les taux augmentent, la dégradation de la solvabilité de l'entreprise est d'autant plus importante lorsque leurs assurés sont jeunes et dynamiques. Par exemple, la baisse du ratio n'est que de 3,8% pour la compagnie P, alors que la compagnie A subit une baisse de 29,3%. Au-delà du fait que les assurés actifs sont plus sensibles au rachat, en fin 2022, la rentabilité d'un contrat est aussi plus élevée qu'en 2021. Il est donc d'autant plus sensible encore aux départs de contrats et aux transferts. Dans le cas de la compagnie A, elle frôle le seuil de ratio de solvabilité qui est fixé à 100%.

En termes de rentabilité, avant la mise en place de la transférabilité, un assureur enregistre des résultats plus intéressants s'il possède des assurés jeunes avec des contrats de maturités longues. En effet, en face des engagements vers ces assurés qui ont un patrimoine plus important et durable, l'assureur pourra mobiliser plus d'actifs dans des obligations de long terme, ce qui permettra de générer plus de revenus. Cette explication motive l'écart de la PVFP entre les compagnies P, C et A.

Ce même raisonnement ne peut être appliqué une fois la mise en oeuvre de la loi HUSSON-MONTGOLFIER. En effet, à partir du moment où les assurés sont libres de changer d'assureur, ils pourront alors chercher des rendements plus intéressants ailleurs. Le départ des clients actifs fait baisser la duration du passif. L'incident sur le taux de rendement est claire : le ratio de rentabilité de la compagnie A était nettement supérieur à celui de la compagnie P avant la loi (11,0% contre 8,1%), alors qu'il tend à se converger après (9,3% contre 7,6%). Cela représente une baisse de 1,6% du ratio pour la compagnie A alors qu'il n'est que de 0,5% pour la compagnie P. Cette différence d'impact de rendement s'explique de la même manière que pour l'impact sur la solvabilité. Autrement dit, la compagnie A souffre d'une part, de rachats-transferts plus important et donc d'une hausse de BE ; et d'autre part, d'un coût plus élevé suite au rachat d'un contrat et ainsi une baisse de PVFP.

En revanche, pour un contexte économique semblable à 2021, la transférabilité ne joue pas un rôle majeur par construction de notre loi en logique floue.

### 5.2.2 Analyse sur différents profils d'assureurs

Au-delà des caractéristiques des assurés, la robustesse de l'assureur joue également un rôle important. Nous nous intéressons ici à l'impact de la transférabilité chez les assureurs selon différents niveaux de PPB.

Un *benchmark* sur le niveau de PPB en pourcentage des encours des fonds en euros a été réalisé sur la base des dix plus grands assureurs vie français en 2022\*. En parallèle, l'ACPR réalise une étude qui présente des résultats agrégés (graphique 5.2). La PPB en pourcentage des provisions se situe dans l'intervalle de 1,0% à 8,5% depuis 2017. Il y a une tendance à la hausse au fil des années. En 2022, le niveau de PPB moyen est de 5,4% d'après l'ACPR.

---

\*Crédit Agricole, CNP, BNP Paribas, Crédit Mutuel, AXA, Société Générale, Aéma, Generali, BCPE et AG2R.

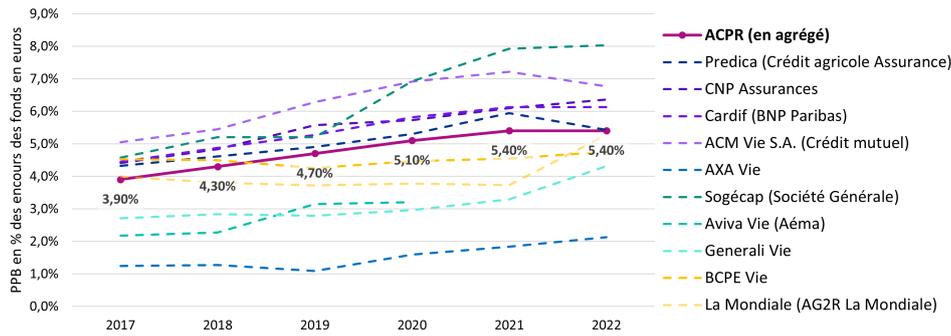


FIGURE 5.2 : Benchmark des niveaux de PPB (ACPR, 2023 ; GVfM, 2023)

Dans notre cas, la PPB en pourcentage des provisions est de 5,9% initialement. Nous cherchons à évaluer la capacité de l'assureur à résister au choc de la transférabilité selon plusieurs niveaux de PPB. Nous considérons pour cela la compagnie initiale C. Les résultats sont présentés dans le tableau 5.8.

		31/12/2021				
		PPB 0%	PPB 2%	PPB 4%	PPB 6%	PPB 8%
Ratio solvabilité	Av transf.	238%	243%	248%	252%	257%
	Ap transf.	238%	243%	248%	252%	257%
	Ecart	0,0001%	0,0002%	0,0003%	0,0002%	0,0001%
Fonds propres	Av transf.	73 916 647	76 351 257	78 906 103	81 576 539	84 367 090
	Ap transf.	73 916 648	76 351 258	78 906 105	81 576 541	84 367 092
	Ecart	1	2	2	1	1
SCR	Av transf.	31 022 650	31 423 468	31 869 544	32 372 126	32 889 995
	Ap transf.	31 022 635	31 423 442	31 869 510	32 372 101	32 889 977
	Ecart	15	26	35	24	19
Ratio PVFP/BE	Av transf.	7,41%	7,49%	7,58%	7,66%	7,75%
	Ap transf.	7,41%	7,49%	7,58%	7,66%	7,75%
	Ecart	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%
PVFP	Av transf.	62 827 551	64 782 098	66 819 989	68 943 277	71 155 487
	Ap transf.	62 827 551	64 782 098	66 819 989	68 943 277	71 155 487
	Ecart	-	-	-	-	-
Best Estimate	Av transf.	848 420 679	864 790 301	881 821 476	899 568 256	918 083 018
	Ap transf.	848 420 679	864 790 301	881 821 476	899 568 256	918 083 018
	Ecart	-	-	-	-	-
		31/12/2022				
		PPB 0%	PPB 2%	PPB 4%	PPB 6%	PPB 8%
Ratio solvabilité	Av transf.	109%	120%	129%	135%	140%
	Ap transf.	63%	83%	106%	126%	138%
	Ecart	-46,2396%	-37,6920%	-22,2899%	-9,3191%	-2,7190%
Fonds propres	Av transf.	67 426 951	68 966 908	70 977 558	73 463 316	76 213 040
	Ap transf.	58 957 710	62 867 240	65 891 985	68 732 293	71 661 459
	Ecart	- 8 469 241	- 6 099 669	- 5 085 572	- 4 731 023	- 4 551 581
SCR	Av transf.	61 599 644	57 334 592	55 204 109	54 376 788	54 295 021
	Ap transf.	93 257 404	76 113 667	61 996 698	54 644 244	52 060 882
	Ecart	31 657 760	18 779 075	6 792 589	267 456	- 2 234 139
Ratio PVFP/BE	Av transf.	8,85%	8,85%	8,89%	8,98%	9,11%
	Ap transf.	7,67%	8,08%	8,20%	8,31%	8,44%
	Ecart	-1,1831%	-0,7658%	-0,6838%	-0,6786%	-0,6654%
PVFP	Av transf.	56 057 784	57 187 993	58 623 431	60 438 268	62 488 619
	Ap transf.	49 067 462	52 639 216	54 497 181	56 264 979	58 318 344
	Ecart	- 6 990 322	- 4 548 776	- 4 126 250	- 4 173 289	- 4 170 275
Best Estimate	Av transf.	633 423 078	646 492 653	659 561 382	672 712 921	686 233 430
	Ap transf.	639 994 628	651 466 920	664 240 662	677 429 169	690 920 325
	Ecart	6 571 549	4 974 267	4 679 280	4 716 249	4 686 895

TABLE 5.8 : Suivi des indicateurs de solvabilité et de rendements selon les niveaux de PPB

En pratique, cette sensibilité est réalisée en augmentant (ou diminuant) le stock de PPB au passif par rapport à son niveau initial. Pour maintenir l'équilibre du bilan, le « surplus » (ou « déficit ») est investi (ou désinvesti) dans l'actif conformément à la stratégie d'investissement initialement définie, c'est-à-dire, en conservant la même proportion de montant investi dans chaque type d'actif. Dans ce cas, la VNC augmente (ou diminue) à hauteur de la variation de PPB.

Les résultats des tests montrent que le niveau de PPB joue sur la stabilité financière de l'assureur. Toute chose égale par ailleurs, en situation avant transférabilité, le ratio de solvabilité augmente avec le niveau de PPB. Cela s'explique d'une part, par l'amélioration des FP : en se rappelant de l'algorithme de PPB (figure 2.8), plus l'assureur détient de PPB, plus il pourra atteindre le taux cible facilement, et ainsi retenir ses assurés et améliorer ses FP. D'autre part, par un maintien, voire une diminution du SCR. En effet, plus le niveau de PPB est élevé alors le SCR marché est diminué via une meilleure capacité d'absorption des provisions techniques. Il en est de même pour le SCR vie qui diminue car il y aura moins de rachat de masse. Le ratio de solvabilité s'améliore davantage en environnement de taux haut : en passant de 0% à 8% de PPB, l'amélioration du ratio est de +19% en 2021, alors qu'elle est de +31% en 2022. En fait, alors qu'en 2021 il était facile d'atteindre le taux cible, en 2022 cela devient plus difficile. Pour cause, la hausse des taux favorise la concurrence, les attentes des assurés deviennent plus élevées et la cible aussi. Or, ne pas atteindre cette cible provoque le rachat. Posséder plus de stock de PPB permet justement d'atteindre cette cible, ainsi éviter le dénouement des contrats.

