

Note de synthèse

La gestion des risques est une des principales activités des assureurs. Ceux-ci établissent en général une politique de gestion des risques en vue de mieux piloter leurs activités. La politique ainsi définie demande un suivi périodique suite auquel une mise à jour sera effectuée afin de mieux répondre aux changements de l'environnement économique et des objectifs stratégiques et opérationnels.

Il s'agit donc bien d'un processus permanent et circulaire incluant plusieurs métiers et instances d'assurance. Ce processus consiste en 5 étapes suivantes : détermination de la capacité de prise de risques, l'appétence aux risques, la tolérance aux risques, les limites de risques et finalement des contrôles et *reportings* sur les étapes précédentes.

À partir de la capacité de prise de risques qui est un seuil global pour l'assureur, celui-ci va approfondir et détailler la capacité en appétence aux risques, puis en tolérance aux risques, encore en limites de risques traduites opérationnellement, finalement contrôler ce processus afin de garantir une bonne gestion des risques. Le système de la gestion des risques a également été mentionné dans la directive Solvabilité 2 qui a été mise en œuvre en 2016.

En pratique, plusieurs métriques sont utilisées pour la gestion des risques. Parmi ces métriques, se trouve le ratio de couverture du SCR (*Solvency Capital Requirement*). Comme le nom indique, ce ratio montre le niveau de couverture mesuré en termes de richesses (éléments éligibles) rapportées aux risques pris (exigences de capital). Ces mesures sont réalisées en valeur de marché tant au numérateur qu'au dénominateur ce qui constitue une différence majeure par rapport aux règles de Solvabilité 1. Bien qu'agrégé, le ratio de couverture du SCR est un indicateur utile en réalité, car il permet à la fois de gérer les risques auxquels l'assureur fait face et de piloter ses activités en améliorant sa prise de risques.

Ce mémoire se déroule dans le contexte de la gestion des risques d'un assureur vie, en particulier dans le cadre de l'étude sur les limites de risques. Les actifs de cet assureur sont bornés par des limites en fonction de la classe d'actifs. Son ratio de couverture du SCR, étant satisfaisant, il est prêt à prendre davantage de risques qu'à l'heure actuelle.

En effet, les rendements globaux des instruments sur le marché ne cessent de diminuer depuis plusieurs années. Cette baisse des rendements est observable dans presque tous les instruments et dans la plupart des pays du monde. Or, la baisse de rendement est un problème critique pour un assureur vie qui a vendu par le passé des contrats à très long terme (durée de la vie humaine) offrant des garanties de capital et même quelques fois de rendement. Compte tenu de la durée des actifs plus courte que celle des passifs, la baisse de rendements entraînera progressivement une érosion de sa marge, des difficultés à couvrir ses coûts et enfin à long terme un risque d'incapacité à assurer ses engagements. L'assureur a peu de possibilités sur les passifs (sauf à revenir sur ses engagements), il a donc deux leviers d'actions : réduire les coûts et piloter les actifs au plus près en recherchant les rendements nécessaires tout en minimisant les exigences en capital.

Or, à l'heure actuelle, seuls les actions, les actifs immobiliers et éventuellement les crédits de haut rendement peuvent satisfaire un niveau de rendement exigé par les assureurs au prix toutefois d'une augmentation des exigences de capital.

Le cadre de cette étude débute d'abord en constituant une enveloppe de risques qui est composée des éléments suivants : la trésorerie et ses assimilés et les obligations souveraines de notations supérieures et de maturités courtes. L'enveloppe de risques ainsi constituée est dotée de plusieurs

avantages en matière de cession. D'abord, elle est facilement cessible sur le marché au vu de sa bonne liquidité. Ensuite, sa durée n'est pas élevée, à savoir aux alentours d'1 an, ne modifiera pas la relation des durées de l'actif et du passif de l'assureur. Finalement, sa PMVL (Plus ou Moins-Value Latente), étant faible par rapport à sa VM (Valeur de Marché), ne présentera pas de difficulté en matière d'ALM (*Asset and Liability Management*) et de comptabilité. La constitution de l'enveloppe de risques se déroulera en respectant les limites à l'actif de l'assureur qui sont admises dans ce mémoire.

La détermination des actifs éligibles à l'investissement s'ensuit une fois que l'enveloppe de risques est déterminée. Étant donné l'environnement économique actuel, il est évident que l'assureur se dirige vers des actifs risqués.

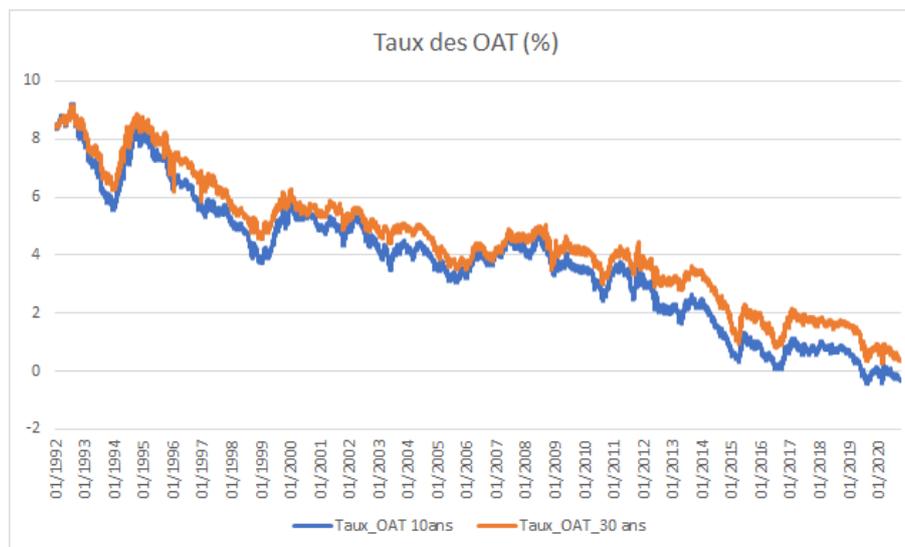


FIGURE 1 – Taux des OAT 10 ans et 30 ans émises depuis 1987

En effet, les obligations souveraines ne sont plus un investissement satisfaisant en matière de rendement. Par exemple, les OAT (Obligations Assimilables du Trésor) n'attirent plus les assureurs, puisque même les OAT 10 ans procurent un rendement négatif, encore faut-il se diriger vers les OAT 30 ans pour obtenir un rendement annuel aux alentours de 0,5% (cf. figure 1). De plus, les pays qui ont été considérés comme des pays stables au niveau économique sont désormais sujets à une instabilité conjoncturelle et quelques fois structurelle. La crise de la dette de la zone euro a clairement montré cette situation très négative pour les assureurs. Ainsi, il est évident que les obligations souveraines ne sont plus un gage de la sécurité et du rendement en termes d'investissement.

Les obligations privées de très bonne notation (supérieure ou égale à A) ne procurent pas non plus un rendement satisfaisant aux assureurs. Ces obligations fournissent seulement un rendement à peine autour d'1% même avec une maturité de plus de 10 ans (cf. figure 2), ce qui est très insatisfaisant pour les assureurs, compte tenu du fait que ceux-ci détiennent en général un stock de contrats à des taux garantis supérieurs dans leurs portefeuilles de polices d'assurance.

Ainsi, seuls les actions, les actifs immobiliers et les obligations privées de haut rendement sont logiquement éligibles à l'investissement en cours ou à l'avenir. Néanmoins, ces actifs vont augmenter la prise de risques de l'assureur et engendrer de la volatilité sur sa richesse. Ce dernier doit donc étudier l'impact de cette modification de profil de risques.

En supplément, l'investissement dans ces actifs risqués est nuancé en fonction du risque que chaque actif présente. Par exemple, les actions sont étudiées différemment en fonction du type d'actions. Les actions de type 1 (actions cotées) ne présentent pas le même risque ni le même rendement que les actions de type 2 (actions non-cotées). Les obligations privées, quant à elles, demandent une étude fine en fonction de la notation et de la maturité.

L'enveloppe de risques est désinvestie afin de se procurer une liquidité à investir dans les actifs

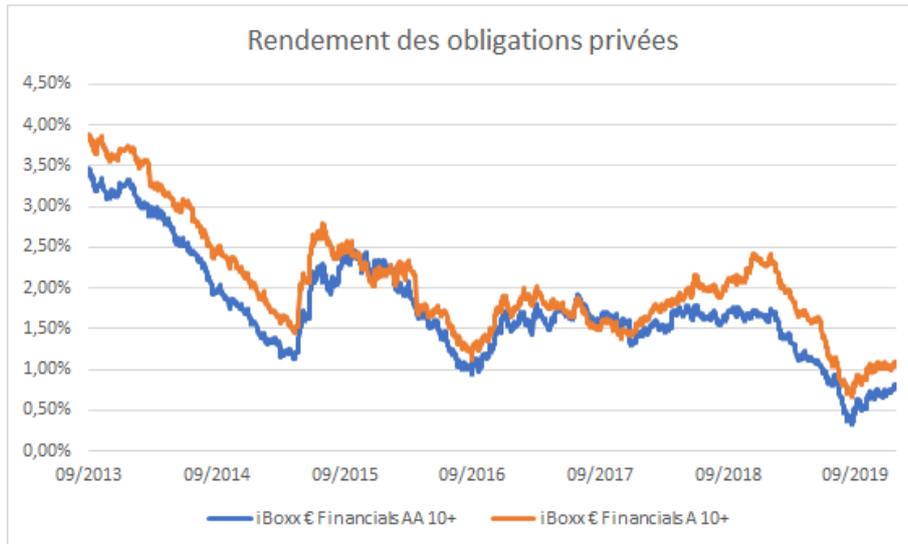


FIGURE 2 – Rendement moyen des obligations privées européennes du secteur financier de maturité de plus de 10 ans et de notation AA et A

risqués mentionnés ci-dessus tout en respectant les limites actuelles à l'actif. Cette étape d'étude est accomplie à l'aide d'un outil interne de l'actif de l'assureur. Les résultats sortants de l'outil de l'actif sont analysés dans un premier temps, puis un modèle ALM de l'assureur (implémenté sous le progiciel Moses) est lancé avec ces résultats de l'actif afin d'analyser l'impact de cette opération du désinvestissement et de l'investissement.

Finalement, les SCR de principaux modules de risques et le ratio de couverture du SCR sont étudiés en comparaison avec ceux avant la modification de l'actif.

En conclusion, l'assureur reste capable de prendre davantage de risques qu'à l'heure actuelle, puisque le SCR de l'assureur n'a pas considérablement augmenté par la modification de l'actif proposée par l'étude, tandis que son ratio de solvabilité actuel est satisfaisant. Ce résultat donne une possibilité d'approfondir des études sur les limites actuelles à l'actif de cet assureur, voire de revoir éventuellement ses politiques de risques tout au moins partiellement.

Table des matières

1	Introduction	6
1.1	Introduction de GGVIE	6
1.2	Solvabilité 2 et introduction de métriques	6
1.2.1	Principes de Solvabilité 2	6
1.2.2	Ratio de couverture du SCR et d'autres métriques	8
1.3	ALM : notions	9
1.3.1	Duration et Sensibilité	9
1.3.2	Adossement Actif-Passif	10
1.4	Gestion des risques	11
1.4.1	Système de gestion des risques selon Solvabilité 2	11
1.4.2	Parties prenantes de l'entreprise et leurs attentes	11
1.4.3	Répartition des responsabilités dans le processus de gestion des risques	13
1.4.4	Processus d'intégration de la politique de gestion des risques	14
1.5	Contexte économique de rendement faible	17
1.5.1	Taux négatifs	17
1.5.2	Recherche d'un rendement élevé	19
2	Étude sur la saturation de limites	21
2.1	Méthodologie	21
2.1.1	Principes	21
2.1.2	Contraintes en ALM et comptabilité	24
2.2	Périmètre	25
2.3	Enveloppe de risques	26
2.3.1	Décomposition des actifs éligibles	26
2.3.2	Détermination de l'enveloppe de risques	26
2.4	Actifs éligibles à l'investissement	27
2.4.1	Décomposition des actifs éligibles	28
2.4.2	Analyse de rendements	28
2.4.3	Détermination des actifs éligibles à l'investissement	34
3	Impact sur le portefeuille de l'assureur	36
3.1	Allocation de l'Actif	36
3.1.1	PVR - Plus-Values Réalisées	36
3.1.2	Duration	37
3.1.3	VM	37
3.2	ALM	38
3.2.1	GSE - Générateur de Scénarios Économiques	39
3.2.2	VIF	43
3.2.3	SCR et ratio de couverture du SCR	46

4 Conclusion	49
4.1 Limites de l'étude	49
4.1.1 Réflexion sur les modèles utilisés	49
4.1.2 Réflexion sur les limites actuelles à l'actif : leurs pertinences	53
4.1.3 Recul avec la crise Covid-19	55
4.2 Perspectives de l'étude	56
A SCR Marché	57
B BE - <i>Best Estimate</i>	58
C Code des assurances	59
D MCEV - <i>Market Consistent Embedded Value</i>	61
D.1 TEV	62
D.2 EEV	62
D.3 MCEV	63
E Duration et sensibilité	66
E.1 Duration	66
E.2 Sensibilité	67
F Histoire des crises économiques contemporaines	68
F.1 Crise de 1987	68
F.2 Crise financière et monétaire asiatique	69
F.3 Crise financière de la bulle informatique	69
F.4 Crise mondiale de 2007-2008	69
F.5 Crise de la dette de la zone euro	70
G Système de retraite relevant de l'article L441-1	72
H Actifs d'infrastructure	73
I <i>Swap, cap/floor et swaption</i>	75
J Martingale	77
K Calibrage des paramètres du SCR Taux	78

Chapitre 1

Introduction

Dans cette partie du mémoire, le contexte et le cadre théorique du mémoire seront introduits.

1.1 Introduction de GGVIÉ

Groupama est une société d'assurance mutualiste française, dont la racine se trouve dans le milieu agricole. Grâce à la loi autorisant en France la création de caisses d'assurance mutuelles agricoles en 1900, les Assurances Mutuelles Agricoles ont été créées pour protéger et servir les agriculteurs qui représentaient à l'époque 80 % de la richesse nationale.

Jusqu'aux années 1990, Groupama continue sa croissance dans le milieu agricole en se positionnant à la fois dans l'assurance de personnes et l'assurance de dommages. Dans les années 2000, l'entreprise se développe à l'international avec l'acquisition de plusieurs entités en Europe et Asie. Malgré un impact lourd issu de la dégradation du marché financier liée à la crise de la dette de la zone euro, Groupama réussit à se renforcer avec des mesures visant à la fois à stabiliser le ratio de couverture du SCR et à réduire la sensibilité de son bilan aux fluctuations sans précédent du marché financier.

Le 7 juin 2018, la société Groupama SA, organe central du groupe, a été transformée en caisse de réassurance mutuelle agricole à compétence nationale, forme particulière de société d'assurance mutuelle, dont la dénomination usuelle est Groupama Assurances Mutuelles (Groupe).

Groupama possède une filiale spécialisée dans l'assurance de personnes qui s'appelle Groupama Gan VIE (GGVIÉ). Cette dernière assure la conception, la souscription, et la gestion des contrats d'assurances de personnes (épargne, retraite, prévoyance et santé) commercialisés par les 5 réseaux de distribution du Groupe (les Caisses régionales, Gan Assurances, Gan Patrimoine, Gan Prévoyance et Gan Eurocourtage). Plus précisément, la filiale réalise 50 % de son chiffre d'affaire et 66 % en termes de primes émises en assurance vie. Le reste provient de l'assurance de personnes non-vie, dont la prévoyance et santé.

Le mémoire se consacrera sur une étude du portefeuille de GGVIÉ en intégralité.

1.2 Solvabilité 2 et introduction de métriques

Dans cette section, certaines notions de la directive Solvabilité 2 seront introduites. Puis certaines métriques, qui sont souvent utilisées par les assureurs afin de mesurer la performance des activités, seront discutées.

1.2.1 Principes de Solvabilité 2

La directive de la commission européenne sur les assureurs, dite « Solvabilité 2 », est entrée en vigueur en 2016[10]. Étant axée sur l'évaluation des risques auxquels les assureurs doivent faire face, elle stipule plusieurs principes et dispositifs standardisés qui sont applicables aux assureurs

européens. Par rapport à Solvabilité 1 qui se base sur les principes de « coût historique » et « calcul forfaitaire », son successeur s'estime être basé sur les principes de « juste valeur » et « calcul basé sur les risques » afin de mieux refléter la volatilité du marché et l'interaction des risques présents au sein du marché des assurances. Ces risques, étant distingués sous forme de modules puis sous-modules, donnent une vision structurée sur le profil de risque d'un assureur. Celui-ci appréhendera ainsi plus précisément les états des lieux des risques existants en vision détaillée et agrégée grâce à l'approche *Bottom-Up*.

En effet, l'approche *Bottom-Up* consiste à évaluer d'abord les risques d'une probabilité de survenance de 0,5% dans les sous-modules, puis dans les modules et enfin dans le SCR (*Solvency Capital Requirement* - Capital de Solvabilité Requis) de base en les agrégeant compte tenu des corrélations entre les modules et les sous-modules (cf. figure 1.1). En prenant en compte des corrélations entre les modules, l'assureur peut bénéficier d'un effet dit « effet de diversification », qui permet d'avoir un SCR global inférieur à la somme des SCR des modules. Le SCR de base peut encore être atténué avant d'obtenir le SCR final, en prenant en compte l'imputation de la perte au résultat fiscal qui conduira dans la plupart des cas à payer in fine moins d'impôt dans le futur que ceux qui avaient été comptabilisés au bilan initial.

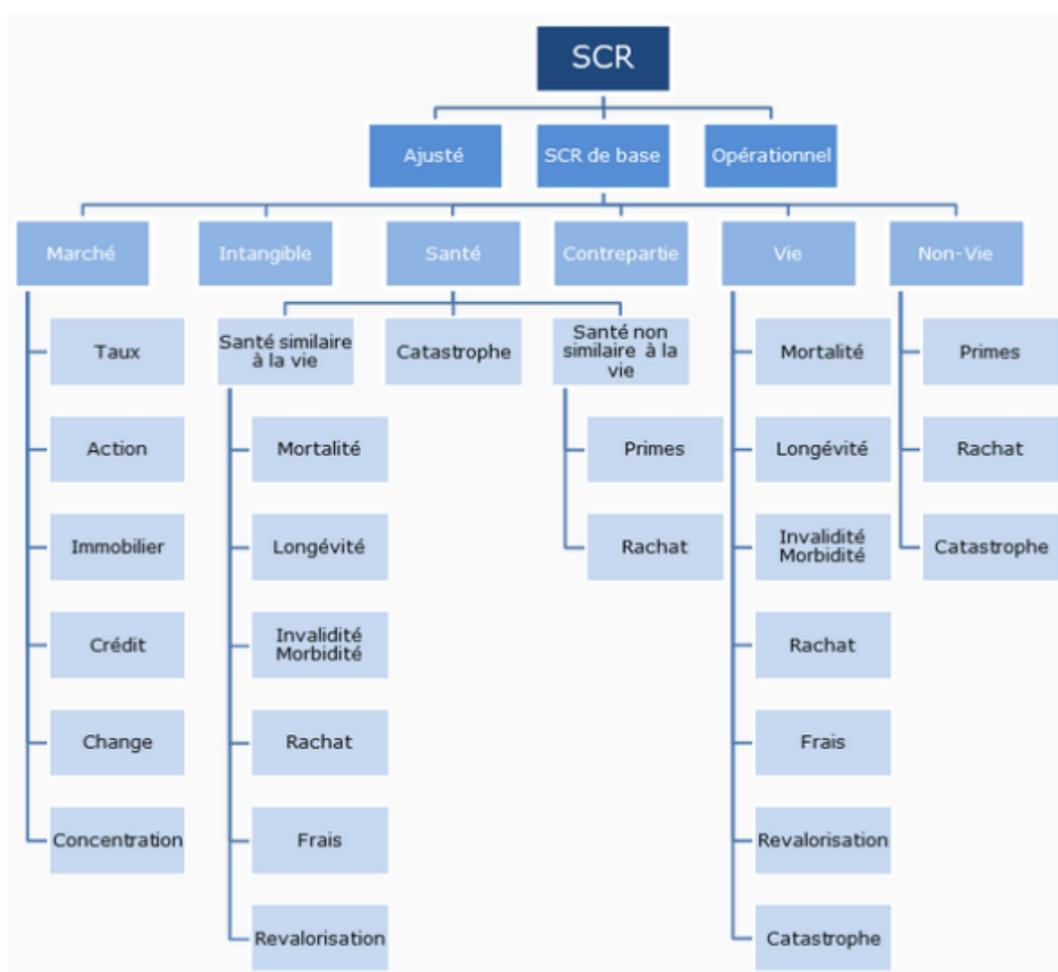


FIGURE 1.1 – Modules de risques de Solvabilité 2

Pour ce faire, cette directive s'appuie sur la notion de VaR (*Value-at-Risk*) de 99,5% à l'horizon d'un an en termes de probabilité. Pour répondre statistiquement à ce critère, l'EIOPA a mené de nombreuses études de calibration des lois et des paramètres dont certaines sont connues sous le nom de QIS (*Quantitative Impact Study*) avec différentes versions. Comme toute norme et directive, Solvabilité 2 ne cesse d'évoluer suivant l'environnement politico-économique.

En effet, l'EIOPA, étant un organisme consultatif des institutions de l'Union européenne, justifie ses actes et publications à la fois politiquement et économiquement. Autrement dit, parmi ses décisions, se trouvent des influences politiques et subjectives de certaines parties prenantes.

Malgré des critiques sur les résultats d'études publiés par l'EIOPA, cette dernière légitime sa raison d'existence en fournissant des paramètres standardisés qui alimentent une formule appelée Formule Standard. Celle-ci est applicable à presque tous les assureurs européens, dont Groupama et ses filiales font partie. Dans ce mémoire, il est vrai que tous les cadre théoriques et pratiques se focalisent sur l'assurance vie ou assurance de personnes. De plus, il est pertinent que le mémoire se déroule dans le cadre de la Formule Standard, car Groupama s'appuie sur celle-ci pour évaluer son profil de risque (cf. annexe A).

1.2.2 Ratio de couverture du SCR et d'autres métriques

L'assureur doit avoir un ratio suffisant de couverture du SCR par ses FP (Fonds Propres) éligibles à cet effet. Une compagnie d'assurance ayant ce ratio supérieur à 100% n'enregistrera pas de perte en cas de survenance de scénarios catastrophiques prévus dans Solvabilité 2 au seuil de confiance de 99,5%.

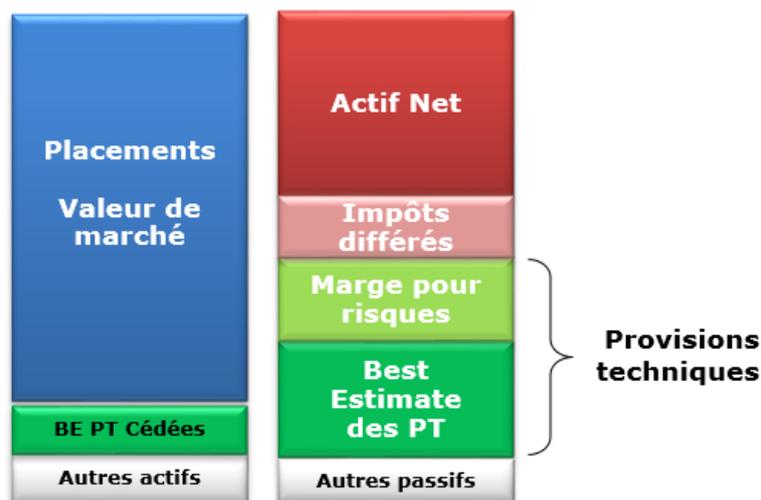


FIGURE 1.2 – Bilan économique sous Solvabilité 2

Les FP éligibles se calculent en 2 étapes :

- les FP de base sont calculés par différence entre la VM (Valeur de Marché) des actifs et la valeur économique des passifs.
- D'autres éléments en fonction de leurs disponibilités peuvent s'ajouter aux FP de base.

Les FP de base nécessitent ainsi le calcul de la valeur des passifs en vision économique, ce qui exige à l'assureur de calculer les PT (Provisions Techniques) à l'aide de la meilleure estimation des flux futurs. Solvabilité 2 se consacre donc une partie importante en stipulation des principes de calcul de la meilleure estimation (BE - *Best Estimate*) des PT. D'après la directive, la meilleure estimation correspond à la somme 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 pertinente (cf. annexe B).

Les PT se calculent finalement en sommant la BE et la marge de risque (cf. figure 1.2). Cette dernière est destinée à couvrir le risque lié à la reprise des engagements que prendrait un assureur qui récupérerait le portefeuille de l'assureur. Ainsi, la marge de risque représente le coût de détention du capital jusqu'à l'extinction des provisions.

Ainsi, d'un point de vue de comptabilité, les FP éligibles peuvent se décomposer en plusieurs éléments :

- FP sociaux : ces fonds sont, quant à eux, égaux à la somme de 4 éléments suivants :
 - Capital social et prime d'émission
 - Réserve de capitalisation
 - Report à nouveau
 - Résultat de l'exercice
- Emprunts subordonnés
- Valeur de portefeuille vie
- Autres éléments

Les emprunts subordonnés sont un élément important au sein des FP de base. Groupama a émis ces dettes pour renforcer ses FP. La RC (Réserve de Capitalisation) est une réserve destinée à parer à la dépréciation des valeurs comprises dans l'actif de l'entreprise et à la diminution de leur revenu (cf. annexe C). La valeur de portefeuille vie (VIF - *Value In-Force*) est une notion importante permettant de mesurer la valeur du portefeuille de l'entreprise au sens de la MCEV (cf. annexe D).

1.3 ALM : notions

L'ALM (*Asset and Liability Management* - Gestion Actif-Passif) ou la gestion actif-passif est la mise en œuvre de moyens coordonnés entre l'actif et le passif et visant à assurer l'atteinte des objectifs stratégiques de l'entreprise avec une prise de risque conforme aux seuils de tolérance préalablement définis.

En effet, l'ALM est un point de rencontre entre la politique financière et la politique commerciale et répond au besoin de mise en place d'un profil rentabilité/risque adapté à l'objectif stratégique de l'assureur. L'objectif de l'ALM est axé sur les deux aspects principaux suivants :

- Assurer le paiement des prestations futures dues aux clients
- Détenir à toute époque une marge de solvabilité conforme à la prise de risque tolérée

La gestion actif-passif joue un rôle important en gestion des risques, ce qui va être discuté plus en détail dans la section suivante. Dans cette section, quelques notions élémentaires de l'ALM seront discutées.

1.3.1 Duration et Sensibilité

L'ALM repose sur la surveillance d'indicateurs de rentabilité/risque appelés les indicateurs de suivi. Ils ciblent généralement :

- Le suivi du risque de taux
- Le suivi du risque de liquidité
- Le suivi du risque de change
- Le suivi du risque de perte d'actif
- Le suivi du risque de sous-estimation des engagements

Ces indicateurs sont des mesures qui permettent d'appréhender une partie de la situation réelle de l'assureur. Chaque indicateur étant limité par son modèle et ses hypothèses sous-jacentes, il ne peut garantir un résultat totalement exact.

Pourtant, ces indicateurs sont utilisés car ils permettent d'analyser les activités de l'assureur en globalité et d'alerter en cas de variation en dehors de seuils prédéfinis, pour mieux piloter les activités. Parmi eux, se trouvent la duration et la sensibilité de portefeuille de l'assureur.

La duration est la moyenne des maturités de chacun des flux pondérée par le poids de chaque flux dans le prix de l'instrument de taux. Elle sert à mesurer la durée de vie moyenne d'un instrument de taux ou son délai moyen de remboursement. La sensibilité d'un titre à une fluctuation du taux s'exprime comme la variation relative instantanée de la valeur du titre induite par une variation infinitésimale du taux (cf. annexe E).

1.3.2 Adossement Actif-Passif

Comme introduit au début de la section présente, un des objectifs de l'ALM est d'assurer le paiement des prestations futures dues aux clients, d'où la nécessité de l'adossement Actif-Passif.

Ce processus, pourtant, ne peut exister en forme parfaite pour un assureur vie gérant des produits libellés en euros. Cela est dû à la déformation potentielle des chroniques de prestations futures, liées notamment au comportement des assurés en matière de rachat face à la variation des conditions de marché.

Cet adossement s'effectue en 2 volets :

- adossement des flux de l'Actif à ceux du Passif
- adossement des durations de l'Actif et du Passif

Adossement des flux

L'adossement des flux consiste à investir la richesse initiale dans un portefeuille de titres qui produisent (presque) exactement, et aux échéances prévues, les flux du Passif. À travers ce processus, l'assureur se prémunit du risque de liquidité à court terme en faisant une liaison étroite entre les flux du Passif attendus et ceux de l'Actif prévus. En revanche, à moyen et long terme, en raison de la grande volatilité du marché financier et des facteurs liés au développement des engagements auprès des assurés, y compris les activités nouvelles de souscription, ce processus nécessite d'autres processus et indicateurs de pilotage.

Adossement par la duration

Ce processus vise à appairer les sensibilités de l'Actif et du Passif à la variation des taux d'intérêt. La sensibilité étant une mesure de dérivée du premier ordre, l'adossement par la duration garantit, au premier ordre, l'évolution quasi-identique de l'Actif et du Passif. Comme évoqué ci-dessus, l'adossement par la duration parfait ne peut exister pour plusieurs raisons :

- Sur le marché financier, il s'avère difficile de trouver un titre dont la duration est égale à celle d'un produit d'assurance quelconque.
- Il existe une grande volatilité sur le marché et dans les comportements des assurés, liés à différents facteurs. Cela rend très difficile, voire infaisable, l'adossement par la duration.
- Pour une meilleure analyse des mouvements de taux, la convexité de taux devrait intervenir dans l'analyse, ce qui rend l'adossement par la duration imparfait en termes d'immunisation contre les mouvements de taux.

Ainsi, il est plutôt intéressant d'étudier le gap de duration pour mesurer l'exposition de l'assureur en cas de mouvement de taux. Le gap de duration théorique se définit ainsi[14] :

$$D_{gap} = D_{Actif} - \frac{P}{A} D_{Passif}$$

, où D_{Actif} et D_{Passif} duration de l'Actif et du Passif respectivement.

Cette définition est dérivée du raisonnement suivant : soient A Actif, P les engagements du Passif et FP de l'assureur. Il est vrai que $A = FP + P$, ce qui conduit à l'égalité suivante : $\frac{dFP}{dr} = \frac{dA}{dr} - \frac{dP}{dr}$. En multipliant l'équation précédente par $\frac{1+r}{A}$, l'égalité suivante est obtenue :

$$\frac{FP}{A} D_{FP} = D_A - \frac{P}{A} D_P$$

, d'où la définition du gap de duration théorique. En pratique, le gap de duration utilisé dans certaines situations est la différence entre la duration de l'Actif et du Passif, puisque les FP n'excèdent pas en général 10% du Passif.

1.4 Gestion des risques

Dans cette section, le cadre de gestion des risques sera discuté en termes de politique de l'assureur.

