



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

le 23 Septembre 2021

Par : William FOUQUÈS

Titre : Revoyure Solvabilité II 2020 : Impact du changement réglementaire
de la classe LTEI sur la solvabilité d'un assureur vie

Confidentialité : Non

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

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

Michel NANG EYEGHE

Anthony NAHELOU

Signature :

**Membre présent du jury
de l'EURIA :**

Jean-Marc DERRIEN

Entreprise :

Optimind

Signature :

DocuSigned by:
Aline ROU
5ABEB46ACA934D4...

**Directeur de mémoire en
entreprise :**

Roman BOUGAITSOV

Signature : *Bougaitsov*

Invité :

Nom invité

Signature :

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

(après expiration de l'éventuel délai de confidentialité)

Signature du responsable entreprise :

DocuSigned by:
Aline ROU
5ABEB46ACA934D4...

Signature du candidat :

W Fouques

Résumé

Mots clefs: Solvabilité II, Revoyure, Investissement en actions long terme, Assurance Vie.

Lors de la mise en place de la norme Solvabilité II, il était prévu deux revoyures pour prendre en compte les retours d'expériences et les évolutions du marché. En décembre 2020, l'EIOPA a émis son avis sur la revoyure de 2020 et la Commission européenne doit faire sa proposition sur certains points sensibles au troisième trimestre 2021. Un des points sensibles ouverts à la discussion concerne la classe d'actifs LTEI (*Long Term Equity Investment*), l'étude de cette classe d'actifs est l'objet de ce mémoire.

Après avoir présenté la norme Solvabilité II et sa revoyure 2020 qui situent le contexte de l'étude, ce mémoire étudiera comment mettre en place un portefeuille d'actions LTEI avec une proposition de méthodologie puis en analysera son impact sur la solvabilité d'un assureur vie.

Cela est possible grâce aux scénarios économiques ainsi qu'un modèle de gestion actif-passif. L'étude utilisera différents jeux de scénarios économiques afin de prendre en compte une poche LTEI dans le portefeuille d'actifs de l'assureur mais également d'en étudier son évolution dans le temps avec notamment la prise en compte de plusieurs situations économiques : favorable, défavorable et crise.

L'enjeu est de savoir si le gain en rendement à l'aide de cet actif, malgré le coût en volatilité que cela engendre, est bénéfique grâce au choc réduit proposé par cette norme LTEI. Ce mémoire étudie donc les changements apportés par cette classe d'actifs sur la solvabilité d'un assureur vie afin de rendre compte de la pertinence du choc réduit et des restrictions réglementaires encadrant cette classe d'actifs.

Ces études ont été réalisées avant l'avis de la Commission Européenne à la fin du troisième trimestre 2021. C'est dans le but d'apporter une première étude sur cette norme, pour appuyer les discussions autour de l'allègement réglementaire éventuel encadrant les LTEI, que l'enjeu du mémoire se situe.

Abstract

Keywords: Solvency II, Review, Long Term Equity Investment, Life Insurance.

When the Solvency II standard was introduced, two reviews were planned to take into account feedback and market developments. In December 2020, EIOPA issued its opinion on the 2020 review and the European Commission is due to make its proposal on certain sensitive points in the third quarter of 2021. One of the sensitive points under discussion concerns the LTEI (Long Term Equity Investment) asset class, the study of this asset class is the subject of this thesis.

After presenting the Solvency II standard and its 2020 review, which set the context for the study, this thesis will study how to set up a portfolio of LTEI shares with a proposed methodology and then analyse its impact on the solvency of a life insurer.

This is possible thanks to economic scenarios and an asset-liability management model. The study will use different sets of economic scenarios in order to take into account a LTEI investment in the insurer's asset portfolio but also to study its evolution over time, taking into account several economic situations (favourable, unfavourable, crisis).

The issue is to know if the gain in return using this asset, despite the cost in volatility that it generates, is beneficial thanks to the reduced shock proposed by this LTEI standard. This paper therefore studies the changes brought about by this asset class on the solvency of a life insurer in order to account for the relevance of the reduced shock and the regulatory restrictions governing this asset class.

These studies were carried out before the European Commission's opinion at the end of the third quarter of 2021. It is with the aim of providing a first study on this standard, to support discussions around the possible regulatory relief for LTEI, that the issue of the thesis is situated.

Remerciements

Je tiens à remercier Christophe EBERLÉ, président d'Optimind, ainsi que toute l'équipe Optimind pour son accueil chaleureux au sein de l'entreprise et pour m'avoir fait confiance lors de mon stage de fin d'étude.

Tout particulièrement, je voudrais adresser toute ma gratitude à Roman BOUGAITSOV pour m'avoir encadré et aidé avec bienveillance lors de mon mémoire mais également Guillaume GILLOT qui m'a aussi apporté son aide et son savoir.

Je remercie Franck VERMET, directeur de l'EURIA, ainsi que l'ensemble du corps enseignant pour ces trois années de formation en actuariat au cours desquelles j'ai pu apprécier, comprendre au mieux ce métier et recevoir une formation pointue à travers des cours passionnants. L'EURIA m'a aussi permis de rencontrer des intervenants captivants permettant des échanges très enrichissants.

Je tiens à remercier également Fabrice HAMON, mon tuteur académique, pour sa disponibilité, son aide et ses conseils avisés.

De plus, je souhaite remercier la totalité de mes proches pour leur confiance, leur soutien et leur bienveillance au quotidien.

Enfin, et parce que mes remerciements sembleraient inachevés sans vous, merci Romain et merci Jules.

Note de synthèse

Introduction au cadre du mémoire et à la problématique

L'entrée en vigueur de Solvabilité II en janvier 2016 avait apporté avec elle deux revoyures afin de prendre en compte les retours d'expériences et les évolutions du marché. Parmi elles, il y a la revoyure 2020 dont l'EIOPA a donné son avis en décembre 2020 et la prochaine étape concerne la proposition de la Commission européenne sur cette revoyure au troisième trimestre 2021. L'un des enjeux principaux de la future proposition de la Commission européenne concerne la révision de la norme LTEI. Cette classe d'actifs permet d'avoir un choc réduit à 22% sur les actions classifiées LTEI sous réserve de respecter certaines contraintes réglementaires. Mais ces contraintes d'éligibilité ont été jugées trop coercitives pour rendre la norme LTEI viable et applicable par les assureurs. C'est ainsi que le marché assurantiel français soutenu par l'ACPR et le Trésor mais également le marché assurantiel néerlandais militent en faveur d'un assouplissement de ces restrictions réglementaires qu'ils jugent trop sévères et non cohérentes au vu des risques sur les actions à long terme par rapport au risque obligataire évalué sous Solvabilité II. C'est dans le but d'apporter des premiers résultats sur les avantages de l'utilisation des LTEI, afin de proposer des solutions d'allégement réglementaire à la Commission européenne pour sa proposition du troisième trimestre 2021, que l'enjeu du mémoire se situe.

Dans le cadre de ce mémoire, nous nous sommes intéressés à l'impact de la classe LTEI sur la solvabilité d'un assureur vie commercialisant des contrats Epargne à support fonds euro uniquement. Notre objectif est d'évaluer la situation de cet assureur vie intégrant un portefeuille d'actions LTEI à son actif sur un *business plan* de 5 ans afin de quantifier les avantages et inconvénients de cette norme sur la santé d'une assurance vie. Ce mémoire se décompose en plusieurs étapes clés, à savoir :

- Méthodologie pour la sélection d'actions pouvant être classifiées LTEI.
- Construction du portefeuille LTEI à l'aide des actions sélectionnées avec une optimisation suivant le *risk appetite* de l'assureur.
- Analyse de la solvabilité suite à l'intégration du portefeuille LTEI à l'actif suivant 3 scénarios économiques : favorable, défavorable et crise économique.
- Réflexion sur l'allégement réglementaire intéressant à faire pour permettre une meilleure viabilité de cette norme.

Méthodologie pour le choix des actions LTEI

Avant de savoir comment choisir ses actions pour construire le portefeuille LTEI, il est légitime de se demander dans quel but l'assureur souhaiterait profiter de cette norme ?

Il s'avère que dans le contexte de taux bas actuel qui perdure depuis quelques années, les assureurs sont en recherche de rendement. En effet, les rendements obligataires (poche majoritaire dans les investissements des assurances) sont faibles à cause des taux d'intérêts et d'autant plus que la part de rendement acquise grâce aux augmentations de prix est très fortement ralentie avec les prix déjà particulièrement élevés. Ainsi, comme le précise *Russel Investments*¹, [18], dans ce contexte de taux bas, les gagnants sont les portefeuilles long terme prenant plus de risques à travers un poids plus élevé dans leurs actifs en action contrairement aux perdants qui ont des portefeuilles à moins long terme avec une part plus élevée en obligation (typiquement une compagnie d'assurance). C'est pourquoi les assureurs ont intérêt à se diriger vers les actions pour leur quête de rendement.

L'assureur ayant compris que le rendement se trouve en partie dans les actions, il lui reste encore à résoudre le problème de comment investir car cela peut lui coûter cher en capital dans le cas de la formule standard avec des chocs à 39% ou 49%. C'est donc à ce moment qu'intervient la proposition de l'EIOPA avec la mesure des LTEI permettant d'alléger la charge en capital à 22% sous réserve de certaines conditions réglementaires.

Nous basons notre stratégie de sélection d'actions sur les 3 grands types de ratios suivant : ratios de valorisation, ratios de rentabilité et ratios de solvabilité. Après avoir présenté plusieurs ratios de chaque type ainsi que l'explication de leurs valeurs, leurs intérêts et comment ils peuvent être combinés avec d'autres ratios pour créer une stratégie pour choisir ses actions, nous proposons notre méthode utilisée lors de ce mémoire. L'idée de notre stratégie repose sur le *risk appetite* de l'assureur que l'on étudie, à savoir une assurance recherchant du rendement en contexte de taux bas à travers les actions avec pour objectif un investissement long terme (sans vente en urgence les premières années pour respecter la norme LTEI sur le caractère long terme). Pour cela, nous avons donc recherché des entreprises en croissance, afin de ne pas les surpayer, qui de plus montrent un bon équilibre entre stabilité et gains financiers. Car même si l'entreprise ne possède pas un très bon rendement aujourd'hui, l'investissement étant orienté pour le long terme, l'assureur mise sur la valeur à l'avenir, il recherche donc les entreprises qui performeront dans le futur. Voici donc la stratégie finale que nous avons retenue :

- Un PER² compris entre 6 et 12, afin d'avoir une entreprise à la limite entre sous-évaluée (attention à ce que la sous-évaluation ne provienne pas d'une défaillance future, il faut bien vérifier les autres indicateurs) et le juste prix : nous nous assurons de ne pas surpayer notre investissement.
- Un ROE³ supérieur à 7% avec une croissance sur les 5 dernières années (cela est normalement simple à trouver pour une entreprise suffisamment mature).
- Un ROA⁴ supérieur à 5% avec également une croissance sur les 5 dernières années (tout comme le ROE, cela est simple à trouver pour une entreprise suffisamment mature).
- Vérifier que le ROA et ROE aient un niveau élevé et non un ROE élevé pour un ROA faible afin d'éviter les bénéfices générés grâce à un endettement trop important.

1. *Asset manager* américain spécialisé entre autre dans la gestion d'actifs pour les institutionnels

2. PER - Price Earning Ratio

3. ROE - Return On Equity

4. ROA - Return On Assets

- Une marge opérationnelle supérieure à 8% pour s’assurer de la rentabilité de l’entreprise et confirmer l’efficacité de son *business plan*.
- Une marge nette supérieure à 4% afin de s’assurer que l’entreprise tienne le choc en cas de crise.
- Sachant que la stratégie est de miser sur les entreprises qui performeront mieux dans le futur grâce à leur croissance, il faut s’assurer de la hausse du BNA¹ sur un historique de 5 ans, cela confirmera le bon développement et la hausse des ventes de l’entreprise.
- Une fois tous ces critères confirmés nous avons alors une entreprise rentable et avec une bonne croissance et de bonnes prévisions futures, il reste à savoir le niveau de solvabilité de ces entreprises pour cela nous allons regarder le ratio Dette/CP².
- Un ratio Dette/CP inférieur à 0,5 (50%) pour s’assurer que l’entreprise ne soit pas sur-endettée.

Cette stratégie nous permet alors de sélectionner les 20 actions que nous retenons pour le portefeuille, qui seront : Unibail-Rodamco-Westfield, Buzzi Unicem, Sofina, Adidas, Linde, Thales, Solvay, Nexans, Vestas Wind Systems, Verbund, Air Liquide, Renault, Rexel, Orange, Getlink, SAP, Allianz, Sanofi, L’Oréal, LVMH.

Construction et optimisation de notre portefeuille LTEI composé de 20 actions

Un assureur a des obligations légales envers ses assurés pour payer ce qu’il doit donc il ne peut pas se permettre de prendre des risques trop élevés et non maîtrisés sur les marchés financiers. Ceci nous indique la stratégie globale à suivre, à savoir minimiser le risque (ici la volatilité). Nous utiliserons donc une stratégie de *minimum variance portfolio* pour obtenir les poids optimaux, il s’agit d’une variante de la théorie moderne de Markowitz avec la stratégie de *mean-variance portfolio*. La théorie *minimum variance portfolio* consiste à minimiser la volatilité du portefeuille sans aucune hypothèse sur les rendements contrairement à la théorie *mean-variance portfolio* qui fait référence à la minimisation de la volatilité en tenant compte de la valeur attendue du rendement pour chaque actif afin d’obtenir le ratio rendement/risque le plus élevé pour un niveau de rendement ou de risque souhaité.

Le risque avec la théorie *minimum variance portfolio* est que la minimisation de la volatilité sans tenir compte du rendement peut potentiellement aboutir à un portefeuille avec un rendement bien trop faible malgré une volatilité minimale. Toutefois, deux études³ récentes⁴, [29] et [5], montrent que les rendements boursiers futurs de portefeuilles précédemment caractérisés par une faible variabilité du rendement (volatilité) dépassent nettement ceux de portefeuilles précédemment caractérisés par une forte variabilité du rendement et en concluent alors que la théorie *minimum variance portfolio* fait mieux que la traditionnelle théorie *mean-variance portfolio*.

1. BNA - Bénéfice Net par Action
2. CP - Capitaux Propres
3. The Low-Volatility Anomaly : Market Evidence on Systemic Risk vs. Mispricing
4. Adaptive Asset Allocation : Dynamic Global Portfolios to Profit in Good Times - and Bad

Les critères retenus dans la suite de l'étude pour l'optimisation du portefeuille LTEI sont :

- La maximisation du rendement.
- La maximisation du ratio de Sharpe.
- La maximisation du ratio de Sortino.
- La minimisation de la volatilité.
- La minimisation du *drawdown*.

De plus, nous utilisons les rebalancements afin d'améliorer les résultats. Nous allons comparer une stratégie basée sur des rebalancements annuels ou trimestriels avec un système de rebalancement dont les dates sont déterminées de façon optimales à l'aide de *moving average*¹, MA. Une MA montre la valeur moyenne des prix pendant une certaine période de temps. Lorsque nous calculons la moyenne mobile, nous calculons la moyenne d'un prix pour cette période. Au fur et à mesure des changements de prix, sa moyenne augmente ou diminue. Dans notre cas, nous allons utiliser une MA sur 10 mois dans le but de représenter une tendance long terme. La règle à suivre sera la suivante :

- Acheter lorsque le dernier cours mensuel est supérieur à la moyenne sur dix mois (la MA).
- Vendre lorsque le dernier cours mensuel est égal ou inférieur à la MA.

Pour l'optimisation, nous avons étudié plusieurs cas possibles, avec et sans optimisation sur les poids des actions puis nous considérons comme portefeuille : un portefeuille investi sur l'euro stoxx 50 (qui est considéré comme le fonds benchmark dans notre étude car les assureurs investissent dans ce fonds lors de leurs investissements en actions) sans aucune gestion active dessus, un portefeuille LTEI avec des rebalancements annuels et un portefeuille LTEI basé sur les *moving average* pour trouver les dates optimales des rebalancements. Voici les résultats obtenus :

Type de mesure	Rebalancement annuel avec poids optimaux	Rebalancement annuel avec poids égaux	Rebalancement avec MA et poids optimaux	Rebalancement avec MA et poids égaux	Benchmark
Rdt annuel	18,1%	19,9%	10,7%	11,9%	6,1%
Volatilité annuelle	14,6%	17,3%	9,8%	11%	17,6%
Ratio Sharpe	1,246	1,145	1,089	1,088	0,347
Ratio Sortino	0,659	0,594	0,551	0,541	0,186
Drawdown	-19,3%	-24,2%	-11,4%	-12,7%	-28,8%

TABLE 1: Mesures de risque sur les différents portefeuilles

1. *Moving Average*, MA - Moyenne mobile

Cela nous permet donc de choisir le portefeuille LTEI avec les poids optimaux et les rebalancements basés sur les *moving average*.

Analyse de l'impact ALM du portefeuille LTEI

Pour étudier l'impact ALM du portefeuille LTEI sur le *business plan* d'horizon 5 ans de notre assureur, nous sommes partis d'un scénario central commençant au 31/12/2020 puis nous projetons l'état de l'assureur sur ces 5 ans afin de voir l'évolution de sa solvabilité dans un cas de scénario économique favorable. Nous ferons alors de même en intégrant le portefeuille LTEI à l'actif de l'assureur afin de pouvoir comparer la solvabilité dans chaque cas.