Avec l'introduction de la loi HUSSON-MONTGOLFIER, la variation du ratio de solvabilité en 2021 est faible, avec des impacts au niveau FP et SCR presque nuls. En revanche, en 2022, les résultats montrent que le choc transférabilité peut mener à une baisse du ratio allant de -3% quand le niveau de PPB est de 8% et jusqu'à -46% si ce dernier est de 0%. En fait, sans aucune action de l'assureur, la loi transférabilité provoque encore plus de rachats-transferts lorsque la cible n'est pas atteinte. La PPB permet d'atteindre cette cible (qui ne devrait pas varier suite à la mise en place de la loi), et ainsi retenir le départ massif des assurés. Une PPB importante permet donc de mieux contrôler les transferts en collant mieux aux attentes des assurés : les répercussions sur FP et SCR diminuent au fur et à mesure que le stock de PPB augmente. Nous remarquerons qu'une compagnie avec un montant de PPB faible dans un contexte économique de 2022 serait extrêmement vulnérable car elle sera face à des risques plus élevés, en l'occurrence, le SCR rachat (et transfert dans notre modélisation) va exploser. Cela a pour conséquence le ratio de solvabilité qui passe en dessous du seuil fixé par la réglementation.

Sur le plan rentabilité, indépendamment de la transférabilité, plus l'assureur détient de PPB alors plus son niveau de rendement est élevé. À mesure que le stock de PPB augmente, le ratio de rentabilité s'améliore. En passant d'un niveau de PPB de 0% par rapport aux provisions à un niveau de PPB de 8%, le ratio passe de 7,41% à 7,75% (soit +0,34%) en 2021, et de 8,85% à 9,11% (soit +0,26%) en 2022. Une des explications possibles serait que l'assureur dispose de 8 ans pour redistribuer la PPB aux assurés, cela signifie que pendant la durée de détention de la provision, il pourra gérer cet argent en investissant notamment dans des actifs rémunérateurs. Ainsi, plus l'assureur en possède, alors plus il pourra en tirer un maximum de bénéfices, ce qui justifie un montant de PVFP plus important et donc un taux de rendement plus intéressant également.

Les résultats des différents tests de sensibilité réalisés sur notre portefeuille montrent que les entreprises d'assurance seraient neutres à l'idée de la transférabilité en taux bas, quelque soit le niveau de PPB détenu. En effet, le ratio de rentabilité avant et après transférabilité demeure identique. Cependant, elles seraient plutôt en opposition en situation de taux haut, même pour celles qui détiennent le plus de stock de PPB. Nous remarquerons que les chocs sur le rendement deviennent moins conséquents à mesure que la PPB augmente. Une justification possible est qu'en environnement fortement concurrentiel, une base solide de PPB met de la confiance aux assurés et permet à l'assureur de servir des taux plus attractifs grâce au relâchement de la PPB. Ainsi, ils sont convaincus à rester dans le portefeuille, limitant alors la hausse du BE.

## 5.3 Limites de la modélisation de la transférabilité

### 5.3.1 Limites du modèle de logique floue utilisé

En absence de données observables, la logique floue est un choix possible pour modéliser des lois rachats-transferts et pour analyser l'impact de la proposition de loi HUSSON-MONTGOLFIER si elle avait été mise en place. Cependant, ce modèle de logique floue a des limites.

D'abord, il s'agit d'un modèle qui est très fortement dépendant des variables que nous lui fournissons. Plus les variables sont capables de bien expliquer les comportements de rachats-transferts des assurés, plus le modèle sera performant. De même, plus il y a des variables et des ensembles flous qui sont prises en compte, plus le modèle sera précis. Dans notre modélisation, nous avons considéré 5 variables d'entrée, à savoir l'écart de rendements, le taux OAT 10 ans, l'ancienneté des contrats, l'âge des assurés et leur niveau de patrimoine.

En contrepartie d'un modèle plus précis et plus performant, le temps nécessaire pour obtenir les résultats du modèle flou augmente avec le nombre de variables et d'ensembles flous considérés.

Ensuite, nous pouvons ajouter que le modèle de logique floue est un modèle très dépendant des hypothèses. Il est dépendant de la définition de l'univers de discours, des fonctions d'appartenance que nous associons à chacun des ensembles flous, des méthodes d'implication et de défuzzification. Nous avons vu dans la section 4.3.2 que le choix de la méthode d'implication n'influence que très peu le résultat final, tandis que celui de la méthode de défuzzification joue beaucoup.

Enfin, c'est un modèle qui nécessite une étape de calibration de la matrice de décision. Une mauvaise manipulation de cette matrice pourrait changer les conclusions de nos analyses. Contrairement aux modèles de *Machine Learning* classiques où le calibrage se base essentiellement sur des données historiques, ici il requiert de l'interprétation humaine. Le calibrage de la matrice de décision requiert une bonne connaissance de la littérature empirique sur les rachats, ainsi que des avis des experts du domaine.

Ajoutons le fait que le modèle est extrêmement sensible à la composition du passif comme le type de support, les garanties souscrites, les caractéristiques des assureurs. Par exemple, en fonction de l'ancienneté de l'assuré, cela implique directement sur laquelle des lois de rachats-transferts nous allons utiliser. Par conséquent, le passif joue un rôle important dans l'analyse. De même, la composition de l'actif permettrait de déterminer directement la capacité de l'assureur à résister aux chocs de solvabilité. Par exemple, si le portefeuille est majoritairement obligataire, comme ça l'est dans notre cas, alors il sera très fortement sensible aux variations de taux.

### 5.3.2 Limites du modèle appliqué à la transférabilité

Il existe certainement d'autre façon d'appréhender l'impact de la transférabilité en assurance vie. Dans notre démarche de modélisation ALM, nous avons fait un certain nombre de choix de simplification. Par exemple, nous avons établi des regroupements par ensembles homogènes de contrats en *model points*. Nous aurions également pu prendre en compte les éventuelles pénalités plus sévères en cas transfert de contrat dans le cadre HUSSON-MONTGOLFIER. Ce sont des sujets que nous n'avons pas traité dans ce mémoire en raison d'absence de visibilité. Par exemple, quel type de pénalités les assureurs pourront mettre en place pour dissuader les transferts ? De plus, nous n'avons pas anticipé les effets des *management actions*, qui pourront faire l'objet des travaux postérieurs.

Dans la démarche de prise en compte de la transférabilité expliquée dans la section 3.3, nous avons en quelque sorte remodelisé la loi de rachats conjoncturels en utilisant la logique floue. Cette dernière a ensuite été choquée pour obtenir une nouvelle en anticipant les comportements des assurés suite à la transférabilité (schéma 5.3\*).

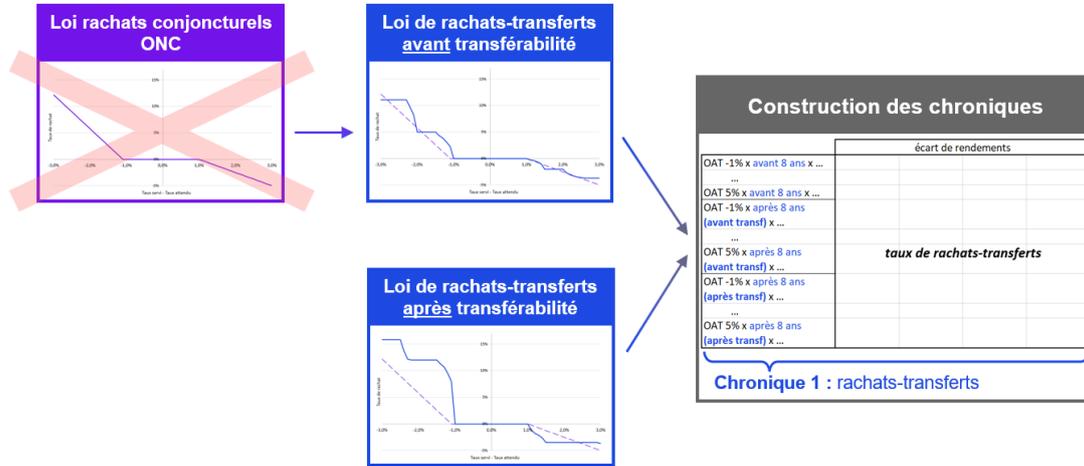


FIGURE 5.3 : Approche 1 de la prise en compte du transfert dans le modèle ALM

Il existe en réalité une autre façon d’exploiter les résultats du modèle logique floue. Elle consiste en la construction d’une nouvelle loi de transferts, inspirée de la loi de rachats conjoncturels, et obtenue en faisant la différence entre les lois de rachats conjoncturels avec et sans transferts modélisées en logique floue (schéma 5.4).