Le risque est un terme souvent associé avec le mal et l'incertitude. Pour éviter cet amalgame, il est recommandé de faire une distinction entre les deux concepts. Le risque désigne une situation où les possibilités de l'avenir sont connues et probabilisables. Par opposition, l'incertitude désigne une situation où l'on ignore tout cela. Donc la gestion des risques au sein d'une entreprise, également connue sous le nom de l'ERM (*Enterprise Risk Management*), vise à évaluer le risque et réduire la zone d'incertitude.

La gestion des risques n'a pas de définition communément admise. Elle peut néanmoins être définie en s'appuyant sur celle établie par l'ASB (*Actuarial Standard Board*) : "la gestion des risques est le processus par lequel une entreprise identifie, évalue, contrôle, finance et surveille tous ses risques dans le but d'accroître sa valeur à court et long terme pour toutes ses parties prenantes".

Ce processus permanent repose sur une évaluation de l'ensemble des risques auxquels l'entreprise est confrontée ainsi que les interactions qui en découlent, et sur la mise en œuvre de différentes stratégies pour maîtriser de manière continue ces risques. Cette approche consiste donc à concilier et gérer de manière globale les risques inhérents à l'assurance, les risques financiers mais aussi opérationnels et stratégiques.

1.4.1 Système de gestion des risques selon Solvabilité 2

Solvabilité 2 apporte non seulement des exigences quantitatives mais aussi qualitatives, y compris sur le système de gestion des risques.

Selon l'article 259 du règlement délégué, les entreprises d'assurance et de réassurance établissent, mettent en œuvre et gardent opérationnel un système de gestion des risques comportant :

- Une stratégie de gestion des risques clairement définie, qui soit cohérente avec la stratégie d'entreprise globale de l'entreprise. Les objectifs et les principes fondamentaux de cette stratégie, les limites approuvées de tolérance aux risques et la répartition des responsabilités entre toutes les activités de l'entreprise sont consignés par écrit,
- Une procédure clairement définie en ce qui concerne le processus de prise de décision,
- Des politiques écrites qui définissent et catégorisent effectivement par type les risques importants auxquels l'entreprise est exposée, et indiquent les limites approuvées de tolérance au risque pour chaque type de risque. Ces politiques mettent en œuvre la stratégie de l'entreprise en matière de risque, prévoient des mécanismes de contrôle et tiennent compte de la nature, de l'étendue et de l'horizon temporel des activités, ainsi que des risques qui leur sont liés,
- Des procédures et processus de *reporting* garantissant que les informations relatives aux risques importants auxquels l'entreprise est exposée et à l'efficacité du système de gestion des risques sont activement suivies et analysées et, si nécessaire, que les modifications appropriées sont apportées au système.

L'article suivant stipule les domaines couverts par la gestion des risques : souscription et provisionnement, gestion actif-passif, gestion du risque d'investissement, gestion du risque de liquidité. Le présent mémoire se consacrera aux 3 derniers domaines cités ci-dessus, le cadre du mémoire étant limité à l'actif dans un premier temps puis à la gestion actif-passif.

1.4.2 Parties prenantes de l'entreprise et leurs attentes

Puisque la gestion des risques consiste à accroître la valeur de l'entreprise pour toutes ses parties prenantes, il est pertinent de les observer et analyser. La politique de gestion des risques de l'assureur devrait être articulée dans le but de satisfaire les intérêts de toutes les parties prenantes internes

ou externes de l'entreprise, c'est-à-dire des actionnaires, des assurés, des régulateurs, des agences de notation, du management et des employés. Chacun d'entre eux a une perspective différente vis-à-vis du risque et cherchera un objectif différent dans la formulation de l'appétit pour le risque.

Sociétaires

En ce qui concerne les parties prenantes pour le Groupe Groupama et GGVIÉ en particulier, les assurés, qui sont également sociétaires de la Caisse locale qui les assure, représentent une partie importante. En effet, le Groupe est constitué des Caisses locales, des Caisses régionales ainsi que de Groupama Assurances Mutuelles, la caisse nationale de réassurance mutuelle agricole, organe central de Groupama.

Les liens entre les différentes entités du groupe sont régis dans le pôle mutualiste :

- par un mécanisme contractuel de réassurance interne liant les Caisses Régionales à Groupama Assurances Mutuelles et défini par une convention de réassurance interne, dont les modalités d'application sont mises à jour chaque année,
- par une convention portant sur les dispositifs de sécurité et de solidarité visant à garantir la sécurité de la gestion et l'équilibre financier de l'ensemble des Caisses Régionales et de Groupama Assurances Mutuelles et à organiser la solidarité,
- par des relations d'affaires entre les filiales de Groupama Assurances Mutuelles et les Caisses Régionales qui se traduisent notamment par la distribution de produits d'assurance vie, retraite, bancaires et de services du Groupe par les Caisses Régionales.

L'organisation du Groupe est donc constituée comme suit :



FIGURE 1.3 – Organigramme du groupe Groupama

Les filiales sont détenues directement et indirectement par Groupama Assurances Mutuelles :

- La plupart des filiales de services et d'assurances françaises et internationales sont portées par une holding, Groupama Holding Filiales et Participations, détenue entièrement par Groupama Assurances Mutuelles,
- Groupama Assurances Mutuelles détient en direct les filiales financières,
- Les principales filiales font l'objet d'une consolidation comptable.

Les sociétaires cherchent à s'assurer une adéquation du capital de l'assureur. Et les sociétaires qui détiennent des produits d'assurance vie de GGVIÉ, plus précisément des produits de fonds en euro, sont intéressés par le résultat financier de GGVIÉ en face de leurs contrats, car ceci sera distribué pour tout ou partie. En même temps, ils s'intéressent également à la prise des risques du Groupe et GGVIÉ à long terme, pourvu que le Groupe se développe et génère de bénéfices à long terme.

Régulateurs

Les régulateurs, qui sont représentés par l'ACPR (Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution) en France, agissent principalement comme les représentants des assurés. En effet, concernant

le contrôle des assurances, l'ACPR a pour but de :

- assurer la continuité des activités des banques et des assurances,
- protéger la clientèle,
- préserver la stabilité financière,
- résoudre les crises en limitant au maximum le recours au soutien financier public

Les régulateurs se concentrent donc en particulier sur le niveau minimal de capital qui sécurise la capacité de l'assurance à faire face à ses engagements vis-à-vis de leurs assurés. Par ailleurs, pour Solvabilité 2 et dans le cadre de l'évaluation interne des risques et de la solvabilité (ORSA - *Own Risk and Solvency Assessment*), ils doivent "évaluer le besoin global de solvabilité, compte tenu du profil de risque spécifique, des limites approuvées de tolérance au risque et de la stratégie commerciale de l'entreprise".

Agences de notation

Les agences de notation, comme les régulateurs, s'intéressent à la capacité de l'assureur à satisfaire ses obligations envers les assurés, mais aussi envers les détenteurs d'obligations émises par la société d'assurances. En général, elles sont donc favorables à un niveau de capitalisation élevé afin de minimiser le risque d'insolvabilité.

Elles s'intéressent non seulement à la solidité financière actuelle de l'entreprise, mais aussi aux perspectives à plus long terme et à l'exposition de l'entreprise à la volatilité des résultats. Les critères d'évaluation de la notation attribuent une part importante à la qualité de l'ERM au sein des compagnies d'assurances.

L'agence de notation du Groupe Groupama est Fitch Ratings, qui a évalué en 2020 la situation financière du Groupe par la notation "A" et le niveau de défaut par "A-". Elle a également évalué la perspective du Groupe stable. Bien que Groupama soit une société d'assurance mutualiste, cette notation reste importante, en particulier pour l'émission des emprunts subordonnés, dont le taux de rémunération est influencé par la notation.

Détenteurs de la dette

Parmi les parties prenantes, se trouvent les détenteurs de la dette. En l'occurrence, ils sont détenteurs de certificats mutualistes qui sont émis depuis quelques années. Issus de la loi sur l'Économie Sociale et Solidaire, les certificats mutualistes émis par les Caisses régionales Groupama sont des titres perpétuels, sans droit de vote, dont le rendement est conditionné par le résultat de la Caisse. Ainsi, les détenteurs de la dette ont un intérêt au niveau du capital de l'assureur mais aussi du résultat de celui-ci.

En résumé, les parties prenantes les plus importantes du Groupe sont les sociétaires, les régulateurs et les agences de notation dont les intérêts convergent à long terme, même s'ils peuvent diverger en termes de niveau d'exigence à court terme.

1.4.3 Répartition des responsabilités dans le processus de gestion des risques

Conseil d'administration

Le Conseil d'administration approuve la politique de gestion des risques en la réexaminant périodiquement et la communique aux différentes parties prenantes[7].

Comité de Direction Générale

Il examine et discute la politique des risques et communique le *reporting* de la politique au Conseil d'administration. De plus, il négocie et discute de la politique de gestion des risques avec les directions opérationnelles.

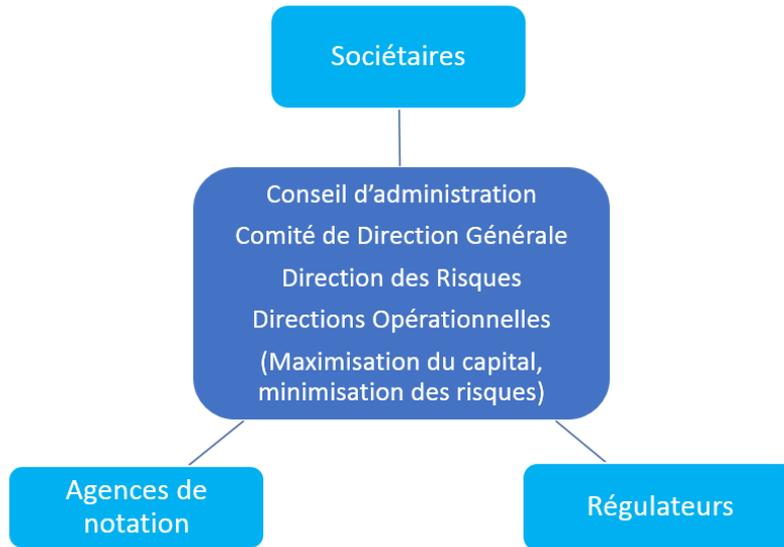


FIGURE 1.4 – Articulation des parties prenantes autour de la gestion des risques

Direction des Risques

Elle met en œuvre un processus d'intégration de cette politique face aux risques et informe le Comité de Direction Générale sur le processus et son évolution.

Directions opérationnelles

Elles prennent les risques dans leurs activités courantes de l'entreprise, en respectant plusieurs consignes fixées préalablement dans la politique des risques.

1.4.4 Processus d'intégration de la politique de gestion des risques

Ce processus consiste en plusieurs étapes introduites ci-dessous[2].

Étape 1 (Capacité de prise de risques)

La première étape consiste à évaluer la capacité de prise de risques de l'entreprise. La capacité de prise de risques est le montant maximal que l'entreprise est capable de supporter.

Étape 2 (Appétence aux risques)

La deuxième étape est destinée à déterminer l'appétit de l'entreprise pour le risque. L'appétence aux risques est une notion qui n'est pas clairement définie par la directive Solvabilité 2 ni par l'EIOPA. Cette dernière a voulu apporter un éclaircissement, tout en laissant une liberté aux assureurs pour définir l'appétence aux risques.

Ainsi, d'après l'autorité européenne, la définition de l'appétence aux risques appartient à la responsabilité de l'assureur mais doit comprendre les aspects suivants :

- L'appétence aux risques stipule l'attitude du Conseil d'administration par rapport aux principales catégories de risques et elle doit être clairement définie et détaillée au point qu'elle exprime et reflète les objectifs stratégiques de haut niveau du Conseil d'administration.
- L'appétence aux risques peut inclure une évaluation quantitative en termes de risque et capital.

- Le Conseil d'administration donne des directives appropriées en matière de définition de l'appétence.

À partir de ces aspects, la définition de l'appétence aux risques qui va être introduite ici est la suivante :

L'appétence aux risques (ou l'appétit pour les risques) peut être définie comme la quantité et le type de risques qu'un organisme d'assurance est prêt à accepter ou à tolérer dans le cadre de l'accomplissement de sa mission et de ses objectifs stratégiques.

L'appétence aux risques encadre la prise de risques au niveau agrégé de l'entreprise. Ses dimensions sont souvent orientées sur la valeur de l'entreprise et sa variabilité, sur la variabilité des résultats et sur la solvabilité. Par exemple, elle peut être définie sous la forme suivante : le minimum d'un ratio de couverture du SCR à court et moyen terme et/ou le minimum de la VIF à court terme.

Le Comité de Direction Générale doit s'assurer que le cadre de l'appétence aux risques est cohérent avec la stratégie globale de l'entreprise définie par le Conseil d'administration. L'exercice nécessite aussi plusieurs itérations entre le Comité de Direction Générale et la Direction des Risques qui teste la pertinence des indicateurs d'appétit pour le risque par rapport au Plan Stratégique.

Étape 3 (Tolérance aux risques)

La tolérance aux risques est une déclinaison de l'appétence au niveau des activités de l'organisme. Elle correspond à des enveloppes de risques possibles alloués à une entité, à une activité d'assurance ou d'investissement. La Direction des Risques doit s'assurer que les tolérances définies pour chaque catégorie de risque soient cohérentes au niveau global avec le cadre d'appétit pour le risque. Ces tolérances sont ainsi exprimées dans des mesures compatibles avec les mesures d'appétit pour le risque (SCR, VIF, ...).

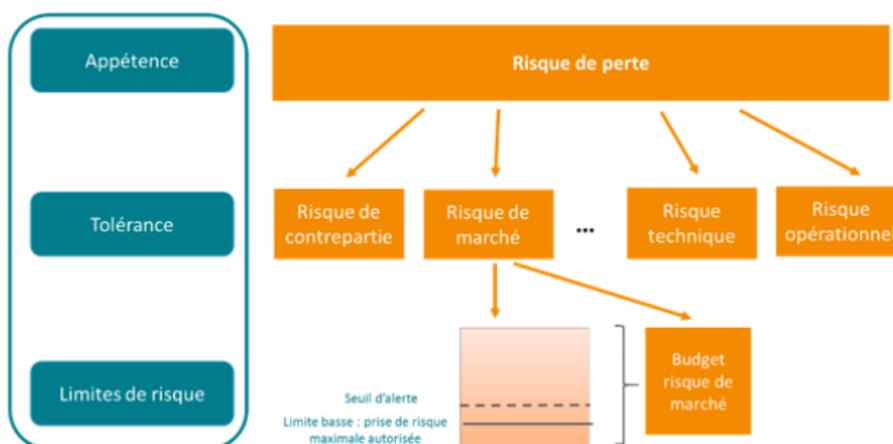


FIGURE 1.5 – Appétence, Tolérance et Limites de risques

L'allocation de l'appétence aux risques à certaines catégories de risques peut dépendre aussi des préférences au risque du Comité de Direction Générale. Le profil de risque actuel sera comparé au niveau global de la tolérance et aux niveaux "cibles" par catégorie. Des actions d'ajustements seront réalisées en cas de profil de risque inadapté. Elles peuvent par exemple se faire au moyen de réduction de l'exposition, de couvertures ou de transferts de risque.

La tolérance aux risques s'articule souvent autour d'indicateurs qui peuvent refléter les intérêts de différentes parties prenantes de l'assureur. Les indicateurs qui seront principalement discutés dans le cadre de ce mémoire sont le ratio de couverture du SCR et le ratio d'actifs risqués. Le ratio de couverture du SCR étant un indicateur d'agrégation des risques auxquels l'assureur fait face, il présente un grand intérêt dans la gestion des risques. Quant au ratio d'actifs risqués, il est important

pour les agences de notation pour mesurer directement le risque d'investissement de l'assureur.

Une introduction du ratio d'actifs risqués est intéressante. Le ratio d'actifs risqués est un ratio entre le montant des actifs risqués choisis par certains critères et les FP de l'assureur. Ce ratio est un indicateur important pour les agences de notation. Puisque la notation est une évaluation du Groupe dans son ensemble, le ratio d'actifs risqués constitue un sujet marginal dans le cadre de l'étude de ce mémoire.

Étape 4 (Limite de risques)

Dans cette étape, les concepts d'appétence aux risques et de tolérance aux risques se traduisent opérationnellement par des limites par catégorie de risques. La déclinaison de la tolérance aux risques en limite de risques peut concerner plusieurs niveaux, tels que les entités, les lignes de business, les portefeuilles d'actifs, etc. Par exemple, les limites par catégorie d'actifs peuvent être inscrites dans le cadre des limites de risques.

Ces limites ont vocation à lier la gestion courante des opérationnels de l'entreprise aux différents niveaux de tolérance par catégorie de risques. Les limites sont souvent exprimées en termes de limites d'exposition, de concentration, de notation, de VaR, etc.

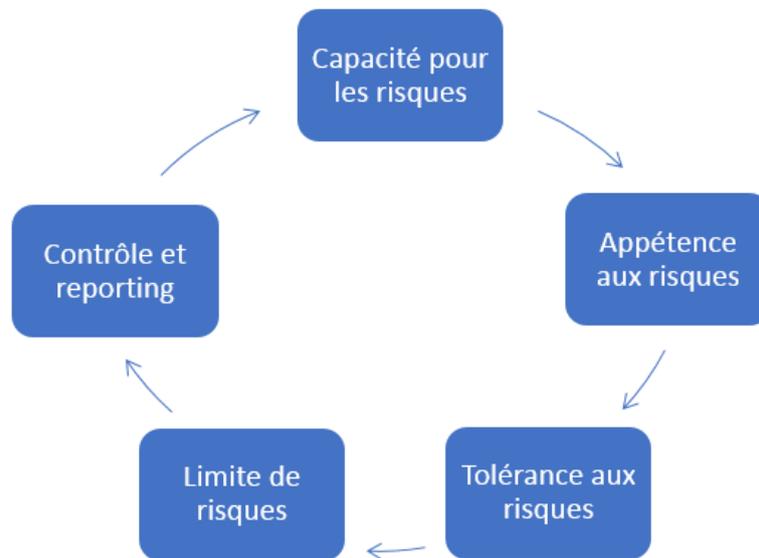


FIGURE 1.6 – Processus de la gestion des risques

Étape 5 (Contrôle et Reporting)

La cinquième étape consiste à contrôler les limites et réaliser le *reporting* au Comité de Direction Générale et au Conseil d'administration. La mise en place et le suivi des indicateurs clés sont très utiles pour mettre en évidence comment et quand les limites peuvent être dépassées ou atteignent des seuils d'alerte.

Le contrôle et le suivi des indicateurs permettent donc de mettre en œuvre des actions préventives ou correctives. En général, les suivis des indicateurs existent déjà dans les entités opérationnelles. La Direction des Risques en fait un suivi plus synthétique et le communique au Comité de Direction Générale dans le cadre du *reporting* régulier.

Les étapes ci-dessus sont circulaires, i.e. l'étape 5 de "Contrôle et *reporting*" permet d'ajuster la capacité pour les risques dans l'étape 1 en fonction du constat du processus de la gestion des risques et de l'environnement économique dans lequel se trouve l'assureur, ce qui garantit la pertinence et la permanence de la politique de gestion des risques.

1.5 Contexte économique de rendement faible

Dans cette section, le contexte économique dans lequel est ancré ce mémoire sera discuté afin de mieux axer son orientation.

Le monde a connu plusieurs crises économiques contemporaines depuis des décennies (cf. annexe F). Le critère d'être contemporain se rapporte à la financiarisation de l'économie et à l'informatisation de la finance. En subissant les crises, le monde a commencé à connaître une époque de taux négatifs et de rendements faibles.

1.5.1 Taux négatifs

L'intérêt peut être défini comme la rémunération d'un prêt d'argent, ou bien la rémunération de l'abstinence, i.e. les prêteurs qui renoncent à la consommation immédiate sont rémunérés par l'intérêt. Et le taux d'intérêt est un ratio (en général en pourcentage) calculé d'une manière spécifique (simple, actuariel, etc.) par rapport au capital emprunté.

Ainsi, jusqu'il y a plusieurs années, le taux, relevant d'une rémunération, était toujours considéré comme positif sans doute aucun. Cette restriction du taux au positif, voire strictement positif, était tout à fait naturelle et les modèles traitant les taux ont été calibrés pour produire seuls des taux positifs. Les modèles qui ne respectaient pas cette restriction ont subi de nombreuses critiques.

La crise mondiale de 2008 a changé la donne économique, et les banques centrales ont offert une liquidité presque illimitée pour garantir une stabilité du système bancaire. Les banques ont regagné un état de santé satisfaisant grâce à l'assouplissement quantitatif (*Quantitative Easing*). Ce dernier, basé sur l'idée que la crise est issue du manque de confiance dans le marché et à la liquidité de crédit, consiste à racheter les dettes privées avec une injection de liquidité.

Ainsi, pour relancer l'économie, les banques centrales ont décidé de réduire le coût d'emprunt par cette politique, ce qui permettrait aux banques de prêter plus de liquidité aux acteurs économiques. Contrairement à ce que la majorité de la population croit, l'assouplissement quantitatif a commencé au Japon au début des années 2000. L'économie japonaise, qui était en état de post-crise après l'éclatement d'une bulle immobilière au début des années 1990, a vécu une situation connue sous le nom de la trappe à liquidité, c'est-à-dire la stagnation de l'inflation (le taux d'inflation d'un niveau pertinent est censé favoriser la croissance économique) malgré un taux bas. La Banque du Japon a ainsi décidé d'injecter une liquidité gigantesque à l'économie pour la relancer.

En 2008, cette politique se généralise à l'échelle mondiale et les banques centrales (principalement la Fed, la BCE (Banque centrale européenne), la Banque du Japon et la Banque d'Angleterre) ont injecté de la liquidité en plusieurs phases, au total de plus de 10000Md€ ont ainsi été injectés. Cette politique est toujours d'actualité. Ce montant, littéralement colossal, a été jugé nécessaire par les banques centrales pour sortir de la trappe à liquidité.

Cependant, l'injection de liquidité présente des risques importants :

- La liquidité injectée peut être utilisée pour la spéculation, pas pour l'économie réelle. Par exemple, après l'assouplissement quantitatif, les cours boursiers ont repris leur souffle, certes, mais l'économie réelle n'a clairement pas rattrapé le marché financier. De plus, la liquidité a induit une augmentation du cours immobilier partout dans le monde, et également du prix de certaines matières premières.
- Cette injection peut exacerber les inégalités sociales, car une part de population ayant pu obtenir une liquidité (en trésorerie ou en crédit) à investir sur le marché financier peut obtenir un rendement important, tandis qu'une autre part de la population n'ayant aucun accès au marché financier n'est probablement pas bénéficiaire de cette injection de liquidité. D'ailleurs, cette population éloignée du marché financier est plutôt désavantagée par la hausse du prix immobilier et du prix des matières premières évoquée ci-dessus.

Les banques centrales ont accompagné l'assouplissement quantitatif d'une baisse de taux, afin que la liquidité circule sur le marché. Ainsi, les banques d'investissement et de consommateurs

pouvaient emprunter à un taux bas (taux de refinancement) et prêter également à un autre taux bas aux acteurs économiques. Cette baisse des taux est observée à l'échelle mondiale. Par la suite, l'évolution de certains taux depuis plusieurs années sera présentée.



FIGURE 1.7 – Taux *swap* depuis 2000 : Taux 10 ans et 20 ans (%)

En actuariat, les taux sans risque publiés par l'EIOPA ont une grande utilité en termes de calcul d'actualisation de Solvabilité 2. Ces taux sont obtenus en extrapolant les taux *swap* (ou les taux d'obligation d'État pour certains pays) de différentes maturités correspondant à la date de calcul. Puisque le calcul des taux sans risques se base principalement sur les taux *swap*, il est intéressant d'observer la tendance des taux *swap* à la baisse depuis 20 ans (cf. figure 1.7).

Ainsi, il est important de constater que depuis la fin 2015, la zone euro entre dans une époque de taux négatifs. En août 2019, même le taux 10 ans tombe en deçà de 0, ce qui officialise l'époque de taux négatifs.

Bien que des rebonds soient observables sur les courbes (en particulier lors des périodes de crise économique en raison de la préférence des investisseurs des actifs peu risqués), les taux n'ont cessé de diminuer de manière globale. Malgré l'incitation par des taux négatifs, les cours boursiers et les rendements des actions n'ont pas rebondi autant que l'on espérait, alors que les taux négatifs ont en général un impact pénalisant en termes de calcul de provisions techniques des assureurs si ceux-ci ont un gap de durée négatif (ce qui est le cas pour presque tous les assureurs vie).

Impact de la baisse des taux depuis les années 2010

Les taux sans risque ne cessent de baisser depuis des années, ainsi les États peuvent émettre des dettes à moindre coût par rapport l'époque précédent les taux faibles voire négatifs. En effet, ils ajoutent en général une prime de risque représentée par des spreads aux taux sans risque. Mais à l'échelle de la zone euro, les taux sans risque baissent, donc le coût d'emprunt des États de la zone euro diminuera logiquement, i.e. les États ont moins de charges d'intérêt par rapport à avant.

Ce constat, qui est favorable aux emprunteurs y compris les États et les collectivités, a toutefois des impacts négatifs sur les assureurs vie sous plusieurs angles :

- Ce nouvel environnement pose une contrainte aux investisseurs qui veulent acheter des obligations d'État ou des OPCVM (Organisme de Placement Collectif en Valeurs Mobilières) contenant des obligations souveraines, ce qui est le cas des assureurs. En effet, les assureurs sont des détenteurs importants des dettes d'États, pour avoir un rendement stable qui leur garantissait une rentabilité permettant de respecter les engagements en assurance vie avec un taux de rémunération compétitif. Ce mécanisme d'investissement a montré son efficacité

jusqu'aux années 2000 après lesquelles les taux d'obligations sont tels que cela ne permet plus de rémunération compétitive (cf. figure 1.8)[16].

En effet, en cas de baisse des taux, les assureurs peuvent avoir des plus-values des obligations détenues, ce qui est un effet positif. Mais il s'agit d'un seul volet de la baisse des taux. Lorsque les assureurs veulent désormais investir dans des obligations, ils sont contraints d'avoir un rendement faible dû à la baisse des taux, voire beaucoup plus faible par rapport au début des années 2000 par exemple.

- Cet environnement impacte également les taux techniques réglementaires pour l'assurance vie et non-vie qui sont calculés sur la base du TME (Taux Moyen d'emprunt d'État), donc étroitement corrélés à celui-ci. En effet, la baisse des taux techniques implique l'absence d'effet d'actualisation, ce qui demande aux assureurs de provisionner une somme plus importante qu'avec les taux techniques élevés.
- D'un point de vue technique, la baisse des taux impacte la situation des assureurs vie négativement.

En effet, la durée de l'Actif des assureurs vie est en général plus courte que celle du Passif. Donc si le taux diminue, le déflateur correspondant à la durée du Passif augmentera en général davantage que celui correspondant à la durée de l'Actif, ce qui implique que l'augmentation du Passif ne sera pas compensée par celle de l'Actif, donc l'assureur devra puiser dans ses FP éligibles à la couverture du SCR. Ainsi son ratio de couverture du SCR diminuera toute chose égale par ailleurs.

Ainsi, la baisse des taux de grande ampleur qui est observée depuis plusieurs années est très pénalisante pour les assureurs, en particulier les assureurs vie.



FIGURE 1.8 – Taux d'emprunt d'État 10 ans (violet : FR, vert : US, rouge : IT, bleu : GR)

1.5.2 Recherche d'un rendement élevé

Le rendement des actifs détenus par les assureurs est un indicateur clé qui influence largement la rentabilité des activités d'assurance. Donc les assureurs cherchent un rendement le plus élevé possible en surveillant d'autres métriques y compris le ratio de couverture du SCR.

Cependant, le rendement des actifs est de plus en plus faible depuis les années 2000. Dans la sous-section précédente, il a été discuté que les dettes d'État ne peuvent être un investissement intéressant en raison de leurs rendements très bas. Bien évidemment, certains pays émettent des dettes assez attrayantes en termes de rendement, mais il faut alors assumer le risque de crédit et le risque de défaut d'émetteur, ce qui peut être dangereux au vu des exemples de la Grèce et l'Argentine. Ainsi, il existe de moins en moins de pays émetteurs de dettes intéressantes.

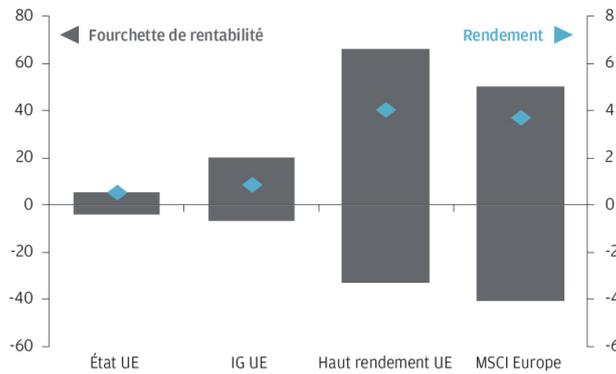


FIGURE 1.9 – Rendement et fourchette de performance de la classe d'actifs (% de performance glissante sur 12 mois)

Il est alors nécessaire de se tourner vers d'autres investissements : les actions, l'immobilier et les obligations privées. Pourtant, ces titres ne rapportent pas autant qu'à l'époque de la pleine croissance. Voici quelques graphiques montrant les états de lieux des rendements d'instruments représentatifs[15] :

Les dettes souveraines et privées de qualité (IG - *Investment Grade*) présentent un rendement moindre que l'inflation. Ainsi, les investissements se dirigent naturellement vers les actions et les dettes privées de haut rendement (HY - *High Yield*) en assumant un risque de crédit élevé.

Les graphiques en figures 1.9 et 1.10, qui compare les rendements de classe d'actifs, conforte le constat selon lequel le rendement à l'échelle mondiale est très faible.

En effet, les obligations privées de haut rendement, les actions et l'immobilier sont attrayants en termes de rendement, ce qui implique qu'il faudrait admettre un niveau de risque plus élevé par rapport à il y a une dizaine d'années. Cependant, le niveau de risque des entreprises cotées en bourse est en général contenu sous un seuil, donc en diversifiant le portefeuille il est possible d'obtenir un rendement satisfaisant avec un niveau de risque assez bas.

Suite à ce changement de l'environnement économique, les assureurs ont commencé à réorienter leurs investissements en sortant de leurs stratégies classiques qui dataient de plusieurs décennies. Cette réorientation d'investissement est l'une des motivations initiales de la rédaction de ce mémoire.

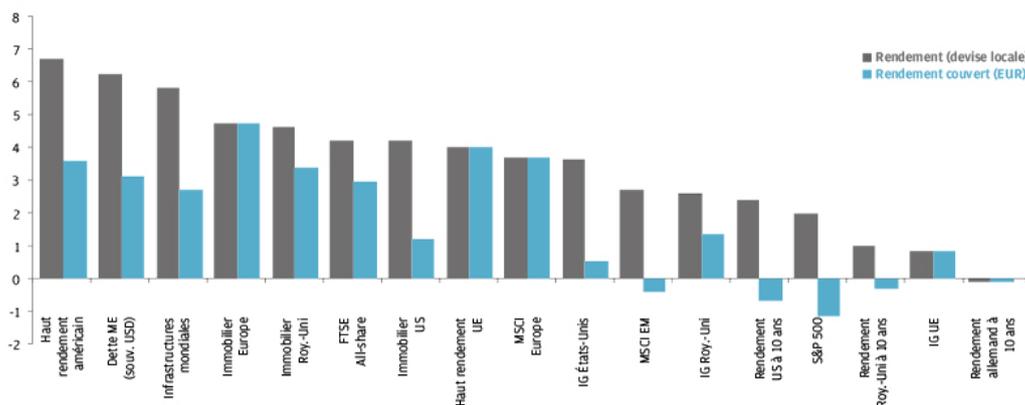


FIGURE 1.10 – Rendements par classe d'actifs

Chapitre 2

Étude sur la saturation de limites

Dans cette partie, à partir des éléments exposés dans le chapitre précédent et d'une analyse approfondie du portefeuille de GGVIE, nous allons procéder à une allocation des actifs en respectant des contraintes en ALM et comptabilité.