Voici une brève description du portefeuille de notre assureur :

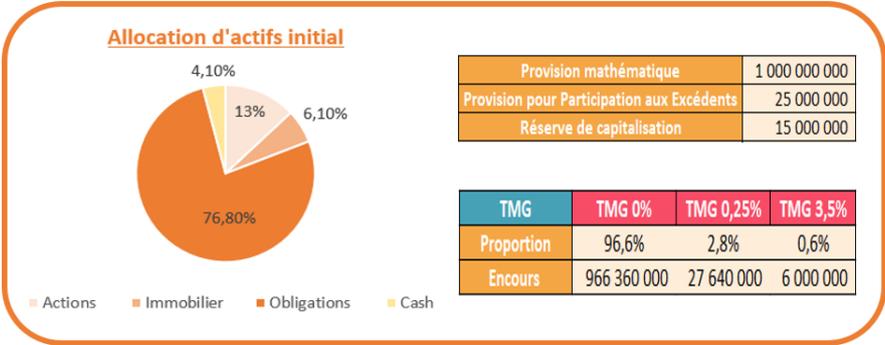


FIGURE 1: Présentation du portefeuille de l'assureur à l'état initial au 31/12/2020

Pour la projection de la situation économique de notre assureur vie nous avons utilisé le GSE risque réel afin de projeter les tables action et immobilier. Pour les taux, nous avons émis l'hypothèse d'une légère hausse des taux sur 5 ans tel que :

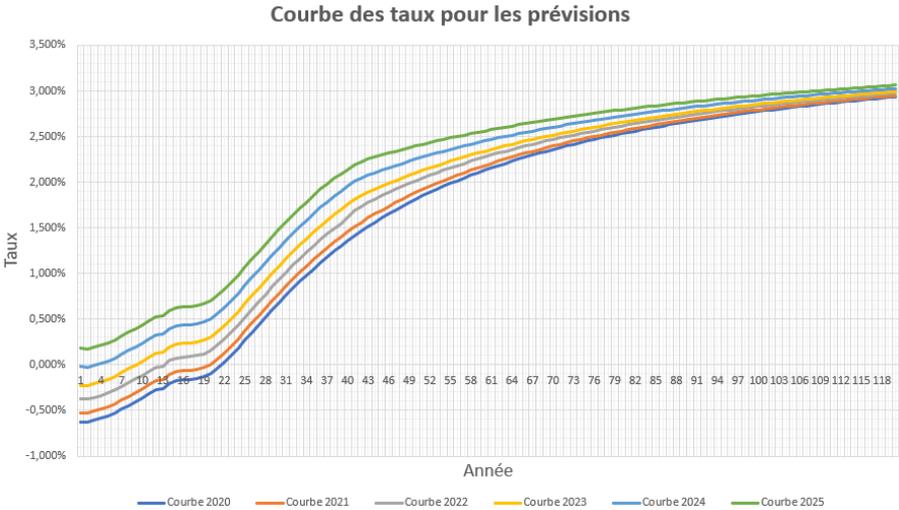


FIGURE 2: Les 5 courbes des taux utilisées pour la projection de la situation économique de notre assureur

Pour les volatilités implicites des actions LTEI et benchmark nous les avons considérées constantes sur 5 ans, cette hypothèse est pertinente au vu des faibles variations de volatilité sur les 40 années que nous avons déjà.

Nous avons donc projeté la situation économique sur 5 ans, ensuite sur chaque année de ces projections nous réutilisons les nouvelles hypothèses obtenues pour avoir la situation globale de l'assurance sur 40 ans à l'aide du modèle ALM. Cela nous permet ainsi de voir l'évolution de cette norme LTEI avec la vie de l'assureur sur 40 ans en fonction des 5 nouvelles situations économiques. Nous faisons évidemment de même avec le cas où l'assureur détient un portefeuille LTEI dans son actif afin de pouvoir comparer sur ces 5 ans de projection, l'évolution de l'assureur avec et sans les LTEI sur une même période. Voici alors les résultats obtenus pour le ratio de solvabilité entre le scénario avec uniquement le benchmark en investissement action et le scénario avec le portefeuille LTEI en plus :

Evolution du SCR	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Sans LTEI	196,0%	275,0%	308,0%	288,0%	310,0%	305,0%
Avec LTEI	222,0%	298,0%	314,0%	316,0%	317,0%	310,0%

TABLE 2: Comparaison de la solvabilité de l'assureur avec et sans portefeuille LTEI sur la durée du *business plan*

Nous avons donc une première conclusion sur le bénéfice du portefeuille LTEI avec une nette amélioration du ratio de Solvabilité grâce aux gains en rendement procurés à l'aide de ce portefeuille et le choc réduit venant diminuer le coût en capital. Toutefois, cela est effectué dans une situation favorable à l'assureur, il est donc intéressant de regarder en cas de scénarios adverses, d'autant plus que la norme LTEI demande des *stress test* et de pouvoir prouver que nous ne serons pas obligés de vendre en cas de perte. Nous avons alors regardé l'évolution de l'assureur sous deux scénarios adverses, l'un défavorable représentant une crainte de l'inflation (donc remontée des taux et baisse du rendement action) et l'autre très défavorable représentant une crise économique avec un scénario dit *flight to quality* (donc baisse des taux et du rendement action). Le scénario défavorable étant un scénario se produisant sur plusieurs années nous l'avons projeté sur 3 ans tandis que le scénario de crise n'est réalisé que sur 1 an. Nous obtenons comme évolution du ratio de solvabilité dans les deux cas :

Evolution du SCR	2021	2022	2023
Avec LTEI scénario favorable	298%	314%	316%
Avec LTEI scénario défavorable	293%	306%	304%
Avec LTEI scénario de crise	242%	/////	/////

TABLE 3: Comparaison du ratio de solvabilité suivant les scénarios économiques envisagés

En conclusion, la situation défavorable reste soutenable pour l'assureur qui voit son ratio S2 perdre quelques points à chaque nouvelle année de mauvais contexte économique. Si

cette baisse est négligeable, cela est en grande partie dû au faible poids des actions dans le portefeuille dont leur rendement est amoindri. Pour la situation de crise, nous voyons donc que la solvabilité de l'assureur ne pourra pas durer si la crise dure plusieurs années, toutefois un scénario de crise de cette ampleur n'est pas une situation durable dans le temps (comme peut le prouver les crises déjà survenues). De plus malgré la baisse du ratio de solvabilité, un point important est qu'en valeur de marché les actions LTEI ne chutent pas (la valeur de marché des actions LTEI reste stable au voisinage de 38 000 000 avec et sans le scénario extrême) ainsi nous n'avons pas à vendre désespérément d'actions LTEI, ce qui est interdit avec la réglementation à propos des LTEI. Donc malgré le scénario de crise, nous sommes toujours en capacité de respecter les contraintes réglementaires.

Conclusion

Finalement, avec les résultats encourageants sur l'amélioration de la solvabilité et des rendements grâce aux LTEI nous apportons un regard critique sur les contraintes réglementaires. Ces dernières sont aujourd'hui responsables de la non utilisation de cette classe d'actifs pour les assurances françaises. Nous essayons alors d'apporter une réflexion constructive sur les allègements possibles à effectuer sur la norme LTEI pour la rendre viable et être une vraie alternative de diversification et apporteur de rentabilité à un assureur vie.

Pour continuer les travaux à ce sujet, il peut être intéressant d'analyser la sensibilité de la solvabilité de l'assureur vis-à-vis d'une augmentation d'un point de volatilité implicite afin de quantifier la limite de risque possible lors du choix des actions. Il peut également être utile de procéder à un *reverse stress test*, c'est-à-dire de saturer toutes les contraintes réglementaires des LTEI afin de voir ce qu'il se passe sur la santé d'une assurance et trouver les limites de la norme. Concernant l'optimisation du portefeuille, il peut être intéressant de regarder l'impact d'une couverture à l'aide de *put* et *put spread* afin de minimiser encore mieux le *drawdown*.

Synthesis note

Introduction to the framework of the thesis and the problematic

The entry into force of Solvency II in January 2016 brought with it two reviews to take into account feedback and market developments. Among them, there is the 2020 review for which EIOPA gave its opinion in December 2020 and the next step concerns the European Commission's proposal on this review in the third quarter of 2021. One of the main issues of the future proposal of the European Commission concerns the revision of the LTEI standard. This asset class allows for a reduced shock to 22% on LTEI classified equities provided certain regulatory constraints are met. But these eligibility constraints were deemed too coercive to make the LTEI standard viable and applicable by insurers. Thus, the French insurance market, supported by the ACPR and the Treasury, but also the Dutch insurance market, are arguing for a relaxation of these regulatory restrictions, which they consider to be too severe and inconsistent with the risks on long-term equities compared to the risk on bonds assessed under Solvency II. The aim of this paper is to provide initial results on the benefits of using LTEI in order to propose regulatory relief solutions to the European Commission for its proposal in the third quarter of 2021.

In this thesis, we are interested in the impact of the LTEI class on the solvency of a life insurer marketing savings contracts with only euro funds. Our objective is to evaluate the situation of this life insurer integrating a portfolio of LTEI equities in its assets over a 5-year business plan in order to quantify the advantages and disadvantages of this standard on the health of a life insurance company. This report is divided into several key steps, namely :

- Methodology for the selection of actions that can be classified as LTEI.
- Construction of the LTEI portfolio using the selected stocks with optimisation according to the insurer's risk appetite.
- Solvency analysis following the integration of the LTEI portfolio into the assets according to 3 economic scenarios : favourable, unfavourable, economic crisis.
- Reflection on the interesting regulatory relief to be made to allow a better viability of this standard.

Methodology for the choice of LTEI actions

Before knowing how to choose equities to build the LTEI portfolio, it is legitimate to ask for what purpose the insurer would like to benefit from this standard ?

It turns out that in the current low interest rate environment, which has persisted for se-

veral years, insurers are looking for yield. Indeed, bond yields (the majority of insurance investments) are low because of interest rates and especially since the part of the yield acquired thanks to price increases is very strongly slowed down with the already particularly high prices. Thus, as Russel Investments points out, in this low interest rate environment, the winners are the long-term portfolios that take more risk through a higher weighting in their assets in equities as opposed to the losers who have less long-term portfolios with a higher proportion in bonds (typically insurance). This is why insurers have an interest in moving towards equities in their search for yield.

Now that the insurer has understood that the return is partly to be found in equities, he still has to solve the problem of how to invest in them, as this can cost him a lot of capital in the case of the standard formula with shocks at 39% or 49%. This is where the EIOPA proposal comes in with the LTEI measure, which allows the capital charge to be reduced to 22% subject to certain regulatory conditions.

We base our stock selection strategy on the following three main types of ratios : valuation ratios, profitability ratios and solvency ratios. After presenting several ratios of each type as well as explaining their values, their interests and how they can be combined with other ratios to create a strategy for stock selection, we propose our method used in this thesis. The idea of our strategy is based on the risk appetite of the insurer we are studying, i.e. an insurance company looking for yield in a context of low rates through equities with the objective of a long-term investment (therefore without emergency sales in the first few years in order to comply with the LTEI standard on the long-term character). To do this, we looked for companies that were growing, so as not to overpay them, and that also showed a good balance between stability and financial gains. Because even if the company does not have a very good return today, as the investment is oriented for the long term, the insurer is betting on value in the future, so he looks for companies that will perform well in the future. So here is the final strategy we have chosen :

- A PER between 6 and 12, in order to have a company on the borderline between undervalued (be careful that the undervaluation does not come from a future default, we have to check the other indicators) and the right price : we make sure we do not overpay our investment.
- A ROE above 7% with growth over the last 5 years (this is normally easy to find for a sufficiently mature company).
- A ROA above 5% with also growth over the last 5 years (just like ROE, this is easy to find for a mature enough company).
- Check that ROA and ROE are high and not high ROE for low ROA in order to avoid profits generated through too much debt.
- An operating margin of more than 8% to ensure that the company is profitable and to confirm the effectiveness of its business plan.
- A net margin of more than 4% to ensure that the company can withstand a crisis.
- Knowing that the strategy is to bet on companies that will perform better in the future thanks to their growth, it is necessary to ensure the increase in the earnings per share over a 5-year history, which will confirm the good development and the increase in sales of the company.

- Once all these criteria have been confirmed we have a profitable company with good growth and future prospects, the question remains as to the solvency level of these companies, for this we will look at the debt to equity ratio.
- A debt to equity ratio of less than 0.5 (50%) to ensure that the company is not over-leveraged.

This strategy then allows us to select the 20 stocks that we will retain for the portfolio, which will be : Unibail-Rodamco-Westfield, Buzzi Unicem, Sofina, Adidas, Linde, Thales, Solvay, Nexans, Vestas Wind Systems, Verbund, Air Liquide, Renault, Rexel, Orange, Getlink, SAP, Allianz, Sanofi, L'Oreal, LVMH.

Construction and optimisation of our LTEI portfolio of 20 stocks

An insurer has legal obligations to its policyholders to pay what it owes, so it cannot afford to take too high and uncontrolled risks in the financial markets. This tells us the overall strategy to follow, namely to minimise risk (in this case volatility). We will therefore use a minimum variance portfolio strategy to obtain the optimal weights, a variant of the modern Markowitz theory with the mean-variance portfolio strategy. The minimum variance portfolio theory consists in minimising the volatility of the portfolio without any assumption on the returns, contrary to the mean-variance portfolio theory which refers to the minimisation of the volatility by taking into account the expected value of the return for each asset in order to obtain the highest return/risk ratio for a desired level of return or risk.

The risk with the minimum variance portfolio theory is that minimising volatility without taking into account the return can potentially result in a portfolio with a much too low return despite minimal volatility. However, two recent studies, [29] and [5], show that the future stock market returns of portfolios previously characterised by low return variability (volatility) clearly exceed those of portfolios previously characterised by high return variability and conclude that the minimum variance portfolio theory does better than the traditional mean-variance portfolio theory.

The criteria used in the rest of the study for the optimisation of the LTEI portfolio are :

- Maximisation of the return.
- Maximisation of the Sharpe ratio.
- Maximisation of the Sortino ratio.
- Minimisation of the volatility.
- The minimization of the drawdown.

In addition, we use rebalancing to improve the results. We will compare a strategy based on annual or quarterly rebalancing with a rebalancing system whose dates are optimally determined using moving averages, MA. An MA shows the average value of prices over a certain period of time. When we calculate the moving average, we are calculating the average of a price for that period. As the price changes, its average increases or decreases.

In our case, we will use a 10-month MA in order to represent a long-term trend. The rule to follow is as follows :

- Buy when the last monthly price is higher than the 10-month average (the MA).
- Sell when the last monthly price is equal to or below the MA.

For the optimisation, we have studied several possible cases, with and without optimisation on equity weights, then we consider as portfolio : a portfolio invested on the euro stoxx 50 (which is considered as the benchmark fund in our study because insurers invest in this fund when investing in equities) without any active management on it, a LTEI portfolio with annual reallocations and a LTEI portfolio based on moving averages in order to find the optimal dates of the reallocations. Here are the results obtained :

Type of measure	Annual rebalancing with optimal weights	Annual rebalancing with equal weights	Rebalancing with MA and optimal weight	Rebalancing with MA and equal weight	Benchmark
Rdt annuel	18,1%	19,9%	10,7%	11,9%	6,1%
Volatilité annuelle	14,6%	17,3%	9,8%	11%	17,6%
Ratio Sharpe	1,246	1,145	1,089	1,088	0,347
Ratio Sortino	0,659	0,594	0,551	0,541	0,186
Drawdown	-19,3%	-24,2%	-11,4%	-12,7%	-28,8%

TABLE 4: Risk measures on the different portfolios

This allows us to choose the LTEI portfolio with the optimal weights and rebalances based on the moving average.

ALM impact analysis of the LTEI portfolio

To study the ALM impact of the LTEI portfolio on our insurer's 5-year business plan, we started with a central scenario starting on 31/12/2020 and then projected the insurer's state over these 5 years in order to see the evolution of its solvency in a favourable economic scenario. We will then do the same by integrating the LTEI portfolio into the insurer's assets in order to compare the solvency in each case.