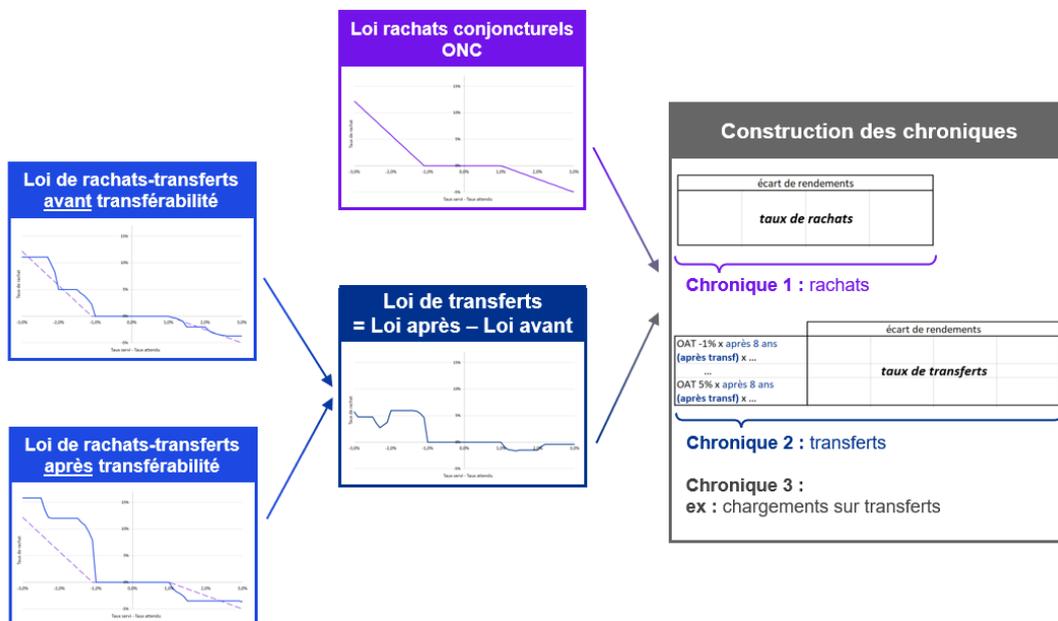


FIGURE 5.4 : Approche 2 de la prise en compte du transfert dans le modèle ALM

\*Dans ce schéma d’illustration, la loi de rachats-transferts modélisée par la logique floue est celle d’une personne de 63 ans ayant un patrimoine élevé avec un contrat souscrit depuis au moins 8 ans dans un environnement où le taux OAT 10 ans est de 3%.

L'avantage de la première méthode est de pouvoir ajuster la loi de rachats conjoncturels actuelle avec une vision plus fine par profil d'assurés, sur la base des variables retenues pour le calibrage du modèle logique floue. De plus, elle permet une meilleure compréhension des comportements de rachats des assurés que cela soit avant ou après l'introduction de la transférabilité. Son inconvénient est de ne pas pouvoir ajuster les frais et commissions liés aux transferts uniquement (et pas aux rachats totaux dans le cadre classique). Notons que la modélisation actuelle des frais liés à un transfert est calquée sur les mêmes que pour les rachats totaux.

La deuxième méthode est de considérer une autre loi de transferts distincte de la loi de rachats conjoncturels. Il s'agit d'un « sur-rachat » lié au transfert et qui est additionné au rachat conjoncturel de base (modélisé suivant les recommandations de l'ONC). L'avantage de cette méthode est de pouvoir lui associer des frais et commissions qui ne s'appliquent qu'en cas des transferts HUSSON-MONTGOLFIER. L'assureur pourra effectuer des analyses de sensibilités pour différents niveaux de frais. Toute chose égale par ailleurs, en augmentant les frais de sorties, le BE diminue et le résultat de l'assureur devrait s'améliorer. Cependant, si le calibrage de la loi de rachats ONC n'est pas effectué correctement, nous risquons de sur-estimer ou sous-estimer le risque de rachats-transferts.

Cette seconde approche n'a pas été retenue dans le mémoire pour deux raisons :

- Nous ne connaissons pas encore les règles du jeu de la loi de transférabilité. Les assureurs pourraient appliquer des taux de frais de sortie plus élevés pour les transferts HUSSON-MONTGOLFIER, mais quel sera l'ordre de grandeur ?
- Si nous devons intégrer ces frais de sortie dans le modèle ALM, il serait plus intéressant d'intégrer directement cette variable dans la modélisation du taux de transferts par la logique floue. Les réactions des assurés en fonction du niveau de pénalité de sortie pourraient ainsi être prises en compte. Or, n'avons pas encore de recul pour cela. En plus, l'ajout d'une variable complexifierait le modèle de logique floue.

Une autre limite de notre modèle réside dans le fait que nous n'avons considéré le cas des entreprises confrontées aux premiers mouvements de transferts HUSSON-MONTGOLFIER. Or, nous avons souligné dans le premier chapitre à la section 1.3.3 la vulnérabilité d'un assureur s'il faisait face à des assurés ayant déjà eu des expériences de transferts. La modélisation actuelle ne permet pas d'intégrer cette information.

En outre, nous n'avons pas inclus les revenus provenant des affaires nouvelles, qui pourraient résulter des transferts venant d'autres assureurs et contribuer à améliorer les résultats de notre assureur. Il serait intéressant dans les travaux futurs de construire un réseau d'assureurs de profils distincts, puis d'étudier les flux d'assurés au sein de ce réseau. Il serait ensuite pertinent de construire des mesures d'attractivité après la mise en place de la transférabilité, tout en observant comment la réaction des assureurs face à la concurrence pourrait faire basculer d'une situation à une autre grâce à des *management actions*.

Actuellement, la concurrence est modélisée de manière exogène en tenant compte de paramètres tels que le niveau de rendement des actifs moyen, la maturité des obligations en moyenne, les taux servis moyens, etc. La limite du modèle suppose aussi que les organismes sont exposés de la même manière à la courbe des taux. En introduisant plusieurs assureurs dans notre modèle, la concurrence pourrait alors être modélisée en endogène. À long terme, nous pourrions même se pencher et se questionner sur l'équilibre entre ces différents assureurs en utilisant des concepts tels que la théorie des jeux.



# Conclusion

La proposition de loi HUSSON-MONTGOLFIER, loi visant à renforcer la protection des épargnants, a franchi une étape importante en janvier 2023 avec son adoption en 1<sup>re</sup> lecture au Sénat. Les rapporteurs ont mis l'accent sur la possibilité d'un transfert inter-compagnies pour les assurés ayant des contrats d'assurance vie de plus de 8 ans.

Ce mémoire a été élaboré dans le but de mesurer l'impact sur la solvabilité et la rentabilité des assureurs de la mise en place de cette loi. Nous avons choisi d'utiliser la théorie de la logique floue, une approche permettant d'imiter le raisonnement humain et de quantifier les décisions finales. Dans notre cas, la logique floue est appliquée à la modélisation des comportements de transferts des assurés afin de construire une loi de rachats-transferts qui sera prise en compte dans le modèle de gestion actif-passif.

Nos analyses, axées sur un portefeuille simplifié d'un assureur vie français, ont abouti à plusieurs conclusions préliminaires quant aux effets potentiels de la transférabilité.

- Tout d'abord, l'étude des sensibilités vis-à-vis de l'environnement économique a révélé que l'impact de la transférabilité dépend fortement du contexte économique. Nous observons une diminution du ratio de solvabilité, pouvant atteindre jusqu'à -9,4% dans des périodes caractérisées par des taux d'intérêt moyens à élevés, comme à la fin de l'année 2022. En revanche, cette influence s'est avérée nulle voire positive pendant les périodes de taux bas, telles qu'en 2020 ou en 2021. De manière similaire, l'effet sur le rendement de l'assureur va dans le même sens : l'introduction de la transférabilité dans un contexte de taux élevés entraîne une perte de bénéfices plus importante.
- De plus, le profil des assurés est identifié comme un élément clé, qui agit comme un facteur amplificateur de l'impact de la transférabilité. Cette influence se manifeste par une diminution significative du ratio de solvabilité de -29,3% chez les assureurs dont les assurés sont jeunes, riches et informés.
- Enfin, nos résultats ont souligné l'importance cruciale de la Provision pour Participation aux Bénéfices dans la gestion de la santé financière des assureurs. Plus précisément, une réserve solide de cette provision confère à l'assureur une meilleure capacité à faire face au choc de la transférabilité et à ajuster sa stratégie d'investissement en conséquence.

La transférabilité engendre des répercussions substantielles sur le bilan des assureurs, variant en fonction du contexte économique et des caractéristiques de leurs passifs. Face à d'éventuels risques liés à d'importants transferts de contrats, les assureurs ont la possibilité de mettre en oeuvre des *management actions* telles que des ajustements sur les politiques de taux servis ou sur les taux de frais de rachats-transferts, voire de recourir à la réassurance. Dans des situations plus critiques, les autorités prudentielles, telles que l'ACPR ou le HCSF, pourraient intervenir pour garantir la stabilité du marché.