2.1 Méthodologie

Cette section est consacrée à la méthodologie qui va être appliquée en détermination des actifs à investir et à désinvestir. Cette méthodologie consiste à déterminer des principes généraux pour la sélection des actifs et à préciser des contraintes en ALM et comptabilité.

2.1.1 Principes

Ce sujet qui s'inscrit intégralement dans un projet de la Direction des Risques du Groupe (DRG), nécessite de préciser certains principes d'un point de vue théorique et opérationnel.

Actif moins risqué vers actif plus risqué

Les actifs considérés moins risqués par rapport aux autres actifs sont en général des obligations d'État de "bonne qualité", ainsi que la trésorerie. Lorsque l'on parle de la "bonne qualité" des actifs, il s'agit du niveau de risque faible que les actifs en question peuvent présenter.

Historiquement, les actions et l'immobilier n'ont pas été les classes d'actifs préférées des assureurs pour plusieurs raisons :

- Un des rôles principaux des assureurs dans un écosystème est de garantir une stabilité économique en maintenant une position contra-cyclique. Autrement dit, les autorités publiques souhaitent que les assureurs adoptent une politique d'investissement et de gestion à long terme afin que l'écosystème ne soit pas exposé à une bulle spéculative trop souvent et les assurés soient protégés d'une manière paisible. Pour cela, les obligations souveraines peu risquées (*Govies*) ont été pendant longtemps un choix efficace, qui a permis aux assureurs de jouer ce rôle très important dans l'économie.
- Pendant longtemps, les obligations ont été suffisamment intéressantes grâce à leurs rendements très élevés. Ce point a été discuté dans le chapitre précédent (cf. section 1.5). Pour compléter ce point, il est intéressant d'analyser le graphique suivant (cf. figure 2.1) : Par exemple, le gouvernement français a décidé d'augmenter les taux d'emprunts au début des années 1980 pour financer les dépenses publiques. À ce moment-là, les dettes de l'État français n'ont pas posé de problème, comme elles représentaient à peine 1/10 du PIB annuel de la France. Et un taux d'inflation élevé a permis de réduire ce taux incroyablement haut (17,4% en 1981) à un taux réel confortable tout en attirant beaucoup d'investisseurs. Dans les années 1980, la croissance a clairement garanti ce taux, qui semble faramineux à l'heure actuelle[5].

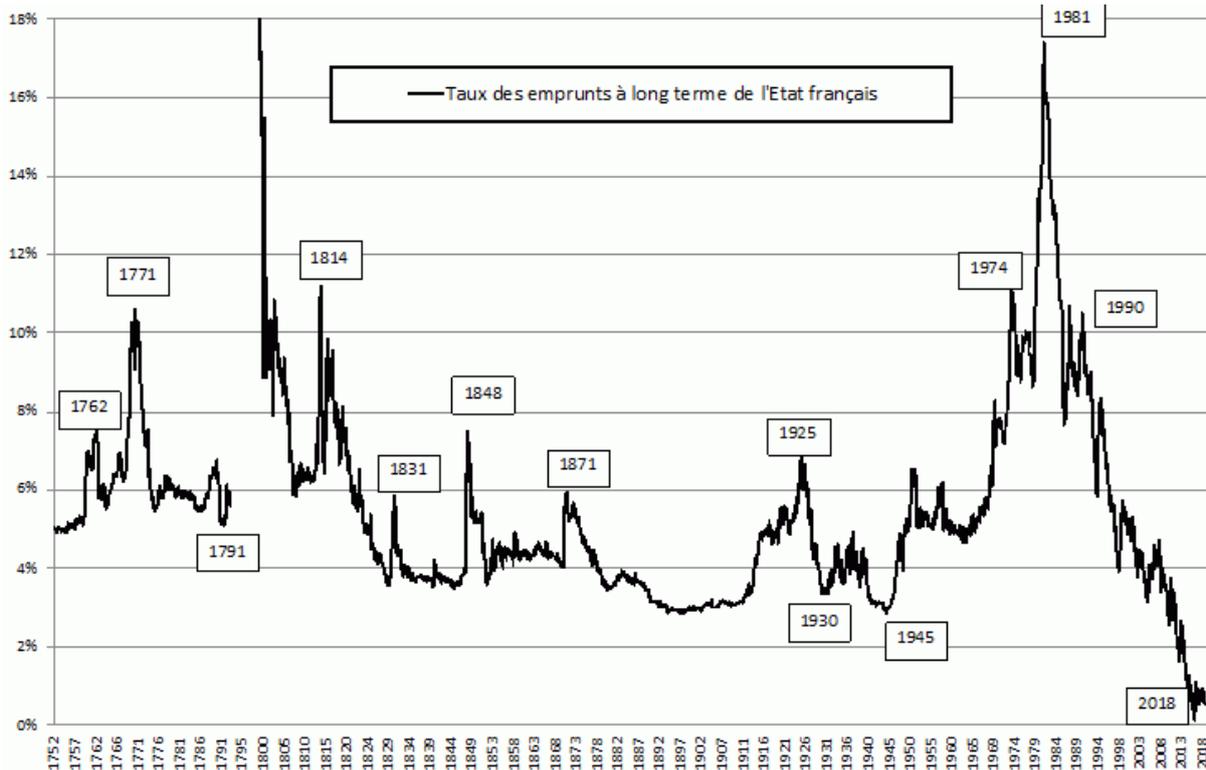


FIGURE 2.1 – Taux d'emprunt 10 ans de l'État français historique

En revanche, la croissance a atteint son seuil systémique au début des années 1990 et les dettes publiques ont dépassé la barre de 50%, ce qui a rendu difficile l'émission des dettes à un taux élevé. Au début des années 2010, les taux d'emprunts à long terme chutent en dessous de la cible d'inflation de la BCE, ce qui implique que ce taux risque de ne même pas parvenir à rattraper l'inflation.

- Comme les dettes souveraines ont été tout à fait fiables jusqu'au début des années 2000, les assureurs n'avaient pas besoin de prendre beaucoup de risques en se dirigeant vers des actifs risqués comme les actions et l'immobilier. Mais la crise mondiale de 2008 et la crise de la dette de la zone euro ont tiré la sonnette d'alarme sur le fait que les États ne sont plus des émetteurs de dettes sans risque. Par exemple, les investisseurs ayant investi dans des dettes grecques ont vu leurs créances fortement diminuées. Donc le marché financier et les assureurs ont constaté que les emprunts d'État ne sont plus des valeurs refuges.

Pour toutes ces raisons, les assureurs ont commencé à se diriger vers les actifs plus risqués. Pour ces actifs (Action, Immobilier, Obligation Privée (Crédit)), le risque impliqué est le risque de défaut et de crédit et le risque conjoncturel.

Considérons d'abord les actions et l'immobilier. Ces actifs ont des caractéristiques communes :

- Les chocs de SCR pour ces actifs sont assez importants en termes de pourcentage. En effet, les actions et les actifs immobiliers sont choqués avec un pourcentage prédéfini en fonction de la sous-catégorie des actifs. Sans compter l'ajustement symétrique de l'exigence de capital pour actions, le choc est de 39% pour les actions du type 1, 49% pour le type 2 et 36% ou 30% pour les infrastructures. Quant à l'immobilier, le choc appliqué est de 25%. Donc les actions et l'immobilier ont un choc relatif très important par rapport à leurs volumes. En termes de ratio de couverture du SCR, ils ne sont pas nécessairement des actifs très avantageux.
- Les actions et l'immobilier présentent un risque conjoncturel, car leurs cours sont volatiles et corrélés fortement aux conjonctures économiques. Donc leurs PMVL (Plus ou Moins-Values

Latentes) risquent de modifier le bilan de l'assureur d'une manière considérable en cas de crise.

Pourtant, l'EIOPA et les autorités publiques ont commencé à motiver les assureurs en leur donnant une incitation en matière de politique favorable aux investissements d'infrastructure. Comme vu ci-dessus, les actions investies dans les infrastructures bénéficient d'un choc moindre que les autres types d'actions.

Quant au Crédit, le choc de SCR varie en fonction de la notation et de la durée du titre. Selon la notation, le choc peut aller jusqu'à plus de 60% si la maturité dépasse 20 ans. Donc, pour minimiser le SCR Spread, l'assureur est censé détenir des titres du Crédit de bonnes notations et de durées pas trop longues. Mais cette stratégie ne satisfait qu'un seul aspect de la gestion des risques, car souvent ces titres n'ont pas de rendement élevé par rapport aux titres de notations inférieures, ce qui est naturel.

En effet, l'assureur n'ayant pas de rendement élevé est susceptible d'avoir un risque de liquidité à moyen terme. De plus, pour un assureur le ratio de couverture du SCR est un des nombreux volets de la gestion des activités. La rentabilité stable voire croissante s'inscrit également à titre principal dans sa gestion. Donc pour avoir un rendement satisfaisant dans l'environnement actuel, il faudrait se diriger vers des titres du Crédit de notation inférieure de haut rendement, quitte à avoir un SCR Spread élevé. Ces titres, souvent connus également sous le nom de "*Junk Bond*", sont des notations inférieures à BBB. Leurs adversaires sont des titres du Crédit IG de notation supérieure ou égale à BBB[12].

L'Action, l'Immobilier et le Crédit HY sont des actifs risquant d'augmenter le SCR de l'assureur comme vu ci-dessus. Pourtant GGVIE ayant un ratio de couverture du SCR convenable dispose d'un potentiel pour détenir un portefeuille plus risqué qu'en ce moment.

À la date du 31/12/2019, GGVIE affiche un ratio de couverture du SCR 195%. GGVIE ayant un ratio qui s'approche même de 200%, il a été jugé qu'il est possible pour GGVIE de prendre plus de risques qu'à l'heure actuelle.

Sensibilité quasi-neutre

Comme discuté dans le chapitre de la partie théorique (cf. section 1.3), la sensibilité est un concept important pour l'immunisation du portefeuille de l'assureur contre les mouvements des taux, donc pour la gestion des risques. Et le gap de durée du portefeuille est un outil pratique pour mesurer des impacts dus aux mouvements des taux.

Dans l'environnement économique de taux bas, plus précisément de taux baissiers, le gap de durée actuel des assureurs qui est en général négatif est considéré dangereux. En effet, pour éviter ce problème, il aurait fallu un aménagement du portefeuille avant la phase de baisse de taux qui a commencé depuis 2008. Cependant, les contraintes opérationnelles et techniques l'ont rendu impossible. De plus, la baisse de taux est accélérée par l'injection de liquidités par les banques centrales depuis cette même période. Quelques rebonds des taux ont eu lieu, mais ces rebonds n'ont pas été suffisants pour neutraliser l'impact dû à la baisse des taux observée.

Un autre point de vue mérite d'être introduit ici. Les taux ont continué à baisser et même les taux 20 ans de certains pays (Bund - obligation allemande, OAT - obligation de l'État français et Gilts - obligation du Royaume-Uni) sont très proches de 0 depuis un certain temps. Ce constat est d'autant plus important que la durée de ces dettes de long terme est supérieure à celle de la moyenne des durées des assureurs vie majeurs du marché. Autrement dit, les taux ont tellement baissé que les assureurs n'auront pas de rendement même à une durée suffisamment longue. Donc certains experts estiment que les taux ont atteint leur plafond et qu'il ne reste qu'à rebondir. Évidemment ce point de vue reste discutable, car la poursuite de l'injection de liquidité ne va pas changer l'environnement favorablement à la remontée des taux.

Ainsi, par souci de (re) baisse des taux, le gap de durée négatif devrait être réduit en valeur absolue ou bien maintenu au même niveau que le niveau actuel, d'où le concept de la neutralité de la

sensibilité qui est exigée dans l'étude de ce mémoire. Pour ce faire, plusieurs solutions sont possibles et celle adoptée pour le mémoire est de désinvestir des actifs courts pour investir dans des actifs moyens ou longs. En adoptant ce principe, la duration de l'Actif sera prolongée. Et cette stratégie est d'autant plus pertinente que le rendement satisfaisant n'est garanti que par des obligations très longues en ce moment.

2.1.2 Contraintes en ALM et comptabilité

Dans cette sous-section, certaines contraintes que l'étude doit supporter seront introduites sous plusieurs angles. Cette étude étant inscrite dans le cadre de tolérance aux risques de GGVIÉ, il a fallu respecter des contraintes non seulement en matière de gestion mais aussi en matière de comparabilité des résultats.

En effet, l'étude consiste à modifier l'allocation des actifs en respectant des limites fixées préalablement par des instances du Groupe. De plus, les données de référence du mémoire sont celles du bilan du 31/12/2019. Ainsi, pour une bonne comparabilité, l'étude ne devrait pas modifier les éléments communs dans les 2 bilans : le bilan officiel du 31/12/2019 et le bilan généré par cette étude.

Limites actuelles à l'Actif de GGVIÉ

En ce moment, GGVIÉ se fixe certaines limites qui ont été déterminées il y a des années. Ces limites fixent un seuil (soit un seuil maximal soit un seuil minimal) en fonction de la classe d'actif et de la sous-classe d'actif. Par exemple la limite des actions est fixée à $x < 10\%$ qui est réparti en fonction de la sous-catégorie (Cotées, Non-cotées, etc.). Pour les autres classes d'actifs, des limites de la même sorte ont été définies.

Ces limites ont été fixées dans un environnement économique dégradé au début des années 2010. Suite aux chocs de la crise mondiale de 2008 et de la crise de la dette de la zone euro, le ratio de couverture du SCR et les FP étaient mis en défi de dérisquage à l'époque. Pour le dérisquage, la solution du Groupe a été une cession de titres et de filiales et la restructuration du portefeuille afin de rétablir le ratio de couverture du SCR. Plus loin dans ce mémoire, ce cadre sera discuté plus précisément mais pour le moment, ces limites restent inchangées et admises dans ce mémoire aussi.

Adossement Actif-Passif

Comme introduit dans le chapitre relatif au cadre théorique (cf. section 1.3), l'adossement Actif-Passif est une mission importante pour l'assureur afin de respecter les engagements sans prendre de risque de liquidité.

En effet l'Actif bien aligné au Passif permet à l'assureur de réduire ses efforts supplémentaires en cas de manque de liquidité. Plus précisément, l'assureur n'a pas besoin de mettre beaucoup de liquidité dans la trésorerie pour combler les écarts possibles entre l'Actif et le Passif pour chaque période du temps (en général chaque trimestre ou année). S'il est libéré de l'obligation de mettre beaucoup de liquidité dans la trésorerie, alors il peut mobiliser plus de capital pour des investissements rentables, car en général la trésorerie ne rapporte quasiment rien.

En revanche, même avec l'Actif bien aligné au Passif, l'assureur dispose toujours d'un certain volume de trésorerie afin de lisser des fluctuations en termes de gestion des activités. En plus, cela lui permet d'éviter d'emprunter du capital en cas d'insuffisance de trésorerie, ce qui générerait un coût supplémentaire. Et en cas de développement de nouvelles activités, l'assureur peut être flexible grâce à la trésorerie pour s'adapter à l'environnement qui évolue simultanément.

Donc en désinvestissant des actifs éligibles à la cession (enveloppe de risques), il est important d'analyser les flux du Passif de près pour respecter cette contrainte.

PMVL

Les contraintes évoquées ci-dessus n'excluent pas la considération des contraintes qui vont être discutées ici.

Étant donné l'objectif du mémoire d'étudier les impacts de la saturation des limites à l'Actif, en dehors des éléments comparables, les autres éléments du bilan doivent rester inchangés ou être très peu impactés. Dans le cas contraire, les impacts ne seront pas étudiés correctement et risqueront de biaiser le résultat de l'étude.

En vue de répondre à cette contrainte, les actifs à choisir sont donc ceux qui présentent d'une PMVL très faible pour plusieurs raisons. Pour ce faire, il est important de regarder des provisions concernées de près.

Cette provision (PDD - Provision pour Dépréciations Durables) ne concernerait pas la cession et l'acquisition des actifs dans le cadre du mémoire, car la PMVL des actions et des actifs immobiliers relevant de l'article R343-10 à l'instantané sera nulle (cf. annexe C).

Parmi ces provisions techniques citées dans le code des assurances, la RC va nous intéresser en termes de saturation des limites. Ainsi, par rapport à la norme comptable, les PMVL de l'enveloppe de risques doivent être minimisées, car les PMVL des titres cédés auront un impact sur la réserve de capitalisation de l'assureur (cf. annexe C).

En effet, la RC est alimentée par les PVR (Plus-Values Réalisées) sur les cessions d'obligations relevant de l'article R343-9 et reprise uniquement en cas de réalisation de moins-values sur ce même type d'actifs. Elle fait partie des FP et c'est un élément constitutif de la marge de solvabilité. L'objectif de cette réserve est de maintenir, après prélèvements ou versement, le rendement actuariel des titres cédés (ou convertis) au niveau constaté lors de l'achat. Lors de chaque cession, la réserve de capitalisation est mouvementée en fonction de la différence entre le prix de cession et la valeur actuelle calculée à la date de la cession et au taux de rendement actuariel constaté à l'achat, diminuée de l'éventuelle dépréciation comptabilisée lors de la clôture précédente.

Ainsi, pour la comparabilité des résultats, il sera exigé d'avoir une PMVL négligeable des actifs à céder.

2.2 Périmètre

Dans cette section, on dessinera le périmètre des actifs de désinvestissement et d'investissement. Comme discuté dans la section méthodologique, il est pertinent de désinvestir des actifs non-risqués pour investir dans des actifs risqués.

Avant tout, il est important de regarder le portefeuille de GGVIE de près. GGVIE possède 5 classes d'actif : Action, Immobilier, Crédit (Obligations privées et produits de taux), Govies (Obligations souveraines) et Trésorerie.

Pour fixer le périmètre de la modélisation, il est nécessaire d'analyser les actifs en tenant compte du cantonnement qui relève de l'article L441-1 du code des assurances : "les entreprises d'assurance sont autorisées à participer directement ou indirectement, notamment par la collecte de primes ou cotisations, par la constitution de capitaux payables en cas de vie, par la constitution et le service de retraites ou avantages viagers, à toute opération ayant pour objet l'acquisition ou la jouissance de droits en cas de vie dans laquelle un lien est établi entre la revalorisation des primes et celle des droits en cas de vie précédemment acquis et dont les actifs et les droits sont isolés de ceux des autres assurés et soumis aux conditions prévues au présent chapitre."

Le système de retraite par capitalisation en points est donc régi par l'article ci-dessus, il porte donc souvent le nom "L441" ou "réglementaire". Le système de retraite relevant de l'article L441-1 ont des spécificités par rapport aux autres systèmes de retraite (cf. annexe G).

GGVIE ayant conçu plusieurs contrats supplémentaires, au sein du portefeuille de GGVIE, il existe 3 grands cantons réglementaires : Préfon, Repma, Rip. Ces produits sont souscrits pour les salariés relevant d'un régime de retraite spécifique, c'est-à-dire les fonctionnaires, les agriculteurs et les interprofessionnels respectivement. Ces produits, bien qu'isolés en tant que tels par les organismes

qui en ont la gestion, relevaient de la fiscalité de l'article 83 du CGI avant l'arrivée de la loi Pacte. Pour assurer la continuité avec les réglementations en vigueur précédemment, ils restent isolés dans la suite de l'analyse et sont placés dans la partie concernant les régimes collectifs d'entreprise.

Donc les actifs à désinvestir se trouveront dans des fonds cantonnés hors de ces cantons réglementaires. Dans la partie restante en dehors des cantons L441, on observera une répartition similaire à celle du total de GGVIE (cf. tableau 2.1).

Classe d'actifs	Pourcentage
Action	4,9%
Immobilier	4,8%
Crédit	29,6%
Govies	56,3%
Trésorerie	4,5%

TABLE 2.1 – Répartition du portefeuille modélisé

Encore une fois, les périmètres de désinvestissement et d'investissement seront restreints aux actifs hors UC, intra-groupe et cantons L441.

2.3 Enveloppe de risques

Compte tenu de la méthodologie, l'enveloppe de risques (les actifs à désinvestir pour l'étude) sera déterminée dans cette section en respectant des contraintes en ALM et comptabilité.

2.3.1 Décomposition des actifs éligibles

Les données utilisées pour la détermination des actifs éligibles sont des données des actifs détenus par GGVIE en vision non-transparisée, car l'investissement et le désinvestissement se feront en vision non-transparisée. Les actifs éligibles à la cession sont nombreux dans le portefeuille de GGVIE.

D'abord, la trésorerie et ses équivalents seront évidemment éligibles à la cession. Ils sont sans risque et disponibles immédiatement. Quant à leurs PMVL, elles sont très faibles à moins d'1% par rapport aux leurs volumes totaux.

Ensuite, les OPCVM de maturité courte qui sont investies en titres monétaires seront éligibles à l'enveloppe de risques, car ils sont rapidement monétisables. Après la transparence, il a été constaté que ces OPCVM sont constitués principalement par les TCN (Titre de Créance Négociable) d'entreprise et la trésorerie en banque, ce qui garantit leurs faibles risques et bonne monétisabilité.

Finalement, les DAT (Dépôt à Terme) détenus en direct et les Govies de moins de 2 ans et de notation supérieure ou égale à A ont été choisis. Les DAT sont monétisables même immédiatement (avec une décote par rapport au taux de rémunération prévu dans le contrat) et leurs maturités sont courtes (entre 1 jour et quelques années). Donc ces instruments sont souvent utilisés en tant que trésorerie. De plus, les DAT ne présentent pas de PMVL, ce qui est un aspect souhaité pour l'étude en termes de comptabilité. La seule particularité est que les DAT long termes seront considérés comme des crédits par convention appliquée dans certains outils internes de l'assureur. Quant aux Govies de moins de 2 ans et de notation supérieure, ils sont tout à fait cessibles comme la trésorerie car leurs notations sont élevées, donc il n'y a presque pas de risque de défaut d'émetteur.

2.3.2 Détermination de l'enveloppe de risques

Dans cette sous-section, l'enveloppe de risques décomposée sera détaillée en sous-catégories et analysée en termes de duration (cf. tableau 2.2).

Item	Taux de PMVL	Duration	Répartition
Enveloppe de risques	2,5%	0,93	100,0%
Trésorerie éligible	-0,1%	0,18	39,6%
Trésorerie en banque	0,0%	0,00	0,8%
OPCVM monétaire	-0,2%	0,05	75,7%
DAT	0,0%	0,59	23,5%
Govies détenu en direct ($\geq A$, maturité < 2 ans)	4,2%	1,32	60,4%

TABLE 2.2 – Caractéristiques de l'enveloppe de risques

Ainsi, l'enveloppe de risques qui sera le montant total à désinvestir est composée des 2 catégories : la trésorerie éligible disponible et les Govies détenus en direct de notation supérieure et de maturité courte. Leur répartition est d'environ 40% et 60% respectivement au sein de l'enveloppe de risques.

Le taux de PMVL (ratio entre la PMVL et la VM) de l'enveloppe de risque est environ 2,5%, ce qui est assez faible par rapport à la moyenne de 13,3% des actifs modélisés. Et la duration moyenne de l'enveloppe est de 0,93 an, ce qui démontre que les actifs sélectionnés dans l'enveloppe de risques sont très courts.

La trésorerie éligible, quant à elle, est décomposée en 3 sous-catégories : Trésorerie en banque, OPCVM monétaire et DAT. La trésorerie éligible se caractérise par un taux de PMVL très proche de 0, soit -0,1%. La duration de la trésorerie éligible est très courte avec 0,18 an en moyenne. La trésorerie en banque est une partie très minoritaire avec 0,8% du total de la trésorerie éligible. Les OPCVM monétaires présentent un taux de PMVL quasi nul aussi avec une duration de 0,05 en moyenne. Les DAT sont d'une duration 0,59 en moyenne. La trésorerie disponible aux désinvestissements sera la différence entre la trésorerie éligible et la limite actuelle de la trésorerie.

Les Govies détenus en direct sélectionnés présentent 4,2% de taux de PMVL qui est très faible par rapport à la moyenne des Govies modélisés, soit 18,0%. De plus, la moyenne des durations de ces Govies est d'environ 1,32 ans, ce qui est très court par rapport aux durations des obligations souveraines disponibles sur le marché.

2.4 Actifs éligibles à l'investissement

Dans cette section, une étude sur les actifs éligibles à l'investissement sera présentée.

Afin de déterminer la stratégie d'investissement dans les infrastructures, il est important d'analyser le portefeuille de GGVIÉ investi dans ce domaine. En effet, l'outil de modélisation de l'Actif utilisé dans ce mémoire étant utilisé pour obtenir des déroulés obligataires et calculer des VM choquées en fonction du scénario et du choc appliqué, il peut également être utilisé à des fins d'étude avec certaines hypothèses sous-jacentes. Cet outil simule une stratégie d'investissement en répliquant des titres existants dans le portefeuille. Donc cette simulation s'effectue en ajoutant des titres synthétiques dans l'Actif de l'assureur. Évidemment au niveau de l'investissement ces titres doivent être convertis en titres réels et le résultat proposé par cette étude sera transposé en stratégie d'investissement réelle. Une hypothèse d'investissement sera émise : il est supposé que ces titres réels vont rapporter le même rendement que des indices d'actifs similaires.

En plus, compte tenu du rôle contra-cyclique des assureurs et du caractère de leurs investissements à long terme, il est préférable d'analyser les rendements globaux des actifs éligibles à l'investissement par une étude des indices.

Donc la décision d'investissement dans une classe d'actifs sera basée sur une combinaison entre l'analyse du portefeuille actuel et celle des indices internationaux de la classe d'actifs correspondante compte tenu des avis d'experts.

2.4.1 Décomposition des actifs éligibles

Les actifs éligibles à l'investissement seront choisis évidemment en dehors de ceux éligibles à la cession.

D'abord, les actions et l'immobilier sont des investissements attractifs étant donné le rendement faible au niveau global qui a été évoqué plusieurs fois dans les sections précédentes. Le choix du montant d'investissement dans ces classes d'actifs devra être étudié et tranché par rapport à certains critères y compris le SCR Action et Immobilier, mais l'enveloppe de risque, étant plus large que le montant disponible de ces classes jusqu'à leurs limites, nous donnera une marge de manœuvre confortable.

Ensuite, les obligations privées ou OPCVM de taux privés de notations inférieures seront des classes d'actifs à considérer pour leurs rendements relativement importants. Quant au Crédit, l'enveloppe de risques ne parvient pas à couvrir la totalité de la disponibilité jusqu'à la limite donc les rendements, durations, notations seront des variables à étudier soigneusement.

Les Govies ne sont pas privilégiés pour les raisons suivantes :

- Les Govies de bonne qualité (de notations supérieures à BBB) ont un rendement négatif même avec une maturité très longue.
- GGVIE est saturée de Govies de qualité intermédiaire (de notation BBB).
- Les Govies de notations inférieures à BBB n'ont pas été sélectionnés en raison de leurs risques de crédit élevés.

Le choix des actifs éligibles à l'investissement devra être complété par une analyse de rendements des actifs.

2.4.2 Analyse de rendements

L'analyse de rendements est nécessaire en vue d'avoir une rentabilité satisfaisante pour assurer les engagements auprès des assurés. En tant qu'investisseur, l'assureur est face à un choix entre plusieurs options d'investissement. L'étude des rendements ci-dessous est utile pour éclaircir ce choix important.

Dans cette sous-section, sous l'hypothèse que l'assureur répliquera avec peu de coût la part de variation des actifs risqués par un (ou des) indice(s) boursier(s) à long terme grâce à des moyens d'investissement y compris les fonds indiciaires cotés, on procédera à l'analyse des rendements de chaque actif risqué, ce qui va nous aider à déterminer la répartition entre les actifs à investir.

Ce raisonnement est valable pour les raisons suivantes :

- Il a été discuté que l'assureur est un investisseur institutionnel à long terme et il est admis que les investissements bien diversifiés à long terme rapportent le même rendement que le marché. Donc en étudiant les indices de près, il est possible d'obtenir les rendements des actifs risqués à long terme.
- Les indices répliquant les entreprises cotées sur le marché sont diversifiés en matière de risque, donc s'il suit la stratégie de réplification des indices dans ses investissements, l'assureur pourra réduire le risque de concentration.

Évidemment, en pratique, l'assureur peut s'écarter de cette stratégie à court terme, pourtant la logique poursuivie dans ce mémoire vise à étudier les investissements diversifiés à long terme. Il semble alors raisonnable d'admettre ce raisonnement.

Méthodologie

Avant d'analyser les rendements, il est nécessaire d'émettre certaines hypothèses :

- Les actions sont supposées pouvoir être répliquées par un (ou des) indice (s) à long terme (ici 30 ans).

- Les indices *gross total return* (avec dividende réinvesti dans les actions) seront utilisés en comparaison avec les indices sans prise en compte de dividende afin de calculer les rendements des actions.
- On admettra l'hypothèse sous-jacente que les actions et l'immobilier suivent le modèle de Black-Scholes. Pour alimenter le modèle de Black-Scholes, le rendement et la volatilité historique seront utilisés. La volatilité implicite pour certains indices, e.g. Eurostoxx 50, pourrait être utilisée mais cela pose les problèmes suivants :
 - L'échéance des volatilités implicites est en général 30 jours, ce qui est extrêmement court par rapport à notre horizon d'investissement. On peut pallier ce problème en prolongeant artificiellement l'échéance mais ce n'est pas préférable.
 - La volatilité implicite est prospective donc elle reflète l'espoir des investisseurs en termes de volatilité. Donc quand les cours montent de manière stable, les volatilités faibles sont en général observées en cas des cours stables, mais quand les cours oscillent d'une ampleur importante, les volatilités augmentent vite.
 - Les rendements et volatilités historiques seront des indicateurs utiles s'ils sont basés sur une période pertinente. La période d'observation des indices est ici de 13 ans, entre le 31/12/2006 et le 31/12/2019. Durant cette période assez longue, le monde a vécu plusieurs crises économiques, ce qui va légitimer ce choix en matière de prudence.

Sous ces hypothèses, la méthodologie appliquée pour obtenir le rendement est la suivante :

1. On choisit un indice de périodicité mensuelle en 2 versions : sans et avec dividende. Une attention est portée sur la devise dans laquelle ces indices sont calculés.
2. Le rendement et volatilité historique sont calculés à travers ces indices.
3. Sous l'hypothèse de log-normalité, il est possible de calculer l'espérance du cours de l'indice et son intervalle de confiance au seuil de 99%.
 - En effet, on peut supposer que l'indice sans dividende suit le modèle log-normal, ce qui est également admis par le marché.
 - L'hypothèse log-normale de l'indice avec dividende n'est pas vérifiée. Cependant en pratique, le versement de dividende est clairement aléatoire et dépend de beaucoup de facteurs qui ne sont pas nécessairement économiques. Donc il est supposé que le cours de l'indice avec dividende suit le modèle de Black-Scholes dans ce mémoire.
 - Plus précisément, sous l'hypothèse log-normale[13], i.e.