Here is a brief description of our insurer's portfolio :

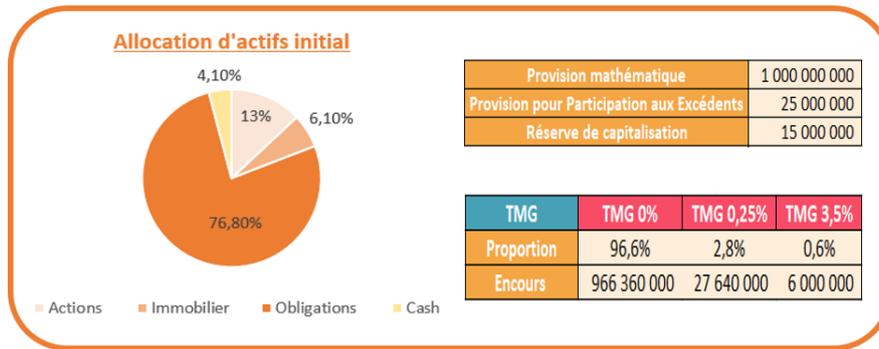


FIGURE 3: Presentation of the insurer's portfolio in its initial state on 31/12/2020

For the forecast of the economic situation of our life insurer we used the GSE real risk to project the equity and real estate tables. For interest rates, we assumed a slight increase in rates over 5 years such that :

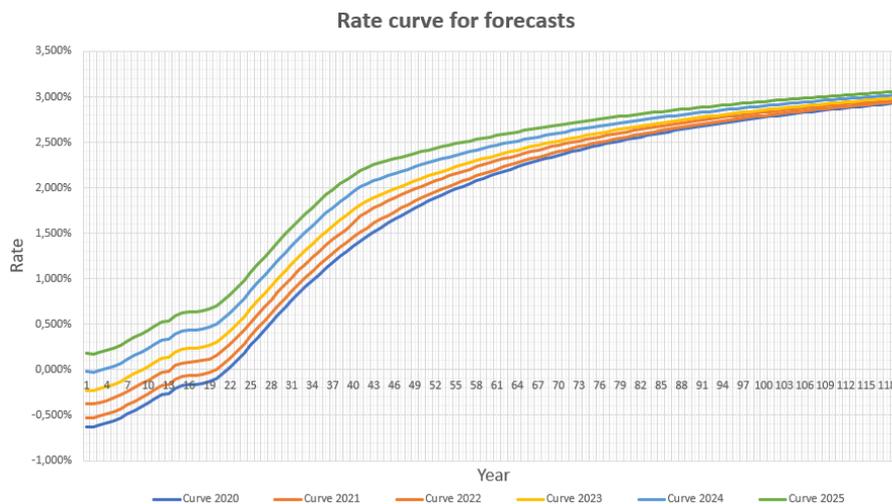


FIGURE 4: The 5 rate curves used to forecast the economic situation of our insurer

For the implicit volatilities of the LTEI and benchmark stocks we have considered them constant over 5 years, this hypothesis is not disturbing in view of the small variations in volatility over the 40 years that we already have.

We have therefore forecasted the economic situation over 5 years, then in each year of these forecasts we reuse the new assumptions obtained to have the overall situation of the insurance over 40 years using the ALM model. This allows us to see the evolution of this LTEI standard with the life of the insurer over 40 years according to the 5 new economic situations. We obviously do the same with the case where the insurer holds a LTEI portfolio in its assets in order to be able to compare over these 5 years of forecasting, the evolution of the insurer with and without LTEI over the same period. Here are the results obtained for the solvency ratio between the scenario with only the equity investment benchmark and the scenario with the LTEI portfolio in addition :

Evolution of the SCR	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Without LTEI	196,0%	275,0%	308,0%	288,0%	310,0%	305,0%
With LTEI	222,0%	298,0%	314,0%	316,0%	317,0%	310,0%

TABLE 5: Comparison of the insurer’s solvency with and without the LTEI portfolio over the business plan period

We therefore have an initial conclusion on the benefit of the LTEI portfolio with a clear improvement in the Solvency ratio thanks to the gains in return provided by this portfolio and the reduced shock which reduces the cost of capital. However, this is done in a situation favourable to the insurer, so it is interesting to look at adverse scenarios, especially as the LTEI standard requires stress testing and being able to prove that we will not be forced to sell in case of a loss. We then looked at the insurer’s evolution under two adverse scenarios, one unfavourable representing a fear of inflation (therefore a rise in rates and a fall in share performance) and the other very unfavourable representing an economic crisis with a so-called flight to quality scenario (therefore a fall in rates and share performance). As the unfavourable scenario occurs over several years, we have projected it over three years, whereas the crisis scenario is only carried out over one year. We obtain as evolution of the solvency ratio in both cases :

Evolution of the SCR	2021	2022	2023
With LTEI favourable scenario	298%	314%	316%
With LTEI unfavourable scenario	293%	306%	304%
With LTEI crisis scenario	242%	//////	//////

TABLE 6: Comparison of the solvency ratio under different economic scenarios

In conclusion, the unfavourable situation remains sustainable for the insurer, which sees its S2 ratio drop a few points with each new year of poor economic conditions. If this drop is negligible, it is largely due to the low weight of equities in the portfolio, whose return is reduced. For the crisis situation, we can see that the solvency of the insurer will not last if the crisis lasts several years, however a crisis scenario of this magnitude is not a sustainable situation over time (as proven by the crises that have already occurred). Furthermore, despite the decrease in the solvency ratio, an important point is that in market value terms the LTEI shares do not fall (the market value of the LTEI shares remains stable at around 38,000,000 with and without the extreme scenario) so we do not have to desperately sell LTEI equities, which is forbidden with the LTEI regulation. So despite the crisis scenario, we are still able to meet the regulatory constraints.

Conclusion :

Finally, with the encouraging results on the improvement of solvency and returns thanks to LTEI, we take a critical look at the regulatory constraints. The latter are currently responsible for the non-use of this asset class for French insurance companies. We then try to bring a constructive reflection on the possible alleviations to be carried out on

the LTEI standard to make it viable and to be a true alternative of diversification and profitability provider to a life insurer.

To continue the work on this subject, it may be interesting to analyse the sensitivity of the insurer's solvency to an increase of one point in implicit volatility in order to quantify the limit of possible risk when choosing equities. It may also be useful to carry out a reverse stress test, i.e. to saturate all the regulatory constraints of the LTEI in order to see what is happening to the health of an insurance company and to find the limits of the standard. Concerning the optimisation of the portfolio, it can be interesting to look at the impact of a hedge using put and put spread in order to minimise the drawdown even better.

Table des matières

Résumé	i
Abstract	ii
Remerciements	iii
Note de synthèse	iv
Synthesis note	xi
Table des matières	xix
Introduction	1
1 Contexte réglementaire : L’environnement Solvabilité II et sa revoyure	2
1.1 Présentation de la norme Solvabilité II	2
1.1.1 Pilier 1 : Exigences quantitatives	4
1.1.2 Pilier 2 : Exigences qualitatives	8
1.1.3 Pilier 3 : Exigences d’informations	9
1.2 La revoyure 2020 de Solvabilité II	10
1.2.1 La revoyure 2018	10
1.2.2 Les étapes clés de la revoyure 2020	12
1.2.3 Les mesures de la revoyure 2020	13
1.2.4 Les garanties long terme et le risque action	14
2 Contexte théorique et financier : Définitions et modèles actuariels	23
2.1 Quelques définitions financières	23
2.2 Présentation de l’outil GSE d’Optimind	30
2.2.1 Définition et rôle d’un GSE	30
2.2.2 Le GSE risque neutre	32
2.2.3 Le GSE risque réel	35
2.3 Présentation de l’outil ALM d’Optimind	36
2.3.1 Fonctionnement théorique du modèle	36
2.3.2 Modélisation de l’actif	37
2.3.3 Modélisation du passif	38
2.3.4 Les interactions actif-passif	41
2.3.5 Le rebalancement des actifs	42

2.4	Hypothèses sur les portefeuilles d'actifs et de passifs	44
2.4.1	Hypothèses de l'actif	44
2.4.2	Hypothèses du passif	45
3	Méthodologie pour la création d'un fonds LTEI	48
3.1	Pourquoi créer un fonds LTEI?	48
3.2	Les ratios de valorisation	49
3.2.1	Le <i>Price Earning Ratio</i>	50
3.2.2	Le <i>Price to Book Ratio</i>	51
3.3	Les ratios de rentabilité	51
3.3.1	Le retour sur capitaux propres	51
3.3.2	Le retour sur actifs	52
3.3.3	La marge d'exploitation	52
3.3.4	La marge nette	53
3.3.5	La croissance du Bénéfice Net par Actions (BNA)	53
3.3.6	Le rendement net d'une action	53
3.4	Les ratios de solvabilité	54
3.4.1	Le ratio dette nette sur capitaux propres	54
3.4.2	Le ratio dette nette sur EBE	54
3.5	Sélection des actions et création du portefeuille	55
3.5.1	Sélection des actions : cas particulier de l'analyse de Buzzi Unicem	57
3.5.2	Création du portefeuille avec les actions sélectionnées	60
4	Impact du portefeuille LTEI sur la solvabilité d'un assureur	84
4.1	Présentation de l'état initial de l'assureur vie	84
4.2	Recherche de rendement en contexte de taux bas	89
4.2.1	Calcul de la volatilité implicite de notre portefeuille LTEI	92
4.2.2	Évolution de la situation de notre assureur sur 5 ans : analyse de sa solvabilité	102
4.2.3	Évolution de la situation de notre assureur en cas de scénario défavorable et en cas de scénario extrême	107
4.3	Quel équilibre entre la norme réglementaire et les réalités pratiques des LTEI?	113
	Conclusion	116
	Bibliographie	117
	Lexique	123

Introduction

Ce mémoire s’inscrit dans la revoyure de la norme Solvabilité II. En effet, dans un besoin d’investissement long terme pour l’économie réelle et un besoin de diversification pour les assureurs avec ce contexte économique de taux bas, la revoyure 2020 fait apparaître des changements dans la classe d’actions LTEI (*Long Term Equity Investment*). Cette classe permet d’appliquer un choc action réduit dans la formule standard sous certaines conditions de la norme LTEI. L’enjeu de ce mémoire est alors de rendre compte de la viabilité de ce changement de réglementation vis-à-vis de la solvabilité générale d’un assureur français.

Après une présentation du cadre réglementaire de Solvabilité II ainsi que sa revoyure 2020 afin de placer le contexte dans lequel s’inscrit l’étude, ce mémoire analyse l’impact du changement réglementaire de la classe LTEI sur la solvabilité d’un assureur.

Pour analyser cet impact, nous commençons par proposer une méthodologie à l’aide d’analyse financière et des critères de la norme LTEI ainsi que l’optimisation nécessaire pour constituer le portefeuille qui sera classifié LTEI.

Une fois le portefeuille LTEI créé, nous l’intégrerons aux GSE et à l’outil de gestion actif-passif afin d’étudier l’impact de ce changement réglementaire sur la solvabilité d’un assureur. Pour cela, ce mémoire comparera la solvabilité globale d’un assureur français type en fonction de son portefeuille d’actifs, avec et sans actions classifiées LTEI.

Cette étude permettra d’avoir un premier élément de réponse quant à la pertinence de la création d’un portefeuille LTEI pour les assureurs français à l’aide de cette revoyure. Ce mémoire jugera la pertinence de la classe LTEI dans ce nouveau cadre réglementaire, et permettra d’avoir un point de discussion sur l’assouplissement éventuel de la norme (comme le recommande certains acteurs) à travers l’avis de la Commission Européenne à la fin du troisième trimestre 2021. C’est dans cette optique d’avis de la Commission Européenne sur la revoyure que l’enjeu de ce mémoire prend place.

Chapitre 1

Contexte réglementaire : L'environnement Solvabilité II et sa revoyure

1.1 Présentation de la norme Solvabilité II

La directive Solvabilité II mise en application depuis le 1^{er} janvier 2016, pour remplacer la directive Solvabilité I, est le nouveau cadre réglementaire et prudentiel pour les assurances et réassurances exerçant au sein d'un Etat membre de l'Union Européenne. La directive, amendée en 2014 par le parlement européen, définit la mise en application de la norme puis des mesures transitoires pour un passage en étapes de Solvabilité I à Solvabilité II.

L'objectif de Solvabilité II est de s'assurer de la solidité financière des assurances / réassurances afin de protéger les assurés contre un défaut de paiement des garanties. Ainsi, il y a une volonté d'une meilleure prise en compte du profil de risque. De plus, la Commission européenne souhaite à travers cette directive introduire une meilleure harmonisation des pratiques entre les États membres pour obtenir plus de transparence et de concurrence entre les entreprises de l'Union Européenne afin de créer un marché européen unique de l'assurance.

En vue de ses objectifs et en se basant sur la structure de la norme bancaire "Bâle II", la norme Solvabilité II se décompose en trois piliers distincts, comme l'illustre le graphe suivant :

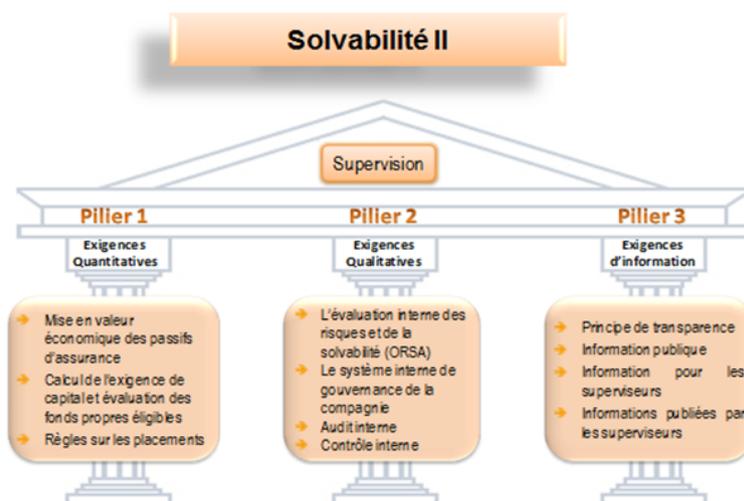


FIGURE 1.1: Présentation des 3 piliers de la norme Solvabilité II

Avant de présenter ces trois piliers, faisons un rappel des acteurs de la norme afin de savoir le rôle de chacun.

La Commission Européenne

La Commission Européenne est l'organe exécutif de l'UE, elle est à l'initiative de la publication de Solvabilité II.



EIOPA, European Insurance and Occupational Pensions Authority

L'EIOPA est l'organe consultatif indépendant auprès du Parlement Européen, au Conseil de l'UE et la Commission Européenne. Elle sera bientôt appelée à endosser pleinement un rôle de superviseur. Dans le cadre de la réforme Solvabilité II, elle transmet à la Commission Européenne ses préconisations en matière de méthodologie pour le calcul des risques. De plus, elle est responsable des évolutions et révisions de la formule standard.



L'ACPR, Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution

L'ACPR étant l'autorité de contrôle des assurances en France, elle est en charge du contrôle quotidien de l'application de solvabilité II.



1.1.1 Pilier 1 : Exigences quantitatives

Le pilier 1 représente les exigences quantitatives de la norme. Il consiste principalement à la constitution du bilan prudentiel avec la vision économique qu'apporte Solvabilité II, et le calcul des exigences de capital nécessaires dans les fonds propres de l'entreprise. C'est-à-dire que l'objectif de ce pilier est de s'assurer que le niveau des fonds propres de l'assureur soit suffisant pour éviter la ruine, sous un an, dans 99,5% des cas. Autrement dit, il convient de s'assurer que le bilan de l'assureur lui permettra de conserver des fonds propres économiques suffisamment élevés dans un grand nombre de situations, même fortement défavorables.

Le pilier 1 se décompose en 4 étapes :

1. Valorisation du bilan avec une évaluation en valeur de marché des actifs et des passifs (hors marge pour risque)
2. Calcul du niveau réglementaire du capital :
 - SCR, *Solvency Capital Requirement* : représente le niveau de capital requis permettant aux assurances d'absorber une perte imprévue importante afin de continuer leurs activités.
 - MCR, *Minimum Capital Requirement* : représente le niveau minimum en-dessous duquel l'intervention de l'autorité de contrôle est automatique.
3. Calcul de la marge pour risque, cette dernière étant alimentée par le SCR
4. Calcul du ratio de solvabilité

Etape 1 :

Le bilan Solvabilité 2 comprend les actifs, évalués en valeur de marché, ainsi que le passif composé, entre autres, d'un SCR, d'un BE (*Best Estimate*) et d'une marge pour risque, comme le montre le schéma ci-dessous :

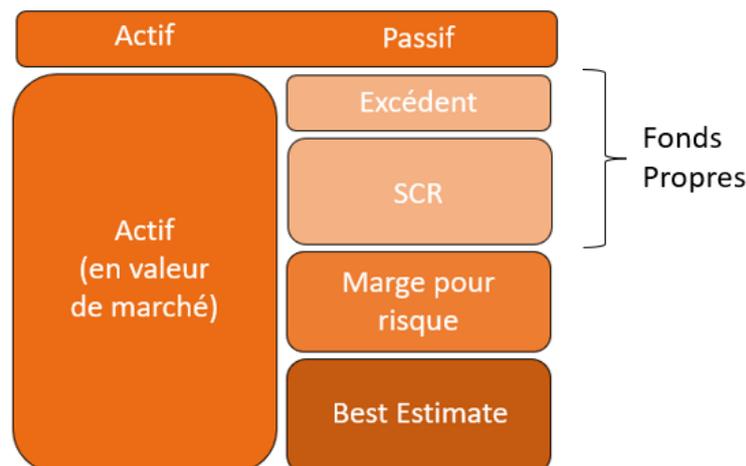


FIGURE 1.2: Bilan simplifié d'un assureur sous Solvabilité II

Avec :

BE, *Best Estimate* :

Le *Best Estimate* correspond à la valeur probable des flux futurs de trésorerie actualisés à la courbe des taux sans risque (fourni par l'EIOPA), estimés de la façon la plus exacte possible.

Le *Best Estimate* est décrit par la formule suivante :

$$BE = E \left(\sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+r_t)^t} \right)$$

avec :

- E l'espérance sous l'espace probabilisé complet (Ω, \mathbb{F}, P) .
- CF_t les *cash-flow* des prestations futures.
- r_t le taux sans risque en t.
- T l'horizon de projection suffisamment long pour couvrir la durée de vie totale du portefeuille d'assurance et de réassurance.