En résumé, l'utilisation de la logique floue pour modéliser l'impact de la transférabilité a été une décision pragmatique et réfléchie. Néanmoins, cette étude présente des limites, notamment dans le choix des variables, la définition des fonctions d'appartenance et le calibrage de la matrice de décision. Ces aspects méritent d'être approfondis dans des recherches futures. De plus, la simplification du portefeuille étudié, bien que nécessaire pour des raisons opérationnelles, représente une autre limite. La réalité des portefeuilles des assureurs peut être bien plus complexe, avec une variété de produits et de profils d'assurés, ce qui souligne la nécessité d'une prudence dans la généralisation des résultats.

Le jour où nous disposerons de données réelles sur la transférabilité, les actuaires auront la possibilité de construire des modèles de transfert autrement et de confronter leur vision rétrospective avec les conclusions prospectives de notre étude. Cet échange entre données empiriques et modèles théoriques promet d'enrichir notre compréhension et de guider de manière plus éclairée les décisions futures dans ce domaine en constante évolution.

# Bibliographie

- ACPR (2023). Le marché de l'assurance-vie en 2022. Rapport du marché. URL : [https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/medias/documents/20230320\\_as146\\_av\\_2022\\_vf.pdf](https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/medias/documents/20230320_as146_av_2022_vf.pdf).
- ACPR et BANQUE DE FRANCE (3 mars 2016). Éclairages de l'enquête : Patrimoine sur les comportements de rachat en assurance-vie. URL : [https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/medias/documents/201603\\_as59-patrimoine-et-rachat.pdf](https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/medias/documents/201603_as59-patrimoine-et-rachat.pdf).
- ACPR et BANQUE DE FRANCE (2022). La situation des assureurs soumis à Solvabilité II en France au premier semestre 2022. Rapport du marché. URL : [https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/medias/documents/20221125\\_as\\_143\\_assureurs\\_s2.pdf](https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/medias/documents/20221125_as_143_assureurs_s2.pdf).
- ACPR et BANQUE DE FRANCE (2023). Revalorisation 2022 des contrats d'assurance-vie et de capitalisation engagements à dominante épargne et retraite individuelle. Rapport du marché. URL : [https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/medias/documents/as\\_revalorisation\\_2022\\_contrats\\_individuels.pdf](https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/medias/documents/as_revalorisation_2022_contrats_individuels.pdf).
- ADESU, A. M. (2016). Modélisation des rachats conjoncturels par logique floue : Application à un portefeuille d'épargne d'AXA France. Mémoire d'actuariat. ENSAE.
- ALIBERT, S. (2017). Calcul du Capital Economique en ORSA, le Least Square Monte Carlo en assurance vie. Mémoire d'actuariat. ISUP.
- ASSEMBLÉE NATIONALE (2019). Plan d'Action pour la Croissance et la Transformation des Entreprises. Texte de loi. Projet de loi. URL : [https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/textes/l15t0258\\_texte-adopte-seance](https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/textes/l15t0258_texte-adopte-seance).
- AUTORITÉ DE CONTRÔLE PRUDENTIEL (2011). Analyses et Synthèses : Solvabilité 2. Rapport n°1. URL : [https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/201103-acp-solvabilite-2-enseignements-de-qis5\\_0.pdf](https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/201103-acp-solvabilite-2-enseignements-de-qis5_0.pdf).
- AUTORITÉ DE CONTRÔLE PRUDENTIEL (27 mai 2013). Orientations Nationales Complémentaires aux Spécifications Techniques pour l'exercice 2013 de préparation à Solvabilité II. URL : [https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/20130527-onc-2013\\_0.pdf](https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/20130527-onc-2013_0.pdf).
- BAIZ, A., RICHARD, B. et NABOULET, A. (2022). Comité de suivi et d'évaluation de la loi PACTE. Rapport d'impact. URL : [https://medias.vie-publique.fr/data\\_storage\\_s3/rapport/pdf/286520.pdf](https://medias.vie-publique.fr/data_storage_s3/rapport/pdf/286520.pdf).
- BANCA D'ITALIA (2023). Financial Stability Report. Rapport financier. URL : [https://www.bancaditalia.it/pubblicazioni/rapporto-stabilita/2023-1/en\\_FSR\\_1\\_2023.pdf?language\\_id=1](https://www.bancaditalia.it/pubblicazioni/rapporto-stabilita/2023-1/en_FSR_1_2023.pdf?language_id=1).
- BANQUE DE FRANCE (2023a). Présentation trimestrielle de l'épargne des ménages. URL : <https://www.banque-france.fr/statistiques/parution-reference-name/epargne-des-menages>.
- BANQUE DE FRANCE (1<sup>er</sup> août 2023b). Taux indicatifs des bons du Trésor et OAT. URL : <https://www.banque-france.fr/statistiques/taux-indicatifs-des-bons-du-tresor-et-oat-01-aout-2023>.
- BARUCCI, E., MARAZZINA, D. et RROJI, E. (2020). The determinants of lapse rates in the Italian life insurance market. *European Actuarial Journal* 10.1, p. 149-178.
- BFM (23 juin 2023). Accord sur un plan de sauvetage pour l'assureur Italien en difficulté Eurovita. Article de presse. URL : [https://www.bfmtv.com/economie/entreprises/accord-sur-un-plan-de-sauvetage-pour-l-assureur-italien-en-difficulte-eurovita\\_AD-202306300797.html](https://www.bfmtv.com/economie/entreprises/accord-sur-un-plan-de-sauvetage-pour-l-assureur-italien-en-difficulte-eurovita_AD-202306300797.html).

- BLONDELET, J. et CASTAGNA, M. (1<sup>er</sup> fév. 2023). Le gouvernement se prononce contre la transférabilité de l'assurance vie. URL : <https://www.agefi.fr/patrimoine/assurance-vie/le-gouvernement-se-prononce-contre-la-transferabilite-inter-compagnies-de-lassurance-vie>.
- BRIGO, D. et MERCURIO, F. (2006). *Interest rate Models - Theory and Practice*. With Smile, Inflation and Credit. 2<sup>e</sup> éd. Springer.
- BRU, A. (2022). Modélisation de la courbe des taux et valorisation des passifs sous IFRS 17. Mémoire d'actuariat. Université Paris Dauphine.
- BRUGIRARD, X. (2012). Les rachats dynamiques : comportement des assurés en période de crise, nouvelle modélisation et impact financier pour l'assureur. Mémoire d'actuariat. ISUP.
- CNP (2023). Quels sont les différents types de contrats d'assurance vie ? Page internet. URL : <https://www.cnp.fr/particuliers/questions-reponses/quels-sont-les-differents-types-de-contrats-d-assurance-vie>.
- Code des Assurances (2023). Texte législatif. URL : [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/texte\\_lc/LEGITEXT000006073984](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/texte_lc/LEGITEXT000006073984).
- COMMISSION DES FINANCES (2023). Proposition de loi tendant à renforcer la protection des épargnants. Rapport. Projet de loi. URL : [https://www.senat.fr/rap/122-272/122-272\\_mono.html#toc31](https://www.senat.fr/rap/122-272/122-272_mono.html#toc31).
- CONSEIL CONSTITUTIONNEL (2016). Loi n°2016-1691 du 9 décembre 2016 relative à la transparence, à la lutte contre la corruption et à la modernisation de la vie économique. Article de loi. URL : [https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/article\\_jo/JORFARTI000033558565](https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/article_jo/JORFARTI000033558565).
- CORRIC, J. (2023). Quel est le placement préféré des Français ? URL : <https://www.agefi.fr/news/banque-assurance/quel-est-le-placement-preferre-des-francais>.
- DERNONCOURT, F. (2013). Tutoriel : Introduction à la logique floue. URL : <https://franck-dernoncourt.developpez.com/tutoriels/algo/introduction-logique-floue/#L4>.
- DETROUILLEAU, S. et MOURET, S. (2013). Modèle ALM : Apport de la Logique Floue dans la modélisation des comportements. Mémoire d'actuariat. ENSAE.
- EIOPA (2023a). Consultation Paper on the Opinion on the 2020 review of Solvency II. Rapport. URL : [https://www.eiopa.europa.eu/consultations/consultation-paper-opinion-2020-review-solvency-ii\\_en](https://www.eiopa.europa.eu/consultations/consultation-paper-opinion-2020-review-solvency-ii_en).
- EIOPA (2023b). Risk-free interest rate term structures. Page internet. URL : [https://www.eiopa.europa.eu/tools-and-data/risk-free-interest-rate-term-structures\\_en#risk-free-rates-previous-releases-and-preparatory-phase](https://www.eiopa.europa.eu/tools-and-data/risk-free-interest-rate-term-structures_en#risk-free-rates-previous-releases-and-preparatory-phase).
- ELING, M. et KIESENBAUER, D. (2014). What Policy Features Determine Life Insurance Lapse? An Analysis of the German Market. *The Journal of Risk and Insurance* 81.2, p. 241-269.
- ETIENNE, P.-A. (2020). Comptabilisation de la PPB dans les Fonds Propres économiques. URL : <https://www.pericles-actuarial-blog.com/post/comptabilisation-de-la-ppb-dans-les-fonds-propres-economiques>.
- EUROVITA (2021). Annual financial statements 2021. Rapport financier. URL : [https://www.eurovita.it/wp-content/uploads/2022/06/Eurovita-SpA\\_Bilancio-2021-EN.pdf](https://www.eurovita.it/wp-content/uploads/2022/06/Eurovita-SpA_Bilancio-2021-EN.pdf).
- FAUVEL, S. et PÉVÉDIC, M. L. (2007). Analyse des rachats d'un portefeuille vie individuelle : Approche théorique et Application pratique. Mémoire d'actuariat. ENSAE.
- FFSA et GEMA (17 déc. 2013). Les rachats de contrats d'assurance-vie après 60 ans en 2012. URL : <https://www.cor-retraites.fr/sites/default/files/2019-06/doc-2132.pdf>.
- FRANCE ASSUREURS (2022a). L'assurance vie, une solution d'épargne et de financement de l'économie productive. Article. URL : <https://www.franceassureurs.fr/nos-positions/lassurance-qui-finance-assurance-vie-solution-epargne-financement-economie-productive/#:~:text=L%27assurance%20vie%20joue%20%C3%A9galement,et%20de%20l%27action%20publique..>
- FRANCE ASSUREURS (2022b). Performance des supports en unités de compte (brute). Page web. URL : <https://www.assurancevie.com/simulateurs-et-outils/les-unites-de-compte/les-performances-des-unites-de-compte.html>.