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz \quad (2.1)$$

, il est connu que le cours de l'actif suit une loi littéralement log-normale, soit

$$\ln S_T \sim \phi(\ln S_0 + (\mu - \frac{\sigma^2}{2})T, \sigma^2 T) \quad (2.2)$$

, où $\phi(\cdot, \cdot)$ signifie une loi normale, S_t est le cours de l'actif à l'instant t , μ et σ sont le rendement et la volatilité respectivement et z est le mouvement brownien standard.

- Donc l'espérance du cours s'obtient par $\exp(\mu - \frac{\sigma^2}{2}T)$ si l'on pose $S_0 = 1$ et son intervalle de confiance au seuil de α (Ici le niveau de α sera fixé à 1%) est

$$[\exp(\mu - \frac{\sigma^2}{2})T - q_{1-\alpha/2}\sigma\sqrt{T}, \exp(\mu - \frac{\sigma^2}{2})T + q_{1-\alpha/2}\sigma\sqrt{T}] \quad (2.3)$$

, où $q_{1-\alpha/2}$ est le quantile d'ordre $1 - \alpha/2$ de la loi normale centrée et réduite.

- Finalement, en comparaison les espérances des cours sans et avec dividende, on obtiendra le rendement de dividende annualisé comme suit :

$$\mathbb{E}(\mu_{T_0}^{div}) = \mathbb{E}\left(\frac{dS_T^{avec}}{S_T^{avec}} - \frac{dS_T^{sans}}{S_T^{sans}}\right) = (\mu_{avec} - \mu_{sans}) \times T_0 \quad (2.4)$$

, où $\mu_{T_0}^{div}$ le rendement de dividende annuel $T_0 = 1$ an, S_T^{sans} , S_T^{avec} le cours de l'actif risqué sans et avec dividende respectivement, μ_{sans} , μ_{avec} leurs rendements annuels. La volatilité de $\mu_{T_0}^{div}$, quant à elle, se calcule ainsi :

$$\mathbb{V}(\mu_{T_0}^{div}) = \mathbb{V}\left(\frac{dS_T^{avec}}{S_T^{avec}} - \frac{dS_T^{sans}}{S_T^{sans}}\right) = \mathbb{V}\left(\frac{dS_T^{avec}}{S_T^{avec}}\right) + \mathbb{V}\left(\frac{dS_T^{sans}}{S_T^{sans}}\right) - 2Cov\left(\frac{dS_T^{avec}}{S_T^{avec}}, \frac{dS_T^{sans}}{S_T^{sans}}\right) \quad (2.5)$$

Ci-dessous, nous allons distinguer entre les actions de type 1 et de type 2 (hors les actions investies dans l'infrastructure), les actions d'infrastructure et l'immobilier.

Il est important de faire un état de lieux bref des actions détenues par GGVIE.

D'abord, pour les actions de type 1, les 6 premiers pays des émetteurs des actions sont la Hongrie, la France, les États-Unis, la Suisse, l'Allemagne, le Royaume-Uni qui occupent environ 94% de la classe d'actifs Action. Cette concentration des actions sur les 6 pays cités demandera donc une analyse adaptée au profil de risques de GGVIE.

Ensuite, les actions de type 2 sont principalement émises par des sociétés françaises à la hauteur d'environ 90%, ce qui obligera de regarder les indices français de ce type d'actions de près.

Finalement une discussion sera dédiée à une étude des actions d'infrastructure. La raison pour laquelle on distingue les actions investies dans l'infrastructure de celles de type 1 et 2 est liée à leurs différents chocs en termes de SCR.

Actions de type 1

Les actions de type 1 comprennent les actions cotées sur des marchés réglementés dans des pays membres de l'EEE (Espace économique européen) ou de l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Économiques) selon l'article 168 du règlement délégué.

Indice	log-esp.	log-vol.	borne inf.	born sup.	esp.	rend. div.
CAC <i>All-Tradable</i>	33,3%	89,3%	14,0%	1391,9%	139,6%	0,0%
CAC <i>All-Tradable</i> TR	136,9%	89,1%	39,6%	3898,4%	393,1%	3,5%
S&P 500	188,9%	80,2%	83,7%	5222,1%	661,1%	0,0%
S&P 500 TR	252,7%	80,2%	158,6%	9874,7%	1251,5%	2,2%
OTP	139,2%	201,4%	2,2%	72077,3%	402,4%	0,0%
OTP TR	191,5%	201,4%	3,8%	121712,0%	679,0%	1,8%
SMI	35,0%	68,6%	24,2%	830,8%	141,9%	0,0%
SMI TR	128,6%	70,0%	59,6%	2195,0%	361,8%	3,2%
DAX	61,6%	99,4%	14,3%	2395,5%	185,1%	0,0%
DAX TR	156,1%	99,8%	36,5%	6225,4%	476,5%	3,2%
FTSE	45,6%	73,1%	24,0%	1036,3%	157,7%	0,0%
FTSE TR	162,1%	72,8%	77,5%	3299,5%	505,7%	4,0%

TABLE 2.3 – Résultat de l'analyse des indices (Type 1)

Pour les actions de type 1, 6 indices ont été étudiés. Ces indices sont les suivants : CAC *All-Tradable*, OTP, S&P 500, SMI (*Swiss Market Index*), DAX 30 et FTSE 100.

L'action OTP a été choisie pour étudier le rendement de la participation stratégique effectuée par le Groupe en Hongrie. Cependant, cette action étant classée dans les participations stratégiques, elle sera traitée différemment par rapport aux autres actions de type 1. Les autres indices représentent les actions de sociétés cotées en bourse dans les pays correspondants.

Le tableau 2.3 résume l'étude de rendement de ces indices. De gauche à droite, les colonnes mentionnent l'indice, l'espérance en logarithme, la volatilité en logarithme, la borne inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance du cours de l'indice dans $T = 30$ ans au seuil d'1% et le rendement de dividende annualisé en moyenne, respectivement. L'abréviation "TR" signifie *Total Return*, plus précisément *Gross Total Return* qui indique que les dividendes sont réinvestis dans

les actions. Les chiffres dans le tableau sont en pourcentage. Les bornes inférieure et supérieure et l'espérance sont calculées par rapport à la somme qui va être investie suite à la modification de l'allocation de cette étude.

Ainsi, il est possible d'estimer le rendement des actions de type 1 détenues par GGVIÉ en pondérant les rendements des indices obtenus. Après la pondération, on obtient un rendement annuel de 2,5% et sa volatilité de 1,6%.

Actions de type 2

Les actions de type 2 comprennent les actions cotées en bourse dans des pays qui ne sont pas membres de l'EEE ou de l'OCDE, les actions qui ne sont pas cotées, les produits de base et autres investissements alternatifs. Elles comprennent également tous les actifs autres que ceux couverts dans le sous-module «risque de taux d'intérêt», le sous-module «risque sur actifs immobiliers» et le sous-module «risque de spread», y compris les actifs et les expositions indirectes visés par les OPCVM, lorsqu'une approche par transparence n'est pas possible et que l'entreprise d'assurance ou de réassurance n'a pas recours aux dispositions prévues à l'article 84 du règlement délégué.

GGVIÉ détient les actions de type 2 majoritairement sous forme de fonds de capital-investissement. Ces fonds connus également sous le nom anglais "*Private Equity*" existent sous plusieurs formes juridiques y compris le FCPR (Fonds Commun de Placement à Risques), le FCPI (Fonds Commun de Placement dans l'Innovation), le FIP (Fonds d'Investissement de Proximité), etc. Ces derniers constituent une sorte de participation dans les sociétés non-cotées en bourse afin de permettre le financement de leur démarrage, de leur développement ou encore de leur transmission/cession.

Une particularité de ces fonds réside dans le fait qu'ils présentent un bon rendement par rapport aux actions de type 1, car le risque de perte en capital et le risque d'illiquidité des actions de type 2 sont clairement élevés.

Puisque les actions de type 2 ne sont pas cotées en bourse, peu de données fiables sont disponibles. Pourtant une estimation du rendement et de la volatilité moyens de ce type d'actions a été mise à disposition grâce à un rapport annuel publié par France Invest en 2019.

Selon ce rapport, le rendement et la volatilité moyens des actions de type 2 s'établissent à 8,1% et 8,9% par an respectivement.

Actions investies dans l'infrastructure

D'un point de vue stratégique, l'investissement dans les projets et sociétés d'infrastructure est privilégié car comme discuté au début de ce chapitre, les actions de ce type sont moins choquées par rapport aux autres types d'actions en termes de SCR. Et ces actions sont des actifs détenus à long terme, ce qui est conforme au principe d'investissement des assureurs qui ont vocation à jouer un rôle contra-cyclique. Or, la part des actions investies aux infrastructures de GGVIÉ est seulement à hauteur de 0,1% du total des actifs modélisés, ce qui nous conforte dans l'idée qu'il est possible d'accroître la part de ces actions.

Les actifs d'infrastructure sont des actifs corporels, les structures physiques ou les équipements, systèmes et réseaux qui fournissent ou soutiennent des services publics essentiels (cf. annexe H).

GGVIÉ détient des actifs d'infrastructure en forme de fonds d'infrastructure principalement investis en actions et en dettes. Les fonds principalement investis en dettes seront exposés plus amplement dans la sous-section suivante, et seuls les fonds principalement investis en actions seront traités ci-dessous.

Les fonds d'infrastructure principalement investis en actions peuvent se décomposer en actions de projets et/ou sociétés d'infrastructure éligibles et/ou encore en fonds d'infrastructure principalement investis en actions eux-mêmes. Parmi ces fonds détenus par GGVIÉ, ceux de plus de 100k€ occupent 99,5% du total des VM de ce type de fonds.

2 indices ont été étudiés afin de mesurer le rendement des actions d'infrastructure : *MSCI Europe Utilities* et *MSCI Europe Infrastructure* (cf. tableau 2.4).

Le terme en anglais "*utilities*" désigne le service d'infrastructure de services publics, ceux cités dans la définition de la société d'infrastructure. Dans les indices d'infrastructure, en dehors de ce secteur, se trouvent les secteurs de l'énergie et du transport. En plus, le secteur de la télécommunication est compris dans l'indice *MSCI Europe Infrastructure*. Cette classification se base sur les critères de GICS (*Global Industry Classification Standard*).

Indice	log-esp.	log-vol.	borne inf.	borne sup.	esp.	rend. div.
MSCI Europe Utilities	-54,5	80,6	7,3	462,6	58,0	-
MSCI Europe Utilities TR	111,1	82,1	36,7	2517,0	303,9	5,7
MSCI Europe Infrastructure	56,1	64,8	33,0	930,7	175,3	-
MSCI Europe Infrastructure TR	114,9	72,7	48,5	2055,1	315,6	2,0

TABLE 2.4 – Résultat de l'analyse des indices (Infrastructure)

D'après une étude du portefeuille de GGVIÉ sur les infrastructures, le rendement annuel des actions d'infrastructure est estimé à 3,9% et sa volatilité est de 2,9%.

Actifs immobiliers

Les actifs immobiliers sont des actifs qui sont choqués convenablement, au vu du pourcentage de choc de 25%.

Ainsi, si leurs rendements atteignent un niveau suffisant, l'assureur peut gérer ces actifs sans se soucier du rendement.

En revanche, la gestion des actifs immobiliers exige une expertise précise et conséquente, ce qui peut la rendre difficile pour certains acteurs du marché. GGVIÉ possède des actifs immobiliers d'une somme considérable dans son portefeuille et sa gestion immobilière est dynamique et habile. Ainsi, l'immobilier peut être un bon investissement pour cette entité. En plus, le secteur immobilier est un des secteurs les plus impactés par les crises économiques, ainsi l'assureur doit être prudent en cas d'investissement massif. Par exemple, en octobre 2008, les indices immobiliers étudiés ci-dessous ont enregistré une perte d'environ 28%.

Les indices S&P Europe REIT (*Real Estate Investment Trust*) ont été analysés et le résultat figure ci-dessous (cf. tableau 2.5).

Indice	log-esp.	log-vol.	borne inf.	borne sup.	esp.	rend. div.
S&P Europe REIT	-115,6	120,1	1,4	694,4	31,5	-
S&P Europe REIT TR	14,3	121,3	5,1	2627,9	115,4	4,4

TABLE 2.5 – Résultat de l'analyse des indices immobiliers

Ainsi, le rendement déterminé sera de 4,4% annuel en moyenne avec une volatilité de 1,5%.

Obligations privées de haut rendement (HY)

Les obligations privées sont des dettes émises par les entreprises. Au vu du rendement baissier de ces actifs, les assureurs se dirigent de plus en plus vers les actifs HY, i.e. les actifs de notations inférieures à BBB. Les notations inférieures à B ont été exclues de l'étude, car ce sont probablement des crédits d'entreprises en quasi-faillite.

En effet, d'après les critères de classification de Fitch, la notation CCC signifie que le titre est actuellement sujet à un risque fort de non-paiement et que l'émetteur est probablement incapable de rembourser ses dettes si l'environnement économique n'évolue pas favorablement, ce qui montre que cette notation n'est probablement pas éligible à un investissement à long terme. La prudence primera sur l'engouement de rendement à long terme. Donc l'étude portera seulement sur les 3 notations suivantes : BBB, BB et B. Les notations BB et B sont incluses dans l'étude, car il peut

malgré tout procurer un rendement intéressant. En dépit du caractère spéculatif de ces notations, leurs émetteurs sont actuellement capables de rembourser leurs dettes.

Il est donc important d'analyser les rendements moyens des actifs HY en raison de leurs rendements. Pour cela, les données publiées sur le Crédit par IHS Markit sont utilisées. Ce dernier fournit des données sur le marché en fonction de plusieurs critères y compris le secteur, la région, la duration et la notation (cf. tableau 2.6).

Par souci de simplicité, l'étude traitera des données de tous secteurs confondus. Elle se limitera également à l'échelle européenne.

Notation	Duration	Rendement
BBB 1-3ans	1,90	0.22%
BBB 3-5ans	3,76	0.58%
BBB 5-7ans	5,53	0.86%
BBB 7-10ans	7,49	1,07%
BB	4,31	2.70%
B	3,58	5.02%

TABLE 2.6 – Résultat de l'analyse du Crédit européen (tous secteurs confondus)

À ce stade, une hypothèse sera émise : l'investissement dans des obligations privées est effectué à la duration moyenne et au rendement moyen du marché. Cela peut sembler être une hypothèse stricte mais en suivant le raisonnement d'investissement à long terme il est possible de réaliser cet investissement avec un coût peu élevé.

À partir de l'hypothèse émise ci-dessus, le problème équivaut à l'optimisation linéaire ci-dessous :

$$\begin{aligned} \max \sum_i x_i r_i, \min \sum_i x_i c_i & \quad (2.6) \\ \text{s.c. } \forall x_i \geq 0, \sum_i x_i = 1, \sum_i x_i D_i \geq \bar{D} \end{aligned}$$

, où x_i, r_i, c_i, D_i le pourcentage, le rendement, le choc de spread et la duration de chaque catégorie de crédit dans l'enveloppe allouée au Crédit respectivement.

En effet, ce programme d'optimisation se lit ainsi : il faut trouver une répartition qui consiste à maximiser le rendement pondéré du portefeuille du Crédit à investir en minimisant le choc de spread de VM sous contrainte que la duration pondérée soit supérieure ou égale à la duration moyenne du portefeuille total et la somme de l'allocation soit égale à 100%. La contrainte sur la duration a été imposée en matière de gestion en ALM pourvu que le gap de duration n'augmente pas en valeur absolue.

En raison de la convexité du problème, la solution du problème se situe à la frontière des contraintes données. Et en posant $\bar{D} = 6$ (la moyenne de duration du portefeuille de GGVI hors UC), la solution suivante s'obtient :

$$x_{BBB,7-10ans} = 65\%, x_B = 35\%, x_{i,j} = 0, \text{ sinon} \quad (2.7)$$

, soit l'allocation de 65% de l'enveloppe dédiée au Crédit aux obligations privées de notation BBB et de duration d'environ 7,5 et le reste aux obligations privées de notation B et de duration aux alentours de 3,6. Le rendement annuel du portefeuille ainsi constitué sera de 2,5% et son choc de VM s'estime à 24,8%. Sa duration, quant à elle, est légèrement supérieure à 6,1 pour une stratégie ainsi définie.

Ainsi s'achève l'étude de rendement des actifs à investir. Il est possible de procéder à une détermination d'une(des) stratégie(s) d'allocation dans la sous-section suivante à partir des résultats obtenus.

2.4.3 Détermination des actifs éligibles à l'investissement

À partir de l'étude menée sur les rendements et volatilités des actifs risqués, de stratégies d'allocation seront établies en vue de rechercher les actifs risqués plus rentables.

Avant de définir des stratégies d'allocation, il est important de fixer un niveau pertinent d'allocation aux actifs d'infrastructure.

Une étude a montré que le niveau de l'allocation sur ces types d'actifs s'élevait à 0,3% à l'échelle européenne en 2016. Dans le cadre de l'étude de ce mémoire, une hypothèse a été prise pour ce niveau à 1%

Ainsi, les crédits d'infrastructure augmenteront pour atteindre ce niveau compte tenu de l'augmentation des actions d'infrastructure. Ces crédits seront d'une maturité longue car une très grande majorité des investissements dans les infrastructures sont à long terme au-delà de 7 ou 8 ans, voire 10 ou 15 ans.

Donc la stratégie déclinée en plusieurs étapes suit l'ordre suivant :

1. La classe de l'Action sera saturée jusqu'à sa limite actuelle.
 - Pour décliner cet objectif en sous-classe d'actions, un problème d'optimisation a été résolu en maximisant le rendement futur de l'enveloppe dédiée aux actions mais minimisant sa volatilité. En résolvant ce problème, les corrélations entre les différents types d'actions ont été prises en compte. L'optimisation fournit une solution permettant d'obtenir un rendement annuel de 7,2% et une volatilité de 7,5% de l'enveloppe allouée aux actions.
 - D'après la solution apportée à ce problème d'optimisation, 80% de l'enveloppe dédiée aux actions sera investi dans les actions de type 2. Les actions d'infrastructure et les actions de type 1 seront investies à hauteur de 10% chaque de l'enveloppe investie aux actions. Cette stratégie sera nommée Option A Action.
 - Cependant cette stratégie d'investissement présente un problème en pratique, car en réalité un problème de liquidité peut apparaître sur le marché des actions de type 2. En particulier, ces actions sont majoritairement des actions non-cotées qui ne sont pas disponibles à tout moment, ce qui peut rendre peu fluides les transactions de ce type d'actions. Ainsi, il est nécessaire de concevoir une autre stratégie d'allocation comme suit : les actions de type 2 seront achetées à hauteur de 30% de l'enveloppe allouée aux actions seulement et celles de type 1 à 60% en maintenant le même niveau des actions d'infrastructure que la stratégie précédente (10%). Cette stratégie sera appelée Option B Action.
2. La classe de l'Immobilier sera également saturée jusqu'à sa limite actuelle.
3. Finalement, la classe du Crédit HY sera saturée avec le reste de l'enveloppe de risques.
 - Les crédits de notation BBB seront investis en cherchant une duration aux alentours de 7,5 à la hauteur de 65% de l'enveloppe dédiée aux crédits. Le reste de l'enveloppe de risques allouée aux crédits sera entièrement investi dans des crédits de notation B et de duration d'environ 3,6. Les crédits de notation BBB seront à leur tour répartis en 3 sous-catégories de maturité : 12% pour une maturité de 10 ans et pour l'infrastructure, puis le reste sera distribué en 2 parties égales pour une maturité de 7-8 ans et 8-9 ans. Les crédits de notation B seront répartis en 2 sous-catégories de maturité : 3-4 ans et 4-5 ans. Cette stratégie sera appelée Option A Crédit.
 - La stratégie décrite ci-dessus peut être revue pour une prise de risques plus importante. En effet, il est pertinent de penser que l'assureur peut prendre davantage de risque que la stratégie introduite ci-dessus (Option A Crédit) au vu de son ratio de couverture du SCR satisfaisant. Ainsi, il est possible d'établir une autre stratégie d'allocation définie comme suit : 8% de l'enveloppe dédiée aux crédits sera investi dans les dettes d'infrastructure de notation NR (*Not Rated*) pour une maturité de 10 ans et le reste sera réparti également en 2 notations (BB et B) qui seront répartis à nouveau en 2 sous-catégories de maturité de 3-4 ans et 4-5 ans. Cette stratégie sera nommée Option B Crédit.

Les stratégies d'allocation des actions et des crédits ainsi définies seront croisées entre elles, i.e. 4 stratégies seront disponibles en combinant les 2 Options Action et 2 Options Crédit. L'une de ces quatre stratégies sera choisie comme étant la plus pertinente en fonction de plusieurs critères à considérer.

Plus précisément, la combinaison des options sera effectuée ainsi :

Action\Crédit	Option A	Option B
Option A	Hypothèse 1	Hypothèse 2
Option B	Hypothèse 3	Hypothèse 4

L'hypothèse 2 sera probablement une hypothèse plus coûteuse pour l'assureur en matière de SCR, comme elle implique une prise de risques plus élevée, tandis que l'hypothèse 3 sera la moins risquée des 4 hypothèses émises.

Chapitre 3

Impact sur le portefeuille de l'assureur

Dans ce chapitre, l'impact du résultat de l'étude sera discuté. En effet, il est sûr que la modification à l'Actif va apporter un impact sur le Passif de l'assureur. Plusieurs métriques vont ensuite être modifiées en raison de l'interaction entre l'Actif et le Passif.

Dans un premier temps, une vérification sera réalisée à l'Actif afin de mesurer l'impact réel de la modification de l'allocation. Dans un deuxième temps, l'analyse de la VIF sera effectuée, ce qui va permettre d'appréhender l'interaction entre l'Actif et le Passif. Le même type d'analyse sera réalisée pour la BE. Ces analyses seront basées sur le résultat d'une simulation basée sur un nombre élevé de scénarios économiques. Finalement, l'étude de l'impact sur le SCR sera nécessaire afin de mesurer l'impact sur le ratio de couverture du SCR.

3.1 Allocation de l'Actif

Une étude de l'impact de l'allocation de l'Actif est nécessaire après une simulation de cette modification, ce qui nous permettra de sélectionner l'hypothèse d'allocation la plus pertinente en amont du modèle ALM.

3.1.1 PVR - Plus-Values Réalisées

Les PVR suite à la cession des actifs feront l'objet de provisionnement en RC, ce qui peut être expliqué par l'équation suivante :

$$RC(t) = RC(t-1) + RC_dotation(t) - RC_reprise(t) + RC_dotation_nontech(t) - RC_reprise_nontech(t) \quad (3.1)$$

, où $RC_dotation(t)$ la somme des PVR en période t sur les titres soumis à la RC et $RC_reprise(t)$ la somme des MVR (Moins-Values Réalisées) en période t sur les titres soumis à la RC dans la limite de la RC de l'année précédente. Les autres termes se déterminent ainsi :

$$RC_dotation_nontech(t) = RC_reprise(t) \times (1 - taux_is(t))$$
$$RC_reprise_nontech(t) = RC_dotaion(t) \times (1 - taux_is(t))$$

, où $taux_is(t)$ est le taux d'impôts sur les sociétés en vigueur à l'instant t .

En l'occurrence, on aura à établir une dotation de RC suite à la cession des titres compris dans l'enveloppe de risques, qui pourra être reprise en cas de baisse de rendement des titres du portefeuille, ce qui est particulièrement utile en cas de baisse de rendement des actifs comme constaté en ce moment.

Pour les cas étudiés (4 hypothèses émises, décrites au chapitre précédent (cf. section 2.4)), il n'y aura pas de reprise de la RC, ainsi la RC sera dotée d'un montant de $RC_dotation(t) \times taux_is(t)$, soit environ d'un tiers de la dotation en RC. Dans toutes les hypothèses étudiées, les PVR après

la cession augmenteront de 43,2% pour l'année n . Suite à cette augmentation des PVR, la RC au niveau total de GGVIÉ n'augmentera que de 2,0%, mais cette hausse de la RC n'excède pas 0,03% du Passif total de l'assureur.

3.1.2 Duration

La duration (aux taux) est une notion importante en ALM et les assureurs s'y intéressent toujours afin de mesurer l'impact de la variation des taux.

Les 4 hypothèses d'allocation sont donc étudiées en termes de duration.

Classe d'actif	Central	Hyp1	Hyp2	Hyp3	Hyp4
Crédit	0,00	+0,17	+0,02	+0,17	+0,02
Govies	0,00	+0,41	+0,41	+0,41	+0,41
Trésorerie	0,00	+0,06	+0,06	+0,06	+0,06

TABLE 3.1 – Variation de duration suivant les hypothèses d'allocation

Il est donc important de constater que les hypothèses d'allocation ne raccourcissent pas les durations des actifs, ce qui est attendu à la sortie de l'outil d'actif, car l'assureur souhaite ne plus perdre la valeur de ses actifs en cas de baisse des taux en raison du gap de duration négatif.

Néanmoins, le rallongement des durations reste contenu, ce qui ne risque donc pas de perturber le gap de duration actuel.

3.1.3 VM

Puisque l'allocation est modifiée, les actifs concernés par l'allocation présenteront une VM différente de celle avant la modification d'allocation. Une augmentation des chocs est attendue en raison de la prise de risques accrue par cette modification.

Hyp \ Choc	Taux_up	Taux_down	Action_t1	Action_t2	Immobilier	Spread
Avant	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Hyp1	102,2%	100,2%	100,9%	145,9%	137,7%	114,9%
Hyp2	101,3%	100,1%	100,9%	145,9%	137,7%	117,2%
Hyp3	102,2%	100,2%	105,1%	119,3%	137,7%	114,9%
Hyp4	101,3%	100,1%	105,1%	119,3%	137,7%	117,2%

TABLE 3.2 – Choc de VM en fonction des hypothèses par rapport à l'avant-saturation

Les pourcentages inscrits dans le tableau sont calculés par rapport au scénario central avant la saturation.

Comme constaté sur le tableau 3.2, la VM sera davantage choquée par les scénarios correspondant à chaque hypothèse émise. La VM sera quasiment insensible au choc de taux à la baisse. En revanche, les chocs des actions de type 2 et des actifs immobiliers impacteront fortement l'assureur. Finalement, l'assureur voit augmenter le choc dû au choc de spread en raison de prise de risques, en particulier dans les obligations privées de notations inférieures.

Il est utile d'observer une augmentation des actifs risqués qui peut effectivement influencer sur le ratio d'actifs risqués introduit dans le chapitre 1 (cf. section 1.4).

Les pourcentages inscrits dans le tableau 3.3 sont calculés par rapport à l'Actif total de GGVIÉ, car le ratio d'actifs risqués n'est pas basé seulement sur le portefeuille modélisé par l'étude, qui est un sous-ensemble du total du portefeuille de GGVIÉ.

Les hypothèses 1 et 3 augmentent le ratio d'actifs risqués de GGVIÉ de 2,0% et les autres hypothèses de 3,5%. Dans tous les cas, ce ratio de GGVIÉ sera maintenu à un niveau inférieur à 20%, ce qui est un niveau acceptable en pratique.

Hyp\Actif	Action (hors infrastructure)	Corporate HY & NR	Infrastructure
Hyp1	+0,9%	+0,8%	+0,3%
Hyp2	+0,9%	+2,3%	+0,3%
Hyp3	+0,9%	+0,8%	+0,3%
Hyp4	+0,9%	+2,3%	+0,3%

TABLE 3.3 – Variation des actifs risqués en fonction des hypothèses par rapport à l'avant-saturation

Ainsi, il est désormais possible de retenir une hypothèse en fonction des considérations exposées ci-dessus, du caractère réaliste de chaque hypothèse (situation actuelle de l'assureur et environnements économique et financier) mais aussi de l'objectif de cette étude (tolérance aux risques).

En fait, la comparaison des 4 hypothèses en termes de PMVL et sensibilité fournit un résultat difficile à départager car elles présentent finalement des caractéristiques similaires.

En matière de réalisme, les hypothèses 2 et 4 sont les plus pertinentes, car elles reflètent le fait que les actions de type 2 et d'infrastructure sont peu liquides en pratique comme discuté lors de la détermination des actifs éligibles à l'investissement à la fin du chapitre 2 (cf. section 2.4).

Finalement l'objectif du mémoire au niveau opérationnel doit être pris en compte. L'étude a pour but de tester la capacité de prise de risque de l'assureur, donc une propension aux risques est envisageable dans le cadre de l'étude. Par rapport à cet argument, l'hypothèse 2 est finalement sélectionnée, car elle permet de prendre plus de risques que l'hypothèse 4 en termes de notation de crédit.

3.2 ALM

Le modèle ALM consiste à projeter des flux d'actifs et de passifs en prenant en compte des hypothèses émises en amont. Le graphique en figure 3.1 illustre ce principe.

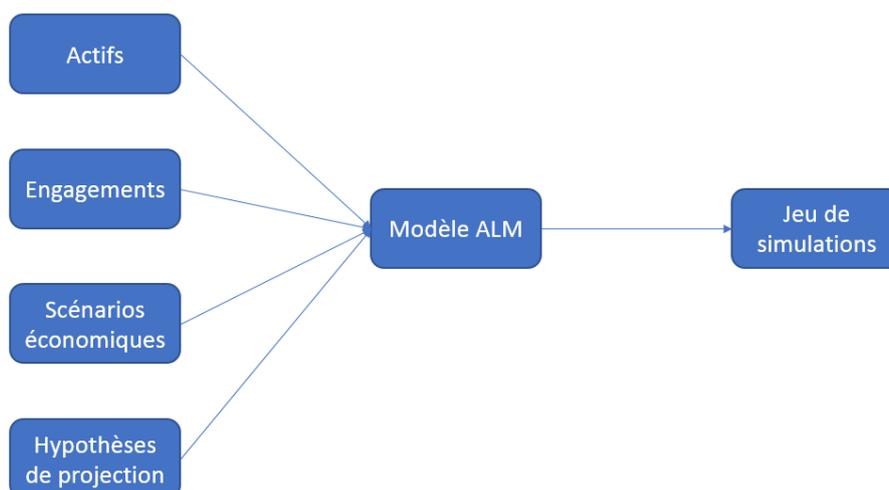


FIGURE 3.1 – Fonctionnement général du modèle ALM

Plusieurs éléments se verront changer à travers l'étude. Parmi eux, les actifs sont obtenus par la nouvelle allocation introduite dans la section précédente. Puis les scénarios économiques d'un nombre conséquent seront générés pour simuler de différentes situations économiques. Les actifs sont directement modifiés par les scénarios économiques lors de la projection suivant chaque scénario. Les engagements (e.g. les contrats d'assurance) et les hypothèses de projection (e.g. la loi de mortalité, la loi de rachat et la politique de PB (Participation aux Bénéfices)), quant à eux, sont conditionnés par les actifs et les scénarios économiques au sein du modèle ALM.

Ainsi, l'observation du GSE, étant une des étapes préalables du modèle ALM, s'effectuera avant d'analyser les résultats du modèle ALM, d'où la sous-section suivante.

3.2.1 GSE - Générateur de Scénarios Économiques

Comme évoqué au début de cette section, le modèle ALM nécessite un GSE approuvé par l'entreprise et l'autorité de contrôle. Le GSE développé par Barrie & Hibbert, qui a été acquis par Moody's Analytics en 2011, est un outil utilisé par beaucoup d'assureurs sur le marché européen et mondial.