Marge pour risque :

La marge pour risque (*risk margin*) est calculée de manière à garantir que la valeur des provisions techniques soit équivalente au montant dont les entreprises d'assurances et de réassurances auraient besoin pour reprendre et honorer leurs engagements.

Etape 2 :

Définition du SCR :

Le SCR (*Solvency Capital Required*) est le niveau de capital requis permettant aux assurances d'absorber une perte imprévue importante afin de continuer leurs activités.

En effet, le SCR est aussi défini comme le minimum de capital requis correspondant à une probabilité de ruine de 0,5% à horizon un an, c'est-à-dire comme une *Value At Risk* (VaR) au seuil de confiance 99,5% de la distribution des pertes en fonds propres économiques à horizon un an.

Pour déterminer ce montant, deux approches sont possibles :

- Soit avec une formule standard.
- Soit avec un modèle interne (total ou partiel) qui doit être validé par l'ACPR (Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution).

La formule standard du SCR est définie comme suit :

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

Avec :

- BSCR, le capital de solvabilité requis de base.
- SCR_{op} , la charge de capital pour le risque opérationnel.
- Ad_j , est l'ajustement au titre de l'effet d'absorption des risques des futures participations aux bénéficiaires et des impôts différés.

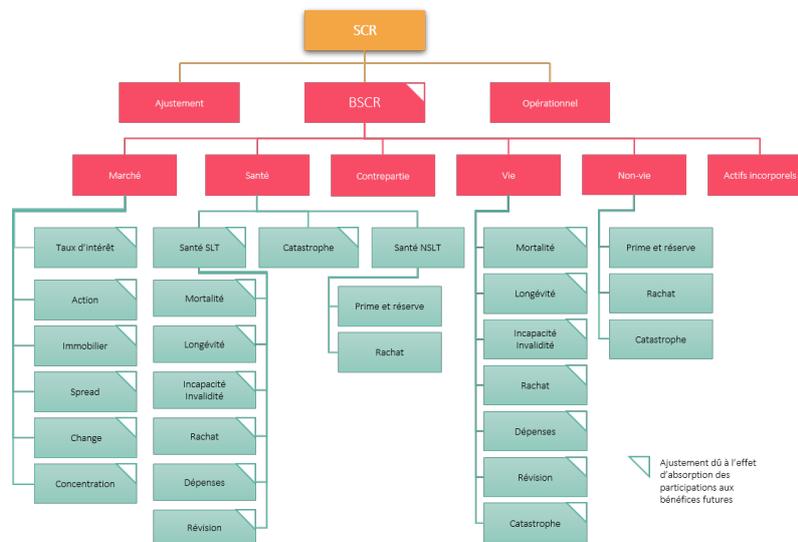


FIGURE 1.3: Les risques du SCR

Le BSCR est la racine carrée de la somme des besoins en capitaux pour chaque module (Marché, Intangible, Santé, Contrepartie, Vie et Non-Vie) agrégée par leurs corrélations :

$$BSCR = \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{ij} \times SCR_i \times SCR_j + SCR_{intangibles}}$$

Où :

- $Corr_{ij}$ représente la matrice de corrélation entre les sous-module de risques i et j .
- SCR_i (respectivement j) est le besoin en capital pour le sous module de risque i (respectivement j).

Pour calculer chaque module du BSCR il faut déterminer la variation de l'actif net suite à un choc instantané. Par exemple, pour le risque de taux pris en compte dans le SCR de marché, il faudra calculer la variation de l'actif net suite à des variations des taux. Cela ce fait de la façon suivante :

$$SCR_{sous\ module} = \max(NAV_{central} - NAV_{choc}, 0)$$

Où la NAV (*Net Asset Value*) correspond à la différence entre la valeur des actifs et du *Best Estimate*.

Définition du MCR :

Le MCR est le niveau de capital minimum en dessous duquel un organisme ne doit pas être, sous peine de retrait d'agrément.

De la même façon que le SCR il peut aussi être assimilé à une VaR. A savoir, une VaR au seuil de confiance de 80% de la distribution des pertes en fonds propres économiques à horizon un an.



FIGURE 1.4: Représentation du capital requis pour une assurance

Etape 3 :

Marge pour risque

Nous calculons la marge pour risque à partir du SCR en déterminant le coût que représente un montant de fonds propres éligibles :

$$RM = CoC \left(\sum_{t \geq 0} \frac{SCR(t)}{(1 + r_{t+1})^{t+1}} \right)$$

avec :

- CoC le taux de coût du capital, égal à 6%.
- SCR(t) le capital de solvabilité requis après t années.
- r_{t+1} le taux sans risque en t+1.

Cette approche coût du capital est précisée dans l'article 37 du règlement délégué.

Etape 4 :

Le ratio de solvabilité

A la suite de ces premières étapes, nous pouvons aboutir au ratio de solvabilité, ratio fondamental dans la norme Solvabilité II. En effet, la norme prévoit que les fonds propres des assureurs doivent toujours rester supérieurs au montant de leur SCR.

La mesure naturelle découlant de ce besoin est donc le ratio de solvabilité défini tel que :

$$Ratio\ de\ solvabilité = \frac{Fonds\ Propres}{SCR}$$

Ce ratio dépendant donc des évolutions des fonds propres mais également du SCR, peut s'avérer très volatile. Là est tout l'enjeu des organismes d'assurances/réassurances de réussir à maîtriser, stabiliser et ne pas faire diminuer dangereusement (inférieure au SCR) le ratio de solvabilité.

En théorie (ces valeurs peuvent changer de quelques points dans la pratique, certaines entreprises peuvent par exemple être considérées solvables jusqu'à un ratio de 120%) :

- Ratio > 130% : l'organisme d'assurance est solvable.
- 100% < Ratio < 130% : l'organisme doit réagir pour remonter le ratio avant de descendre en dessous de 100% et d'avoir l'intervention de l'ACPR.

- Ratio $< 100\%$: Intervention de l'ACPR, l'organisme doit proposer un plan, réaliste et rapide, pour remonter le ratio au dessus de 100%.
- Ratio $< \text{MCR}$: Intervention de l'ACPR, l'organisme peut perdre son agrément.

Conclusion

Le pilier 1 permet donc d'apprécier la solvabilité de l'organisme à horizon un an, toutefois cette image n'est valable et n'a de sens que si les différentes fonctions de l'organisme de l'assurance fonctionnent correctement et en adéquation. C'est là qu'intervient alors le deuxième pilier dans la directive, il permet d'évaluer la qualité de cette image. [16]

1.1.2 Pilier 2 : Exigences qualitatives

Ce pilier a pour objectif de renforcer la gouvernance des organismes d'assurance en introduisant les fonctions clés : conformité, audit interne, actuariat et gestion des risques. Leur rôle est de s'assurer que l'organisme d'assurance dispose de moyens opérationnels pour l'exécution de certaines tâches identifiées comme indispensables d'un point de vue prudentiel. Il met également en place un processus d'évaluation interne des risques et de la solvabilité (ORSA, *Own Risk and Solvency Assessment*). Enfin, cet objectif s'articule autour de la mise en place d'un "système efficace de coopération, de *reporting* interne et de communication des informations" au sein des différents organes de l'entreprise pour garantir une gestion saine et prudente de l'activité.

Les quatre fonctions clés au sein de la structure organisationnelle ont à leur tête des responsables devant correspondre à des exigences d'honorabilité et de compétences, aussi appelées le caractère *fit and proper*. Ils doivent être notifiés à l'autorité de contrôle. Les quatre fonctions clés sont les suivantes :

- La **fonction actuariat** qui est en charge des provisions techniques, elle donne une opinion sur la politique de souscription et de réassurance et participe à la gestion des risques, en particulier sur la modélisation des risques et les besoins en capital.
- La **fonction risk management** qui doit s'assurer que l'ensemble des risques soient identifiés et sous contrôle. Elle est en charge de la mise en place du système de gestion des risques, de la validation du modèle interne, de l'ORSA et du PCA (Plan de Continuité d'Activité).
- La **fonction contrôle interne** qui doit s'assurer que les procédures de l'entreprise soient correctement suivies et qu'elles couvrent efficacement les risques opérationnels.
- La **fonction audit interne**, est indépendante, c'est la tour de contrôle de l'entreprise, elle doit s'assurer que les dispositifs de maîtrise des risques de l'entreprise fonctionnent.

Solvabilité II exige que les assureurs soient en capacité « d'évaluer », « mesurer » et « suivre » leur profil de risque. L'ORSA répond à cette problématique en proposant une évaluation interne des risques et de la solvabilité de l'entreprise à destination du superviseur. Il fait partie à part entière du système de gestion des risques de la compagnie et est un outil de pilotage de l'activité en fonction du profil de risques.

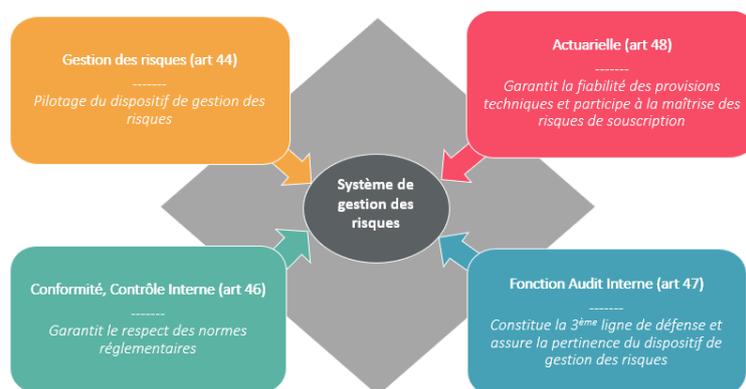


FIGURE 1.5: Les quatre fonctions clés

Cette évaluation interne repose sur les trois éléments suivants :

- le besoin global de solvabilité, compte tenu du profil de risque, des limites de tolérance au risque et de la stratégie commerciale de l'entreprise.
- le respect permanent des exigences de capital (SCR et MCR) ainsi que les exigences sur les provisions techniques.
- l'analyse de l'écart entre le profil de risque spécifique à l'entreprise et les hypothèses et le profil de risque « type » induit par le pilier 1 de solvabilité II.

Finalement l'ORSA ayant pour objectif de s'assurer de la solvabilité et de l'adéquation des montants de fonds propres de l'entreprise à n'importe quel moment, l'horizon temporel utilisé n'est pas le même.

Un des objectifs de l'ORSA est l'évaluation de la solvabilité de l'entreprise à tout moment. Ainsi, l'horizon temporel de l'ORSA est en réalité entre 3 et 5 ans afin d'intégrer au mieux les risques de long terme inhérents à l'entreprise, contrairement au pilier 1 où l'évaluation du SCR se fait à horizon 1 an. De plus, contrairement au pilier 1 où les évaluations de bilan et SCR se font en vision run-off, l'ORSA se fait en continuité de l'activité. [22]

1.1.3 Pilier 3 : Exigences d'informations

Le troisième pilier de la directive Solvabilité II traite de la transparence sur les marchés avec la communication de la situation financière de l'entreprise. Cette transparence intervient dans un but d'harmoniser la communication des assureurs. La communication, issue de cette demande de transparence, est destinée au régulateur et aux assurés (donc au public). Pour ce faire, des fichiers aux formats standardisés sur l'état de santé, la solvabilité et la comptabilité de l'entreprise vont devoir être remplis par celle-ci. Il y a, par exemple, dans ces fichiers :

- Le SFCR¹ destiné à informer le public et doit être publié chaque année. Les informations nécessaires à sa conception sont détaillées dans les articles 51 à 56 de la directive. Il s'agit du rapport sur la solvabilité et la situation financière de l'organisme.

1. SFCR - Solvency and Financial Conditions Report

1.2. LA REVOYURE 2020 DE SOLVABILITÉ II

- Le RSR¹ destiné à informer le superviseur, doit être transmis à l'ACPR tous les 3 ans à minima, annuellement pour les grosses entités. C'est le rapport régulier fournit au régulateur.
- Les QRT² sont des documents dont les principaux enjeux sont l'état des actifs (placements), des provisions techniques (vie et non-vie), des SCR et MCR, du bilan prudentiel et de la réassurance à remettre au superviseur.

En particulier, le SFCR et le RSR sont tous deux des rapports narratifs. Ainsi ils sont basés sur la même structure en cinq étapes standardisées, à savoir :

1. *Business, External Environment and Performance* : activités et résultats.
2. *Governance and Remuneration Policy* : système de gouvernance.
3. *Risk Profile* : profil de risque (y compris techniques d'atténuation).
4. *Valuation for Solvency Purposes* : méthodes de valorisation.
5. *Capital Management* : exigences de capital et fonds propres.

Conclusion

Cette partie avait pour objectif de présenter la base du cadre réglementaire dans lequel s'inscrit ce mémoire. En effet, le mémoire est né d'un changement dans ce cadre réglementaire, changement que l'on appelle couramment la revoiture Solvabilité II. Maintenant que les notions de base du cadre réglementaire ont été posées, nous pouvons nous intéresser aux changements intervenus grâce à la revoiture dans lequel s'inscrit mon mémoire.

1.2 La revoiture 2020 de Solvabilité II

En place depuis le 1^{er} janvier 2016, la norme Solvabilité II a bouleversé les précédentes directives en changeant intégralement les façons de faire, que cela soit en terme de composition, de valorisation des actifs, des provisions techniques ou encore de la détermination des besoins en capital. Ainsi, d'un commun d'accord, il a été décidé de mettre en place des clauses de revoiture afin d'adapter au mieux la norme aux réalités pratiques tirées des premières années d'expériences. La première revoiture, initiée en 2018 et adoptée en 2019, avait pour objectif de mettre à jour les calibrages de certains paramètres et adapter la structure de la formule standard. La seconde revoiture, en discussion actuellement, est portée sur les mesures pour les "branches longues".

1.2.1 La revoiture 2018

Le considérant 150 du règlement délégué prévoyait dès 2015 une revue de ce même règlement par la Commission européenne avant la fin 2018. Le processus de revue s'est déroulé de 2016 à 2020. [22]

1. RSR - Regular Supervisory Reporting
2. QRT - Quantitative Reporting Template

La revue est organisée en deux *Call for Advice* demandée par la Commission européenne à l'intention de l'EIOPA. Le premier, en juillet 2016 concerne des mesures sur la revue de paramètres sur les modules de risques de souscription, la transparisation mais aussi les techniques d'atténuation du risque. Puis la Commission demande dans un second *Call for Advice* en février 2017, les modifications à apporter pour favoriser les investissements dans les petites et moyennes entreprises. Finalement, l'EIOPA répond à ces demandes par des recommandations techniques appelées *Set of advice* en octobre 2017 et février 2018. A travers cela, l'EIOPA suggère alors des mesures à prendre pour les différents thèmes proposés par la Commission. [15]

En novembre 2018 la Commission suggère un projet d'amendement du règlement délégué pour consultation avec les États membres. La version définitive est adoptée le 8 mars 2019 et publiée au Journal Officiel en juin 2019. [10]

Les principaux points de cette revoiture étant :

- **Approche par transparence** : cette approche permet aux organismes, lors du calcul du SCR, de prendre en compte la dernière allocation d'actifs connue détenue par l'entreprise. Avant, le calcul du SCR pouvait être effectué en prenant en compte l'allocation cible. Toutefois, cette mesure ne pouvait pas s'appliquer à plus de 20% de l'actif de l'organisme. La revoiture prévoit également cette limite à 20% pour les actifs dont l'assureur porte le risque, sinon (si l'assuré porte le risque) il n'y a pas de limite.
- **Investissements dans les actions non cotées** : suite à la volonté de l'Union européenne (en grande partie poussée par la France et les Pays-Bas) de favoriser le financement dans les actions non cotées, la Commission encourage ces investissements à l'aide d'un traitement préférentiel sous certaines conditions. Le choc appliqué à ces actions est maintenant un choc pour des actions de type 1 contrairement à avant considéré comme des actions type 2, soit une baisse de leur valeur à 39%, contre 49% auparavant. Les conditions d'éligibilité sont décrites à l'article 168 du règlement délégué de la revue.
- **Mesures sur les actions long terme** : dans le projet d'amendements de fin 2018, la Commission propose de prendre en compte une réduction du risque sur les actions de long terme en réduisant le choc à 22% pour des portefeuilles d'actions de long terme. Cependant les conditions d'éligibilité ont été jugées beaucoup trop contraignantes par les ministères des finances de la France et des Pays-Bas.

Après plusieurs négociations appuyées par le ministère des finances des Pays-Bas, de la direction du Trésor français, et des propositions de l'EIOPA, en mars 2019 la Commission inclut dans le règlement délégué une mesure pour que les actions de long terme bénéficient d'un choc de 22% sur leur valeur quand ils sont regroupés au sein d'un portefeuille, appelé *Long Terme Equity Investment Portfolio (LTEIP)*, respectant des conditions en terme d'adossment actif-passif, de durée de détention et de sensibilité à la situation de l'entreprise (article 171 bis du règlement délégué). Malgré la réduction des exigences d'intégration au portefeuille, cette mesure est très peu utilisée du fait des contraintes.

1.2.2 Les étapes clés de la revoiture 2020

Le 1er janvier 2016, la directive 2009/138/CE du Parlement européen et du Conseil sur l'accès aux activités de l'assurance et de la réassurance (directive Solvabilité II) est entrée en application. Cette directive prévoit que certains domaines de la directive doivent être revus par la Commission européenne au plus tard le 1^{er} janvier 2021, à savoir [8] :

- Les mesures de garanties long terme et les mesures sur le risque actions.
- Les méthodes, hypothèses et paramètres standard utilisés lors du calcul du SCR avec la formule standard.
- Les règles des États membres et les pratiques des autorités de contrôle sur le calcul du MCR.
- Le contrôle de groupe et la gestion du capital au sein des groupes.