- FRANCE ASSUREURS (2022c). Performance des supports en unités de compte (nette). Article. URL : <https://www.moneyvox.fr/assurance-vie/actualites/90365/combien-ont-rapporte-les-unites-de-compte-sur-10-ans>.
- FRANCE ASSUREURS (2023). Après une année 2021 de rattrapage, l'assurance vie a retrouvé en 2022 son niveau d'avant la crise sanitaire avec 144,4 milliards d'euros de cotisations. Article. Communiqué de presse. URL : [https://www.franceassureurs.fr/wp-content/uploads/20221201-france\\_assureurs\\_cp-vie\\_decembre.pdf](https://www.franceassureurs.fr/wp-content/uploads/20221201-france_assureurs_cp-vie_decembre.pdf).
- FUENTES, E. (4 avr. 2023). Assurance vie : Eurovita au bord de la faillite, les épargnants doivent-ils s'affoler ?
- GOOD VALUE FOR MONEY (2023). Provision pour Participation aux Bénéfices (PPB) et autres réserves. URL : <https://www.goodvalueformoney.eu/>.
- GOVERNEMENT (2019). Plan d'Action pour la Croissance et la Transformation des Entreprises. Rapport technique. URL : <https://www.gouvernement.fr/action/pacte-le-plan-d-action-pour-la-croissance-et-la-transformation-des-entreprises>.
- HUSSON, J.-F. et MONTGOLFIER, A. D. (2023). Proposition de loi n°586 tendant à renforcer la protection des épargnants. Projet de loi. URL : [https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/16/textes/l16b0812\\_proposition-loi](https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/16/textes/l16b0812_proposition-loi).
- INSTITUT DES ACTUAIRES (8 juin 2023). Groupe de travail « *Best Estimate Liabilities Vie* ». URL : [https://www.institutdesactuares.com/global/gene/link.php?doc\\_id=18078&fg=1](https://www.institutdesactuares.com/global/gene/link.php?doc_id=18078&fg=1).
- INSTITUT NATIONALE DE LA CONSOMMATION (27 juill. 2016). Le contrat d'assurance vie : les fondamentaux. Page web. URL : <https://www.inc-conso.fr/content/assurance/le-contrat-dassurance-vie-les-fondamentaux>.
- JAMAL, S. (2016). Construction du taux de rachat structurel en Espagne : approximation non linéaire et agrégation de modèles. Mémoire d'actuariat. ISFA.
- JEMLI, H. (2019). Étude du risque de rachat de produits d'épargne italiens par des données agrégées et individuelles. Mémoire d'actuariat. Université Paris Dauphine.
- JOSHI, M. S. et REBONATO, R. (2003). A displaced-diffusion stochastic volatility LIBOR market model : motivation, definition and implementation. *Quantitative Finance* 3, p. 458-469.
- LAGHRAID, A. (2019). Modèle de diffusion des taux sans risque à long terme dans une optique assurance et gestion ALM. Mémoire d'actuariat. Le Cnam.
- LEVY, A. (2017). Solvabilité II : Exigences quantitatives et impacts comptables sur une société d'assurance mutuelle non-vie. Mémoire d'actuariat. Université Paris Dauphine.
- LOISEL, S., PIETTE, P. et TSAI, J. (2019). Applying economic measures to lapse risk management with machine learning approaches. working paper or preprint. URL : <https://hal.science/hal-02150983>.
- MANAI, I. (2018). Modélisation du risque comportemental dans l'étude de la dérive de l'âge de départ à la retraite. Mémoire d'actuariat. ISFA.
- MEILLEURTAUX (2022). Fiscalité assurance vie. Rapport technique. URL : <https://placement.meilleurtaux.com/assurance-vie/fiscalite-assurance-vie/>.
- MEYER, B. D. (31 jan. 2023). Les assureurs appellent à la prudence sur la transférabilité des contrats d'assurance vie. URL : <https://www.agefi.fr/news/banque-assurance/les-assureurs-appellent-a-la-prudence-sur-la-transferabilite-des-contrats-dassurance-vie>.
- MEYER, D. et HORNIK, K. (2023). sets: Sets, Generalized Sets, Customizable Sets and Intervals. R package version 1.0-24. URL : <https://CRAN.R-project.org/package=sets>.
- MILHAUD, X. (2011). Segmentation et modélisation des comportements de rachat en Assurance Vie. Mémoire d'actuariat. ISFA.
- OBSERVATOIRE DES INÉGALITÉS (28 juill. 2022). À partir de quel niveau de patrimoine est-on fortuné ? Page web. URL : <https://www.inegalites.fr/A-partir-de-quel-niveau-de-patrimoine-est-on-fortune>.
- PARLEMENT EUROPÉEN ET CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE (2009). Règlement délégué (UE) 2015/35 de la Commission en complément de la directive 2009/138/CE (Solvabilité II). Texte

- règlementaire. URL : <https://esurfi-assurance.banque-france.fr/current/page-tableau-filtre/textes-reglementaires>.
- PARLEMENT EUROPÉEN ET CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE (2014). Règlement délégué (UE) 2015/35 de la Commission du 10 octobre 2014 complétant la directive 2009/138/CE du Parlement européen et du Conseil sur l'accès aux activités de l'assurance et de la réassurance et leur exercice (solvabilité II). URL : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R0035&from=FR>.
- PÉRICLÈS (2016). Quelques rappels concernant la MCEV. URL : [https://www.pericles-group.com/wp-content/uploads/2016/11/ceipa110\\_modelmcev\\_enbrefquelquesrappelsconcernantlamcev.pdf](https://www.pericles-group.com/wp-content/uploads/2016/11/ceipa110_modelmcev_enbrefquelquesrappelsconcernantlamcev.pdf).
- R CORE TEAM (2021). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. URL : <https://www.R-project.org/>.
- ROZES, S. (2021). Construction d'une loi de rachat dynamique. Mémoire d'actuariat. CNAM.
- SABOURIN, E. (2022). Intégration du spread de crédit stochastique dans la modélisation ALM d'un assureur Vie. Mémoire d'actuariat. ISUP.
- SURU, A. (2011). Le rachat : modélisations et préconisations. Mémoire d'actuariat. Université Paris Dauphine.
- TACHDJIAN, K. (3 juill. 2023). Assurance-vie : ces nouveaux fonds en euros qui rapportent près de 4%. *Les Echos*.
- TAIEB, O. H. et NIEBEL, C. (2010). Rachats totaux dans le cadre de contrats d'épargne d'un portefeuille Haut de Gamme. Mémoire d'actuariat. CEA.
- TOULLET, A. (2017). Modélisation et couverture du risque de rachat total en Epargne Individuelle. Mémoire d'actuariat. ENSAE.
- ZADEH, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control* 8.3, p. 338-353.
- ZADEH, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning-III. *Information Sciences* 9.1, p. 43-80.

## Annexe A

# Matrices d'agrégation pour le calcul du SCR

	MARCHÉ	DÉFAUT	VIE	SANTÉ	NON VIE
MARCHÉ	1	0,25	0,25	0,25	0,25
DÉFAUT	0,25	1	0,25	0,25	0,5
VIE	0,25	0,25	1	0,25	0
SANTÉ	0,25	0,25	0,25	1	0
NON VIE	0,25	0,5	0	0	1

TABLE A.1 : Matrice de corrélation pour le calcul du BSCR

	INTÉRÊT	ACTION	IMMO.	SPREAD	CHANGE	CONCTR.
TAUX D'INTÉRÊT	1	0	0	0	0,25	0
ACTION	0	1	0,75	0,75	0,25	0
IMMOBILIER	0	0,75	1	0,5	0,25	0
SPREAD	0	0,75	0,5	1	0,25	0
CHANGE	0,25	0,25	0,25	0,25	1	0
CONCENTRATION	0	0	0	0	1	0

TABLE A.2 : Matrice de corrélation le calcul du SCR de marché avec choc de taux à la hausse

	INTÉRÊT	ACTION	IMMO.	SPREAD	CHANGE	CONCTR.
TAUX D'INTÉRÊT	1	0,5	0,5	0,5	0,25	0
ACTION	0,5	1	0,75	0,75	0,25	0
IMMOBILIER	0,5	0,75	1	0,5	0,25	0
SPREAD	0,5	0,75	0,5	1	0,25	0
CHANGE	0,25	0,25	0,25	0,25	1	0
CONCENTRATION	0	0	0	0	1	0

TABLE A.3 : Matrice de corrélation le calcul du SCR de marché avec choc de taux à la baisse

	MORTA.	LONGÉ.	INVAL.	RACHAT	DÉPENSE	RÉVISION	CAT
MORTALITÉ	1	-0,25	0,25	0	0,25	0	0,25
LONGÉVITÉ	-0,25	1	0	0,25	0,25	0,25	0
INVALIDITÉ	0,25	0	1	0	0,5	0	0,25
RACHAT	0	0,25	0	1	0,5	0	0,25
DÉPENSE	0,25	0,25	0,5	0,5	1	0,5	0,25
RÉVISION	0	0,25	0	0	0,5	1	0
CAT	0,25	0	0,25	0,25	0,25	0	1

TABLE A.4 : Matrice de corrélation le calcul du SCR de souscription vie

Etant donné que les seuls modules impactés sont les modules de marché et de souscription vie, les autres matrices de corrélations ne sont pas incluses dans cette annexe.