Le GSE est un outil qui génère des scénarios des taux nominaux et réels (donc l'inflation également), des actions et des actifs immobiliers, ce qui permettra de lancer un nombre important de simulations (en l'occurrence 5000 simulations pour GGVIÉ) au sein du modèle ALM. Dans l'assurance vie, un GSE est indispensable en raison de l'asymétrie du partage de résultat entre l'assureur et l'assuré (cf. annexe D). En effet, cette asymétrie ne permet pas de se contenter de faire un calcul déterministe basé sur un seul scénario.

Le GSE adopté par l'assureur présente plusieurs caractéristiques :

- Risque-neutralité : cet aspect abondamment parlé dans le secteur financier est essentiel pour un GSE utilisé par les assureurs. La risque-neutralité consiste à supposer qu'à long terme les actifs rapportent un même rendement au taux sans risque, ce qui va être traduit par la martingalité des scénarios générés. Le test martingale consiste à vérifier si les prix actualisés des actifs projetés sont des martingales sous la probabilité risque-neutre (cf. annexe J). La risque-neutralité a une utilité particulière dans la simulation des flux en ALM, car elle permet d'évaluer les flux d'actifs avec le même taux d'une manière cohérente. De plus, les résultats de mathématiques financières obtenus dans le monde risque-neutre sont valables ou tout au moins facilement transposables dans le monde réel.
- Cohérence avec le marché (*Market Consistency*) : cet aspect est important pour garantir la véracité du GSE. Autrement dit, le calibrage sur les instruments financiers disponibles sur le marché dotera le GSE d'une cohérence avec le marché. En général, les volatilités sont utilisées pour le calibrage.

Le fonctionnement du GSE de Moody's sera désormais analysé. L'objectif du mémoire n'étant pas de directement manipuler ni modifier le GSE, on va simplement évoquer les modèles, leurs hypothèses et méthodes de calibrage et finalement les interprétations des résultats sortis du GSE.

Taux nominaux : LMM+

Le modèle LMM+ (*Libor Market Model+*) est adopté par Moody's pour simuler les taux nominaux. L'idée sous-jacente du modèle LMM est l'hypothèse sur la proportionnalité de la variation des taux *swap forward* par rapport à eux-mêmes sous certaines probabilités, ce qui rend le modèle log-normal. Sous cette hypothèse, la dynamique d'un taux *swap forward* peut être une fonction des taux *swap forward* observés avant l'instant du *forward* en question et leurs volatilités ajustées par les corrélations entre ces taux (cf. annexe I).

Ce modèle présente plusieurs avantages :

- Il permet de simuler la dynamique des taux *forward* directement. Les taux issus du modèle étant des taux *forward*, ce modèle est confortable pour l'utilisation.
- Il permet de garantir la risque-neutralité des taux *forward* en associant les taux *swap forward* à une mesure spécifique appelée mesure de *swap* dans laquelle les taux *swap* évolue en suivant une martingale.
- Le nombre important des paramètres utilisés pour le calibrage améliore la cohérence avec le marché.
- Les volatilités de *swaption* sont des instruments souvent échangés sur le marché monétaire, ce qui garantit la disponibilité des données de calibrage.

En revanche, le nombre important des paramètres utilisés pour le calibrage impose de supposer certaines relations entre les taux *swap forward*, i.e. leurs corrélations entre autres, ce qui rend difficile le calibrage du modèle. De plus, le modèle LMM présente un inconvénient notable, car il ne simule que les taux positifs en raison de sa log-normalité. Cette caractéristique n'est évidemment pas adaptée à l'environnement actuel.

Donc, pour pallier ce problème, un modèle intitulé DD-LMM (*Displaced Diffusion - LIBOR Market Model*) a été proposé. Il consiste à ajouter un facteur de translation. Finalement, le modèle LMM+ arrive en pratique avec des volatilités stochastiques et il apporte une cohérence avec le marché plus efficace.

Comme évoqué plus tôt, le GSE doit satisfaire la martingalité pour être risque-neutre. Le test de martingale en pratique consiste à tester si la moyenne des déflateurs à tout instant jusqu'à l'horizon de simulation se situe dans un intervalle de confiance au voisinage des prix de zéro-coupon connus à l'instant $t = 0$.

Mathématiquement ce test est basé sur le constat suivant :

On a

$$\forall s \leq t, \mathbb{E}^{\mathbb{Q}}(R_t D_t | \mathcal{F}_s) = D_s R_s$$

, où \mathbb{Q} la probabilité risque-neutre, D_t le déflateur stochastique, R_t le prix de l'instrument étudié. Cette égalité peut être interprétée ainsi : le processus des prix actualisés vérifie la définition de la martingale sous la probabilité risque-neutre. Donc à l'instant $t = 0$, on doit avoir

$$\forall t \geq 0, \mathbb{E}^{\mathbb{Q}}(P(0, t) D_t) = 1$$

pour le prix de zéro-coupon $P(0, t)$ vu à l'instant 0 et de maturité t .



FIGURE 3.2 – Prix de zéro-coupon actualisé

D'après le GSE, le déflateur composé annuellement se calcule ainsi :

$$D(t) = \prod_{i=0}^{t-1} P(i, i+1)$$

, où $P(i, i+1)$ prix de zéro-coupon de maturité $t = i+1$ vu à l'instant $t = i$. Et suivant le principe de la méthode de Monte-Carlo, il est possible de faire une approximation de l'espérance par la moyenne empirique des prix de zéro-coupon actualisés sur 5000 scénarios simulés, ce qui permet d'avoir recours au Théorème Central Limite (TCL).

Comme constaté sur le graphique en figure 3.2, les prix de zéro-coupon actualisés pour toute maturité t s'approchent d'1. En plus, le TCL fournit un intervalle de confiance $[P(0, t) - q_{1-\alpha/2} \frac{\sigma_{t,N}}{\sqrt{N}}, P(0, t) +$

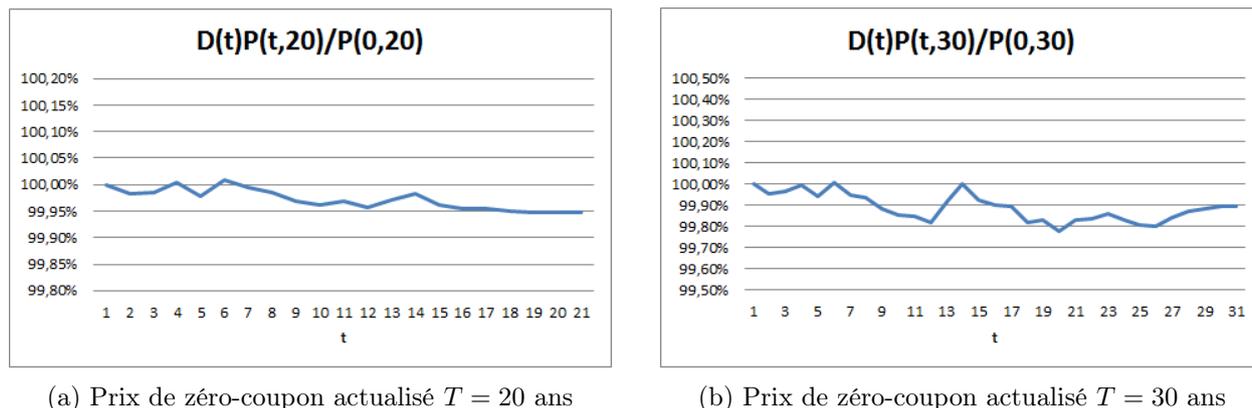


FIGURE 3.3 – Prix de zéro-coupon actualisé pour différentes maturités

$q_{1-\alpha/2} \frac{\sigma_{t,N}}{\sqrt{N}}]$, où $q_{1-\alpha/2}$ le quantile d'ordre $1 - \alpha/2$, N le nombre de scénarios simulés (ici $N = 5000$) et $\sigma_{t,N}$ l'écart-type estimé pour l'instant t sur N simulations. Les valeurs observées sont comprises dans cet intervalle pour toute maturité.

On peut faire un autre test de martingale qui consiste à vérifier si le prix de zéro-coupon de maturité T achetée à l'instant t actualisé est très proche du prix de zéro-coupon de maturité T à l'instant 0. Mathématiquement, cela revient à vérifier si l'on a $\forall T > t > 0, \mathbb{E}^{\mathbb{Q}}(P(t, T)D_t) = P(0, T)$. Les résultats de ce test pour $T = 20, 30$ sont illustrés sur les graphiques en figures 3.3a et 3.3b.

Les résultats démontrent que les taux nominaux générés satisfont le critère de martingale.

Taux réels : Vasicek à 2 facteurs

Les taux réels sont des taux nominaux ajustés par le taux d'inflation. Le taux d'inflation peut être défini par le taux de variation d'un indice reflétant le coût de la vie dans un pays ou une région, souvent connu sous le nom de l'IPC (Indice des Prix à la Consommation) en France.

En effet, soient $P_n(t, T)$ et $P_r(t, T)$ les prix de zéro-coupon nominaux et réels respectivement pour $T \geq t$. Il est donc possible de définir les taux *forward* (simplement composés, actuellement composés et instantanés) et les taux spot avec les prix de zéro-coupon réels comme ceux de zéro-coupon nominaux.

Si l'on connaît 2 indices entre les 3 indices dont les taux nominaux, les taux réels et l'inflation, alors le reste en découle naturellement par l'équation suivante :

$$P_r(0, T) = P_n(0, T)\mathcal{I}(T), \forall T \geq 0 \quad (3.2)$$

, où $\mathcal{I}(T)$ est l'IPC *forward* ou le *swap* inflation qui sont échangés sur le marché.

Les paramètres de calibrage utilisés par Moody's sont des OAT indexées pour 6 maturités au niveau européen.

Donc les taux réels peuvent être modélisés par le modèle suivant (Vasicek à 2 facteurs) :

$$\begin{cases} dx(t) = \alpha_1(y(t) - x(t))dt + \sigma_1 dz_1(t) \\ dy(t) = \alpha_2(\mu - y(t))dt + \sigma_2 dz_2(t) \end{cases}$$

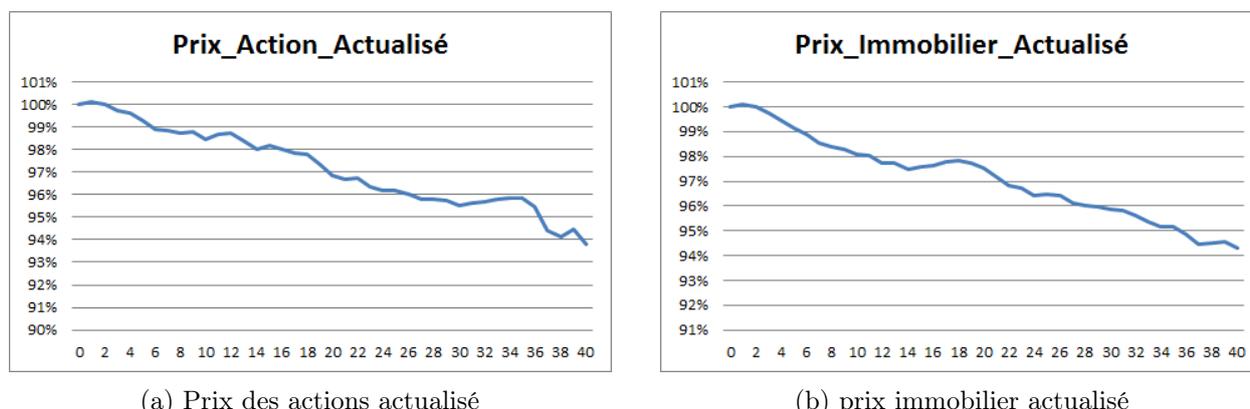
, où $r(t), m(t)$ les parties correspondant aux taux court et moyen. Et le taux réel est déterminé par $r(t) = x(t) + y(t)$. Les paramètres $\alpha_1, \alpha_2, \sigma_1$ et σ_2 sont calibrés sur l'historique des taux réels par la méthode des moindres carrés. En revanche, les paramètres $\mu, x(0)$ et $y(0)$ sont calibrés sur les prix des OAT€i (OAT contre l'inflation européenne) observés sur le marché.

La dynamique des taux courts et moyens est pertinente dans le sens du "retour à la moyenne", i.e. le taux court a tendance à ne pas s'éloigner du taux moyen et celui-ci n'a pas tendance à s'éloigner d'un facteur calibré μ .

La figure 3.4 montre que les taux réels du GSE peuvent être validés en termes de martingalité, car les prix de zéro-coupon actualisés ne s'éloignent pas de 100%.



FIGURE 3.4 – Prix de zéro-coupon réelle actualisé



(a) Prix des actions actualisé

(b) prix immobilier actualisé

FIGURE 3.5 – Indices de l'Action et l'Immobilier

Actions et actifs immobiliers

Ces actifs risqués sont modélisés par la fameuse formule de Black-Scholes. Mais le modèle proposé par Moody's est sophistiqué car il consiste à combiner plusieurs facteurs dans la formule Black-Scholes par la méthode de l'ACP (Analyse en Composantes Principales).

Le modèle adopté par Moody's est ainsi :

$$\ln \frac{S_{t+\Delta t}}{S_t} = r(t)\Delta t + \sum_{f=1}^F \beta_f (\mu_f \Delta t + \sigma_f \Delta Z_t) - 0.5 \left(\sum_{f=1}^F \beta_f^2 \sigma_f^2 \right) \Delta t \quad (3.3)$$

, où $S(t)$ est l'indice de rendement total des actifs risqués sans dividende, $r(t)$ est le taux sans risque à l'instant t , μ_f et σ_f le rendement espéré et la volatilité du facteur f respectivement et β_f le coefficient du facteur f .

Le GSE utilise donc 2 composantes : une composante principale qui peut être interprétée comme un indice reflétant la conjoncture mondiale et une autre composante secondaire qui peut être vue comme un indice de la conjoncture régionale.

L'analyse détaillée de la construction du GSE n'étant pas l'objectif de ce mémoire, on se concentrera à vérifier si les prix des actions et les prix immobiliers sont conformes à la risque-neutralité.

Pour ce faire, on vérifie que $\mathbb{E}^{\mathbb{Q}}(S(t)D_t) = S(0) \simeq 1$. Le résultat est montré dans la figure 3.5.

Les prix actualisés de ces actifs risqués montrent une tendance à s'écarter d'1 quand la maturité s'accroît. En effet, dans l'équation 3.3, les composantes hors le rendement au taux sans risque contribuent à cet écart, bien que dans le monde risque-neutre $\mu_f = 0, \forall f$. Néanmoins les prix actualisés restent dans son intervalle de confiance d'ordre 95% et proches d'1, ce qui permet de valider ce GSE pour les actifs risqués.

3.2.2 VIF

Méthodologie

Pour rappel, la VIF est la valeur actuelle du portefeuille d'un assureur vie. Il est important de regarder l'architecture du modèle ALM avant d'analyser le calcul de la VIF.

La société est constituée d'un ensemble de portefeuilles d'actifs. À chaque portefeuille sont adossés un ou plusieurs "cantons". Il s'agit d'un cantonnement de polices d'assurance partageant le même fonds de participation aux bénéficiaires, ou d'un groupe de contrats à la maille duquel on souhaite disposer des marges projetées ou des valeurs de portefeuille. Un canton est lui-même composé de plusieurs Groupes Homogènes de Risque (ou "GHR"), maille plus fine d'agrégation de polices ayant des caractéristiques suffisamment communes pour être considérées comme semblables vis-à-vis du risque qu'elles comportent. Un GHR contient plusieurs *model points* de passif, maille la plus fine de modélisation des contrats d'assurance. Il s'agit généralement de la maille produit×strate de taux garanti ou de taux technique. Cette organisation du modèle ALM est visualisée par le diagramme en figure 3.6.

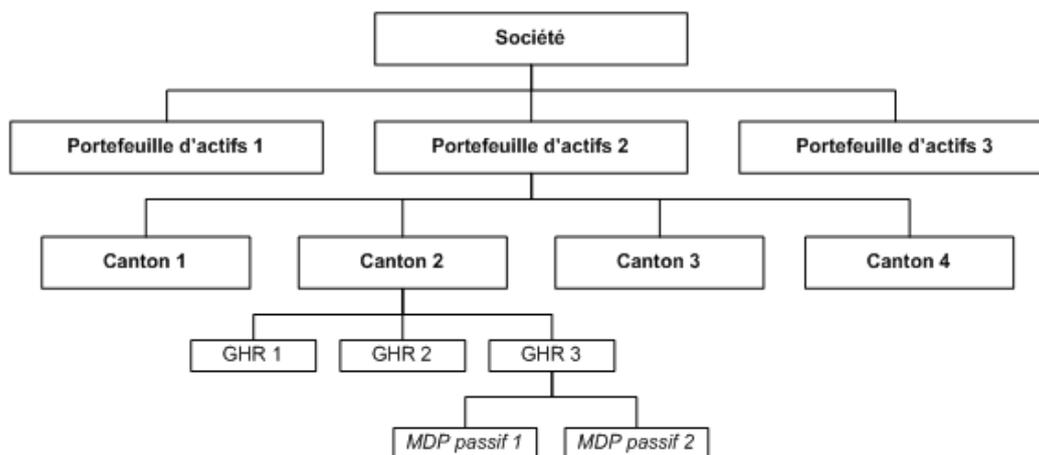


FIGURE 3.6 – Architecture du modèle ALM

Le modèle ALM peut être utilisé de deux manières différentes :

- soit sur la base d'un unique scénario économique, dans lequel on souhaite projeter et analyser les éléments de bilan et de compte de résultats. On parlera d'une projection déterministe.
- soit à partir d'un grand nombre de scénarios économiques, auquel cas on s'intéressera à la moyenne de certaines quantités projetées. Il s'agit dans ce cas d'une projection stochastique.

La projection déterministe se base sur une seule trajectoire économique qui est considérée comme la plus probable au vu de l'environnement économique observé lors de la projection. Suite à cette projection, l'assureur obtiendra les résultats suivants :

- Les actifs de placement projetés
- Les polices d'assurance projetées
- Les bilans et comptes de résultats projetés

La projection stochastique, quant à elle, prend les mêmes entrées que dans le cas déterministe, à la différence que la projection s'effectue sur un grand nombre de trajectoires économiques, et produit les résultats suivants :

- Les valeurs actuelles des flux de trésorerie liés aux engagements envers les assurés qui constitueront une grande partie de la BE de ces engagements.
- Les valeurs actuelles des flux de trésorerie de la société.
- Les valeurs actuelles des éléments de fin de projection qui est le bilan final du *run-off* (cf. annexe D) du portefeuille de l'assureur.

Pour un canton donné, la VIF est composée de la valeur actuelle :

- des dividendes versés aux actionnaires/sociétaires : la marge nette d'impôt de l'assureur à l'exercice t est supposée versée en dividendes aux actionnaires au 30 juin de l'année $t + 1$, excepté pour le résultat de dernière année de projection qui est supposé versé à la fin de cette dernière année
- de la RC de fin de projection qui n'est pas soumise à l'impôt sur les sociétés et n'est donc pas ajustée à ce titre
- de la PRE (Provision pour Risque d'Exigibilité) de fin de projection, nette d'impôt (cf. annexe C)
- des moins-values latentes sur les titres relevant de l'article 343-10 du code des assurances, nettes d'impôt
- des plus ou moins-values latentes sur les titres relevant de l'article 343-9 du code des assurances et des plus-values sur les titres de R343-10, nettes d'impôt et partagées avec les assurés au moyen d'une clé de partage définie par canton

Un fichier de sortie du modèle ALM a été utilisé pour établir des statistiques. Ce fichier étant déjà agrégé à la maille de cantons et de scénarios simulés (5000 scénarios) fournit une vision détaillée de la simulation. Un retraitement a donc été nécessaire pour obtenir une vision globale au niveau de GGVIÉ.

Analyse

Une étude a été menée en vue de tirer une conclusion en termes de statistiques. Avant de se diriger vers une étude statistique inférentielle, il est important de voir une description de la VIF.

Statistique	Valeur (Md€)	Description
Min	-14,251	
Max	2,943	
Moyenne	1,663	Échantillon entier
Moyenne "négative"	-1,450	Moyenne des VIF négatives
Médiane	1,338	Échantillon entier
VaR 99,5%	-4,821	Quantile d'ordre de 0,5% < 0
VaR 95%	-1,034	Quantile d'ordre de 5% < 0

TABLE 3.4 – Statistiques descriptives des VIF

Il est important de remarquer qu'il s'agit d'une distribution asymétrique de queue de distribution à gauche (cf. figure 3.7).

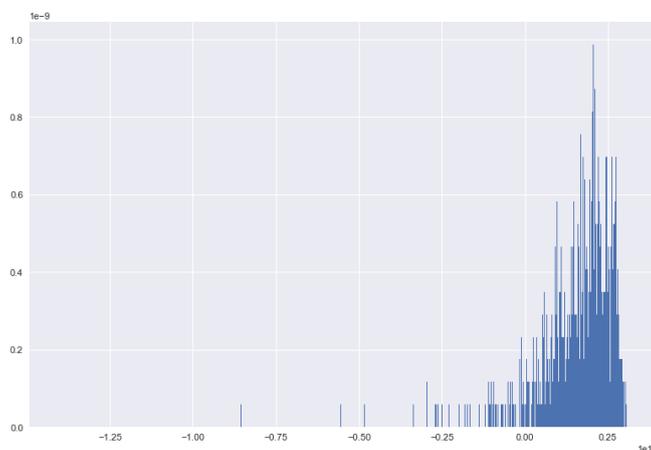


FIGURE 3.7 – Histogramme de la distribution des valeurs stochastiques

Dans la plupart des scénarios (4480 sur 5000 scénarios), la VIF est positive, ce qui peut être visualisé par le diagramme en boîte (cf. figure 3.8).

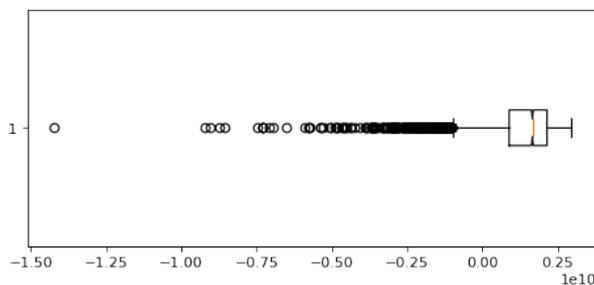


FIGURE 3.8 – Diagramme en boîte des VIF

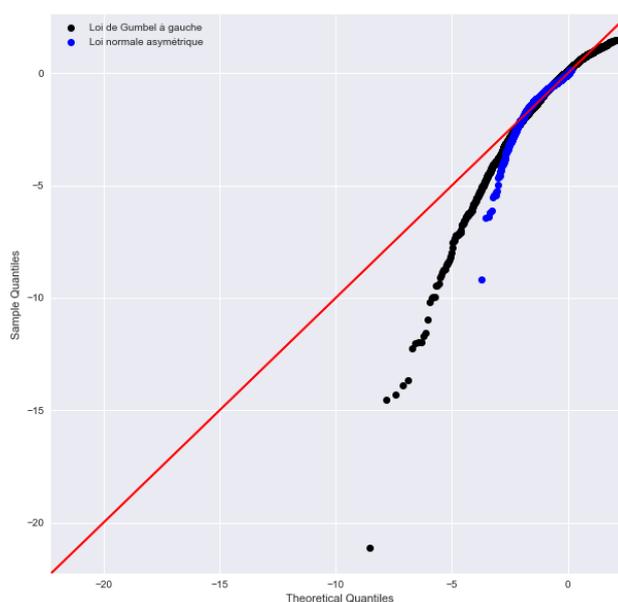


FIGURE 3.9 – QQ-Plot de l'échantillon par rapport aux lois étudiées

Pour estimer la loi probabiliste des VIF, la loi de Gumbel de queue à gauche et la loi normale asymétrique sont choisies, car elles sont asymétriques ayant une queue légère à gauche.

La loi de Gumbel standardisée de queue à gauche est caractérisée par cette fonction de densité :

$$f(x) = \exp(x - \exp(x))$$

Quand elle n'est ni centrée ni réduite (avec 2 paramètres (*pos*, *echelle*) correspondant à la position déplacée et l'échelle de multiplication), on peut faire une transformation comme suit pour revenir à la forme standardisée :

$$g(x, pos, echelle) = \frac{f(y)}{echelle}$$

, où $y = \frac{x-pos}{echelle}$.

La loi normale asymétrique standardisée a une fonction de densité comme suit :

$$f(x) = 2\phi(x)\Phi(ux)$$

, où $\phi(x) = \frac{\exp(-\frac{x^2}{2})}{\sqrt{2\pi}}$ et $\Phi(ux) = \int_{-\infty}^{ux} \phi(t)dt$ (u : paramètre de forme).

Comme avec la loi de Gumbel, on peut construire une loi normale asymétrique généralisée en transformant la variable suivant la loi normale asymétrique standardisée X ainsi : $Y = a + bX$, où a et b paramètres de position et d'échelle.

Pour comparer le degré d'adaptation de ces lois à l'échantillon, il est important d'observer des QQ-Plot de l'échantillon par rapport aux lois (cf. figure 3.9). On peut constater que la loi de Gumbel est mieux adaptée à l'échantillon par rapport à la loi normale asymétrique. On procède donc à estimer ses paramètres, à savoir les paramètres de position et d'échelle.

Selon l'estimation menée sous Python en utilisant le maximum de vraisemblance, $pos = 2,028 \times 10^9$ et $echelle = 0,762 \times 10^9$ (cf. figure 3.10). Pour mesurer la qualité d'ajustement, la moyenne et la médiane empiriques et théoriques ont été comparées entre elles et les écarts relatifs pour la moyenne et la médiane sont de 3,7% et -6,8% qui ne sont pas excessifs.

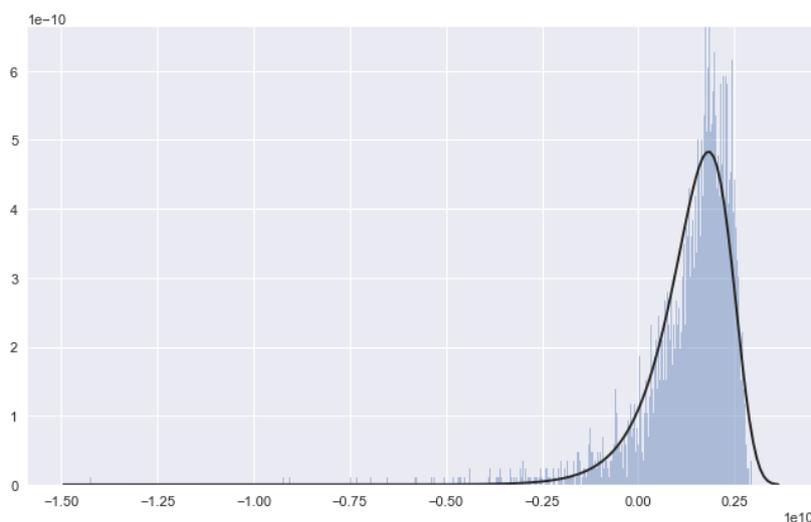


FIGURE 3.10 – Estimation de la loi de Gumbel

Pourtant, il est vrai qu'aux valeurs extrêmes à la gauche la qualité d'ajustement se détériore, i.e. des erreurs relatives importantes au niveau de la queue gauche ont été constatées pour différents quantiles. Plus précisément, $\frac{VaR_{\alpha}^{theorique}(VIF)}{VaR_{\alpha}^{empirique}(VIF)}$ s'éloigne largement de 100% si $\alpha \in]0\%, 13\%]$.

Donc la loi de Gumbel de queue à gauche peut être utilisée seulement pour estimer les statistiques "centrales" (moyenne, médiane et moments) dans le cadre de l'étude des VIF.

Pourtant ce résultat ne serait pas jugé inutile, car en pratique le but des projections stochastiques n'est pas d'étudier chacune des trajectoires mais plutôt de mesurer les statistiques du premier ordre des quantités et cette estimation donnera une possibilité d'autres modélisations statistiques plus fines que celle présentée ci-dessus.

3.2.3 SCR et ratio de couverture du SCR

Comme discuté brièvement dans le chapitre d'introduction (cf. section 1.2), la gestion des risques dans Solvabilité 2 s'effectue en fonction des modules regroupant des sous-modules suivant les activités. Ce regroupement prend en compte les corrélations entre les sous-modules et ces modules, quant à eux, seront sommés tenant compte des corrélations entre eux.

Le SCR de chaque sous-module se calcule en général par la différence entre ANR (Actif Net Réévalué) du scénario central et celui du scénario choqué correspondant à ce sous-module. Autrement dit, $SCR_{sous_module} = ANR_{central} - ANR_{choc} = VM_{central} - BE_{central} - (VM_{choc} - BE_{choc}) = \Delta BE - \Delta VM$, où $\Delta BE = BE_{choc} - BE_{central}$ et $\Delta VM = VM_{choc} - VM_{central}$. Donc le SCR d'un sous-module peut être défini aussi par la différence entre la variation de la BE et la variation de la VM suite au choc correspondant.

Il est évident qu'on observera une augmentation du SCR total, car le SCR Marché augmentera en raison de prise de risques plus importante qu'avant l'étude. Les exigences des autorités de contrôle auprès des assureurs consistent à avoir un ratio de couverture du SCR de plus de 100% et en général les assureurs activent un plan d'actions en cas de baisse de ce ratio en deçà d'un seuil prédéfini par eux-mêmes.

Avant de commenter les résultats du modèle ALM, il est utile d'observer la variation des ΔVM pour les chocs de la Formule Standard de l'avant-saturation et de l'après-saturation à travers le tableau ci-dessous :

<i>VM</i> (suite à la)	Volume	Variation
Hausse de taux	33,8%	+1,3%
Baisse de taux	-2,5%	+0,1%
Baisse des actions de type 1	27,7%	+0,9%
Baisse des actions de type 2	8,1%	+45,9%
Baisse de l'immobilier	10,7%	+37,7%
Hausse de spread	22,3%	+17,2%

TABLE 3.5 – Volume (en %) et variation de la *VM* en fonction des chocs de la Formule Standard

On peut remarquer sur le tableau que ΔVM du choc de la baisse de taux n'a quasiment pas été modifié par la modification d'allocation, car le nouvel investissement aux produits de taux suite à la saturation a été concentré sur les produits de moins de 10 ans et que les taux de moins de 10 ans sont très peu impactés par le choc de la Formule Standard. L'absence de l'impact dû à la baisse de taux provient du fait que les taux sans risque sont négatifs jusqu'à la maturité de 8 ans à l'instant du 31/12/2019. Le signe du volume de ΔVM est considéré négatif, puisque suite à un choc de baisse de taux la *VM* s'accroît contrairement aux autres chocs. Cet aspect de choc de taux particulier sera rediscuté au chapitre de la conclusion et à l'annexe K.

Ensuite, les résultats issus du modèle ALM ont été étudiés en termes de SCR. Malgré la hausse constatée au niveau des ΔVM_{choc} , il est attendu que cette hausse soit absorbée par les PT et par l'effet de diversification entre les modules de risques de la Formule Standard.