L'article 77f(2) de la directive Solvabilité II exige que l'EIOPA fournisse des conseils techniques à la Commission sous la forme d'un avis sur l'évaluation de l'application des mesures relatives aux garanties long terme et des mesures relatives au risque sur actions. Mais à la demande de la Commission, le champ d'application de l'avis de l'EIOPA est plus large que celui prévu par la directive Solvabilité II.

L'approche de l'EIOPA concernant l'ensemble de la révision a donc été celle d'une évolution plutôt que d'une révolution. Ainsi, l'EIOPA devait se concentrer sur l'amélioration de la réglementation existante sur la base de l'expérience prudentielle au cours des premières années d'application et en tenant compte des changements du contexte économique. En outre, la Commission, dans sa demande d'avis à l'EIOPA, a demandé que "les principes fondamentaux de la directive Solvabilité II ne soient pas remis en question lors de la révision".

Pour proposer ses conseils, l'EIOPA consulte d'abord les entreprises du secteur courant 2019 sur son analyse et ses évolutions concernant les sujets *reporting* et fonds de garantie. L'EIOPA fera une deuxième consultation publique sur tous les autres sujets devant être revus, à partir du 15 octobre 2019, avec une échéance initialement (car retardée avec la crise de la Covid-19) prévue le 15 janvier 2020.

Pour compléter l'avis technique issu des consultations publiques, l'EIOPA a effectué deux collectes d'information :

- ***Holistic Impact Assessment (HIA)*** : demandée par la Commission européenne en février 2019 avec pour objectif de mesurer l'impact combiné des mesures proposées sur la solvabilité des entreprises du secteur.
- ***Complementary Information Request (CIR)*** : une collecte de données exceptionnelle afin d'avoir les évolutions des marchés financiers et assurantielles dues à la pandémie de Covid-19.

Suite à la Covid-19, l'EIOPA a publié son avis final pour la Commission européenne le 17 décembre 2020.

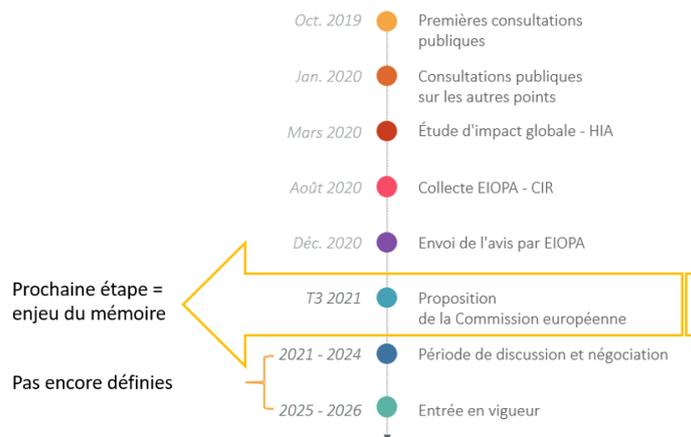


FIGURE 1.6: Étapes clés de la revoiture 2020

Après l'avis final de l'EIOPA, la Commission européenne doit à son tour faire une proposition pour la revue courant septembre/octobre 2021. Cela entraînera une période de discussion et de négociation qui aboutira sur une entrée en vigueur de la revue à partir de 2025 au plus tôt.

1.2.3 Les mesures de la revoiture 2020

L'EIOPA a revu les points demandés par la Commission européenne dans son *Consultation Paper*. Ce document comprend 11 parties, à savoir :

- Les mesures LTG et mesures sur le risque action.
- Les provisions techniques.
- Les fonds propres.
- Le SCR avec la formule standard.
- Le MCR.
- Le *reporting*.
- La proportionnalité.
- La supervision des groupes.
- La libre prestation des services et liberté d'établissement.
- La politique macroprudentielle.
- Les plans de sauvetages et de résolutions des défaillances.

Les principales mesures en lien avec les garanties long terme et le risque action sont étudiées dans la suite de cette section. Une attention particulière est portée au cadre de participation à long terme et stratégique pour les investissements en actions, par soucis de rapidité nous utiliserons à partir de maintenant l'abréviation LTEI pour *Long Term Equity Investments*, cette mesure étant le centre d'étude de ce mémoire.

1.2.4 Les garanties long terme et le risque action

Les différentes garanties long terme

L'objectif majeur de la revue est d'évaluer et d'apporter des modifications aux mesures pour les garanties long terme. Pour cela de nombreux aspects de Solvabilité II sont étudiés dans cette révision tels que : le *Last Liquid Point*, *LLP*, le *Volatility Adjustment*, *VA*, le *Matching Adjustment*, *MA*, la *risk margin*, *RM*, le SCR taux, le MCR, les LTEI, l'ajustement symétrique du module actions, la matrice de corrélation du SCR, le calcul de *l'Expected profits included in future premiums*, le principe de proportionnalité . . .

À travers cette partie, nous vous proposons de revenir sur quelques mesures phares attendues dans cette révision, parues dans un article publié par Optimind en janvier 2021 [11], qui présentent les positions retenues par l'EIOPA dans son avis définitif au regard des différentes propositions qui avaient été réalisées jusqu'ici et des retours réalisés par le marché.

Focus sur le changement du LLP et SCR taux

La courbe des taux sans risque est construite par monnaie à partir des swaps de taux ajustés du risque de crédit (partie liquide de la courbe). Ces points sont ensuite interpolés pour former la courbe des taux. Lorsque le marché des swaps n'est plus liquide, la courbe ne peut plus être fondée sur les données de marché et doit être extrapolée. La partie extrapolée de la courbe part du dernier point liquide (*last liquid point* ou LLP) et doit converger vers un point ultime (*ultimate forward rate* - UFR).

L'environnement prolongé des taux bas voir négatif a relevé des problématiques sur deux thématiques : la construction de la courbe des taux via le choix du point de liquidité (LLP), et le calibrage du sous-module de risque de taux d'intérêt.

Commençons par le changement de LLP.

Concernant la courbe de taux d'intérêt, elle est utilisée sous Solvabilité II pour le calcul des provisions techniques. Elle impacte donc directement la valorisation du passif dans le bilan prudentiel. Actuellement elle est construite sur la base des observations du marché (taux swaps) jusqu'au LLP (*Last Liquid Point*), puis extrapolée (via la méthode de Smith-Wilson) jusqu'à l'UFR (le taux *forward* ultime). Fixé à 20 ans pour la zone euro, le LLP soulève plusieurs problématiques parmi lesquelles :

- La non adéquation des taux extrapolés avec les taux observables du marché (problème de *market consistency*), conduisant à une surestimation du niveau des taux et donc une sous-estimation des provisions techniques.
- Le niveau de volatilité de la courbe des taux d'intérêt, entraînant une instabilité financière au regard du bilan.
- Des stratégies de couverture et de gestion des risques non pertinentes au regard du risque encouru.

Afin de résoudre ces problèmes, plusieurs solutions ont été envisagées, à savoir :

- Décalage du LLP à 30 ans. Cette option se veut être une balance, entre le besoin d'améliorer l'adéquation des taux extrapolés et les taux observables (critère de *market consistency*), d'éviter les incitations à une mauvaise gestion des risques dans le cadre d'engagements long terme et la stabilité dans le calcul des provisions techniques et des fonds propres au cours du temps.
- Décalage du LLP à 50 ans. Cette option est en lien avec l'évaluation du critère DLT (*Deep, Liquid and Transparent*) des taux swap.
- Conservation du LLP 20 ans mais utiliser une autre méthode d'extrapolation de la courbe des taux sans risque, appelée « méthode des points lissés ».

C'est la dernière alternative qui a été retenue par l'EIOPA, étant considéré comme l'arbitrage le plus juste entre une meilleure adéquation au marché et une certaine stabilité de la volatilité des taux d'intérêts.

La nouvelle méthode se décompose en 2 parties :

- Sur la première partie jusqu'au premier point de lissage (*First Smoothing Point*, FSP), équivalent du LLP, fixé à 20 ans pour l'euro, les taux sont calculés par *bootstrapping*. Le taux sans risque des maturités ne répondant pas aux critères DLT est interpolé avec l'hypothèse que les taux *forward* sont constants entre les deux maturités DLT les plus proches. Ce segment est similaire à la méthode Smith-Wilson.
- Sur le second segment au-delà du FSP, les taux *forward* sont calculés via une combinaison entre LLFR (*Last Liquid Forward Rate*) et UFR.

Au-delà du FSP, nous avons donc :

$$f_{20,20+h} = \ln(1 + UFR) \times (1 - B(a, h)) + LLFR \times B(a, h)$$

$$B(a, h) = \frac{1 - e^{-ah}}{ah}$$

Avec,

- $f_{20,20+h}$: le taux *forward* entre les maturités 20 ans et $20 + h$ ans.
- a : la vitesse de convergence.
- h : le pas de temps entre le FSP et la maturité voulue.

Ensuite, nous déduisons les taux zéro coupon des ces taux *forward* avec :

$$z_{20+h} = e^{\frac{20 \times z_{20} + h \times f_{20,20+h}}{20+h}} - 1$$

Nous retiendrons donc comme principaux paramètres de cette nouvelle approche [11] :

Le FSP (*First Smoothing Point*) : le FSP désigne le premier point à partir duquel on procède à l'extrapolation, et il doit correspondre à la dernière maturité vérifiant le critère DLT. De plus, le volume cumulé des obligations de maturité supérieure au FSP

doit représenter au moins 6 % du volume total des obligations du marché. Le choix du FSP est fixe dans le temps, il peut être changé seulement si le critère de volume évolue lors de deux années consécutives. Pour la zone euro, le FSP correspond à 20 ans, c'est-à-dire à la valeur du LLP.

Le LLFR (*Last Liquid Forward Rate*) : le LLFR prend en compte les données de marché (taux swaps) respectant le critère DLT au-delà du FSP. Début 2021, les maturités 25, 30, 40 et 50 ans correspondent à cette évaluation. Le LLFR a été évalué pour la zone euro à 0,705% au 31/12/2019 et -0,037% au 30/06/2020. Le LLFR est calculé selon :

$$LLFR = w_{20} \times f_{15,20} + w_{25} \times f_{20,25} + w_{30} \times f_{20,30} + w_{40} \times f_{20,40} + w_{50} \times f_{20,50}$$

Où,

— w_x : poids des swap de maturité x, il vaut :

$$w_x = \frac{V_x}{V_{20} + V_{25} + V_{30} + V_{40} + V_{50}}$$

V_x : le volume annuel moyen échangé sur les marchés pour les swap de maturité x.

— $f_{x,y}$: taux *forward* entre les maturités x et y.

L'UFR (*Ultimate Forward Rate*) : l'UFR existe déjà dans la méthode actuelle, il représente le taux *forward* long terme vers lequel les taux de la courbe sans risque doivent converger (3,9% en 2019, 3,75% en 2020 et 3,6% en 2021).

Le paramètre de convergence, noté a : plus il est élevé, plus les taux convergent vite vers l'UFR après le FSP. La baisse de la vitesse de convergence augmente l'impact du LLFR dans le calcul des taux *forward*. L'EIOPA préconise d'établir le facteur de convergence à 10%.

Intéressons nous maintenant au SCR taux.

Comme expliqué dans le chapitre 1, dans le cadre de la formule standard, la charge en capital pour le sous-module de taux d'intérêt correspond à la perte maximale de fonds propres calculée entre deux scénarios distincts : un scénario de baisse des taux d'une part, et un scénario de hausse des taux d'autre part. Dans chaque scénario, les courbes de taux sont données pour toutes maturités m par les formules suivantes :

$$\begin{aligned} R_t^{hausse}(m) &= \max(R_t(m) + 1\%; R_t(m) \times (1 + S^{hausse}(m))) \\ R_t^{baisse}(m) &= R_t(m) \times (1 - S^{baisse}(m)) \end{aligned}$$

Avec,

— $R_t(m)$: taux de maturité m issus de la courbe des taux EIOPA sans *volatility adjustment*.

— $S^{hausse}(m)$: coefficient de choc multiplicatif pour la maturité m en cas de hausse des taux.

A savoir : le choc à la hausse doit entraîner une hausse minimale des taux de 1%.

- $S^{baisse}(m)$: coefficient de choc multiplicatif pour la maturité m en cas de baisse des taux.

A savoir : aucun choc à la baisse quand le taux $R_t(m)$ est négatif.

Le contexte de taux bas prolongé, cette méthode a relevé plusieurs problématiques, à savoir :

- les chocs sont insuffisants vis-à-vis des variations des taux de marché constatées.
- les taux négatifs ne sont pas choqués dans le scénario de baisse des taux, alors que les dernières années ont montré que ces taux négatifs pouvaient continuer à baisser.
- le niveau de choc des taux en formule standard est sous-estimé par rapport au traitement des modèles internes.

Ces problématiques mettent en avant une importante sous-estimation du risque de taux. Pour y faire face, l'EIOPA propose une approche par choc additif combiné au choc multiplicatif. Les courbes de taux dans chaque scénario, sont alors calculées pour chaque maturité telle que :

$$R_t^{hausse}(m) = R_t(m) \times (1 - S^{hausse}(\Theta_m)) + B_m^{hausse}$$

$$R_t^{baisse}(m) = \max(-1.25\%; R_t(m) \times (1 - S^{baisse}(\Theta_m)) + B_m^{baisse})$$

Avec,

- $R_t(m)$: taux de maturité m issu de la courbe des taux sans *volatility adjustment* dans la devise correspondante.
A savoir : le taux $R_t^{baisse}(m)$ est *flooré* à -1.25% pour la formule standard.
- $S^{hausse}(\Theta_m)$: coefficient de choc multiplicatif pour la maturité m en cas de hausse des taux.
- B_m^{hausse} coefficient de choc additif pour la maturité m en cas de hausse des taux.
- $S^{baisse}(\Theta_m)$: coefficient de choc multiplicatif pour la maturité m en cas de baisse des taux.
- B_m^{baisse} coefficient de choc additif pour la maturité m en cas de baisse des taux.

Avec la mise en place de cette nouvelle méthode, des coefficients de chocs (additif et multiplicatif) sont calibrés sur la période en tenant compte du LLP retenu. Cette révision engendrant un impact financier conséquent, l'EIOPA propose d'appliquer de manière transitoire sur une période de 5 ans la nouvelle formule de calcul. Cette période transitoire ne concerne que le choc à la baisse des taux. Il s'agirait donc de réaliser 2 calculs :

- calcul du SCR en cas de baisse des taux avec la méthode usuelle.
- calcul du SCR en cas de baisse des taux avec la nouvelle approche (chocs additif + multiplicatif).

Ainsi, pendant les 5 ans de transition, le SCR de taux en cas de baisse des taux sera évalué par :

$$SCR_{final}^{baisse}(t) = SCR_i^{baisse}(t) + \frac{t}{5}(SCR_{ii}^{baisse}(t) - SCR_i^{baisse}(t))$$

Avec, t représentant l'année allant de 1 à 5.

Focus sur la proportionnalité

La proportionnalité est un des points majeurs de la directive Solvabilité II. Elle met en avant le fait que la norme Solvabilité II doit être adaptée aux risques (nature, taille et complexité) auxquels les compagnies font face. En effet, encore aujourd'hui, ils sont nombreux à être insatisfaits des mesures en place. Cette insatisfaction est due en grande partie au manque de précision sur les critères d'éligibilité et de clarté sur son côté opérationnel.

L'EIOPA s'est donc penchée sur le problème en prenant en compte ces avis d'insatisfaction et a jugé nécessaire une revue du principe de proportionnalité, en particulier pour les points suivants :

- **Les critères d'exclusion de Solvabilité II** : L'EIOPA souhaiterait un alignement de ces critères avec les critères d'accessibilité au statut de PME (en effet ce sont les petites et moyennes entreprises qui ont plus particulièrement des problèmes de proportionnalité avec Solvabilité II).
- **Les critères d'éligibilité** : Les démarches d'éligibilité ne sont, encore, aujourd'hui pas définies explicitement. De plus, la preuve d'éligibilité est entièrement à la charge de l'organisme. Ainsi l'EIOPA souhaite une explicitation de ces critères, en définissant les organismes à faible profil de risque (*Low Risk Undertaking, LRU*) mais également les rôles et responsabilités du superviseur dans la mise en place du principe de proportionnalité.
- **Le processus de simplification** : Proposer des simplifications sur les aspects quantitatifs (par exemple, utilisation facultative de méthodes stochastiques pour les risques vie notamment sur les provisions techniques) mais également sur le SCR. Cela, concernant évidemment uniquement les organismes éligibles.
- **Le pilier 2** : L'EIOPA souhaite autoriser le cumul des fonctions clés pour les organismes respectant les critères de proportionnalité. De plus, toujours dans un but de clarté, elle souhaite également modifier les critères pour devenir dirigeant effectif.
- **Le rapport ORSA** : Pour les organismes LRU, le rapport peut dorénavant être rendu tous les deux ans, sauf en cas de changement significatif il devra être rendu annuellement comme précédemment.
- **Les politiques écrites** : La mise à jour des politiques peut désormais être effectuée tous les trois ans, au lieu de tous les ans auparavant. La politique de rémunération sera maintenant ajoutée à la liste des politiques écrites.