## Annexe B

# Coefficients appliqués sur les chocs de taux

Les coefficients utilisés avec la méthode standard.

MATURITÉ	$s_m^{hausse}$	$s_m^{baisse}$
1	70%	75%
2	70%	65%
3	64%	56%
4	59%	50%
5	55%	46%
6	52%	42%
7	49%	39%
8	47%	36%
9	44%	33%
10	42%	31%
11	39%	30%
12	37%	29%
13	35%	28%
14	34%	28%
15	33%	27%
16	31%	28%
17	30%	28%
18	29%	28%
19	27%	29%
20	26%	29%
90	20%	20%

Les coefficients manquants pour certaines maturités sont complétés de la manière suivante :

- Pour les maturités inférieures à 1 an, l'augmentation est de 70% et la diminution est de 75% ;
- Pour les maturités entre 20 ans et 90 ans, les valeurs sont interpolées linéairement ;
- Pour les maturités supérieures à 90 ans, les valeurs sont à 20%.

TABLE B.1 : Coefficients pour le risque de taux

Les coefficients utilisés avec la méthode *shifted*.

MATURITÉ	$s_m^{hausse}$	$b_m^{hausse}$	$s_m^{baisse}$	$b_m^{baisse}$
1	61%	2,14%	58%	1,16%
2	53%	1,86%	51%	0,99%
3	49%	1,72%	44%	0,83%
4	46%	1,61%	40%	0,74%
5	45%	1,58%	40%	0,71%
6	41%	1,44%	38%	0,67%
7	37%	1,30%	37%	0,63%
8	34%	1,19%	38%	0,62%
9	32%	1,12%	39%	0,61%
10	30%	1,05%	40%	0,61%
11	30%	1,05%	41%	0,60%
12	30%	1,02%	42%	0,60%
13	30%	1,05%	43%	0,59%
14	29%	1,02%	44%	0,58%
15	28%	0,98%	45%	0,57%
16	28%	0,98%	47%	0,56%
17	27%	0,95%	48%	0,55%
18	26%	0,91%	49%	0,54%
19	26%	0,91%	49%	0,52%
20	25%	0,88%	50%	0,50%
60	22%	0%	33%	0%
90	20%	0%	20%	0%

TABLE B.2 : Coefficients pour le risque de taux

Les coefficients manquants pour certaines maturités sont complétés de la manière suivante :

- Pour les maturités inférieures à 1 an, les valeurs  $s_m^{hausse}$ ,  $s_m^{down}$ ,  $b_m^{hausse}$  et  $s_m^{baisse}$  sont identiques à ceux de maturité 1 an ;
- Pour les maturités entre 20 ans et 60 ans, les valeurs  $s_m^{hausse}$ ,  $s_m^{down}$ ,  $b_m^{hausse}$  et  $s_m^{baisse}$  sont interpolées linéairement ;
- Pour les maturités entre 60 ans et 90 ans, les valeurs  $s_m^{hausse}$ ,  $s_m^{down}$  sont interpolées linéairement également ;
- Pour les maturités supérieures à 60 ans, les valeurs  $b_m^{hausse}$  et  $b_m^{baisse}$  sont fixées à 0% ;
- Pour les maturités supérieures à 60 ans, les valeurs  $s_m^{hausse}$  et  $s_m^{baisse}$  sont fixées à 20%.

## Annexe C

# Argumentation détaillée du calibrage de la matrice de décision de la loi de rachats-transferts

Cette annexe tient compte des principes généraux établis à la section 4.2.1. Son objectif est de détailler étape par étape la construction des matrices de décision dans le modèle logique flou.

### **Ancienneté du contrat inférieure à 8 ans**

Étant donné que les avantages fiscaux ne s'appliquent réellement qu'après une ancienneté de 8 ans, les taux de rachats demeurent relativement faibles pour les contrats dont la maturité est inférieure à 8 ans. Si des rachats sont constatés, ils sont considérés uniquement comme « positif » ou « négatif ».

- Environnement taux bas

Il est important de noter qu'en environnement de taux bas, il est rare de constater des cas où l'écart de rendements est « fortement négatif/positif ». L'inertie du marché fait que les assureurs ont du mal à proposer des rendements significativement plus élevés que leurs concurrents. Cette situation découle du fait que le rendement des produits d'assurance est extrêmement lié à celui des obligations. Dans un contexte de taux bas, tous les assureurs ont tendance à offrir des taux servis bas, ce qui réduit les écarts de rendements entre eux. Bien qu'il soit techniquement possible d'utiliser leur PPB pour accroître leur compétitivité, cette pratique reste peu courante.

- Patrimoine faible : cette catégorie d'assurés se caractérise par une connaissance limitée du marché financier et exprime un intérêt faible pour les rendements générés par l'assurance vie. Pour ces individus, l'objectif principal est d'épargner en constituant une réserve financière, et ils préfèrent investir dans des produits d'épargne réglementés tels que les livrets A. L'assurance vie est considérée comme une option. De plus, il est peu incitatif pour eux de racheter leur contrat avant une période de 8 ans, car en attendant quelques années de plus, ils peuvent bénéficier d'un abattement fiscal qui peut couvrir l'intégralité des intérêts perçus, évitant ainsi de payer des impôts. Ainsi, le taux de rachats conjoncturels est nul aussi bien pour les adultes que pour les retraités, quel que soit l'écart de rendement.
- Patrimoine modéré : les assurés démontrent une meilleure connaissance du marché. Un patrimoine plus élevé montre aussi qu'ils sont en général plus âgés que ceux qui en ont moins. Seul les cas où l'écart de rendements est extrême pourraient les inciter à envisager le rachat leur contrat. Le taux de rachats passe alors de « proche de 0 » à

« positif » (*resp.* « négatif ») pour les écarts « fortement négatif » (*resp.* « fortement positif »). Toutefois, les retraités moyennement fortunés ne trouvent pas réel intérêt.

- Patrimoine important : pour la même raison, il n'est pas rentable pour les assurés de racheter en environnement de taux bas, à moins que la concurrence soit très attractive. Nous supposons ici que les retraités réagissent de la même manière que les adultes. Même s'ils sont en général moins réactifs, une bonne connaissance du marché leur permet de saisir les opportunités lorsque celles-ci se présentent.

- Environnement taux moyen

- Patrimoine faible : lorsque les taux sont plus élevés, les jeunes assurés commencent à aller chercher du rendement uniquement s'il existe un intérêt significatif. Le taux de rachats passe alors de « proche de 0 » à « positif » (*resp.* « négatif ») pour les écarts « fortement négatif » (*resp.* « fortement positif »). Autrement, ils préfèrent rester fidèles chez le même assureur pour éviter les pénalités de rachats. De l'autre côté, les retraités avec un faible patrimoine restent inactifs.
- Patrimoine modéré : les mêmes justifications que celles exposées précédemment s'appliquent ici.
- Patrimoine important : ces assurés possèdent une bonne connaissance du marché de l'assurance. Dès que l'écart de rendement est « fortement négatif/positif » et qu'il commence à avoir plus d'opportunités, ces assurés voudront racheter. Les plus réactifs et les plus sensibles d'entre eux vont racheter même si l'écart de rendement n'est que « faiblement ».

- Environnement taux haut

- Patrimoine faible : en environnement de taux élevés, les influences extérieures, telles que la communication médiatique sur les offres du marché, exercent une force qui pousse les individus ayant souscrit des contrats à réagir plus activement. De ce fait, même si leur patrimoine est relativement faible et que leur connaissance du marché est limitée, les assurés, qu'ils soient adultes ou retraités, vont envisager un rachat lorsque les offres extérieures à leur compagnies sont nettement plus avantageuses. Ajoutons à cela qu'en environnement de taux haut, les taux servis par les différents acteurs du marché sont plus variés, il est donc plus plausible d'atteindre le stade de « fortement négatif/positif ».
- Patrimoine modéré : de même, ces assurés réagissent aux informations qui circulent. Les adultes ayant accumulés un encours assez important sont plus ouverts à d'autres opportunités que les retraités.
- Patrimoine important : pour les individus les plus aisés, les éventuels frais et pénalités deviennent négligeables s'ils estiment que passer chez un concurrent leur permettrait de rapporter des intérêts plus élevés. Grâce à leur excellente connaissance du marché, ils sont donc enclins à envisager un rachat dès qu'un écart de rendement « négatif » se présente.