D'après la directive Solvabilité 2, l'ajustement visant à tenir compte de la capacité d'absorption des pertes des provisions techniques et des impôts différés reflète la compensation potentielle de pertes non anticipées par une baisse simultanée soit des provisions techniques soit des impôts différés, ou une combinaison des deux. Cet ajustement tient compte de l'effet d'atténuation des risques inhérent aux prestations discrétionnaires futures des contrats d'assurance, dans la mesure où les entreprises d'assurance et de réassurance peuvent démontrer avoir la possibilité de réduire ces prestations pour couvrir des pertes non anticipées au moment où celles-ci surviennent. L'effet d'atténuation des risques inhérent aux prestations discrétionnaires futures n'excède pas la somme des provisions techniques et des impôts différés afférents auxdites prestations discrétionnaires futures.

De plus, l'augmentation du SCR dans un ou des modules de risques peut être clairement atténuée par la diversification entre les modules en raison des corrélations entre eux, d'où la différence observée entre la somme des SCR des modules individuels et le SCR total agrégé.

Ces effets ont été observés également au niveau des résultats obtenus dans le cadre de ce mémoire.

Ici le BSCR (Basic Solvency Capital Requirement) est le BSCR net d'absorption des pertes par les PT qui est l'agrégation des SCR de modules (Marché, Contrepartie, Souscription Vie/Non-Vie et Santé) à laquelle s'ajoute le SCR du module des actifs intangibles (en l'occurrence le SCR de ce module-ci est égal à 0) compte tenu de l'effet de diversification. Au BSCR net, s'ajoutent encore un nouvel ajustement dû à l'agrégation de nSCR des fonds cantonnés permettant de corriger le biais d'avoir utilisé les fonds cantonnés en dehors de leurs cloisonnements dans le calcul des SCR. Finalement le SCR du module opérationnel va être ajouté au résultat ajusté précédemment.

En revenant sur les graphiques montrant l'évolution des SCR entre avant et après la saturation des limites, il va de soi que le SCR Immobilier a augmenté davantage que ceux des autres sous-

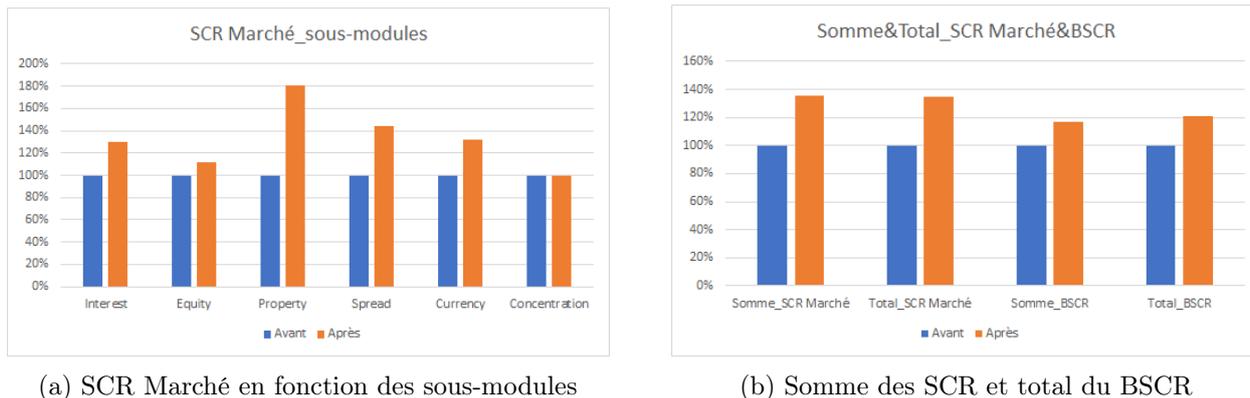


FIGURE 3.11 – Comparaison des SCR entre avant et après la saturation

modules comme le sous-module de risques sur les actifs immobiliers n'a pu bénéficier de l'effet d'absorption autant que les autres sous-modules, en particulier le sous-module de risques sur actions comme constaté sur le graphique gauche en figures 3.11a.

L'allocation modifiée dans le cadre de l'étude a été également fixée pour maximiser l'effet de diversification. Ce dernier a été constaté au niveau du module de risques du marché en faisant bénéficier d'une baisse du SCR de presque 600M€, ce même pour l'agrégation pour le BSCR avec la diminution d'environ 500M€. Ainsi, le BSCR augmente seulement d'environ 20% malgré l'augmentation de 35% du SCR Marché (cf. 3.11b).

Suite à cette étude, l'assureur se voit présenter un ratio de couverture du SCR toujours au-dessus de 150%, ce qui ouvrirait aisément une piste pour d'autres études lui permettant de prendre encore plus de risques.

Chapitre 4

Conclusion

Dans ce chapitre, les perspectives de l'étude seront discutées sous plusieurs angles en gardant un esprit critique sur de nombreuses sphères y compris le cadre théorique, les méthodologies appliquées ainsi que la temporalité du mémoire.

4.1 Limites de l'étude

Avant de commencer la discussion des perspectives de l'étude, il est essentiel de regarder des aspects imparfaits et/ou perfectibles afin de proposer de nouvelles pistes pour l'avenir, puisque le sujet de l'étude est également inscrit dans les missions de la gestion des risques de l'assureur.

4.1.1 Réflexion sur les modèles utilisés

Dans cette sous-section, le but est de critiquer les modèles qui sont admis et utilisés amplement par les assureurs du point de vue de l'épistémologie.

Un modèle peut être défini comme "un cadre représentatif, idéalisé et ouvert, reconnu approximatif et schématique mais jugé fécond par rapport à un but donné : prévoir, agir sur la nature, la connaître mieux, etc."

En effet, la modélisation a été une façon d'expliquer le monde, mais en ce moment cela est aussi devenu notre façon (presque) entière de percevoir le monde. Autrement dit, les modèles sont devenus un filtre et/ou un voile à travers lesquels l'être humain perçoit le monde.

Pendant des milliers d'années, l'humanité a toujours tenté d'expliquer le monde qui l'entoure par des modèles plus ou moins bien conçus. Depuis, le monde a clairement évolué mais les modèles l'expliquant ont évolué plus que le monde n'a évolué. En faisant des débats l'être humain a su comment adapter ses modèles théoriques à la réalité différemment perçue au fil du temps.

Grâce aux modèles il a été possible d'expliquer et de prédire les phénomènes, ce qui est un succès incroyable de la capacité intellectuelle de l'humanité. Néanmoins, cet aspect "merveilleux" rend les modèles trop attractifs, voire addictifs. Au lieu de faire des efforts pour observer le monde tel qu'il est (bien évidemment ces efforts demandent un temps et/ou un coût considérables), la plupart de la population, quel que soit le niveau intellectuel, a tendance à préférer utiliser un modèle sans le remettre en question pour tout type d'activité.

Ainsi, nous risquons de nous enfermer dans un paradigme où les discussions se passent sans côtoyer autre chose que les éléments dans les modèles étudiés et/ou admis.

À partir de cette remarque, le cadre théorique et les modèles adoptés dans ce mémoire seront remis en question même si les sujets qui vont être traités ne sont certainement pas exhaustifs.

VaR (Value-at-Risk)

Par définition dans la directive Solvabilité 2, le SCR correspond à la VaR des fonds propres de base de l'entreprise d'assurance ou de réassurance, avec un niveau de confiance de 99,5% à l'horizon

d'un an.

Dans le langage statistique, la VaR n'est rien d'autre qu'un quantile, mais une subtilité de cette notion réside dans son horizon.

Par exemple, le SCR est à l'horizon d'un an, alors que la VaR est une notion introduite dans le secteur bancaire pour estimer les pertes potentielles à l'horizon entre 1 et 30 jours. En effet, les banques utilisent des instruments financiers d'une fréquence très élevée (les taux EONIA publiés chaque jour) par rapport au monde assurantiel qui utilisent des données d'une fréquence à moyen terme (les taux et indicateurs publiés une fois par mois, voire une fois par trimestre). Donc le fait que la VaR a été transposée dans le secteur assurantiel avec des traces du secteur bancaire peut poser certains problèmes en matière de risque de modèle.

Il est donc important de détailler l'utilisation de la VaR dans certaines parties de la Formule Standard de Solvabilité 2.

1. Pour les chocs de taux dans le cadre de SCR Taux, l'EIOPA avait maintenu sa position de ne pas choquer les taux négatifs à la baisse en justifiant qu'il y a peu de probabilité que le taux soit encore à la baisse étant donné qu'il est déjà très bas. Or, les taux n'ont pas cessé de baisser depuis 5 ans, donc l'EIOPA a finalement accepté de réviser le modèle actuel de choc de taux à la baisse. Malgré les efforts de l'EIOPA consistant à rendre le calibrage de nouveaux paramètres adapté à la réalité, le processus montre certaines limites (cf. annexe K).
2. Le calibrage de l'EIOPA de chocs des actions présente un autre problème. Dans la dernière QIS 5, ils ont utilisé des données journalières d'un indice (*MSCI World Developed Index*) publié entre 1973 et 2009 et adopté la même méthodologie que celle avec les chocs de taux, ce qui implique qu'elle présente le même problème de l'auto-corrélation. De plus, même si l'EIOPA a fini par rejeter l'hypothèse gaussienne sur les rendements annuels (cf. figure 4.1), sa conclusion est un compromis entre les quantiles sous l'hypothèse gaussienne et empiriques, ce qui n'est pas très convaincant d'un point de vue statistique.
3. Les VaR calculées pour le calibrage de la Formule Standard sont en général des VaR historiques. La méthodologie est toujours d'utiliser les données historiques. Pour que le résultat de calibrage soit fiable, la période d'échantillonnage doit être choisie d'une manière pertinente à la fois pour avoir une profondeur historique et pour avoir une sensibilité par rapport au contexte économique actuel. Ce qu'il ne faut pas oublier est que la VaR historique est une VaR rétrospective, alors que la VaR réellement nécessaire est celle prospective (au moins théoriquement).

D'autres exemples moyennement convaincants peuvent compléter la liste ci-dessus. Mais le point principal sur ce sujet est qu'il manque toujours un argument très convaincant pour justifier le choix des données journalières pour estimer une VaR à l'horizon d'un an. D'ailleurs le terme de l'"horizon d'un an" devrait signifier la durée d'un an à partir de l'instant d'observation t , plutôt que le moment instantané un an plus tard par rapport à l'instant t . Pourtant toutes les méthodologies appliquées par l'EIOPA se basent plutôt sur la seconde signification de l'horizon, ce qui affaiblit la force statistique des calibrages.

Corrélation

Pour rappel, le BSCR est une agrégation des SCR des modules en appliquant les corrélations entre ceux-ci.

La corrélation est une mesure très utilisée en pratique et ce pour 4 raisons majeures :

- Elle concorde parfaitement avec la loi normale, i.e. le coefficient de corrélation linéaire apparaît de façon naturelle comme paramètre de la densité des vecteurs gaussiens. L'usage de la loi normale est universel et transversal en pratique.
- Elle joue un rôle important dans les modèles de régression linéaire qui sont historiquement très utilisés partout.

- En finance, elle est une composante utilisée pendant longtemps, surtout dans les modèles de gestion de portefeuilles comme celui de Markowitz.
- La corrélation est un des outils statistiques les plus faciles à utiliser en pratique.

Mais la corrélation présente 2 principaux défauts :

- La corrélation nulle de 2 variables aléatoires ne signifie pas en général l'indépendance entre elles.
- Elle est apte à quantifier le degré de concordance linéaire mais pas de concordance non-linéaire.

De plus, les coefficients de corrélation dans la Formule Standard sont arrondis le plus possible, i.e. dans la plupart des cas on ne trouve que des quarts entre 0 et 1. Le fait d'avoir des coefficients très arrondis présente un avantage en pratique mais diminue sûrement la qualité des paramètres.

Donc à long terme il est probablement nécessaire de se diriger vers les études de copule pour mieux déterminer les concordances entre les variables, en l'occurrence entre les modules de SCR. Cependant il est difficile en pratique de passer en copule, car l'application demande une sophistication alors qu'en pratique les opérationnels ont besoin d'un outil facile à utiliser quitte à avoir un biais.

Les assureurs ont commencé à utiliser la théorie des copules, pourtant cette utilisation est pour le moment limitée en assurance non-vie. En effet, la copule utilisée dans la Formule Standard est la copule gaussienne qui a pour coefficient de dépendance le coefficient de corrélation de linéaire, ce qui la rend incapable de s'adapter aux valeurs extrêmes observées lors des crises économiques récentes. Ainsi, une étude de copule des variables économiques inscrites dans la Formule Standard sera nécessaire aux assureurs vie afin de mieux refléter la réalité économique tumultueuse.

Représentation brownienne des modèles et GSE

Le mouvement brownien est un socle de la théorie moderne de la finance. En 1828, le botaniste britannique Richard Brown a procédé à la première étude scientifique du mouvement de particules de pollen en suspension dans un liquide au repos : mouvement perpétuel, désordonné, sans cause apparente. L'étude de Brown aboutit à une première conclusion : il ne s'agit pas d'un phénomène vital, ainsi les physiciens dont Einstein prennent le relais pour approfondir l'étude. Plus tard, les mathématiciens ont réussi à formaliser ce mouvement physique par le processus de Wiener dont le nom commémore l'initiateur.

Cette notion mathématico-physico-biologique a été reprise par Louis Bachelier qui a écrit une thèse sur les fluctuations boursières des rentes au début du 19e siècle modélisées par le mouvement brownien. Sa thèse est transversale en termes de domaines car elle traite le sujet des fluctuations des rentes d'un point de vue de physicien, ce qui est très innovant et même clairement précoce par rapport à l'époque. En admettant l'imprévisibilité des cours boursiers, il a donc développé sa théorie qui a marqué l'aube des mathématiques financières modernes.

Cet exploit a été repris et modernisé par Black, Scholes et Itô qui ont marqué l'histoire de la théorie de la finance.

L'idée du mouvement brownien appliquée dans la finance est claire et simple : le prix d'un instrument financier (typiquement les actions) suit un cours avec un rendement espéré avec un bruit de mouvement brownien, d'où la fameuse formule $dS = \mu S dt + \sigma S dz$.

Le problème se pose donc sur σ qui est la volatilité du cours de l'instrument concerné. Comme discuté dans un des chapitres précédents (cf. section 2.4), la détermination de cette volatilité demande une réflexion supplémentaire, car on doit choisir une entre la volatilité historique et implicite. Ces 2 démarches ont un avantage et un inconvénient des points de vue pratique et théorique.

La détermination des volatilités devient plus difficile s'il s'agit d'un modèle de taux compliqué à l'instar du modèle LMM. Non seulement il faut déterminer des volatilités d'un nombre assez conséquent, mais aussi il faut prendre en compte l'existence de corrélations entre les mouvements browniens considérés, ce qui est compliqué à modéliser. Donc il faut s'appuyer sur de nombreuses

hypothèses pour faciliter la modélisation, ce qui rend moins puissant et peu réaliste le modèle dans certains cas. On verra ce problème à travers un exemple discuté ci-dessous (cf. figure 4.1).

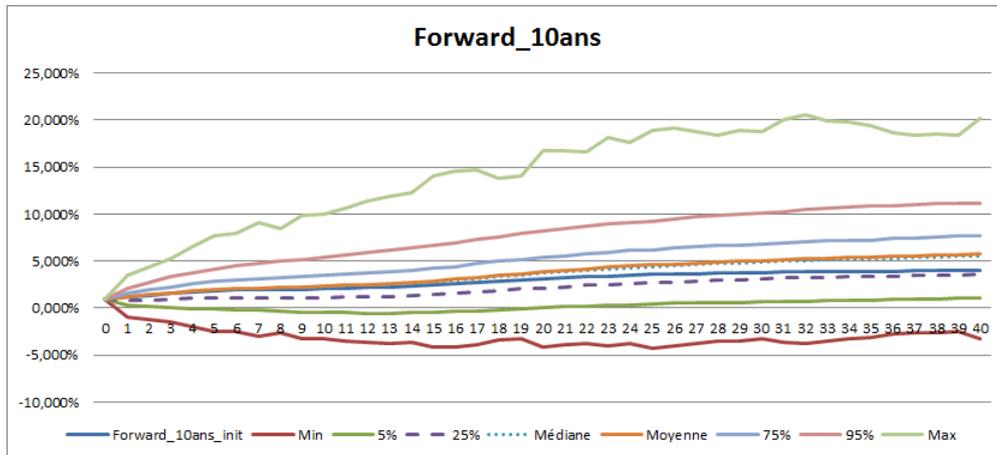


FIGURE 4.1 – Taux *forward* 10 ans générés par le GSE utilisé

Ces courbes se lisent ainsi : la courbe "*Forward_10ans_init*" est une courbe des taux *forward* 10 ans observé à l'instant $t = 0$ pour les maturités entre 0 et 40 et les autres courbes correspondent aux quantiles et moyennes des taux *forward* 10 ans générés par le GSE pour les mêmes maturités. Les taux *forward* 10 ans de maturité m sont donc des taux 10 ans vus à l'instant $t = 0$ dans m années.

En effet, le GSE génère des taux *forward* 10 ans de maturité $m > 30$ supérieurs à 20% dans certains scénarios. Depuis l'histoire d'observation des taux de la France, les taux 10 ans n'ont jamais été au-delà de 18%. En plus, les taux sans risque sont censés être inférieurs aux taux d'emprunt d'État en raison de l'existence du spread. Ainsi les taux 10 ans peuvent être supposés plafonnés par ce niveau de 18%, ce qui est logique par rapport à l'historique. Pourtant le GSE a généré un taux sans risque au-delà de 20% et un taux proche de 25% dans certains scénarios.

Il est donc essentiel de se poser une question ontologique. Les taux générés par le GSE sont des taux sans risque. Alors les pays européens doivent en général emprunter à un taux plus élevé que ces taux et cet écart correspond au spread de chaque pays. Si le taux sans risque 10 ans dépassait donc 20%, l'économie européenne rentrerait clairement dans une phase de spéculation qu'ont vécu certains pays très instables au niveau économique.

En effet, le déficit public annuel de la France s'élève aux alentours de 70Md€. En espérant que la France puisse emprunter un montant du même ordre de grandeur aux taux voisins des taux sans risque quelle que soit la maturité, la France devrait déboursier plus de 14Md€ chaque année n seulement pour rembourser les intérêts de nouvelles dettes émises à l'année n sans compter les intérêts des dettes cumulées. L'hypothèse émise sur les taux est très optimiste étant donné la relation entre les taux de différentes maturités. Ce montant est équivalent du budget total de financement des universités et assimilés en France et donc un montant conséquent. De plus, si la situation de la France se détériore de cette façon, alors les pays économiquement plus instables que la France devraient faire face à un moratoire ou une faillite.

Sous cette hypothèse extrêmement radicale, tout le système économique s'effondrerait brutalement et le monde assurantiel serait l'un des premiers secteurs affectés. Les calculs que l'on effectue devraient être ontologiquement basés sur l'existence de nos activités. En cas de faillite suite à un choc brutal à l'échelle européenne, les calculs de provisionnement actuariels auraient-ils un sens ? Cette faille du GSE est également observable au niveau de la génération des taux très bas.

Bien évidemment les GSE ont pour but de générer des scénarios dont ceux extrêmes. Mais cela ne contredit aucunement le caractère réaliste des scénarios générés.

Qualité des données

Pour calibrer les paramètres des chocs, l'EIOPA utilise très souvent les indices de types MSCI et S&P qui sont largement utilisés dans le monde entier.

L'avantage de ce calibrage utilisant les indices réside dans la facilité. On peut facilement obtenir des données de profondeur convenable. De plus, ce choix de données dote le calibrage d'une transparence.

L'utilisation des indices risque cependant de poser des problèmes, l'un d'entre eux sera discuté ici. Avec la croissance des entreprises cotées en bourse et la spéculation active sur elles, il est constaté que certaines entreprises présentent un poids plus élevé que les autres entreprises dans les indices qui les incluent. Ce constat est également observé au niveau de la concentration de certains pays dans les indices. Par exemple, les entreprises américaines présentent un poids considérable dans les indices des entreprises des pays développés et les entreprises chinoises dans les indices des pays émergents.

Ainsi, si un assureur a une préférence d'investissement sur un(des) marché(s) autre(s) que les États-Unis et la Chine, il faut prendre en compte les paramètres de la Formule Standard d'une façon adaptée à ses préférences d'investissement. Les investisseurs y compris les assureurs détiennent une part de portefeuille composée des fonds indiciaires alors que le reste est seulement sur un ou deux marchés de leurs préférences à l'instar de GGVIE. Donc choquer ces portefeuilles avec une formule commune comme la Formule Standard risque de biaiser le choc et ce d'autant plus que le choc de cette formule a été calibré sur les indices.

Il est donc clair qu'appliquer la Formule Standard en gardant un esprit critique est réellement important.

Ainsi s'achève la discussion sur les modèles utilisés bien que les sujets traités ici ne soient pas exhaustifs. Comme toutes les études, l'étude développée dans ce mémoire implique des risques de modèle qui ne sont pas facilement évitables dans les études pluridisciplinaires avec plusieurs strates d'informations comme à l'actuariat. Malgré son rôle central dans les organismes d'assurance, un actuaire ne peut vérifier les informations en détail d'amont en aval. Il passe donc par des strates et des filtres d'information préexistants qui risquent de déformer les informations par des modèles simplifiés, ce qui engendre une perte d'informations cumulée qui donne finalement lieu aux risques de modèle.

Néanmoins, en gardant un esprit critique sur les modèles et les processus existants, il est possible de réduire des erreurs liées aux modèles.

4.1.2 Réflexion sur les limites actuelles à l'actif : leurs pertinences

Les limites actuelles à l'actif de l'assureur, qui ont été admises dans le mémoire, datent de plusieurs années.

Le contexte économique dans lequel l'assureur a déterminé ces limites a été particulier de plusieurs points de vue. Entre 2009 et 2013, la crise de la dette de la zone euro a durement touché plusieurs pays dont des emprunts ont été détenus par l'assureur. Les obligations grecques dépréciées à ce moment-là ont laissé Groupama enregistrer une perte de 1,55Md€. Donc il a fallu améliorer la santé financière du Groupe rapidement en menant une politique de dérisquage qui a consisté à réduire les expositions aux actifs présentant des SCR élevés.

Or, le contexte économique actuel est différent de celui cité ci-dessus, car la situation de Groupama a certainement été améliorée et qu'il présente un ratio de couverture du SCR satisfaisant. Donc la politique de la gestion des risques devrait évoluer, ce même pour les limites à l'actif. La revue des limites actuelles demandera certainement des travaux élaborés mais l'idéal est de trouver d'autres limites que celles actuelles ou tout au moins de démontrer que les limites actuelles restent valables même dans le contexte actuel.

Il est donc intéressant de faire une analyse comparative d'assureurs français au sujet de détention de certaines classes d'actif.

Pour ce faire, une dizaine d'assureurs français dont la part de marché est importante ont été choisis. Le hic de cette étude comparative demeure dans le fait que la classification de l'actif dépend souvent de critères différents en fonction de l'assureur et du service au sein d'un même assureur. Cependant la classification selon le SFCR (*Solvency and Financial Conditions Report*) publié chaque année par les assureurs nous permettra de brièvement les comparer compte tenu ce problème de classification. Les SFCR qui ont été étudiés datent du 31/12/2019.

Le SFCR donne une vision globale et agrégée du bilan d'un assureur. Il classe l'actif hors UC en classes dont les principales sont les suivantes : les actions, immobilier, participations, obligations d'État, obligations privées, OPCVM, titres structurés, produits dérivés, dépôts et la trésorerie. Un point important est que ces classes d'actif concernent les actifs détenus en direct. Par exemple les OPCVM des actions sont inclus dans les OPCVM, alors qu'après la transposition ils vont être traités pareillement que les actions détenues en direct.

Les géants sur le marché français sont de loin CN* et Predic*. GGVIE se place dans les top 10 du marché français avec un portefeuille hors UC de plus de 55Md€.

Les OPCVM tels qu'ils sont si agrégés sont impossibles à classer. En effet, il existe plusieurs types d'OPCVM en fonction des instruments dans lesquels ces OPCVM ont été investis. Par exemple, les OPCVM principalement investis dans les actions nécessiteront une analyse différente de ceux principalement investis dans les obligations, d'où l'impossibilité de traiter les données agrégées sur les OPCVM. Néanmoins l'enjeu des OPCVM dans le bilan d'un assureur est très important, car ils peuvent facilement dépasser 20% de l'actif total hors UC de l'assureur.

Les titres structurés présentent le même problème en matière de traitement des données. Ces titres sont en fait une dette dont le rendement est conditionné par la performance d'un (ou de) instrument (s) sous-jacent (s). Ainsi, un titre structuré peut, par exemple, avoir une exposition sur un produit de taux ou une action, ce qui rend impossible de travailler avec les données agrégées sur ce type d'instruments.

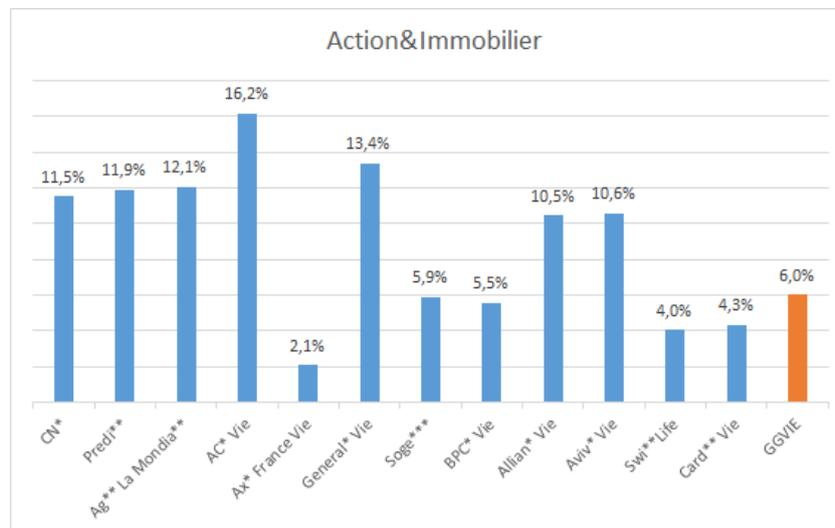


FIGURE 4.2 – Pourcentage des actions et des actifs immobiliers par rapport à l'actif total hors UC au sein des principaux assureurs sur le marché français

En dépit des difficultés citées ci-dessus, les actifs détenus en direct permettront quand bien même de comparer GGVIE avec les autres assureurs à l'ordre de grandeur. La comparaison se concentrera sur les actions et les actifs immobiliers. Ce choix est judicieux dans le sens où ils sont des classes d'actif représentatives parmi les instruments qui ne sont pas directement liés aux taux. Ils ont également été représentatifs parmi les classes d'actifs à investir dans le cadre de l'étude.

Les données des autres assureurs correspondent aux pourcentages des actions et de l'immobilier détenus en direct par eux. Donc leurs parts des actions et de l'immobilier, y compris ceux dans les OPCVM et titres structurés, seront en général plus élevées que ces chiffres obtenus depuis les

SFCR. En ce sens, les assureurs, qui détiennent en direct plus d'actions et d'actifs immobiliers que 9,7% (part de ces actifs de GGVIIE y compris ceux détenus dans les OPCVM et les titres structurés), possèdent nécessairement ces actifs davantage que GGVIIE en général, même compte tenu des OPCVM et des titres structurés. Ainsi, il est possible de constater qu'au moins 7 assureurs principaux détiennent plus d'actifs de ces classes que GGVIIE.

Il est clair que ces données comparatives montrent seulement qu'il existe des assureurs qui mènent à bien leurs activités tandis qu'ils détiennent des actions et des actifs immobiliers dans leurs portefeuilles d'une manière conséquente. Ainsi, à ce stade de l'étude, faute de données de qualité, il n'est pas possible de faire une étude comparative approfondie des assureurs comme chacun d'entre eux présente des contextes historiques et stratégiques différents en gestion des affaires y compris l'ALM. Pourtant ce graphique est utile au moins pour montrer la tendance du marché qui consisterait à allouer une part importante dans les actions et les actifs immobiliers.

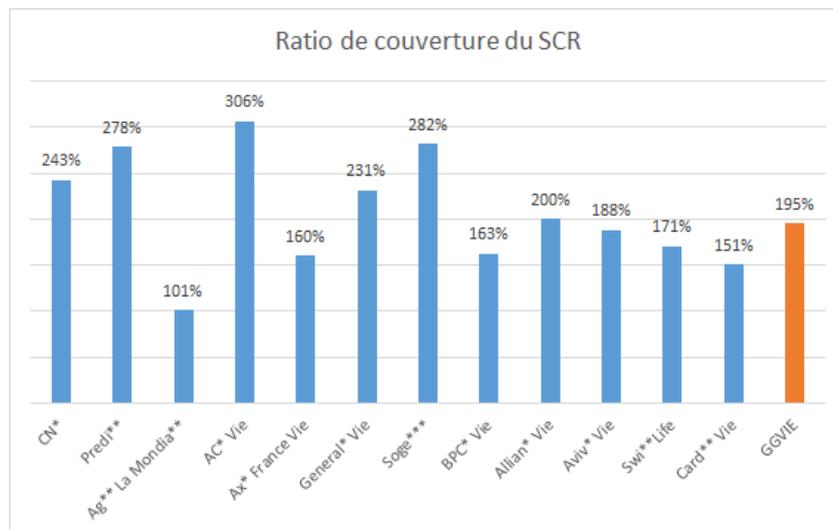


FIGURE 4.3 – Ratio de couverture du SCR avec et sans VA de principaux assureurs sur le marché français

Finalement il est clair que la part des actions et des actifs immobiliers n'a pas de corrélation fulgurante avec le ratio de solvabilité en comparant la figure 4.2 avec la figure 4.3.

Par conséquent, à l'heure actuelle, il est possible d'examiner la pertinence des limites des actifs risqués et celles-ci peuvent être revues probablement à la hausse. En revanche, la détermination des limites demandera certainement une étude approfondie.

4.1.3 Recul avec la crise Covid-19

Le mémoire a été rédigé en pleine crise sanitaire et économique en raison de la Covid-19. Le sujet du mémoire, étant également un sujet opérationnel en pratique, a été déterminé avant cette crise. Et l'étude se situe à la fin 2019. Bien évidemment le sujet reste toujours valable au-delà de la crise, car la conception du sujet relève du cadre général et permanent de la gestion des risques. Mais l'environnement économique, ayant changé pendant la crise, demandera de revoir certaines hypothèses de l'étude.

Par exemple, la dégradation de la santé des entreprises de la plupart des secteurs et également l'intervention des États pour relancer l'économie auront nécessairement un impact colossal sur le marché financier et le secteur assurantiel.

- Le marché financier ayant été largement emporté par la peur de la Covid-19 pourrait éventuellement retrouver sa dynamique, cependant l'économie réelle est à bout de souffle pour revenir à son niveau avant la crise, comme en réalité il existe une inertie. À cette situation

s'ajoute l'incertitude de l'évolution de la crise sanitaire, ce qui rend la situation encore plus compliquée.

- Les assurés sont fortement impactés par cette crise. En assurance individuelle, des assurés ont vu leurs situations financières se détériorer suite à des licenciements, donc ces assurés ne pourront peut-être pas payer leurs primes, au moins pas à temps. En assurance collective, la plupart des entreprises rencontrent des difficultés en raison de la crise. Donc certaines d'entre elles ont fermé leurs portes, ce qui réduit l'assiette de collecte de primes des assureurs. Et certaines autres voudront une protection de leurs contrats collectifs de moindre qualité qu'avant la crise en contrepartie de paiement de primes moins importantes. De plus, les assureurs doivent garantir la portabilité des contrats collectifs, ce qui signifie qu'il peut y avoir beaucoup de prestations sans contrepartie de primes.