- **La rémunération** : Les organismes LRU, ne sont plus obligés de reporter la partie variable de la rémunération, sauf sur demande du superviseur.
- **Le pilier 3** : Il s’agit d’une simplification des RSR (*Regular Supervisory Report*), SFCR (*Solvency and Financial Conditions Report*) et QRT (*Quantitative Reporting Templates*) et une modification de leurs *deadlines*. Ainsi, par exemple, la remise du RSR sera désormais par défaut tous les 3 ans pour les organismes LRU, contrairement à aujourd’hui où il s’agit d’une remise tous les ans et au minimum tous les 3 ans.
- **La proportionnalité pour les *business models* spécifiques** : Des simplifications sont proposées pour les captives (par exemple, définition du critère de proportionnalité, limitation de reporting pilier 3, ORSA simplifié et rendu tous les deux ans).

Malgré cela, certains assureurs français souhaiteraient que les propositions de l’EIOPA aillent encore plus loin, notamment en matière d’investissement comme nous allons le voir ci-dessous.

Focus sur les LTEI.

Le sujet des investissements long terme est porté par le marché depuis 2018 et particulièrement par la France. Comme le rappellent l’ACPR et le Trésor [1], nous avons besoin d’investissement long terme pour l’économie réelle et les assureurs ont besoin de se diversifier. Ainsi les LTEI permettent, via un allègement du coût en capital des actions, un coup double pour la relance de l’économie et le renforcement de la structure financière.

Aujourd’hui, la réglementation en vigueur défavorise les LTEI, pour appuyer ses propos l’ACPR se base sur une étude de l’Institut Louis Bachelier sur l’optimisation de portefeuille d’assureurs vie en présence et en l’absence de contraintes Solvabilité 2 [9].

Cette étude montre globalement que par rapport à une allocation ALM optimale, le cadre prudentiel conduit à une sous allocation action de l’ordre de 15 points pour les passifs d’horizon 10 ans. Dans le cadre d’un portefeuille global cela revient presque à diminuer de moitié l’investissement des assureurs dans l’économie.

C’est pourquoi de ce point de vue la proposition des LTEI va dans le bon sens et la France souhaite s’en servir dans la discussion de la revoiture. Cependant, elle doit pouvoir être viable et donc elle nécessite de supprimer des contraintes que l’ACPR ne juge ni nécessaires ni pertinentes. C’est un enjeu clé pour la France mais qui n’a pas encore été soulevé par l’EIOPA.

En ce sens, Patrick Montagner, premier secrétaire général adjoint de l’ACPR, explique lors de la conférence [1] qu’une économie saine se finance par des titres de dettes mais également par des titres de capital donc il paraît normal que les investisseurs les plus importants comme les assurances y participent. Toutefois, cette idée est propre à la France, en effet les autres pays voient les actions d’un mauvais œil dû aux brusques variations des indices boursiers, mais la France rappelle que les actions ne sont pas que les indices

boursiers. De plus au vu des crises de défaut des souverains grecques et chypriotes (la crise de la dette a provoqué des pertes significatives de presque 85% du portefeuille pour certains organismes), l'obligataire n'est pas aussi sain que le prétendent les autres pays européens refusant les LTEI car trop risqué.

En attendant l'avis de la Commission européenne en fin du troisième trimestre 2021 et ses éventuels changements sur la réglementation LTEI, la classe d'actions LTEI permet d'appliquer un choc réduit à 22% dans la formule standard lorsque certaines conditions sont respectées. Cependant, l'EIOPA s'est montrée dès le début défavorable à cette mesure et a fortement contraint les critères d'éligibilité, comme le déplore l'ACPR et le Trésor. Les critères principaux pour être catégorisé LTEI étant :

- **Investissements européens** : Les sociétés émettrices d'actions doivent avoir leur siège social dans un pays membre de l'Espace Économique Européen.
- **Durée de détention** : Le portefeuille d'actions doit avoir une durée moyenne de détention supérieure à 5 ans. Si la durée moyenne est inférieure à 5 ans alors aucune action ne doit être vendue jusqu'à ce que la période de détention moyenne dépasse 5 ans.
- **Stress tests** : L'organisme doit être capable de démontrer qu'il dispose d'une gestion actif passif et d'un niveau de solvabilité et de liquidité suffisants pour éviter une vente forcée de ces actions pendant 10 ans.
- **Cantonement actif-passif** : Le portefeuille d'actions doit être clairement adossé à des passifs bien identifiés qui ne représentent qu'une partie des provisions techniques de l'organisme. Ce portefeuille d'actifs et de passifs doit être géré indépendamment du reste et ne pas être utilisé pour couvrir les pertes de toute autre activité de l'entreprise.

Cela correspond aux critères principaux introduit par la Commission européenne lors de la création de la classe LTEI en 2019. Mais dans un souci de financement de l'économie, le traitement de LTEI devait être rééquilibré. En effet, les critères ci-dessus devaient être moins restrictifs. C'est ainsi que dans le cadre de la révision 2020, le sujet des LTEI revient sur le devant de la scène. Malgré ses doutes, l'EIOPA reste ouverte à la modification de certains critères. Dans cette perspective des études ont été menées en mars et en juin pour mesurer les impacts sur la solvabilité de différentes options. Ainsi, les critères ci-dessous ont pu être testés :

- Appliquer la mesure sur les actifs en face des fonds propres.
- Suppression du critère de mutualisation du portefeuille.
- Remplacement du critère de durée de détention avec stress par des critères de liquidité du passif.

Suite à ces études, l'EIOPA donne son avis définitif en clarifiant un certain nombre de points sur la mesure LTEI. Il est alors évidemment question de supprimer la détention moyenne supérieure à 5 ans pour la remplacer par un critère d'illiquidité du passif. De

plus l'EIOPA met en place un critère pour être classé LTEI qui diffère selon l'assurance vie et l'assurance non-vie. Le critère est [11] :

- Une approche non-vie basée sur la liquidité des actifs. Pour cette approche, un indicateur de boost de liquidité a été défini et doit être supérieur à 100% pour être classé en LTEI. L'indicateur est défini tel que :

$$\text{Boost de liquidité} = \frac{HQLA}{BE \text{ du Portefeuille}}$$

Avec la HQLA qui est composé de la valeur de marché de différents types d'actifs bien définis comme les obligations et prêts d'états membres de l'EU, des banques centrales ou d'entreprises notées BBB ou mieux. Ces actifs sont alors divisés en deux types :

1. Actifs de niveau 1 : Ils n'ont pas de limite dans le HQLA et correspondent au cash, aux obligations et prêts des banques centrales de l'UE, des pays membres de l'UE et de certains organismes internationaux comme le FMI par exemple.
2. Actifs de niveau 2 : Ils sont divisés en 2 parties, 2A et 2B et ils ne peuvent pas représenter plus de 40% du HQLA. Les 2A regroupent les obligations et prêts d'entreprises notés AA ou AAA tandis que les 2B regroupent les obligations et prêts d'entreprises notés A ou BBB, les RMBS (*Residential Mortgage Backed Security*, un RMBS représente la titrisation d'une créance hypothécaire résidentielle) qualifiés et les obligations sécurisées notées AA ou AAA.

- Une approche vie basée sur l'illiquidité des passifs. Le passif doit appartenir aux critères 1 ou 2 d'illiquidité et avoir une durée supérieure à 10 ans. Ce critère est censé représenter la possibilité pour l'organisme de céder ou perdre son portefeuille. Avec le critère 1 correspondant aux contrats sans possibilité de rachat ou une option de rachat inférieure à la valeur de marché du contrat. Et le critère 2 comprend les contrats avec risque de rachat limité (pour le marché français, nous pouvons considérer que l'assurance vie en euros fait partie de cette catégorie). De plus, pour les 2 critères, les contrats doivent être très peu soumis aux risques de mortalité et de catastrophe. En conclusion, il s'agit de contrats dont l'organisme ne peut se défaire facilement avec des engagements à long terme pour justifier la classe LTEI.

Ainsi, le boost de liquidité représente le cash à l'instant t de l'assureur comparativement à ses engagements futurs. Donc, il est préférable d'avoir ce ratio le plus élevé possible, en effet, plus le ratio est élevé plus l'assureur pourra payer facilement ses engagements futurs pendant la durée de vie des contrats.

Si lors de son premier avis l'EIOPA prévoyait d'élargir la norme LTEI aux fonds propres, cette idée a été retirée de l'avis définitif. Cela est un point noir pour les assureurs car ils auraient pu en grande partie élargir le nombre d'actions viable en portefeuille LTEI, en particulier pour les assureurs non-vie.

De plus, il est important de préciser qu'en cas d'impact significatif de la mesure LTEI sur la solvabilité d'un organisme alors cet organisme devra fournir des éléments supplémentaires

sur sa capacité de détention du portefeuille LTEI ainsi que des études de sensibilité de la mesure LTEI sur sa solvabilité.

Finalement, la pression exercée par certains pouvoirs publics (principalement l'ACPR et le Trésor) dans le but de soutien à l'économie réelle et de la diversification des actifs des assureurs / réassureurs n'a pas permis de faire bouger significativement l'avis de l'EIOPA sur cette mesure et sur les critères d'éligibilité.

Toutefois, les pouvoirs publics ont encore un espoir d'alléger en faveur du marché français les restrictions jugées trop contraignantes pour classer des actions LTEI. Pour cela, ils comptent sur les discussions à venir avec l'avis de la Commission européenne prévues pour la fin du troisième trimestre 2021. Finalement, l'ambition de mon mémoire est d'apporter une étude sur laquelle les acteurs de cette discussion (mais plus particulièrement les entreprises privées) pourront s'appuyer pour proposer des allègements réglementaires. Ces derniers permettront alors de faire coup double avec d'une part le financement de l'économie réelle et d'autre part la diversification des actifs pour les assureurs / réassureurs.

Chapitre 2

Contexte théorique et financier : Définitions et modèles actuariels

2.1 Quelques définitions financières

Ce mémoire touchant à la partie financière du monde de l'actuariat, il est primordial de rappeler quelques définitions propres au monde de la finance. En effet, ces notions sont peu utilisées dans le quotidien d'un actuaire ne touchant pas aux aspects financiers, ainsi cette partie a pour but de présenter les définitions utiles pour la suite afin de bien appréhender le sujet et son enjeu.

LTEI, Long Term Equity Investment

Les LTEI font référence à la nouvelle classe d'actif possible pour un assureur grâce à la revoyure de Solvabilité II. Comme expliqué dans la partie sur la revoyure, les assurances pourront désormais avoir un portefeuille long terme d'actions européennes catégorisées LTEI. Ce nom sera attribué sous respect de certaines conditions pour les actions constituant le portefeuille, pour rappel du chapitre 1 sur la partie revoyure, les principales restrictions étant :

- Une diversification nécessaire entre les actions LTEI.
- Le sous-ensemble des actions constituant le portefeuille LTEI doit être clairement identifié.
- Le portefeuille LTEI doit être inclus dans un portefeuille d'actifs affecté à la couverture de la meilleure estimation d'un portefeuille d'obligations d'assurance ou de réassurance correspondant à une ou plusieurs obligations de l'entreprise clairement identifiées, et l'entreprise devant maintenir cette affectation.
- Le portefeuille d'actifs décrit dans le point précédent doit être clairement identifié et être géré séparément des autres activités de l'entreprise.
- Une politique de gestion à long terme doit être mise en place pour chaque portefeuille LTEI, elle doit montrer l'engagement de l'entreprise de conserver l'exposition globale aux actions dans le sous-ensemble des investissements en actions pendant une période supérieure à 5 ans en moyenne.

2.1. QUELQUES DÉFINITIONS FINANCIÈRES

- Le sous-ensemble de placements en actions doit être uniquement constitué d'actions cotées dans l'EEE¹ ou d'actions non cotées de sociétés ayant leur siège social dans des pays membres de l'EEE.

Fonds d'actions protégé

Un fonds d'actions protégé est un fonds composé d'actions comme actifs d'investissement et combiné avec une couverture des risques via les options financières (la protection).

Performance cumulée

La performance cumulée R représente le rendement global obtenu sur l'horizon d'investissement, il est défini tel que :

$$R = \frac{\text{Valeur finale} - \text{Valeur initiale}}{\text{Valeur initiale}}$$

Où :

- Valeur initiale : valeur de l'actif (que cela soit un actif seul comme une action ou la valeur d'un portefeuille diversifié) au début de l'horizon d'investissement.
- Valeur finale : valeur de l'actif à la fin de l'horizon d'investissement.

Rendement annuel

Le rendement annuel r représente le gain obtenu sur une année d'investissement, il est défini de la façon suivante :

$$r = \frac{\text{Valeur en fin d'année} - \text{Valeur en début d'année}}{\text{Valeur en début d'année}}$$

Ou également défini avec la performance cumulée :

$$r = (1 + R)^{\frac{1}{n}} - 1$$

Où :

- R : performance cumulée.
- n : horizon d'investissement (n années).

Lien entre performance et rendement

Le lecteur attentif remarquera donc que les deux définitions de performance et de rendement sont très liées. En effet, il est équivalent de : placer son capital dans un portefeuille au taux de rendement annuel r pendant n années ou placer son capital dans un portefeuille ayant une performance cumulée R sur n années.

Prenons un exemple :

1. EEE - Espace Economique Européen

2.1. QUELQUES DÉFINITIONS FINANCIÈRES

Un investisseur disant "j'ai gagné 40% sur 5 ans avec mon investissement" ($R = 40\%$ et $n = 5$) peut également dire "j'ai gagné 7% par an pendant 5 ans avec mon investissement" ($r = 7\%$ et $n = 5$). En effet, $7\% \approx (1 + 40\%)^{\frac{1}{5}} - 1$.

Drawdown

La perte successive maximale (*max drawdown* en anglais, souvent abrégé en *drawdown*) est un indicateur représentant la pire perte possible du portefeuille sur la période, c'est-à-dire si un investisseur achetait au plus haut et revendait au plus bas sur la période considérée.

Ainsi, prenons par exemple, un investisseur ayant vu son portefeuille atteindre 15 000€ au point le plus haut avant de valoir 10 000€ au point le plus bas. Le calcul du drawdown sera alors :

$$\text{Drawdown} = \frac{15000 - 10000}{15000} \approx 33\%$$

Dans notre exemple, l'investisseur aura donc connu une variation maximale en perte de 33% entre le point le plus haut et le point le plus bas atteint par son portefeuille. Bien évidemment, cela est vrai à l'instant présent mais le *drawdown* va évoluer au fur et à mesure que le temps avance.

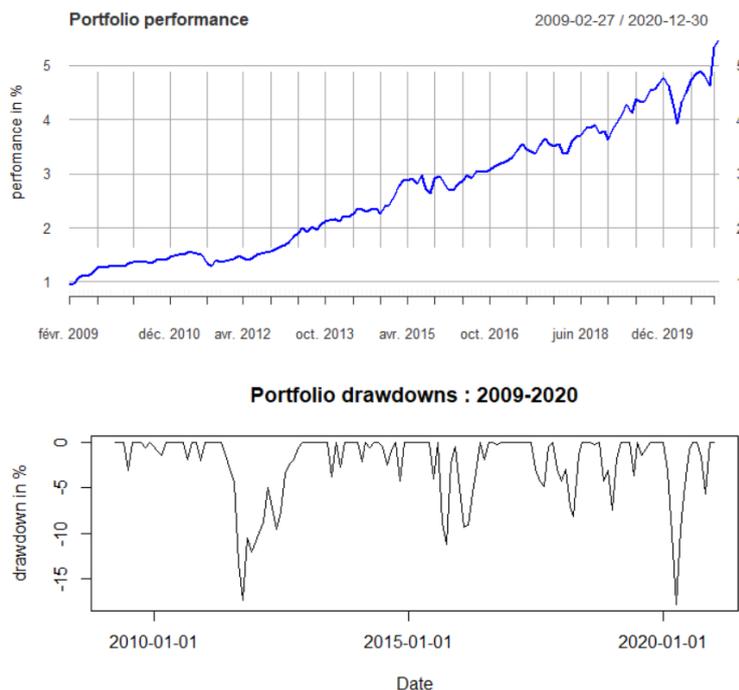


FIGURE 2.1: Exemple de *drawdown*, graphe du haut : performance du portefeuille et graphe du bas : *drawdown* du portefeuille

Volatilité

La volatilité représente l'ampleur des variations du cours du portefeuille, mathématiquement parlant elle représente l'écart-type de la variance, soit le carré de la moyenne des

2.1. QUELQUES DÉFINITIONS FINANCIÈRES

écarts à la moyenne. Dans notre cas, pour un rendement, il s'agit de la dispersion des rendements des actifs autour du rendement annualisé. Ainsi, on a :

$$\text{Volatilité} = \frac{\text{Somme des rendements des actifs} - \text{rendements annualisé}}{n}$$

n étant toujours l'horizon d'investissement.

Put

Un *put* est un contrat qui confère à son souscripteur le droit (et non l'obligation) de vendre un sous-jacent à un prix d'exercice (*strike*) choisi et une date d'échéance convenue à l'avance.

Put spread

Le *put spread* est une stratégie qui combine l'achat de *put* et la vente de *put*, portant sur le même sous-jacent, ayant même maturité, et qui ne diffère que par les prix d'exercice, les *strikes*. Concrètement, un *put spread* consiste en l'achat d'un *put* de *strike* supérieur (K_1) et la vente d'un *put* de *strike* inférieur (K_2), nous avons donc $K_2 < K_1$. La vente d'une option permet de rendre la stratégie de couverture plus abordable financièrement et sans risque additionnel.