### **Ancienneté du contrat supérieure à 8 ans, avant la transférabilité**

- Environnement taux bas

- Patrimoine faible : passé 8 ans, la réduction de la fiscalité incite davantage les assurés à exercer leur option de rachat de contrats. Une petite portion parmi les adultes réactifs rachèteront leur contrat si l'écart est « fortement négatif/positif ». En revanche, la majorité des assurés restent globalement inactifs.

- Patrimoine modéré : l'objectif premier reste la constitution d'un capital. Les adultes ne trouveront pas grand intérêt de racheter plus par rapport à la situation avant 8 ans. Néanmoins, nous supposons que les retraités deviennent plus enclins à réaliser des rachats lorsque l'écart de rendements est significatif.
  - Patrimoine important : ce groupe d'assurés plus aisés se caractérise toujours par une très bonne connaissance du marché. Les adultes sont dans une optique de fructification de leur capital. Ils sont plus sensibles et saisissent dès qu'il y a une opportunité. Par conséquent, ils réagissent même si l'écart de rendements est minime. Leur propension à effectuer des rachats devient d'autant plus forte que l'écart est important. Concernant les retraités, nous supposons que leur réaction est toujours « positive/négative » lorsque il y a un écart.
- Environnement taux moyen
    - Patrimoine faible : toute chose égale par ailleurs, un basculement vers un changement d'environnement avec des taux plus élevés motive davantage les assurés à vouloir racheter leur contrat. Les retraités ayant un patrimoine faible deviennent également intéressés.
    - Patrimoine modéré : nous supposons que dans cette configuration économique, les assurés moyennement riches possèdent depuis longtemps leur contrat. Ils sont en général plus âgés que les adultes avec un patrimoine faible. Il est temps pour eux de profiter des avantages de l'assurance vie et de racheter leur contrat s'ils jugent que le marché propose de meilleurs offres. Ainsi, dès qu'il y a un écart de rendement même « faiblement négatif », ils vont vouloir racheter leur contrat. Ils seront encore plus nombreux à racheter si l'écart est « fortement négatif ». Nous supposons que les retraités ne sont pas encore très sensibles à ce stade.
    - Patrimoine important : ils sont plus matures et ont une aptitude à s'informer sur des offres du marché. En termes de rachats, le comportement des adultes riches est similaires aux adultes à patrimoine modéré. Les retraités riches s'adaptent plus rapidement quand les taux sont plus élevés. Leur comportement se caractérise par une approche plus objective visant à maximiser les rendements à long terme, dans le but de mieux préparer leur retraite ou de faciliter la succession de leur patrimoine.
  - Environnement taux haut
    - Patrimoine faible : en environnement de taux élevés, les jeunes, caractérisés par un patrimoine plus faible, essaient de tirer pleinement parti des opportunités offertes par le marché. Cependant, leur objectif premier reste dans une optique de réserve d'argent, leur comportement de rachats devient plus agressif seulement si l'écart de rendements est « fortement négatif/positif ». Dans ce cas, le taux de rachats observé serait « très positif/négatif ». En revanche, si l'écart est « faiblement négatif/positif », le rachats serait plus faible, donc seulement « positif/négatif ». Pour les retraités, nous supposons ici que le taux de rachats reste faible, peu importe si l'écart est « faiblement » ou « fortement ».
    - Patrimoine modéré : nous faisons l'hypothèse que passé le gap de 8 ans, en cas de taux élevés, les individus réagissent de façon similaire, indépendamment de leur niveau de patrimoine. Même si ceux qui ont un patrimoine plus élevé possèdent une meilleur connaissance du marché d'assurance, l'impact des médias devient plus prépondérant dans leur prise de décision du rachat. Les médias divulguent les informations et permettent de mettre les assurés modérés sur un pied d'égalité avec les autres. Ainsi, nous considérons que les adultes et les retraités modérés ont tous le même comportement en terme de rachat que ceux ayant un patrimoine faible.
    - Patrimoine important : la même explication permet de justifier pourquoi les assurés riches en environnement taux haut réagissent aussi fortement que dans les deux cas précédents.

Leur désir de faire fructifier leur capital, de préparer leur retraite et de gérer leur succession patrimoniale sont des facteurs qui entrent également en jeu.

### Ancienneté du contrat supérieure à 8 ans, après la transférabilité

Les arguments pour justifier les comportements des assurés sont très similaires à ceux de la situation après 8 ans sans transférabilité. La différence s'opère au niveau d'une communication médiatique plus importante. Par conséquent, les assurés déjà réactifs deviennent encore plus, et ceux qui sont moins réactifs maintiennent leur comportement inchangé.

Pour ce faire, nous avons identifié trois types de profils : ceux qui ne réagissent que très peu à l'environnement économique et aux taux servis (zone grise), ceux qui réagissent moyennement (zone orange) et ceux qui réagissent fortement (zone rouge). Lorsque l'écart de rendements entre ce qui est servi par la compagnie de l'assuré et ce qui est attendu (livret A, taux servis par la concurrence) est insignifiant, alors le taux de rachats conjoncturels est quasi nul (zone hachurée). Voir tableau C.1.

Après 8 ans		Patrimoine		Faible		Modéré		Important			
		Age		Adulte	Retraité	Adulte	Retraité	Adulte	Retraité		
Taux OAT 10 ans	Bas	Ecart de rendements	Fortement négatif								
			Faiblement négatif								
			Négligeable								
			Faiblement positif								
	Moyen		Fortement négatif								
			Faiblement négatif								
			Négligeable								
			Faiblement positif								
	Haut		Fortement positif								
			Fortement négatif								
			Faiblement négatif								
			Négligeable								

TABLE C.1 : Schéma de raisonnement de la matrice après 8 ans après transférabilité

- Zone grise : il n'y a pas de changement avec la situation avant l'introduction de la transférabilité. Pour les adultes, même s'ils sont en générale plus réactifs que les retraités, du fait des frais potentiels qu'ils doivent payer pour transférer chez un autre assureur, ils préfèrent garder le contrat chez l'actuel assureur. Pour éviter les frais, il pourra par exemple effectuer des transferts internes pour renouveler un ancien contrat peu rentable.
- Zone orange : les médias font parler de cette nouvelle opportunité d'investissement. Les assurés qui étaient moyennement prêts à racheter leur contrat profitent pleinement de cette possibilité d'avoir un rendement meilleur ailleurs. Ceux qui ont un patrimoine plus élevé pourraient être encore plus concernés si cette mesure se mettait en place. Ils auront une réaction plus forte. Pour retranscrire cela en logique floue, nous avons augmenté certaines cellules oranges d'un cran plus fort. Par exemple, ceux qui étaient « positifs » passent à « très positifs », ceux qui étaient « négatifs » à « très négatifs », et ceux qui étaient « proches de zéro » à « positifs/négatifs ».
- Zone rouge : les assurés de cette catégorie réagissaient déjà très fortement, même en absence de transférabilité. Afin de simuler un rachat plus massif, nous avons introduit une modalité « excessivement positif », qui s'active lorsque l'écart de rendements est « fortement négatif ». En environnement de taux haut, il est plus récurrent de le voir activé car le marché propose des taux servis assez variés dépendant de la compétitivité des différents compagnies. Il est donc plus plausible d'atteindre des niveaux d'écart de rendements « fortement négatif ».

## Annexe D

# Tests de sensibilité sur les méthodes de la logique floue

Les sensibilités effectuées vont pouvoir répondre aux quatre questions suivantes. À chaque fois, hormis la variable d'intérêt, les autres variables sont fixées sur leur valeur moyenne<sup>†</sup>.

1. Comment le taux de rachats conjoncturels varie-t-il en fonction de l'ancienneté ? Nous comparerons le taux de rachats pour l'ancienneté à 6 ans puis à 12 ans avant et après la transférabilité.