D'un point de vue général, l'économie mondiale est en train de subir un choc sans précédent dans une grande majorité des domaines économiques. Les gouvernements interviennent d'une façon massive pour relancer l'économie sous le choc ou tout au moins minimiser le choc. Néanmoins avant la fin du combat contre la Covid-19, cette crise influera sur tous les secteurs économiques et laissera certainement ses traces dans l'économie mondiale.

Ainsi, la période post-crise risque de demander à l'assureur de modifier amplement des stratégies d'allocation des investissements et de gestion d'entreprise de manière globale. Il est possible que cette crise sanitaire et économique exige même une revue du paradigme économique actuel à l'échelle mondiale.

4.2 Perspectives de l'étude

En dépit des limites discutées ci-dessus, l'étude apporte un réel support qui reste toujours valable dans la gestion des risques de l'assureur.

Avec une étude plus fine et réaliste des investissements, il sera possible de composer l'enveloppe de risques et les actifs d'investissement dans la saturation d'une manière plus efficiente. Finalement, avec une stratégie ainsi constituée, il sera réalisable de montrer tout au moins la pertinence des limites actuelles sous plusieurs angles.

De plus, le cadre de tolérance aux risques devrait être amélioré et ajusté compte tenu des filiales et des entités du Groupe Groupama dans l'ensemble. En cette perspective, il serait très utile d'avancer l'étude effectuée dans ce mémoire plus loin en tenant compte d'autres métriques y compris le ratio d'actifs risqués brièvement introduit dans le chapitre 1 (cf. section 1.4). En effet, l'étude de ce ratio demande une étude approfondie à l'échelle du Groupe.

Si la pertinence de ces limites peut être tranchée, il sera éventuellement possible de procéder à une confirmation ou une infirmation des limites, puis rétablir la politique de la gestion des risques, bien que ce processus risque d'être chronophage et sophistiqué. Une meilleure gestion des risques permettra de satisfaire toutes les parties prenantes des activités de l'assureur.

Annexe A

SCR Marché

Le module du SCR Marché dispose en général de 7 modules : Taux, Action, Immobilier, Crédit (ou Spread), Change, Concentration et Liquidité.

Pour GGVIÉ, les 4 premiers sous-modules du SCR Marché cités ci-dessus sont les principaux sous-modules avec une occupation de 96% du total du SCR Marché après la diversification entre les sous-modules.

Le SCR Taux est un sous-module du SCR Marché qui consiste à choquer les taux sans risque en fonction de leur maturité. Ce SCR se calcule en fonction de deux hypothèses, l'une étant une hausse de taux et l'autre une baisse de taux. La hausse et la baisse sont calibrées à travers un historique choisi par l'EIOPA et elles sont appliquées par une formule affine publiée par l'EIOPA dans la Formule Standard, pourvu que les chocs simulent une situation extrême d'une probabilité de survenance de 0,5%.

Les SCR Action et SCR Immobilier sont également des sous-modules du SCR Marché qui sont destinés à choquer les actions et les actifs immobiliers détenus par l'assureur, avec des paramètres déterminés en fonction du type d'action (pour l'immobilier, un choc commun pour tous les actifs). Ces paramètres de choc sont calibrés à partir d'un historique choisi par l'EIOPA à l'instar du SCR Taux. Le SCR Action se compose de plusieurs modules en fonction de caractéristiques des actions choquées.

Le SCR Spread, quant à lui, en fonction de la duration et du rating, applique un choc de la VM (Valeur de Marché) aux actifs concernés. Plus la duration est longue et le rating inférieur, plus le choc de spread sera important, ce qui est logique en matière de choc.

Les paramètres de SCR ne cessent d'évoluer au fil du temps pour mieux répondre aux changements de l'environnement économique et surtout assurantiel, tout en gardant les principes fondamentaux.

En termes de ratio de couverture du SCR, le SCR Marché et SCR Souscription Vie constituent les éléments clés pour un assureur vie, car celui-ci est très exposé à la fois au risque de marché et de souscription. Ceci est constaté au bilan du 31/12/2019 de GGVIÉ, qui a une répartition majoritaire (77%) des SCR Marché et SCR Souscription Vie sur le SCR avant la diversification entre les modules de SCR. En particulier, le SCR Marché est une part quasiment majoritaire avec une contribution de 49% sur le SCR avant la diversification.

Ainsi, un suivi pertinent du SCR Marché en gardant une croissance d'activités est un défi pour l'assureur vie.

Annexe B

BE - *Best Estimate*

La directive Solvabilité 2 précise des principes à appliquer dans le calcul de la meilleure estimation des provisions techniques (BE – *Best Estimate*).

D’après la directive Solvabilité 2, la meilleure estimation correspond à la somme 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 pertinente. Pour la BE, les principes sont énoncés dans le règlement délégué de Solvabilité 2 (règlement délégué). Parmi eux, en particulier, se trouvent l’absence d’opportunité d’arbitrage (AOA) et le principe de cohérence avec le marché.

Le principe d’AOA est concrétisé par l’utilisation des taux sans risque qui sont publiés par l’EIOPA. Ces taux sans risque, quant à eux, reposent sur plusieurs principes pour garantir le caractère de l’AOA.

En effet, le principe DLT (*Deep, Liquid, Transparent*) exige le recours aux taux de base (en général les taux *swap*) de maturités suffisamment disponibles et longues, échangés d’une manière transparente. Pour ce principe, la notion LLP (*Last Liquid Point*), qui indique la plus longue maturité fiable disponible sur le marché et l’UFR (*Ultimate Forward Rate*) sont des notions importantes pour garantir à la fois la fiabilité et la convergence des taux extrapolés. La méthodologie d’extrapolation officielle de l’EIOPA est la méthode de Smith-Wilson, bien qu’une alternative soit actuellement envisagée pour remédier à certains problèmes de la courbe de taux extrapolée jusqu’à 150 ans.

Le principe de cohérence avec le marché stipule que les instruments sont considérés comme des instruments financiers pour lesquels il existe une valeur de marché fiable observable lorsqu’ils sont négociés sur un marché actif, profond, liquide et transparent.

Enfin, le calcul de la BE doit intégrer toutes les hypothèses possibles sur l’évolution de l’environnement économique et assurantiel[1]. Pour l’assurance vie, une modélisation stochastique des risques et la prise en compte d’interactions Actif / Passif est souvent nécessaire du fait notamment des clauses de participation aux bénéfices des contrats. L’évaluation de la BE nécessite également de disposer de données spécifiques des portefeuilles de contrats évalués (cf. table de mortalité BE, politique de Participation aux Bénéfices/revalorisation, lois de rachats, etc.).

L’approche de valorisation doit respecter plusieurs principes (Article L351-2 du Code des Assurances, transposition en droit français de l’article 76 de la directive Solvabilité 2) : utilisation des informations disponibles sur les marchés financiers, cohérence avec les données de marché pour les risques de souscription, calcul prudent, fiable et objectif, calcul en continuité d’exploitation, calcul brut de réassurance, prise en compte des options et garanties et finalement principe de proportionnalité.

La BE ainsi calculée est une composante importante de la provision technique avec une marge de risque (RM – *Risk Margin*).

Celle-ci a pour objectif de garantir que la valeur des Provisions Techniques (PT) soit équivalente au montant que les entreprises d’assurance et de réassurance demanderaient pour reprendre et honorer les engagements d’assurance et de réassurance.

Annexe C

Code des assurances

Le code des assurances (R343-3) précise les provisions techniques vie comme suit[3] :

1. Provision mathématique (PM) : différence entre les valeurs actuelles des engagements respectivement pris par l'assureur et par les assurés. Pour des contrats faisant intervenir une table de survie ou de mortalité, les montants des provisions mathématiques doivent inclure une estimation des frais futurs de gestion qui seront supportés par l'assureur pendant la période de couverture au-delà de la durée de paiement des primes ou de la date du prélèvement du capital constitutif ; l'estimation de ces frais est égale au montant des chargements de gestion prévus dans les conditions tarifaires de la prime ou du capital constitutif et destinés à couvrir les frais de gestion ;
2. Provision pour Participation aux Bénéfices (PPB) : 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 ;
3. Réserve de Capitalisation (RC) : réserve destinée à parer à la dépréciation des valeurs comprises dans l'actif de l'entreprise et à la diminution de leur revenu ;
4. Provision de gestion : provision destinée à couvrir les charges de gestion future des contrats non couvertes par ailleurs ;
5. Provision pour Aléas Financiers (PAF) : provision destinée à compenser la baisse de rendement de l'actif ;
6. Provision pour Risque d'Exigibilité (PRE) : provision destinée à faire face aux engagements dans le cas de moins-value de l'ensemble des actifs mentionnés à l'article R. 343-10. La provision à constituer est évaluée dans les conditions définies à l'article R. 343-5 ;
7. Provision pour frais d'acquisition reportés : provision destinée à couvrir les charges résultant du report des frais d'acquisition constaté ;
8. Provision pour égalisation : provision destinée à faire face aux fluctuations de sinistralité afférentes aux opérations d'assurance de groupe contre le risque décès ;
9. Provision de diversification : pour les engagements relevant de l'article L. 134-1, provision destinée à absorber les fluctuations des actifs affectés à ces engagements et sur laquelle les souscripteurs ou adhérents détiennent des droits individualisés sous forme de parts ;
10. Provision collective de diversification différée : pour les engagements relevant de l'article L. 134-1, provision destinée au lissage de la valeur de rachat des contrats ;
11. Provision pour garantie à terme : pour les engagements relevant du 2 de l'article L. 134-1, provision destinée à faire face à une insuffisance d'actifs au regard des garanties à échéance contractées.

Les articles R343-9, R343-10 et R343-13 du code des assurances différencient les traitements comptables en fonction de la caractéristique des actifs. En résumé, les actifs des UC (Unités de compte) relèvent de l'article R343-13, les actifs amortissables négociés sur un marché reconnu de l'article R343-9 (sauf les instruments ainsi que les obligations indexées sur actions) et le reste de l'article R343-10.

En outre, le règlement relatif aux comptes des entreprises d'assurance (N° 2015-11) décline la modalité d'évaluation des valeurs relevant de l'article R343-10 du code des assurances en plusieurs articles comme suit (extrait) :

1. Article 123-6 : Les placements relevant de l'article R.343-10 du code des assurances font l'objet d'un examen en vue de déterminer si la moins-value latente constatée en date d'arrêté a un caractère durable.
2. Article 123-10 (extrait) :
 - identification des titres en présomption de dépréciation : titres en moins-value de plus de 20% (ou 30% en période de crise) depuis plus de six mois, titres dépréciés lors de l'arrêté précédent et titres présentant d'autres critères laissant présumer une dépréciation
 - calcul : provision de l'intégralité de la moins-value dès le premier euro qui est basée sur le mécanisme de valeur recouvrable sur un horizon de détention.

Annexe D

MCEV - *Market Consistent Embedded Value*

Le « *CFO Forum of European Insurers* » (« CFO Forum ») est un forum de directeurs de finance (*Chief Financial Officer*) de grands assureurs européens qui existe depuis 2002 [11]. L'objectif du forum est de progresser dans l'harmonisation des normes comptables et l'information financière en accord avec l'IASB (*International Accounting Standards Board* - Bureau international des normes comptables) et les autorités de contrôle et de régulation des marchés.

Ainsi, la notion de MCEV est un indicateur utilisé pour le *reporting* qui a été choisi dans ce forum. Le CFO Forum publie des principes relatifs à la MCEV pour que les assureurs européens puissent mettre en œuvre les opérations concernées.

Voici l'évolution des principes du CFO Forum ci-dessous :

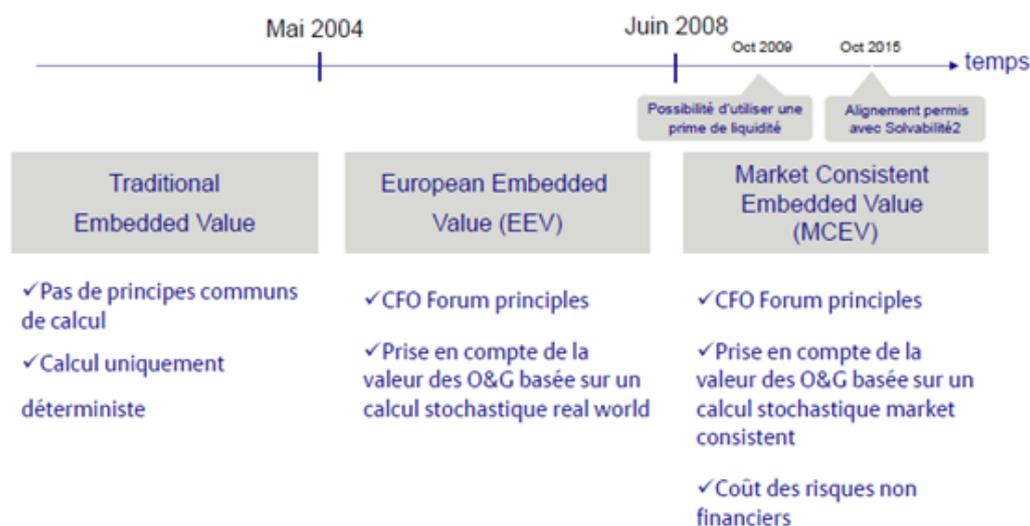


FIGURE D.1 – Évolution de l'EV

Comme visible sur le diagramme en figure 1.2, les principes de l'EV (*Embedded Value*) ont évolué au fil du temps afin de répondre aux exigences du marché.

L'EV est un indicateur qui mesure la valeur d'une entreprise d'assurance. Elle consiste du point de vue de l'actionnaire ou du futur investisseur à évaluer correctement la valeur de l'entreprise. Puisqu'elle consiste à mesurer la valeur du portefeuille de l'assureur, elle est un des indicateurs incontournables qui permettent de mesurer la valeur d'un portefeuille lors du rachat ou d'une cession d'un portefeuille entre les assureurs ou investisseurs.

Il n'en demeure pas moins important d'insister sur le fait que le CFO Forum fixe seulement des

principes en laissant une liberté aux assureurs applicateurs :

- Détermination des hypothèses retenues
- Ajustabilité des principes
- Utilisation des modèles internes

Depuis la création du CFO Forum, plusieurs approches ont été proposées dont la TEV (*Traditional Embedded Value*), l'EEV (*European Embedded Value*) et enfin la MCEV (*Market Consistent Embedded Value*).

D.1 TEV

La TEV se décompose en 3 éléments :

- ANAV (*Adjusted Net Asset Value* – Actif Net Réévalué) : il correspond aux capitaux propres corrigés des éventuelles PMVL (Plus ou Moins-Values Latentes) et des charges d'impôts y afférent, des surcotes ou décotes et des impôts différés. D'un point de vue du capital requis, l'ANAV est égal à la somme du capital libre et du capital requis. Ce dernier est en effet dans Solvabilité 2 la perte de la valeur de l'assureur en cas de survenance du scénario de risque considéré avec une probabilité de 0,5% à l'horizon d'un an, i.e. le SCR global.
- VIF (*Value In-Force*) : elle est une métrique qui permet de mesurer la valeur du portefeuille de l'assureur.
- CoC (*Cost of Capital*) : il correspond au coût d'immobilisation des capitaux propres.

D'après l'approche TEV, la VIF est égale à la PVFP (*Present Value of Future Profit*) qui correspond à la valeur actuelle des résultats futurs distribuables, i.e. nets d'impôts, d'un portefeuille de contrat en *run-off*. La notion de *run-off* relève d'un arrêt de toute souscription d'affaire nouvelle, qui entraîne le déroulement, dans le temps, du stock des provisions techniques jusqu'à leur épuisement complet. Le calcul de la PVFP repose sur un calcul déterministe avec un taux unique, pas avec une courbe de taux.

Ainsi, d'un point de vue arithmétique, $TEV = ANAV + PVFP - CoC$

D.2 EEV

Étant donné que la TEV s'appuie sur des calculs déterministes et sur des hypothèses divergentes au sein des assureurs européens, le CFO Forum a décidé d'harmoniser les principes à l'échelle européenne, d'où l'EEV. En effet, le taux d'actualisation utilisé pour calculer la VIF était fixé d'une manière subjective par les assureurs. Cela a conduit à une illusion sur la valeur du portefeuille de l'assureur et à une incomparabilité des EV des assureurs. De plus, le coût des options et des garanties en assurance vie, qui n'est pas négligeable, n'a pas été pris en compte.

Le CFO Forum précise donc des principes sur les calculs de l'EEV depuis 2004.

D'après l'approche EEV, l'EV est égale à la somme des 2 valeurs :

- NAV (*Net Asset Value*)
- VIF

D'après l'approche EEV, la VIF est égale à la différence des 2 éléments :

- PVFP
- VFOG (*Value of Financial Options and Guarantees*)

Il n'est pas nécessaire de détailler chaque élément composant l'EEV, car cette dernière a aussitôt été améliorée par la MCEV pour la raison suivante : bien que l'approche EEV prescrive l'utilisation d'une courbe de taux reflétant le profil de risque de l'assureur plutôt que d'utiliser un taux

unique, l'approche a laissé la courbe de taux au choix libre des assureurs en stipulant que le taux d'actualisation peut varier en fonction de la ligne de business et du territoire.

Ainsi, l'EEV ne permettait pas complètement de pallier le problème de comparabilité des EV des assureurs.

D.3 MCEV

Afin d'améliorer le processus de calcul de l'EV en respectant les principes pertinents de l'EEV, l'approche MCEV apporte des modifications et amendements notamment sur :

- La cohérence des hypothèses de calcul avec le marché
- La formalisation de la méthode de choix du taux d'actualisation
- La définition des méthodes de calcul au regard des modèles stochastiques (en l'améliorant)

Plus précisément :

- La cohérence avec le marché financier pour le taux d'actualisation est soulignée. Donc les flux de trésorerie seront évalués en utilisant un taux appelé taux de référence. Ce taux est égal au taux *swap* pour les flux de trésorerie disponibles sur le marché et au taux *swap* corrigé par la prime de liquidité sinon. Dans tous les cas, le caractère sans risque du taux est fortement recommandé.
- En consacrant une section entière à la méthode de choix du taux de référence, toutes les possibilités sont mentionnées y compris l'alignement avec Solvabilité 2. Donc le principe du taux de référence est davantage clarifié.
- La méthode de calcul stochastique est plus précise que dans l'approche EEV, en mentionnant des règles à appliquer.

D'après l'approche MCEV, la VIF se compose des 4 éléments suivants :

- PVFP : sa définition demeure la même que dans l'approche TEV sauf le taux d'actualisation. Donc PVFP s'écrit ainsi :

$$PVFP = \sum_{k=1}^n \frac{Resultat_k}{(1 + r_k^{ref})^k}$$

, où k : année de projection,

n : horizon de projection (30 ou 40 ans en général),

$Resultat_k$: Résultat net du portefeuille de l'année k ,

r_k^{ref} : taux de référence pour l'année k ,

- TVFOG (*Time Value of Financial Options and Guarantees*) : il s'agit d'un coût des options et garanties qui peuvent être données aux assurés en fonction de l'environnement économique et financier.

Par exemple, les options peuvent être en forme de rachat, arbitrage entre les fonds ou versement libre des assurés et les garanties en forme de PB (Participation aux Bénéfices), garanties plancher des contrats UC (Unité de Compte) ou TMG (Taux Minimum Garanti). De plus, ces options et garanties ont un caractère asymétrique en termes de partage de gains entre l'assureur et les assurés.

Par exemple, si le taux de rendement est supérieur au TMG, les bénéfices générés seront partagés à minima à la hauteur de 85% au profit de l'assuré, mais si le taux de rendement est inférieur au TMG, alors c'est l'assureur qui supporte toutes les pertes.

Les aspects complexes cités ci-dessus, i.e. le nombre important des options et des garanties et la gestion des bénéfices liée à l'environnement économique très difficilement prévisible,

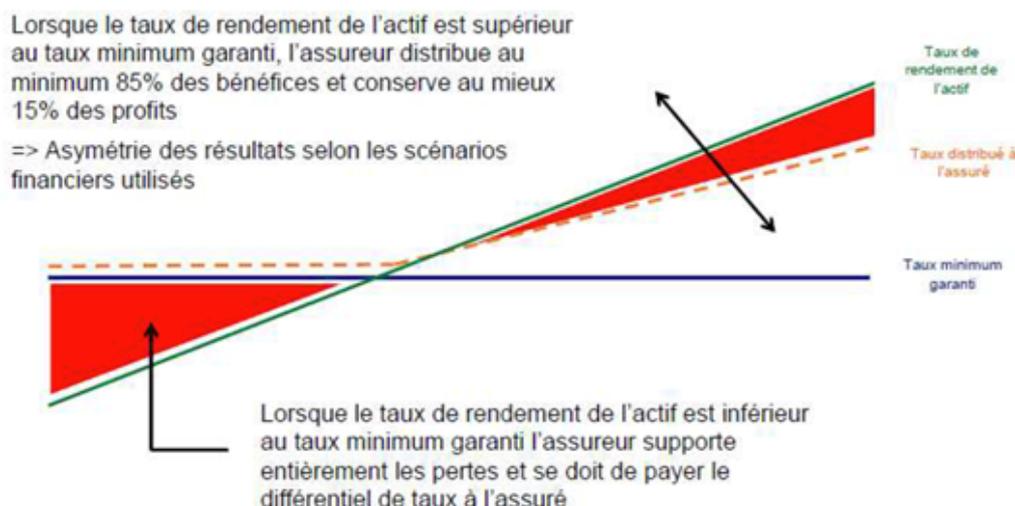


FIGURE D.2 – Asymétrie : pertes & bénéfices

rendent le calcul de la TVFOG assez long et ce dernier doit avoir le recours à un GSE (Générateur de Scénarios Économiques) permettant de simuler un nombre important de scénarios économiques.

Concrètement,

$$TVFOG = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N PVFP_k - PVFP_{deterministe}$$

, où N : nombre de scénarios simulés,

$PVFP_k$: PVFP de chaque scénario stochastique,

$PVFP_{deterministe}$: PVFP du scénario déterministe

- FCRC (*Frictional Costs Of Required Capital*) : ce coût lié à l'immobilisation du capital requis doit refléter les impôts et les coûts liés aux frais de gestion.

Ainsi, la relation suivante s'établit :

$$FCRC = \sum_{k=1}^n \frac{(CapiRequis_k \times r_k^{ref} \times r_k^{imp}) + (CapiRequis_k \times r_k^{gestion} \times (1 - r_k^{imp}))}{(1 + r_k^{ref})^k}$$

, où $CapiRequis_k$: capital requis pour l'année k ,

r_k^{ref} : taux de référence pour l'année k ,

r_k^{imp} : taux d'imposition pour l'année k ,

$r_k^{gestion}$: taux de frais de gestion pour l'année k

- CRNHR (*Cost of Residual Non-Hedgeable Risk*) : il s'agit d'un coût des risques qui ne sont pas couvrables.

Parmi ces risques, se trouvent les risques qui ne sont pas compris dans la TVFOG, i.e. les risques opérationnels, le risque de modèle dans l'évaluation des scénarios de la BE et le risque de méthode d'extrapolation. Pour modéliser ce coût, il est possible d'utiliser la méthode proposée dans Solvabilité 2 pour mesurer la RM.

Ainsi, le CRNHR se calcule comme suit :

$$CRNHR = CoC \sum_{k>0} \frac{SCR_k^*}{(1 + r_k^{ref})^k}$$

, où CoC (Cost of Capital) : coût d'immobilisation du capital (fixé en ce moment à 6%),
 SCR_k^* : capital requis pour couvrir le risque opérationnel et le risque de souscription vie qui ne couvre pas le SCR global, ce qui distingue CRNHR de la RM de Solvabilité 2.

Annexe E

Duration et sensibilité

E.1 Duration

Le concept de duration est introduit pour la première fois en 1938 par Macaulay dans une importante contribution sur l'analyse des taux d'intérêts aux États-Unis.

La duration est la moyenne des maturités de chacun des flux pondérée par le poids de chaque flux dans le prix de l'instrument de taux. Elle sert à mesurer la durée de vie moyenne d'un instrument de taux ou son délai moyen de remboursement. L'obligation étant un instrument financier de taux classique, il est pertinent de discuter de la duration d'une obligation.

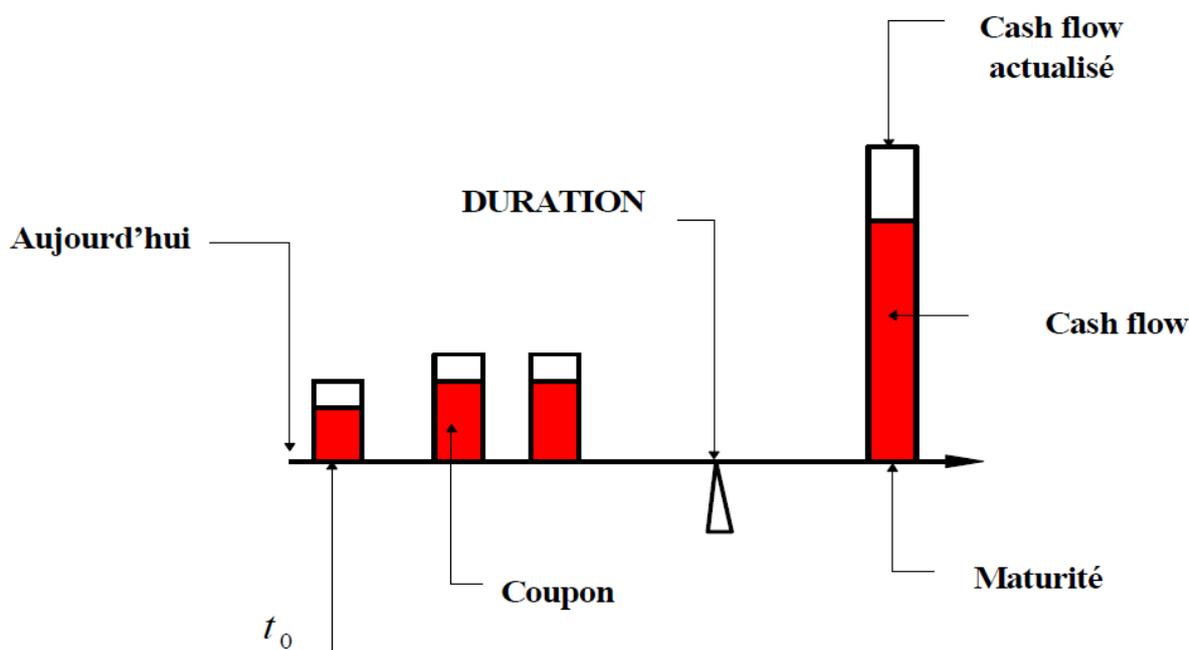


FIGURE E.1 – Duration d'une obligation

Soit P prix d'une obligation avec un coupon annuel C et de maturité n ans. Dans ce cas, une relation s'établit ainsi :

$$P = \frac{C}{(1+r)^f} + \frac{C}{(1+r)^{1+f}} + \dots + \frac{C + Rbt}{(1+r)^{n-1+f}}$$

, où r : taux de rendement actuariel pour cette obligation et Rbt : remboursement de l'obligation à la maturité.

D'après la définition de la duration, il est facile d'obtenir la relation suivante :

$$D = \frac{1}{P} \left(\sum_{t=0}^{n-1} \frac{(t+f)C}{(1+r)^{f+t}} + (n-1+f) \frac{Rbt}{(1+r)^{n-1+f}} \right)$$

La duration possède une caractéristique linéaire, i.e. la duration du portefeuille correspond à la somme pondérée des durations des instruments dans le portefeuille.

Il est intéressant d'observer la relation suivante :

$$\frac{\partial P}{\partial r} = -\frac{D}{1+r}P$$

Cette relation donne une idée de l'utilité de cet indicateur pour mesurer la variation du prix d'instrument de taux suite à la variation de taux. En effet, la duration est inscrite dans les tableaux de bord de pilotage chez les assureurs, car elle est facile à obtenir et fournit un *proxy* pour les études de mouvement de taux. En pratique, les taux de rendement sont remplacés par les taux sans risque et les coupons par les flux.

E.2 Sensibilité

Étant donné la caractéristique liée à la dérivée du prix d'un instrument par rapport au taux, une autre notion peut être utile pour analyser les mouvements liés aux taux, d'où la définition de la sensibilité comme suit.

La sensibilité de la valeur P du titre à une fluctuation du taux s'exprime comme la variation relative instantanée de la valeur du titre induite par une variation infinitésimale dr du taux. En corrigeant la dérivée négative, la sensibilité (ou duration modifiée) s'écrit :

$$D_m = -\frac{1}{P} \frac{dP}{dr}$$

Sa relation avec la duration est ainsi :

$$D_m = \frac{D}{1+r}$$

La sensibilité est donc un bon moyen pour mesurer la variation du prix d'un instrument de taux suite à une variation de taux avec la relation ci-dessous :

$$dP = -D_m P dr$$

Pourtant, pour une variation de taux d'une ampleur relativement importante, il est préférable de recourir à une notion de convexité, qui consiste à mesurer la variation par la dérivée du second ordre.

Annexe F

Histoire des crises économiques contemporaines

Le paradigme économique actuel peut être résumé par la financiarisation et la mondialisation de l'économie de la planète. Actuellement, ce paradigme est confronté à plusieurs défis politico-économiques à l'échelle mondiale. À travers l'analyse des crises ayant eu lieu récemment, des aspects du contexte économique actuel seront discutés.

F.1 Crise de 1987

La première crise économique date de 1987. On y fait souvent référence en évoquant le "Lundi noir" du 19 octobre 1987, lors duquel l'indice Dow Jones de la Bourse de New York a enregistré 22,6% de perte.

Plusieurs économistes en ont discuté les causes depuis lors. Les principales causes admises sont les suivantes :

- Au début des années 1980, la Fed (*Federal Reserve Board*) décide d'augmenter le taux d'intérêt pour combattre l'inflation, car la stabilité des prix s'inscrit parmi les 3 objectifs de la Fed. Donc, le dollar s'apprécie et l'inflation disparaît, mais en 1985 le dollar se déprécie suite aux accords de Plaza, les États-Unis voulant stimuler leurs exportations. Avec la remontée des exportations, le marché des actions s'envole, ce qui est cependant accompagné par la hausse de l'inflation, elle-même également due à une augmentation du prix pétrolier. Ainsi, la Fed fait face à une pression de rehausser le taux pour contrecarrer l'inflation et regagner la confiance du marché, qui s'était effondré suite à la dépréciation importante du dollar. En 1987, une hausse brutale du taux est alors observée, ce qui provoque une fuite du capital du marché des actions. L'histoire a donc montré que la dépréciation du dollar, la croissance du marché des actions et la hausse du taux d'intérêt étaient 3 objectifs qui ne peuvent être atteints en même temps.
- À cette époque, les gestionnaires de fonds utilisant très souvent les *puts* sur leurs actions pour se protéger contre la baisse des cours, disposaient d'un mécanisme de vente des actions pour conserver un niveau acceptable de Δ des *puts*, ce qui les a conduits à un cercle vicieux.
- Les ordinateurs avaient été récemment introduits pour vendre et acheter les titres sur le marché, ce qui a amplifié le plongeon des cours.