Différence entre *put* et *put spread*

Un investisseur voit une perspective baissière sur un actif, mais limitée. C'est-à-dire qu'il peut très bien anticiper une baisse de l'actif sous-jacent, sans que celle-ci ne soit "infinie" ou "indéfinie". Il est alors inutile et même coûteux d'acheter un *put* seul, il va donc combiner achat/vente de *put* pour réaliser un *put spread*.

Illustrons cela avec un exemple :

Soit un *put* un an, de *strike* 100 sur Allianz (exemple fictif) et d'un prix de 10 euros (prime à payer pour acheter le *put*). Soit un *put* un an, de *strike* 70, et d'un prix de 5 euros. Nous réalisons alors le *put spread* en achetant le premier *put* et en vendant le second, cela nous coûte alors 5 euros (nous dépensons 10 euros pour acheter le premier *put* et nous gagnons 5 euros en vendant le deuxième *put*).

Alors dans un an (maturité des *put*), si Allianz clôture à 60 euros, l'investisseur empochera 30 euros (différence entre 100 et 70, en effet, étant détenteur du *put* de *strike* 100 nous pourrions vendre l'action à 100 euros mais de l'autre côté étant vendeur du *put* de *strike* 70 nous devons acheter l'action à 70 euros) grâce à son *put spread*, soit un profit net de $30 - 5 = 25$ euros (gain - coût du *put spread*), mais le simple *put* lui aurait rapporté $40 - 10 = 30$ euros. Si l'action finit l'année à 75 euros, l'investisseur réalisera alors un profit net de $25 - 5 = 20$ euros, alors qu'un simple *put* lui aurait rapporté $25 - 10 = 15$ euros seulement.

Il en vient la conclusion suivante, comme évoqué ci-dessus, que le *put spread* est pertinent dans le mesure où l'investisseur estime une baisse limitée, le point limite à ne pas dépasser étant donc le *strike* du *put* vendu. Il est possible de récapituler les *payoffs* dans le tableau suivant :

Prix	<i>Payoff</i> du <i>put</i> K_1	<i>Payoff</i> du <i>put</i> K_2	<i>Payoff</i> du <i>put spread</i>
$S_T > K_1$	0	0	0
$K_1 \geq S_T \geq K_2$	$K_1 - S_T$	0	$K_1 - S_T$
$S_T < K_2$	$K_1 - S_T$	$S_T - K_2$	$K_1 - K_2$

TABLE 2.1: *Payoff* des différentes stratégies de couverture

La *Value At Risk*, VaR

La *Value At Risk* (VaR) correspond pour un niveau de confiance α et un horizon de temps donné, le montant maximal susceptible d'être perdu dans les $1 - \alpha$ meilleurs scénarios. Pour un rôle commercial, en expliquant cette notion à une personne étrangère au domaine financier, il est préférable d'expliquer la VaR comme étant la perte minimale sur l'horizon de temps donnée pour les α pire scénarios.

Mathématiquement, cela correspond au quantile $1 - \alpha$ de la distribution des pertes sur l'horizon de temps fixé, soit la $VaR(\alpha)$:

$$\alpha = P(VaR < r)$$

Avec r le rendement de l'actif

Les principaux défauts de cette mesure sont :

- Les rendements n'ont pas forcément une distribution normale.
- Elle n'est pas sous-additive donc elle n'intègre pas la notion de diversification pour un portefeuille d'actifs.
- Elle donne un montant fixe à l'instant t mais ne donne aucune information en deçà de ce montant.

Pour cela, elle est souvent combinée avec *l'Expected Shortfall*.

L'Expected Shortfall, ES

L'expected shortfall (ES) est la moyenne des pertes quand nous nous trouvons dans les α pire scénarios de pertes. Pour être exacte, il faut également préciser l'horizon temporel comme pour la VaR. L'ES correspond alors à l'espérance conditionnelle des pertes pour un niveau de VaR donné, soit :

$$ES_\alpha = \mathbb{E}(X \mid X \leq VaR(X, \alpha))$$

Le lecteur attentionné remarquera donc que l'ES est toujours supérieure à la VaR pour un niveau de risque α fixe.

Ratio de Sharpe

Le ratio de Sharpe mesure le surplus de rentabilité d'un portefeuille par rapport au taux sans risque, rapporté au risque total du portefeuille, mesuré par son écart-type. Il peut être défini comme la performance par unité de risque : plus il est élevé, plus la combinaison performance / risque est bonne. Les investisseurs étant averses au risque, ils chercheront à minimiser le risque pour une performance donnée, et donc à maximiser le ratio de Sharpe.

$$\text{Ratio de Sharpe} = \frac{(R_p - R_f)}{\sigma_p}$$

Où,

- R_p : Rendement du portefeuille.
- R_f : Taux sans risque.
- σ_p : Volatilité du portefeuille.

Suivant les valeurs prises on peut observer 3 scénarios :

- Ratio de Sharpe ≤ 0 : le portefeuille sous performe un placement sans risque, il n'est donc pas logique d'investir dans ce portefeuille.
- $0 < \text{Ratio de Sharpe} \leq 1$: l'excédent de rendement par rapport au taux sans risque est plus faible que le risque pris.
- $1 < \text{Ratio de Sharpe}$: le portefeuille surperforme un placement sans risque donc il génère une plus forte rentabilité.

En conclusion, plus le ratio de Sharpe est élevé plus le portefeuille est performant. Par exemple, si le ratio de Sharpe du portefeuille est de 1.5, cela signifie que 1% de volatilité a généré un surplus de performance de 1.5% par rapport à un portefeuille sans risque. Le couple rendement/risque est favorable. Il faudra donc maximiser ce ratio dans la suite de ce mémoire.

Ratio de Sortino

Le ratio de Sortino mesure le surplus de rentabilité d'un portefeuille par rapport au taux sans risque mais contrairement au ratio de Sharpe, il évalue uniquement la volatilité à la baisse. C'est la volatilité dont un investisseur, aversé au risque, craint, car elle est synonyme de pertes potentielles.

Pourquoi cette différence de mesure de risque ?

Le risque d'un placement est, en finance, communément évalué par ses écarts-types, c'est-à-dire à la mesure statistique calculant la dispersion des rendements obtenus par rapport à la moyenne.

Selon le ratio de Sortino, la volatilité est une amplitude autour d'une valeur moyenne. Elle ne représente donc un risque que pendant les périodes de baisse. Lors d'une phase de volatilité à la hausse, les investisseurs réalisent des profits donc la volatilité n'est pas un facteur de risque.

C'est ainsi que le ratio de Sortino est défini :

$$\text{Ratio de Sortino} = \frac{(R_p - MAR)}{\delta_{MAR}}$$

Où,

- R_p : Rendement du portefeuille.
- MAR : Rendement minimal acceptable (*Minimum Acceptable Return*).
- δ_{MAR} : Volatilité à la baisse (*Downside deviation*, ie la volatilité quand le rendement est inférieure au MAR).

En conclusion, plus le ratio de Sortino est élevé, meilleurs sont les rendements du portefeuille sur l'horizon d'investissement, par rapport au risque de baisse (pertes) observé pendant cette période. Tout comme le ratio de Sharpe, il faudra maximiser ce ratio dans la suite du mémoire.

La différence entre le ratio de Sharpe et le ratio de Sortino

Le ratio de Sortino fait partie de la catégorie des ratios de rendement/risque relatifs asymétriques, car la mesure de risque employée (le *Downside deviation*, δ_{MAR}) ne prend en compte qu'une seule partie de la volatilité (dissymétrie), contrairement au ratio de Sharpe qui, lui, est symétrique.

Cet indicateur est donc particulièrement pertinent dans le cadre de distributions de rendements asymétriques, c'est pour cela qu'il est principalement utilisé par la gestion alternative (les fonds d'investissements, par opposition aux banques d'investissements).

Aujourd'hui, les analystes préfèrent utiliser le ratio de Sharpe pour évaluer les portefeuilles d'investissement à faible volatilité et le ratio de Sortino pour évaluer les portefeuilles à forte volatilité. Nous allons donc étudier dans la suite ces deux ratios sur notre portefeuille LTEI car il inclut des actions avec des volatilités plus ou moins élevées. De plus, cela permet également d'une certaine façon, d'avoir une mesure de risque symétrique comme la théorie dominante sur la distribution des rendements d'un actif financier (modèle de Black & Scholes) mais également une mesure asymétrique telle que la distribution des rendements le serait plus en réalité.

Les grecques en finance

- **Alpha** : L'alpha, α , mesure la performance d'un portefeuille d'investissement par rapport à une valeur de référence, habituellement un indice boursier. En d'autres termes, c'est le degré avec lequel un investisseur a réussi à « devancer » le marché sur un horizon donné.

Nous pouvons le calculer suivant 2 façons :

1.

$$\alpha = \text{rendement du portefeuille} - \text{rendement de référence}$$

2.

$$\alpha = \text{rendement du portefeuille} - \text{taux sans risque} \\ - \beta * (\text{rendement de l'indice} - \text{taux sans risque})$$

Avec le rendement de référence qui représente soit le taux sans risque soit le rendement de l'indice.

- **Beta** : Le beta, β , mesure la volatilité d'un actif par rapport à son marché. Il se calcule tel que :

$$\beta = \frac{\text{cov}(\text{Rendement du portefeuille}; \text{Rendement du marché})}{\text{var}(\text{Rendement du marché})}$$

La *moneyness* des options

La *moneyness* d'une option représente la différence existante entre son prix d'exercice et la valeur de son sous-jacent. Trois types de *moneyness* existent :

- *in-the-money*, *ITM* : une option est dite *in-the-money* si l'exercice immédiat de l'option entraîne un *cash-flow* positif pour le détenteur. Une option payeuse (respectivement receveuse) est donc *in-the-money* si la valeur du sous-jacent est supérieure (respectivement inférieure) au *strike*.
- *at-the-money*, *ATM* : une option est dite *at-the-money* si l'exercice immédiat de l'option entraîne un *cash-flow* nul. Une option payeuse ou receveuse est donc *at-the-money* si la valeur du sous-jacent est égale au *strike*.
- *out-the-money*, *OTM* : une option est dite *out-the-money* si l'exercice immédiat de l'option entraîne un *cash-flow* négatif. Une option payeuse (respectivement receveuse) est donc *in-the-money* si la valeur du sous-jacent est inférieure (respectivement supérieure) au *strike*.

2.2 Présentation de l'outil GSE d'Optimind

2.2.1 Définition et rôle d'un GSE

Un GSE¹ est une projection sur un horizon d'intérêts de grandeurs économiques et financières. C'est donc un outil permettant de projeter des variables économiques d'intérêts tels que les facteurs de risques (comme les taux nominaux, les taux réels, les rendements actions, les rendements immobiliers, les taux d'inflation, etc...) auxquels sont exposés les assureurs dans le temps [3].

Une compagnie d'assurance se doit d'avoir un dispositif qui lui permettra de simuler les différents risques qu'elle encourt dans le futur afin de valoriser son actif ainsi que les

1. GSE = Générateur de Scénarios Economiques

garanties et options financières embarquées dans les contrats d'assurance et aussi d'estimer ses fonds propres.

C'est là qu'intervient le générateur de scénarios économiques qui projetera les facteurs de risques auxquels la compagnie est exposée. Ces facteurs de risques sont notamment :

- Taux
- Immobilier
- Action
- Inflation
- Crédit

Ces projections sont réalisées à l'aide de modèles mathématiques qui permettent d'obtenir des dynamiques pour les différentes grandeurs modélisées. Au sein du GSE d'Optimind, sont modélisés les facteurs de risques suivants :

- Taux : modélisé avec le modèle de Hull & White à 1 facteur. Ce modèle à l'avantage d'être simple à l'implémentation et générant des taux négatifs cependant étant un modèle simple, il comporte plusieurs limites. En effet, toute la courbe des taux (c'est-à-dire le prix des zéro-coupon) est déterminée par le seul taux court r , ce qui implique que les taux évoluent de manière parfaitement corrélée pour toutes les maturités, ce qui n'est pas le cas en pratique.
- Immobilier : modélisé avec le modèle de Black & Scholes.
- Action : modélisée avec le modèle de Black & Scholes.

L'implémentation de ces modèles ayant fait l'objet d'un mémoire au sein d'Optimind, le lecteur intéressé pour plus de détails est invité à se référer au mémoire de Paul BONNEFOY¹ [3]. Il s'agit ici de simplement rappeler les grands principes d'un GSE.

Il existe 2 types de GSE [14], les GSE dits risque neutre ou les GSE dits risque réel. Ils représentent chacun une hypothèse de contexte économique différent², telle que :

- **Univers réel** : L'univers réel se base sur des données historiques et projette les facteurs de risques sur ces données. Le GSE sera donc calibré sur des données historiques et répliquera alors le comportement historique des données. C'est-à-dire qu'il prendra en compte l'aversion au risque des investisseurs passés, et donc implicitement l'aversion au risque des investisseurs d'aujourd'hui.
- **Univers risque neutre** : Dans l'univers risque neutre, les agents économiques (i.e les investisseurs présents sur le marché) sont indifférents au risque induisant ainsi par définition une prime de risque nulle lors de l'évaluation des actifs. La probabilité risque neutre de cet univers repose sur deux hypothèses importantes, à savoir :

1. Titre du mémoire : Implémentation et calibrage d'un Générateur de Scénarios Économiques : impact sur la volatilité du Solvency Capital Requirement

2. Plus couramment appelé Univers Réel ou Univers Risque Neutre, univers au sens mathématique du terme

1. L'absence d'opportunité d'arbitrage : Dans cet univers, il est impossible d'élaborer une stratégie financière qui, à partir d'un investissement initial nul, assure un gain strictement positif avec une probabilité non nulle dans une date future.
2. La complétude des marchés financiers : Un marché financier est complet si chaque flux financier peut être répliqué par un portefeuille composé de l'actif sans risque et des actifs risqués.

La condition d'absence d'opportunité d'arbitrage et l'hypothèse d'un marché complet sont équivalentes à l'existence d'une unique mesure martingale, appelée probabilité risque neutre, sous laquelle le prix actualisé au taux sans risque des actifs financiers est une martingale. Cette probabilité est définie de la façon suivante :

Soit $P^* \sim P$ une probabilité sur (Ω, \mathbb{F}, P) un espace probabilisé complet [4].

Soit le prix d'action

$$S = (S_t)_{t \in [0, T]} \subset \mathcal{L}^0(\Omega, \mathbb{F}, P)$$

Et la filtration

$$\mathcal{F}_t = \sigma\{S_v, v \leq t\} \vee \mathcal{N}_p, \quad t \in [0, T]$$

P^* est une probabilité risque neutre si $S^* = (e^{-rt}S_t)_{t \in [0, T]}$ est une $(\mathbb{F} = (\mathcal{F}_t)_{t \in [0, T]}, P^*)$ -martingale. C'est à dire si :

- $S_t \in \mathbb{L}^1(\Omega, \mathcal{F}_t, P^*), \quad t \in [0, T]$
- $E^*[S_t | \mathcal{F}_v] = S_v, \quad P^*$ presque sûrement, $0 \leq v \leq t \leq T$

De plus, nous avons l'équivalence suivante :

L'absence d'opportunité d'arbitrage \Leftrightarrow L'existence d'une probabilité risque neutre

2.2.2 Le GSE risque neutre

Le modèle de Hull & White pour le risque de taux

Le GSE utilise le modèle de Hull & White¹ [3] pour prédire les évolutions futures des taux courts. Ce modèle s'inscrit dans l'univers risque neutre, il fait partie des modèles d'absence d'opportunité d'arbitrage². Sous l'hypothèse de l'existence d'une probabilité risque neutre, le taux court r_t suit la dynamique suivante :

$$dr_t = (\theta(t) - a(t)r(t))dt + \sigma(t)dW_t$$

Avec :

- a une fonction déterministe du temps qui représente la vitesse de retour à la moyenne (phénomène observé sur l'historique des taux d'intérêt).

1. Aussi appelé modèle de Vasicek étendu
 2. En opposition aux modèles d'équilibre

- σ est une fonction déterministe du temps qui représente la volatilité.
- θ est une fonction déterministe qui dépend du temps t .
- W_t est un mouvement brownien standard par rapport à la probabilité risque neutre P^* .

Dans notre cas nous considérons le modèle de Hull & White simplifié, c'est-à-dire que nous supposons a et σ deux réels positifs. Ainsi, nous pouvons reproduire la dynamique des taux courts avec une complexité moindre. Nous utiliserons donc la dynamique suivante :

$$dr_t = (\theta(t) - ar(t))dt + \sigma dW_t$$

Ce modèle reproduit la courbe des taux swap zéro-coupon sur le marché avec :

$$\theta(t) = \frac{\partial}{\partial t} f(0, t) + af(0, t) + \frac{\sigma^2}{2a}(1 + e^{-2at})$$

où $f(0, t)$ est le taux *forward* instantané observé sur le marché définit tel que :

$$f(t, T) = \lim_{S \rightarrow T^+} F(t, T, S) = -\frac{\partial \ln(P(t, T))}{\partial T}$$

Avec dans le cas général, t représentant la date de calcul et T la maturité.