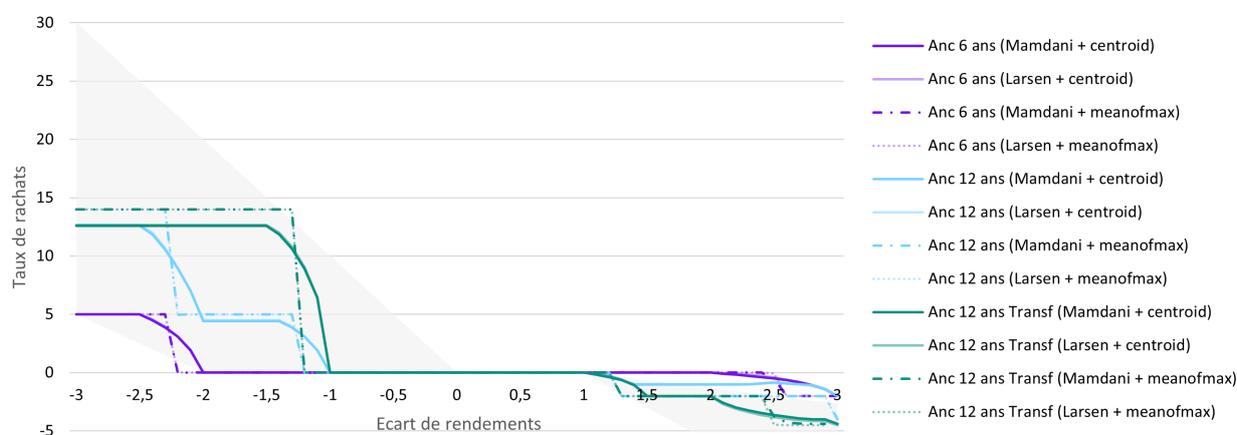


FIGURE D.1 : Tests de sensibilité du modèle sur l'ancienneté (avant et après transférabilité)

Il s'agit du même test de sensibilité présenté dans la sous-section 4.3.2. Il s'agit ici d'une version synthétisée des deux graphes présentés dans le corps principal du mémoire. Pour rappel, les conclusions étaient :

- Le choix de la méthode d'implication n'a pas d'incidence sur la courbe de rachats-transferts résultante. En effet, les courbes de Mamdani et de Larsen sont presque confondues.
- La défuzzification par le centroïde est plus stable et permet de rester dans le tunnel ONC.
- Les courbes ont permis de bien traduire l'effet de l'ancienneté voulu sur le taux de rachats-transferts : à gauche, des taux de rachats élevés pour les contrats de maturités élevées.

<sup>†</sup>Le taux OAT 10 ans moyen est de 2,2%, l'ancienneté moyenne est de 12 ans (après la transférabilité), l'âge moyen est de 58 ans, et le patrimoine est fixé à 300 000 €.

2. Comment varie-t-il en fonction du taux OAT 10 ans ? Nous prendrons un environnement de taux bas comme celui en fin d'année de 2020/2021 où il était proche de 0%, et un environnement de taux moyen à haut comme en 2022 où il valait 3,1%.

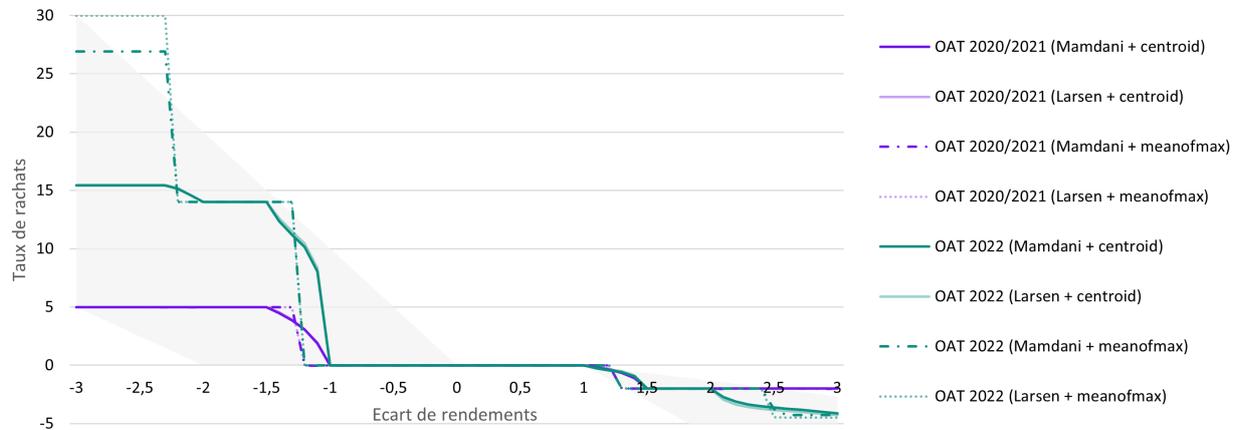


FIGURE D.2 : Tests de sensibilité du modèle sur le taux OAT 10 ans

- La méthode d'implication ne joue pas un rôle majeur. Exception lorsque le taux OAT 10 ans est plus élevé comme celui de 2022, où le taux de rachats-transferts estimé par la méthode de Larsen est largement supérieur à celui estimé par la méthode de Mamdani.
- La défuzzification par le centroïde est plus stable et est donc privilégiée.
- Lorsque l'écart  $TS - TA$  est négatif, il y a toujours plus de rachats ou de transferts dans un environnement de taux haut, sous condition que les mêmes méthodes d'implication et de défuzzification soient utilisées.

3. Comment varie-t-il en fonction de l'âge de l'assuré ? Nous comparerons pour les âges de 50 ans, 62 ans et 70 ans.

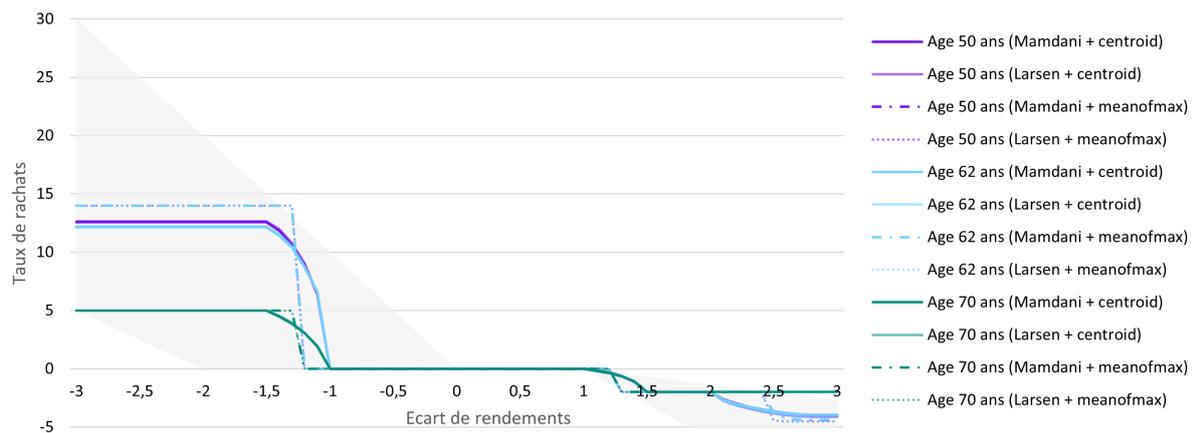


FIGURE D.3 : Tests de sensibilité du modèle sur l'âge de l'assuré

- La méthode d'implication n'a pas d'incidence ;
- La défuzzification par le centroïde est plus stable et est donc privilégiée ;
- Les assurés aux âges faibles sont plus dynamiques en termes de rachats ou de transferts.

4. Comment varie-t-il en fonction de la richesse? Nous comparerons pour les assurés ayant un patrimoine faible, modéré et important.

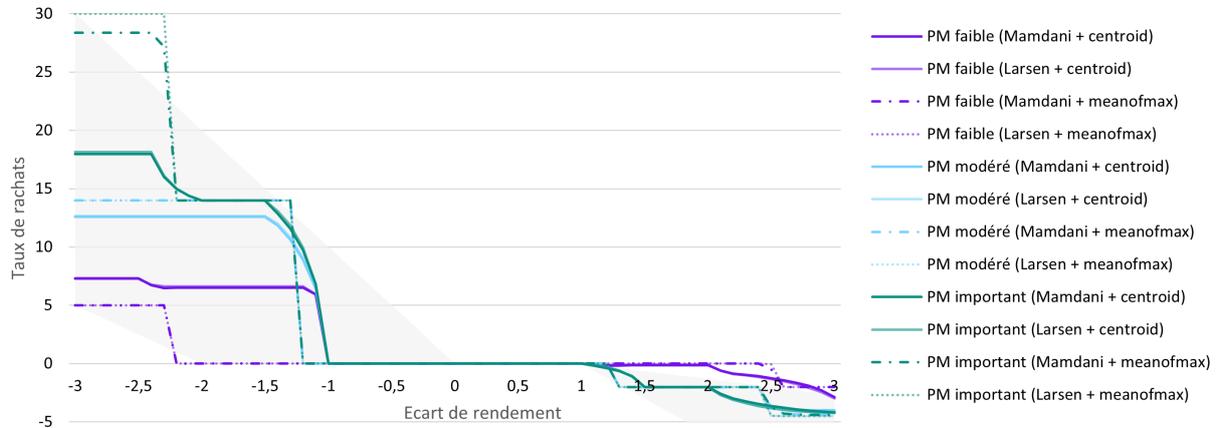


FIGURE D.4 : Tests de sensibilité du modèle sur le patrimoine de l'assuré

- La méthode d'implication ne joue pas un rôle majeur. Exception cependant lorsque le patrimoine de l'assuré est considéré comme élevé. En effet, lorsque l'écart  $TS - TA$  est très négatif, le taux de rachats-transferts estimé par la méthode de Larsen donne un taux largement supérieur à celui estimé par la méthode de Mamdani.
- La défuzzification par le centroïde est plus stable et reste toujours la méthode privilégiée.
- Sous condition que les mêmes méthodes d'implication et de défuzzification soient utilisées, lorsque l'écart  $TS - TA$  est négatif, il y a toujours plus de rachats ou de transferts chez les individus fortunés. Lorsque l'écart est positif, le taux de rachats ou de transferts est toujours plus faible chez ces mêmes individus, signifiant qu'ils voudront racheter moins que par le passé.