Heureusement, cette crise n'a pas été suivie par une crise de l'économie réelle, mais a donné la leçon suivante : une mauvaise politique monétaire peut aboutir à une catastrophe économique.

F.2 Crise financière et monétaire asiatique

En 1997 et 1998, une autre crise frappe fortement certains pays asiatiques qui développaient leurs économies en exportant des biens aux pays développés.

La cause principale (même si elle est tout à fait discutable) pour laquelle ces pays ont été exposés à la crise est l'augmentation du taux américain quelques années plus tôt. La Fed a haussé le niveau de taux à l'époque pour stabiliser les cours d'action et immobilier. Donc le capital étranger investi dans ces pays asiatiques a quitté le marché pour trouver un rendement intéressant aux États-Unis. Comme l'économie des pays asiatiques en cours de développement s'appuyait en grande partie sur le capital étranger, ils devaient rembourser leurs dettes à court terme. En plus, ces pays préféraient la dépréciation de leurs monnaies pour les exportations, mais la dépréciation de la monnaie par rapport au dollar rime avec l'augmentation des dettes en monnaie locale, ce qui a empiré la situation. Et les spéculateurs ont saisi l'occasion pour réaliser un gain important en attaquant volontairement l'économie de ces pays.

À cette époque-là, les investisseurs ont remarqué que la croissance de ces pays émergents s'avérait fragile et qu'un nouvel effet "domino" à l'échelle régionale voire mondiale était possible si la mondialisation et financiarisation s'accroissaient.

F.3 Crise financière de la bulle informatique

À la fin des années 1990 et au début des années 2000, le monde a fait la connaissance de l'informatique généralisée. La généralisation des ordinateurs et des logiciels a donné à la population l'illusion que le monde virtuel représenté par l'informatique pouvait aisément remplacer le monde réel. Des investissements colossaux ont été réalisés dans ce domaine tout récent à l'époque. Le secteur informatique était d'autant plus instable que d'innombrables nouvelles entreprises se créaient et disparaissaient.

Ainsi, la spéculation s'est accentuée sur le marché d'investissement de ce secteur, et beaucoup d'entreprises ont finalement disparu avec une perte d'investissement pharaonique.

Cette crise a montré qu'il est très difficile de garantir un rendement élevé à long terme et qu'une bulle financière peut éclater violemment en causant un impact important sur l'économie réelle.

F.4 Crise mondiale de 2007-2008

Cette crise, appelée aussi la "crise de *subprime*", trouve sa racine aux États-Unis. Suite à la crise financière de la bulle informatique, la Fed a décidé de maintenir un taux bas pour relancer l'économie pendant quelques années, ce qui a été suivi par une hausse des cours, en particulier sur le marché immobilier. Cette hausse a aussi été encouragée aussi par la politique du gouvernement Clinton qui a offert une liquidité colossale au marché immobilier en se présentant comme garant des dettes des fonds d'investissement immobilier. En outre, les investisseurs de pays émergents ont été incités à investir dans le marché immobilier américain, à une ampleur conséquente. Ainsi, une bulle immobilière s'est développée entre 2002-2006.

Les banques de consommateurs ont accordé en abondance des prêts en hypothèque des logements de leurs clients, qui eux-mêmes avaient contracté un prêt à part. Les emprunteurs qui n'avaient pas assez de moyens pour être en mesure de rembourser leurs dettes, i.e. classés sous le label "*subprime*" d'où vient le nom de la crise, ont pu obtenir des prêts de montants conséquents. Par ailleurs, les banques d'investissement ont lancé tellement de différents produits dérivés sur les prêts immobiliers qui sont eux-mêmes entrecroisés que mêmes les superordinateurs n'arrivaient pas à simuler leurs impacts ultimes sur leurs portefeuilles en cas de stress.

À ce stade, les nouvelles venant de la Fed annonçant une rehausse de taux ont incité les investisseurs ayant placé leur capital sur le marché immobilier à quitter celui-ci, les cours immobiliers ont ainsi commencé à baisser. En effet, la Fed a augmenté le taux 17 fois de 0,25% pendant 4 ans.

Comme évoqué ci-dessus, les investisseurs immobiliers se sont retirés petit à petit du marché, ce qui a accéléré la baisse des cours immobiliers. Le problème était les prêts accordés aux emprunteurs ayant peu de moyens de remboursement. Ces emprunteurs, ne pouvant supporter leurs dettes, ne sont même pas parvenus à vendre leurs biens pour rembourser leurs dettes. Par conséquent, les banques d'investissement ayant émis de nombreuses sécurités sur les prêts hypothécaires ont été confrontées à un problème important, la perte de confiance dans leurs produits et leurs mécanismes de fonctionnement, car elles ont perdu tous leurs moyens d'analyser les produits dérivés en fonction de leur qualité.

Ainsi, les prêts interbancaires ont commencé à devenir coûteux, voire impossible à obtenir, et l'économie américaine a été confrontée à une panique totale au sein des acteurs économiques. En conséquence, l'économie du reste du monde a elle aussi subi un tsunami venant des États-Unis. Et depuis cette crise, l'économie mondiale n'a toujours pas réussi à se redresser complètement.

La crise de 2008 a démontré que l'aléa moral des banques et une confiance aveugle dans les marchés financiers peuvent provoquer une crise systémique du régime capitaliste. Elle a également donné comme leçon que l'immobilier, considéré jusqu'alors comme refuge, pouvait perdre sa valeur brutalement. Elle a enfin montré que la donne économique mondiale avait commencé à changer avec l'arrivée des pays émergents, et qu'il était donc nécessaire d'établir un nouvel ordre de régulation de l'économie mondiale.

F.5 Crise de la dette de la zone euro

Bien que cette crise ait été déclenchée en 2009 en Grèce, elle est issue de plusieurs facteurs historiques complexes.

La zone euro, ne satisfaisant pas les conditions nécessaires à la création d'une zone monétaire unique, a été critiquée par nombre d'économistes dès le début de sa création. En particulier, la convergence des taux des États membres vers le bas en dépit de la disparité des ces pays est un sujet polémique parmi les économistes, et ce depuis les débuts des discussions sur la devise unique. Les taux bas de ces pays leur ont permis d'emprunter plus de capital qu'ils ne pourront rembourser à terme sans augmenter la productivité de leurs économies, ce qui a détérioré les exportations de ces pays vers le reste du monde. En plus, le taux de change de la monnaie de chaque pays par rapport à l'euro étant fixe, la marge de manœuvre des banques centrales des États a été réduite. Celles-ci, ne disposant plus de la souveraineté monétaire, n'étaient pas garantes de leurs dettes. Ainsi, dans la zone euro, un risque systémique existait clairement, ce qui est d'ailleurs toujours le cas à l'heure actuelle.

À ce moment-là, la Grèce a annoncé que son déficit public dépassait 12%, soit plus du double de ce que le marché croyait être le niveau réel de ce déficit. Ainsi, la mauvaise santé économique et budgétaire de certains pays a été dévoilée, et le capital investi dans ces pays a fui rapidement.

Au final, la tension autour de la résolution de ce problème entre les pays "centraux" et "périphériques" s'est accentuée. Pour les pays centraux comme l'Allemagne, la politique d'austérité devait primer et pour les périphériques dont la Grèce la négociation et la restructuration de leurs dettes étaient vues comme la solution la plus appropriée. La troïka composée de la Banque centrale européenne (BCE), du Fonds Monétaire International (FMI) et de la Commission Européenne, est intervenue pour régler le problème avec des propositions de restructuration de l'économie des pays périphériques. Cela a calmé la situation, mais les traces de la crise perdurent jusqu'à maintenant.

Groupama avait une forte exposition aux obligations grecques, qui ont été dépréciées à la hauteur de 73%, soit une perte de 1,55Md€. Cette perte a clairement détérioré la santé de Groupama, avec d'autres pertes de participations stratégiques dans des entreprises dont la Société Générale, Veolia, Saint Gobain ou Eiffage. Il a fallu plusieurs années à Groupama pour récupérer une stabilité financière en cédant plusieurs filiales rentables.

Il est utile de regarder les crises passées avec un point de vue critique pour en tirer plusieurs leçons :

- Le risque systémique n'a pas été atténué au cours des dernières décennies, mais s'est au contraire multiplié avec la financiarisation et la mondialisation de l'économie. Les crises pourraient ainsi survenir plus souvent que l'on ne le pense.
- L'époque d'or de rendement haut a pris fin.
- Le gap entre le marché financier et réel continue de s'accroître à mesure que le temps passe.

Annexe G

Système de retraite relevant de l'article L441-1

Les principes de fonctionnement d'un contrat de retraite par points sont ainsi :

- En contrepartie de leurs versements, les cotisants acquièrent des points de retraite ;
- Les cotisations nettes versées sont mises en réserve (PTS - Provision Technique Spéciale) par l'assureur afin de garantir le paiement des retraites en cours et futures ;
- L'assureur affecte à la PTS la totalité des produits et charges financiers générés par les actifs affectés à la PTS et prélève des chargements de gestion ;
- Parvenus à l'âge de la retraite, les assurés perçoivent une rente viagère dont le montant est calculé en fonction du nombre de points acquis et de la valeur de service du point.

Quand il s'agit d'un produit de retraite proposé par un employeur à ses salariés, c'est-à-dire un produit de retraite supplémentaire, il faut évoquer sa fiscalité.

Lorsqu'un contrat de retraite est à prestations définies, il relève de l'article 39 du Code Général des Impôts (CGI), c'est-à-dire qu'il bénéficie d'une exonération de la contribution sociale généralisée et de la contribution pour le remboursement de la dette sociale. Et il est souscrit par les entreprises et ne peut être individualisé. La rente viagère du salarié est soumise à l'impôt sur le revenu.

Quant aux contrats à cotisations définies, il existe deux possibilités : l'article 82 et 83 du CGI. Ici, on s'intéressera seulement au second. Les contrats à cotisations définies, désignés ainsi d'après l'article du CGI, y spécifient leur régime fiscal. Les cotisations versées ne sont pas soumises à l'impôt sur le revenu, mais au forfait social, à la charge de l'employeur, à hauteur de 20% depuis la loi de finance rectificative de 2012. La sortie s'effectue uniquement sous forme de rente viagère, en partie soumise à l'impôt sur le revenu.

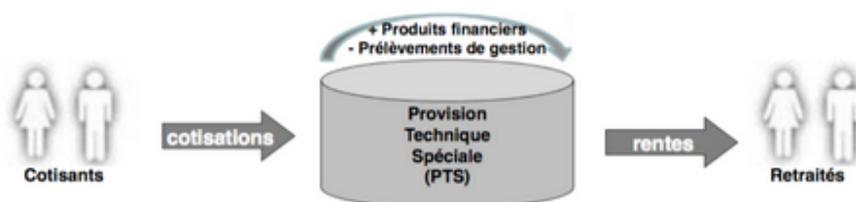


FIGURE G.1 – Schéma de fonctionnement d'un contrat L441

Ces dispositifs pour la retraite ont connu une évolution structurelle en raison de l'arrivée de la loi Pacte, qui a pour but de simplifier les contrats de retraite et de stimuler l'investissement de l'épargne des Français dans l'économie.

Annexe H

Actifs d'infrastructure

Les actifs d'infrastructure sont des actifs corporels, les structures physiques ou les équipements, systèmes et réseaux qui fournissent ou soutiennent des services publics essentiels d'après le règlement délégué qui a été amendé en 2016 et 2017. Cet amendement a apporté des modifications qui permettent d'amoinrir l'exigence de capital pour risque sur les actions. En particulier, les actions investies à long terme et celles investies dans les infrastructures sont bénéficiaires de l'amendement en termes de SCR. Les obligations privées des entreprises du domaine auront également une charge de capital diminuée. Cela incite en général les assureurs à investir dans ces actions d'une façon massive.

Le contexte juridique de cette réforme relève du plan d'investissement adopté par l'UE (Union européenne). En effet, un des piliers de ce plan d'investissement est de supprimer les obstacles à l'investissement et de garantir une meilleure prévisibilité de la réglementation, afin de préserver l'attractivité de l'Europe pour les investisseurs. De plus l'UMC (Union des Marchés des Capitaux) à l'échelle européenne, que l'UE estime être une des raisons de son existence, a pour but de mobiliser les capitaux en Europe et de les acheminer vers, entre autres, les projets d'infrastructure qui en ont besoin pour se développer et créer des emplois. La CE (Commission européenne) considère que les assureurs vie sont capables d'apporter aussi bien des financements en capitaux propres que des financements par l'emprunt aux infrastructures à long terme. En faisant converger les avis des parties intéressées, l'EIOPA a amendé la directive Solvabilité 2 sous l'approbation de la CE, qui voulait répondre aux besoins de l'UMC.

D'après l'EIB (*European Investment Bank*), les assureurs n'ont eu des titres d'infrastructure qu'à hauteur de 0,3% par rapport au total de leurs actifs, soit 22Md€ en 2016. Donc seulement si les assureurs parviennent à réallouer leurs actifs vers l'infrastructure pour que cette dernière représente 0,5% de leurs actifs totaux, alors il serait possible d'investir presque 20Md€ dans ce domaine et ainsi de booster le secteur, ce qui est tout à fait souhaitable[8].

On va différencier ici 2 types d'actifs d'infrastructure : les actifs de projets d'infrastructure éligibles et les actifs de sociétés d'infrastructure éligibles[9].

Un projet d'infrastructure est une entité ou un groupe d'entreprises qui tire la plus grande partie de ses recettes du fait de posséder, financer, développer ou exploiter des actifs d'infrastructure. De plus, ce projet doit satisfaire certaines caractéristiques : durabilité, prévisibilité, protection en cas d'arrêt du projet, détention de réserves suffisantes, etc.

Une société d'infrastructure est une entité ou un groupe d'entreprises qui tire la plus grande partie de ses recettes du fait de posséder, financer, développer ou exploiter des actifs d'infrastructure au sein de l'EEE ou l'OCDE dans les activités suivantes :

- génération, transmission, ou distribution de l'électricité ou de l'énergie thermique
- distribution ou transmission du gaz naturel ou pétrolier
- fourniture d'eau ou de service des eaux usées
- gestion des déchets ou service de recyclage
- réseau de transport ou gestion d'actifs de transport

— infrastructure sociale

Cette société sera soumise à certaines conditions d'éligibilité supplémentaires qui ne seront pas citées ici une par une.

Alors pourquoi différencie-t-on les deux types d'actif d'infrastructure ? L'EIOPA explique cela par les arguments suivants :

- Le taux de récupération (ratio de la valeur du titre par rapport à son prix de revient en cas de faillite de l'émetteur), soit $1-LGD$ (*Loss Given Default*), est plus important dans les projets d'infrastructure que dans les sociétés d'infrastructure.
- Les infrastructures sociales sont en général construites par des projets avec des contrats de revenus.
- Les sociétés d'infrastructure génèrent leurs revenus d'une façon plus diversifiée que les projets d'infrastructure.
- Les projets comportent un risque de construction plus élevé que les sociétés.
- Les sociétés d'infrastructure bénéficient d'une plus grande flexibilité dans les décisions d'investissement.

En résumé, l'EIOPA insiste sur le fait que les projets ont un profil de risque différent de celui des sociétés. Ainsi, pour les actions de projets d'infrastructure, un choc de $30\%+77\% \times AS$ (Ajustement Symétrique) est appliqué, alors que les actions des sociétés d'infrastructure sont soumises à un choc de $36\%+92\% \times AS$.

En conséquence, ces chocs sont pertinents dans le sens où les assureurs sont attirés pour investir dans des grands projets publics avec un choc moindre par rapport aux sociétés d'infrastructure existantes.

Annexe I

Swap, cap/floor et swaption

Le déflateur stochastique entre t et T est une somme d'argent à l'instant t équivalente à 1 à l'instant T , et il est défini ainsi[4] :

$$D(t, T) = \exp\left(-\int_t^T r_s ds\right) \quad (\text{I.1})$$

, où r_s est le taux spot à l'instant t .

Une obligation zéro-coupon de maturité T est un contrat garantissant au détenteur le paiement d'une unité de devise à l'instant T en contrepartie du paiement d'une somme notée $P(t, T)$ à l'instant t . Il est évident que $\forall T, P(T, T) = 1$.

Le taux spot simplement composé à l'instant t de maturité T est un taux constant auquel $P(t, T)$ doit être investi pour procurer 1 à l'instant T . Ainsi, il est défini par la formule suivante :

$$L(t, T) = \frac{1 - P(t, T)}{\tau(t, T)P(t, T)} \quad (\text{I.2})$$

Un *swap* de taux payeur est un contrat qui consiste à échanger des paiements entre 2 parties indexées sur les taux à partir d'un moment futur. On prédéfinit les moments d'échange T_α, \dots, T_β . Ensuite, à chaque instant T_i , la partie fixée paie $N\tau_i K$, K étant fixé, N valeur nominale et $\tau_i = T_i - T_{i-1}$, alors que la partie variable paie $N\tau_i L(T_{i-1}, T_i)$, où $L(T_{i-1}, T_i)$ étant le taux spot simplement composé de maturité T_{i-1} et T_i . Les taux variables se déterminent aux temps $T_\alpha, T_{\alpha+1}, \dots, T_{\beta-1}$ et paient aux temps $T_{\alpha+1}, T_\beta$ respectivement. On notera $\mathcal{T} = \{T_\alpha, \dots, T_\beta\}$.

Quand on paie le taux fixe, il s'agit d'un *swap* de taux payeur, sinon un *swap* de taux receveur. On admet la formule suivante :

$$RFS(t, \mathcal{T}, \tau, N, K) = -NP(t, T_\alpha) + NP(t, T_\beta) + N \sum_{i=\alpha+1}^{\beta} \tau_i K P(t, T_\alpha) \quad (\text{I.3})$$

Le taux *swap forward* $S_{\alpha, \beta}(t)$ défini ci-dessous est le taux fixe K qui annule $RFS(t, \mathcal{T}, \tau, N, K)$, i.e.

$$S_{\alpha, \beta}(t) = \frac{P(t, T_\alpha) - P(t, T_\beta)}{\sum_{i=\alpha+1}^{\beta} \tau_i P(t, T_i)} \quad (\text{I.4})$$

Dans le marché des taux, se trouvent les instruments financiers introduits ci-dessous : *cap/floor*, *swaption*.

Un *cap* est un *swap* de taux payeur qui échange des paiements seulement si les paiements sont d'une valeur positive. Comme pour toute option financière, on parle du *payoff* actualisé (gain actualisé en cas d'exécution de l'option) ici, s'écrit ainsi :

$$\sum_{i=\alpha+1}^{\beta} D(t, T_i) N \tau_i (L(T_{i-1}, T_i) - K)^+ \quad (\text{I.5})$$

Par analogie, un *floor* est un *swap* de taux receveur qui échange des paiements seulement si les paiements sont d'une valeur positive. Donc son *payoff* actualisé est ainsi :

$$\sum_{i=\alpha+1}^{\beta} D(t, T_i) N \tau_i (K - L(T_{i-1}, T_i))^+ \quad (\text{I.6})$$

Un cap peut être évalué ainsi à l'instant $t = 0$ par une formule de type Black (ressemblant à celle de Black-Scholes) :

$$Cap^{Black}(0, \mathcal{T}, \tau, N, K, \sigma_{\alpha, \beta}) = N \sum_{i=\alpha+1}^{\beta} P(0, T_i) \tau_i Bl(K, F(0, T_{i-1}, T_i), v_i, 1) \quad (\text{I.7})$$

, où

$$\begin{aligned} Bl(K, F, v, \omega) &= F \omega \phi(\omega d_1(K, F, v)) - K \omega \phi(\omega d_2(K, F, v)), \\ d_1(K, F, v) &= \frac{\ln F/K + v^2/2}{v}, \\ d_2(K, F, v) &= \frac{\ln F/K - v^2/2}{v}, \\ v_i &= \sigma_{\alpha, \beta} \sqrt{T_{i-1}} \end{aligned}$$

, avec ϕ la fonction de répartition de la loi normale centrée et réduite.

D'une façon analogique, un *floor* est évalué ainsi :

$$Flr^{Black}(0, \mathcal{T}, \tau, N, K, \sigma_{\alpha, \beta}) = N \sum_{i=\alpha+1}^{\beta} P(0, T_i) \tau_i Bl(K, F(0, T_{i-1}, T_i), v_i, -1) \quad (\text{I.8})$$

, où $\sigma_{\alpha, \beta}$ volatilité repérée sur le marché.

Un autre instrument largement utilisé est la *swaption*. Une *swaption* payeuse est une option donnant le droit d'avoir un *swap* de taux à un moment futur donné qui s'appelle la maturité de *swaption*. En général, la maturité de *swaption* est égale à T_α . Et $T_\beta - T_\alpha$ est appelé le *tenor* de la *swaption*. Comme le *cap* et le *floor*, il est possible de donner le prix d'une *swaption* payeuse ainsi :

$$PS^{Black}(0, \mathcal{T}, \tau, N, K, \sigma_{\alpha, \beta}) = N Bl(K, S_{\alpha, \beta}(0), \sigma_{\alpha, \beta} \sqrt{T_\alpha}, 1) \sum_{i=\alpha+1}^{\beta} P(0, T_i) \tau_i \quad (\text{I.9})$$

, où $\sigma_{\alpha, \beta}$ volatilité repérée sur le marché.

Les volatilités de *swaption* dans l'équation I.9 pour différents maturités et *tenors* sont largement utilisés pour le calibrage de nombreux modèles financiers, y compris le modèle LMM+.

Annexe J

Martingale

Soit (\mathcal{F}_n) une filtration d'un espace mesurable (Ω, \mathcal{F}) , i.e. (\mathcal{F}_n) est une suite croissante de σ -algèbres incluse dans \mathcal{F} . Soit $X_n : \Omega \rightarrow \mathbb{R}, n \geq 0$, une suite de variables $(\mathcal{F}_n)_{n \geq 0}$ -adaptées et mesurables. La suite $(X_n)_{n \geq 0}$ est une martingale si $\forall n \geq 0, \mathbb{E}(X_{n+1} | \mathcal{F}_n) = X_n$, p.s.

L'idée de martingale provient du monde du jeu de casino. Les martingales sont en effet des modèles pour les jeux d'argent : X_n représente le gain à l'instant n , \mathcal{F}_n l'information dont dispose le joueur à l'instant n .

Le fait que $(X_n)_{n \geq 0}$ est $(\mathcal{F}_n)_{n \geq 0}$ -adaptée signifie que le joueur ne peut prévoir l'avenir (ou le joueur ne triche pas). Donc une martingale modélise comme un jeu neutre où l'on ne prévoit pas l'avenir.

La martingale est une notion opposée à un processus prévisible qui se définit ainsi : une suite de variable $(X_n)_{n \geq 0}$ à valeur dans \mathbb{R} est un processus prévisible si X_0 est \mathcal{F}_0 -mesurable et X_n est \mathcal{F}_{n-1} -mesurable, $\forall n \in \mathbb{N}$.

Annexe K

Calibrage des paramètres du SCR Taux

Pour calibrer les nouveaux paramètres du choc de taux, l'EIOPA a utilisé les taux publiés d'une manière journalière.

Plus précisément, pour avoir une formule de choc de taux simple, l'institution européenne a cherché à établir une formule affine comme suit[6] :

$$r_t^{down(up)}(m) = r_t(m)(1 + s^{down(up)}(\theta(m))) - \theta(m)s^{down(up)}(\theta(m))$$

, où $r_t(m)$ le taux sans risque publié par l'EIOPA à l'instant t pour la maturité m , $r_t^{down(up)}(m)$ le taux choqué à la baisse (hausse), $\theta(m)$ le paramètre-clé déterminé par des avis experts compte tenu de l'historique des taux et $s^{down(up)}(\theta(m))$ le paramètre de choc affine pour la maturité m .

Pour calibrer $s^{down(up)}(\theta(m))$, ils ont observé la quantité suivante :

$$\frac{r_t(m) + \theta(m)}{r_{t-\omega}(m) + \theta(m)} - 1$$

, où $\omega = 262$ le nombre de jours tradables en moyenne par an. L'EIOPA a donc déterminé des quantiles empiriques en observant la quantité ci-dessus, mais le problème ici demeure dans le fait que $\frac{r_t(m) + \theta(m)}{r_{t-\omega}(m) + \theta(m)}$ présentent une auto-corrélation trop importante quand on glisse sur le temps t . Cette auto-corrélation impliquerait un défaut de significativité du résultat ainsi calculé. D'ailleurs, l'EIOPA a effectué une étude sur les échantillons observés en utilisant la technique de la régression en composantes principales (PCR - *Principal Component Regression*) et a rendu public le fait que l'étude avait montré que le modèle sous-estimait les chocs.

Pourtant afin de minimiser les chocs de taux qui sont toujours un choc important pour une grande majorité des assureurs, l'EIOPA a finalement dévié sur les mêmes données mais cette fois-ci ni centrées ni réduites, ce qui a justifié le choix du modèle et a également soulagé les assureurs européens en termes de SCR Taux.

Bien que le processus ait montré une meilleure cohérence avec la réalité, il n'est certainement pas infaillible.

Bibliographie

- [1] Institut des ACTUAIRES. *Groupe de travail «Best Estimate Liabilities Vie»*. URL : https://www.institutdesactuaires.com/global/gene/link.php?news_link=2016110706_2016133822-npa4-1.pdf&fg=1.
- [2] Xavier AGENOS. “Appétit pour le risque et gestion stratégique d’une société d’assurance non-vie – application aux stratégies d’investissements et de réassurance”. Thèse de doct. CEA - Centre d’études actuarielles, 2006.
- [3] ANC. *REGLEMENT N° 2015-11 du 26 novembre 2015 relatif aux comptes annuels des entreprises d’assurance*. Autorité des normes comptables, 2015.
- [4] D. BRIGO et F. MERCURIO. *Interest Rate Models Theory and Practice*. Springer Finance. Springer Berlin Heidelberg, 2013. ISBN : 9783662045534. URL : <https://books.google.fr/books?id=USvrCAAQBAJ>.
- [5] David Le BRIS. *Current Historical Minimum on Interest Rate since 1752*. URL : <https://sites.google.com/site/davidlebris/home>.
- [6] EIOPA. *EIOPA’s second set of advice to the European Commission on specific items in the Solvency II Delegated Regulation*. URL : https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/publications/pdfs/eiopa-18-075-eiopa_second_set_of_advice_on_sii_dr_review_0.pdf.
- [7] EIOPA. *Explanatory Text On the Proposal for Guidelines on the System of Governance*. URL : https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/publications/consultations/eiopa-bos-13-26_system_of_governance_et.pdf.
- [8] Commission EUROPÉENNE. *NEW EU RULES TO PROMOTE INVESTMENTS IN INFRASTRUCTURE PROJECTS*. URL : https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_15_5734.
- [9] Commission EUROPÉENNE. *RÈGLEMENT DÉLÉGUÉ (UE) .../... DE LA COMMISSION du 8.6.2017 modifiant le règlement délégué (UE) 2015/35 en ce qui concerne le calcul des exigences réglementaires de capital pour certaines catégories d’actifs détenus par les entreprises d’assurance et de réassurance (sociétés d’infrastructure)*. Commission Européenne, 2017.
- [10] Commission EUROPÉENNE. *Risk management and supervision of insurance companies (Solvency 2)*. URL : https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/banking-and-finance/insurance-and-pensions/risk-management-and-supervision-insurance-companies-solvency-2_en#solvency-2-directive.
- [11] CRO FORUM. *Embedded Value*. URL : http://www.cfoforum.eu/embedded_value.html.
- [12] S&P GLOBAL. *SP Global Ratings Definitions*. URL : https://www.standardandpoors.com/en_US/web/guest/article/-/view/sourceId/504352.
- [13] J. HULL. *Options, Futures and Other Derivatives*. Prentice Hall finance series. Pearson/Prentice Hall, 2009. ISBN : 9780136015864. URL : <https://books.google.fr/books?id=sEmQZoHoJCcC>.
- [14] C.F. LEE. *Encyclopedia of Finance*. Encyclopedia of Finance. Springer US, 2006. ISBN : 9780387262840. URL : <https://books.google.fr/books?id=I6BH-RKYVG4C>.

- [15] Maria Paola Toschi MICHAEL BELL. *En quête de revenus dans un environnement de faible rendement*. URL : <https://am.jpmorgan.com/ch/fr/asset-management/adv/insights/market-insights/on-the-minds-of-investors/investing-in-a-low-yield-environment/>.
- [16] OCDE. *Taux d'intérêt à long terme*. URL : <https://data.oecd.org/fr/interest/taux-d-interet-a-long-terme.htm>.

Table des figures

1	Taux des OAT 10 ans et 30 ans émises depuis 1987	2
2	Rendement moyen des obligations privées européennes du secteur financier de maturité de plus de 10 ans et de notation AA et A	3
1.1	Modules de risques de Solvabilité 2	7
1.2	Bilan économique sous Solvabilité 2	8
1.3	Organigramme du groupe Groupama	12
1.4	Articulation des parties prenantes autour de la gestion des risques	14
1.5	Appétence, Tolérance et Limites de risques	15
1.6	Processus de la gestion des risques	16
1.7	Taux <i>swap</i> depuis 2000 : Taux 10 ans et 20 ans (%)	18
1.8	Taux d'emprunt d'État 10 ans (violet : FR, vert : US, rouge : IT, bleu : GR)	19
1.9	Rendement et fourchette de performance de la classe d'actifs (% de performance glissante sur 12 mois)	20
1.10	Rendements par classe d'actifs	20
2.1	Taux d'emprunt 10 ans de l'État français historique	22
3.1	Fonctionnement général du modèle ALM	38
3.2	Prix de zéro-coupon actualisé	40
3.3	Prix de zéro-coupon actualisé pour différentes maturités	41
3.4	Prix de zéro-coupon réelle actualisé	42
3.5	Indices de l'Action et l'Immobilier	42
3.6	Architecture du modèle ALM	43
3.7	Histogramme de la distribution des valeurs stochastiques	44
3.8	Diagramme en boîte des VIF	45
3.9	QQ-Plot de l'échantillon par rapport aux lois étudiées	45
3.10	Estimation de la loi de Gumbel	46
3.11	Comparaison des SCR entre avant et après la saturation	48
4.1	Taux <i>forward</i> 10 ans générés par le GSE utilisé	52
4.2	Pourcentage des actions et des actifs immobiliers par rapport à l'actif total hors UC au sein des principaux assureurs sur le marché français	54
4.3	Ratio de couverture du SCR avec et sans VA de principaux assureurs sur le marché français	55
D.1	Évolution de l'EV	61
D.2	Asymétrie : pertes & bénéfices	64
E.1	Duration d'une obligation	66
G.1	Schéma de fonctionnement d'un contrat L441	72

Liste des tableaux

2.1	Répartition du portefeuille modélisé	26
2.2	Caractéristiques de l'enveloppe de risques	27
2.3	Résultat de l'analyse des indices (Type 1)	30
2.4	Résultat de l'analyse des indices (Infrastructure)	32
2.5	Résultat de l'analyse des indices immobiliers	32
2.6	Résultat de l'analyse du Crédit européen (tous secteurs confondus)	33
3.1	Variation de duration suivant les hypothèses d'allocation	37
3.2	Choc de VM en fonction des hypothèses par rapport à l'avant-saturation	37
3.3	Variation des actifs risqués en fonction des hypothèses par rapport à l'avant-saturation	38
3.4	Statistiques descriptives des VIF	44
3.5	Volume (en %) et variation de la VM en fonction des chocs de la Formule Standard	47