Finalement, Le taux r_t défini par le modèle de Hull & White suit une loi normale d'espérance $E(r_t) = r_0 e^{-at} + \int_0^t e^{a(s-t)} \theta(s) ds$ et de variance $Var(r_t) = \sigma^2 \left(\frac{1 - e^{-2at}}{2a} \right)$ avec r_0 le taux à l'instant $t=0$.

Le calibrage se fait en minimisant l'écart entre les prix du marché et les prix théoriques modélisés par la formule des prix de swaptions donnée par Hull & White afin de trouver les valeurs des paramètres du modèle.

Ainsi en notant PS^{mod} les prix des swaptions modélisés et PS^{mkt} les prix des swaptions observables sur le marché, il s'agit de minimiser la fonction suivante :

$$G(a, \sigma) = \sum_{1 \leq i \leq n_m, 1 \leq j \leq n_t} (PS^{mod}(M_i, T_j)(a, \sigma) - PS^{mkt}(M_i, T_j))^2$$

Le modèle log-normal avec volatilité par terme déterministe pour le risque action

Le modèle mis en place pour le risque action est une extension du modèle log-normal à volatilité constante et définit une volatilité locale déterministe dépendante du temps. Cela permet de reproduire la structure par termes de la volatilité implicite des options vanilles¹ sur action.

Ainsi sous la probabilité risque neutre, le processus régissant la dynamique du prix de l'action S_t est de la forme :

$$dS_t = r_t S_t dt + \sigma_t S_t dW_t, \quad S_0 = 100$$

Avec,

1. *Call et put*

2.2. PRÉSENTATION DE L'OUTIL GSE D'OPTIMIND

- r_t le taux court suivant le modèle de Hull & White détaillé précédemment.
- S_t le prix de l'action à la date t .
- σ_t une fonction déterministe du temps, de carré intégrable.
- W_t est un mouvement brownien standard par rapport à la probabilité risque neutre P^* .

La solution de la dynamique du prix de l'action [3] est donnée par :

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

En posant $\sigma^i(t, T) = \sqrt{\frac{1}{T-t} \int_t^T \sigma_s^2 ds}$, $0 < t < T$, on définit alors une structure par terme de la volatilité implicite.

Il est finalement possible d'écrire la solution de la dynamique sous la forme :

$$S_t = S_0 \exp \left(\int_0^t r_s ds - \frac{\sigma^i(0, t)^2}{2} t + \int_0^t \sigma_s dW_s \right)$$

Avec l'hypothèse de taux déterministe, $\sigma^i(t, T)$ est assimilable à la volatilité implicite d'une option vanille évaluée à la date t et de maturité T . Le calibrage correspond à la déduction des volatilités locales issues de la structure par terme des volatilités implicites de *call* pour un *strike* fixé.

En utilisant un pas de discrétisation $h > 0$, on émet l'hypothèse que la volatilité locale est constante par morceaux sur les intervalles $]t, t+h[$, $t \geq 0$ afin d'obtenir la formule discrétisée de manière exacte suivante :

$$S_{t+h} = S_t \frac{D(0, t)}{D(0, t+h)} \exp \left(-\frac{\sigma_{t+h}^2}{2} h + \sigma_{t+h} \sqrt{h} Z \right)$$

Où,

- $Z \sim \mathcal{N}(0, 1)$.
- $D(t, T) = e^{-\int_t^T r_s ds}$, $0 \leq t < T$.
- $h = 1$ le pas de temps annuel.

Le modèle de Black & Scholes à volatilité constante pour le risque immobilier

Le processus du prix de l'immobilier, suivant le modèle de Black & Scholes à volatilité constante, est de la forme :

$$dI_t = r_t I_t dt + \sigma I_t dW_t, \quad I_0 = 100$$

Avec,

- r_t le taux court suivant le modèle de Hull & White détaillé précédemment.
- I_t le prix de l'immobilier à la date t .
- σ une constante positive.

- W_t est un mouvement brownien standard par rapport à la probabilité risque neutre P^* .

La résolution de la dynamique conduit à la solution [3] à la discrétisation exacte suivante :

$$I_{t+h} = I_t \exp \left(\int_t^{t+h} r_s ds - \frac{\sigma^2}{2} h \right) + \sigma \sqrt{h} Z$$

Avec $h=1$ (pas annuel au vu des données historiques disponibles annuellement utilisées pour le calibrage) représentant le pas de discrétisation.

2.2.3 Le GSE risque réel

Dans ce mémoire l'étendu de l'historique pour le GSE monde réel sera de 13 ans (du 1^{er} janvier 2008 au 31 décembre 2020). Cet historique prend donc en compte la crise économique de 2008 ainsi que la crise engendrée par la covid-19.

Cet univers est principalement utilisé comme un outil de pilotage, il permet par exemple à une entreprise d'assurance de visualiser sa situation économique dans le temps.

Le modèle de Black & Scholes à volatilité constante pour les actions et l'immobilier

Le modèle choisi pour calibrer et projeter les cours des actions et de l'immobilier sera le modèle de Black & Scholes à volatilité constante. La dynamique d'un processus S_t s'écrit alors :

$$\frac{dS_t}{S_t} = \mu dt + \sigma dW_t$$

Avec,

- σ la volatilité constante.
- μ le rendement instantané.
- $S_0 = 100$ dans ce mémoire.

Cette dynamique satisfait

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

Sous P^* la probabilité risque neutre, le *drift* est égal au taux sans risque :

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

Avec,

- r_t le taux court suivant le modèle de Hull & White décrit précédemment.

2.3 Présentation de l'outil ALM d'Optimind

Notre étude ALM¹ est réalisée à partir d'un portefeuille de contrats d'épargne en Euros extrait d'un assureur vie français type. Ainsi, en échange d'une prime versée à la souscription du contrat, l'assureur garantit au bénéficiaire du contrat un taux de rémunération sur son épargne, en plus d'une participation aux bénéfices contractuelle si l'assureur réalise des bénéfices. Finalement le capital de l'épargne est restitué au bénéficiaire en cas de décès ou de rachat.

L'outil ALM faisant la simulation actif-passif évalue le *Best Estimate* de façon stochastique pour valoriser le coût des garanties et options des contrats. Elles sont dans notre cas modélisées par le TMG, la PB contractuelle ainsi que l'option de rachat.

Concernant l'outil, la projection est effectuée sur un horizon de 40 ans (paramètre du modèle). A la fin de cette projection, le capital accumulé est supposé racheté en totalité par les assurés et nous intégrons également le solde de la PPE, les plus-values obligataires et 85% de la réserve de capitalisation. De plus, l'évaluation du *Best Estimate* impose d'être dans un cadre de *run-off*, c'est-à-dire de gérer les sinistres survenus et potentiels de la compagnie ayant cessée de souscrire des polices dans une ou plusieurs branches.

2.3.1 Fonctionnement théorique du modèle

Le GSE fournit les tables de l'actif nécessaires au lancé de l'outil ALM en complétant par les tables représentant le passif type. Le modèle ALM va alors évaluer le bilan Solvabilité II en projetant l'actif et le passif du portefeuille inscrit en hypothèse. Cette projection se fait grâce à une boucle sur le nombre de simulations (1000 dans notre cas) ainsi qu'une sous boucle sur l'horizon fixé à 40 ans. Le principe de l'outil est représenté schématiquement ainsi :

1. ALM : Asset and Liability Management

2.3. PRÉSENTATION DE L'OUTIL ALM D'OPTIMIND



FIGURE 2.2: Principe du modèle ALM [3]

2.3.2 Modélisation de l'actif

L'actif est modélisé par les tables que fournit le GSE en *output*. Dans notre cas d'une assurance type française, l'actif est simplifié avec 4 classes différentes :

- Action
- Immobilier
- Obligation
- Cash

Une fois ces tables obtenues à l'aide du GSE, il faut renseigner quelques hypothèses supplémentaires pour l'outil ALM, à savoir pour chaque classe :

- Action et Immobilier :
 - Proportion en portefeuille
 - Taux de plus-value initiale¹
 - Taux de plus-value automatiques²
- Obligation :
 - Proportion en portefeuille

1. Taux de plus-value initiale : Taux par rapport au montant initial des actions représentant les plus-values déjà existantes en $t=0$.

2. Taux de plus-value automatique : En cours de projection lorsque la valeur de marché des actions est supérieure à la valeur comptable, ceci est le taux automatique de vente du montant des actions en portefeuille.

2.3. PRÉSENTATION DE L'OUTIL ALM D'OPTIMIND

- Caractéristiques : année d'achat, maturité résiduelle, coupon, fréquence, nominal et valeur comptable
- Cash :
- Proportion en portefeuille

L'actif du modèle se base sur 2 hypothèses définissant le cadre de l'étude :

- Les marchés financiers dans lesquels se trouvent nos actifs sont supposés parfaitement liquides et le coût de transaction des actifs est nul.
- L'allocation du fonds Euro est inchangée tout le long de l'étude durant les projections.

Modélisation des produits financiers

Les produits financiers sont calculés en fin d'année à l'aide de la formule suivante :

$$\begin{aligned} \text{Produits financiers} = & \text{Coupons} + \text{Amortissement} + \text{Intérêt sur cash} \\ & + \text{PV rebalancement} + \text{PV turnover} \end{aligned}$$

Où,

- Coupons : somme des coupons perçus au cours de l'année.
- Amortissement : amortissement comptable des obligations.
- Intérêt sur cash : revenu généré sur le cash.
- PV rebalancement : montant des plus ou moins-values réalisées suite au rebalancement des actifs action et immobilier.
- PV *turnover* : montant des plus ou moins-values réalisées suite à la politique de *turnover* en cas de plus-values latentes action et immobilier.

2.3.3 Modélisation du passif

La table de passif est structurée en *model point* et en comprend 50. Un *model point* correspond à un regroupement d'assurés de mêmes caractéristiques. De plus, ces 50 *model point* ont été construits à partir d'une base de données interne pour reproduire un assureur type du marché français.

Les provisions

Le modèle ALM comprend 3 types de provisions, la provision mathématique, la provision pour participation aux bénéficiaires et la réserve de capitalisation. Elles sont détaillées ci-dessous.

La provision mathématique, PM

Cette provision définie telle que dans le code des assurances [17] correspond à la "différence entre les valeurs actuelles des engagements respectivement pris par l'assureur et les assurés". Autrement dit, elle correspond au montant que l'assureur doit posséder en réserve pour pouvoir faire face aux engagements vis à vis de l'assuré. Pour les contrats euros, nous calculons la somme des primes versées revalorisées des intérêts perçus et ajoutés chaque année. Suite à cela, les prestations versées et les chargements sont retranchées de cette somme. La valeur obtenue correspond alors à la PM. Cette revalorisation des intérêts est fonction du TMG¹ du contrat et de la participation aux bénéfices.

La provision pour participation aux bénéfices, PPB

La participation aux bénéfices relève d'un calcul annuel contractuel, elle représente la somme des bénéfices que l'assureur est obligé de reverser à l'assuré. Dans notre cas, la participation aux bénéfices est attribuée de manière différée par le biais d'une mise en réserve. Conformément à la réglementation en vigueur, toutes les sommes affectées à cette provision doivent être restituées aux assurés sous un délai de 8 ans maximum.

La réserve de capitalisation, RC

La réserve de capitalisation est une réserve constituée par les plus-values obligatoires réalisées sur les cessions, et symétriquement, diminuée en cas de moins-value. Ainsi,

- Prix de vente > Valeur nette comptable = plus-value ajoutée à la réserve de capitalisation
- Prix de vente < Valeur nette comptable = moins-value retirée de la réserve de capitalisation

Les flux sortants issus des prestations

Notre modèle possède deux flux sortant, à savoir les décès et les rachats.

Les décès

La prestation en cas de décès pour un assuré vaut sa provision mathématique après revalorisation. Elle est immédiatement payée par l'assureur. Nous modélisons la mortalité à partir des tables de mortalité déterministe "TH 00-02" pour les hommes et "TF 00-02" pour les femmes.

Les rachats

Pour les rachats, l'outil ALM ne distingue pas les rachats partiels ou les rachats totaux. En revanche, il différencie les rachats dus à la conjoncture économique (rachats conjoncturels) des rachats résultant uniquement de raisons propres à l'assuré (rachats structurels).

1. TMG : Taux Minimum Garanti

Par définition les rachats sont structurels si l'analyse des rachats passés est utilisée pour modéliser le comportement moyen des assurés en fonction du sexe, de l'âge, de l'ancienneté de leur contrat, la catégorie socioprofessionnelle, la fiscalité etc.

Les taux de rachats structurels sont déterminés par les rachats observés dans un contexte économique considéré "standard" par les experts. Au vu de la fiscalité sur les contrats d'assurance vie, c'est-à-dire une fiscalité pénalisante sur les 8 premières années du contrat avec un taux d'imposition de 17,2% sur les plus-values réalisées puis ensuite le taux d'imposition diminue à 7,5% avec 4600€ de plus-values non taxées, le taux de rachat structurel croît logiquement en même temps que la durée de détention. Ces rachats sont inscrits dans une table en entrée du modèle ALM, à savoir qu'à partir de 9 années de conservation du contrat alors le taux de rachat structurel ne varie plus.

Par définition les rachats conjoncturels sont les rachats lorsque l'environnement économique change ou que la revalorisation de l'épargne ne correspond pas à l'attente de l'assuré.

Les taux de rachats conjoncturels sont modélisés suivant la satisfaction de l'assuré, c'est-à-dire les taux augmentent lorsque les assurés ne sont pas satisfaits du taux servi et procèdent aux rachats pour se diriger vers un autre contrat plus rémunérateur chez un concurrent. Les taux sont donc modélisés par une fonction dépendant de l'écart entre le taux servi et le taux représentatif du marché (aussi appelé taux attendu, dans notre cas il correspond au TME). La loi utilisée dans le modèle ALM correspond à la loi de rachat préconisée par l'ACPR :

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

Où,

- TS est le taux servi.
- TA est le taux attendu.
- α est le seuil en dessous duquel les rachats conjoncturels sont considérés constants et fixés à RC_{\max} . Au-delà de ce seuil, la différence entre le taux servi et le taux attendu ne justifie plus une hausse de rachats.
- β et γ sont les seuils d'indifférence respectivement à la baisse et à la hausse du taux servi. Entre ces 2 seuils, l'unique composante des rachats est structurelle.
- δ est le seuil au-dessus duquel les rachats conjoncturels diminuent les rachats structurels par un taux constant RC_{\min} . Au-delà de ce seuil, la différence entre le taux servi et le taux attendu ne justifie plus une baisse de rachats.

Dans notre cas, nous avons les valeurs suivantes :

- $RC_{\min} = -5\%$
- $RC_{\max} = 30\%$
- $\alpha = -5\%$

- $\beta = -1\%$
- $\gamma = 1\%$
- $\delta = 3\%$

Finalement le taux de rachat final est la somme des taux de rachats structurels et conjoncturels.

2.3.4 Les interactions actif-passif

Les garanties et options du contrat d'épargne, dont la modélisation est présentée ci-dessous, impliquent inexorablement des interactions actif-passif. En effet, la politique de participation aux bénéficiaires, l'évolution des actifs et donc la revalorisation des contrats ont un impact sur le passif via l'augmentation des provisions techniques et le comportement des rachats.

Le mécanisme de PB

Revalorisation cible : l'assureur se doit de proposer un taux de revalorisation de l'encours au minimum égal à celui de ses concurrents sinon il s'exposerait à des rachats conjoncturels. En effet, l'assuré est dans son droit de racheter quand bon lui semble son contrat pour une meilleure opportunité. C'est dans cet objectif d'éviter les rachats conjoncturels que le taux de revalorisation cible intervient. Dans notre cas, le taux cible correspond aux taux des concurrents, qui pour une bonne approximation vaut le TME dans notre modèle. Il est toutefois important de noter que cet objectif de taux cible ne veut pas obligatoirement dire revaloriser la provision mathématique des assurés de ce taux à chaque pas de projection. En effet, il existe différentes façons pour atteindre le taux cible dépendant des capacités financières de l'entreprise en grande partie représentées par les produits financiers et les richesses latentes. Dans le cas particulier d'un TMG supérieur au taux cible pour un assuré alors le taux servi peut être supérieur au taux cible.

Revalorisation garantie : elle correspond à la revalorisation due aux engagements contractuels de l'assureur envers l'assuré. Elle est calculée à l'aide de 2 paramètres en hypothèse de l'outil agissant sur les *model point*, à savoir le TMG et le taux de PB contractuel. Nous avons alors une revalorisation garantie *model point* par *model point* telle que :

$$\text{Revalorisation garantie} = \max(\text{PM avant prestation} \\ \times \text{TMG} ; \text{T} \times \text{PB contractuel} \times \text{Produits financiers})$$

Où,

- PM avant prestation : PM avant prestation du *model point*.
- TMG : Taux Minimum Garanti.
- Produits financiers : Produits financiers générés au cours de l'année par *model point*.
- Tx PB contractuel : Taux de PB contractuel.

2.3. PRÉSENTATION DE L'OUTIL ALM D'OPTIMIND

L'assureur a donc pour objectif de servir le taux cible de revalorisation défini. Pour cela, plusieurs solutions s'offrent à lui après la stratégie de la PB définie ci-après [3] :

- Produits financiers générés au cours de l'année.
- Utilisation de la PPB.
- Réalisation de plus-values sur les actions et l'immobilier approximées par un taux fixe défini en *input*.
- Réduction de la marge financière.

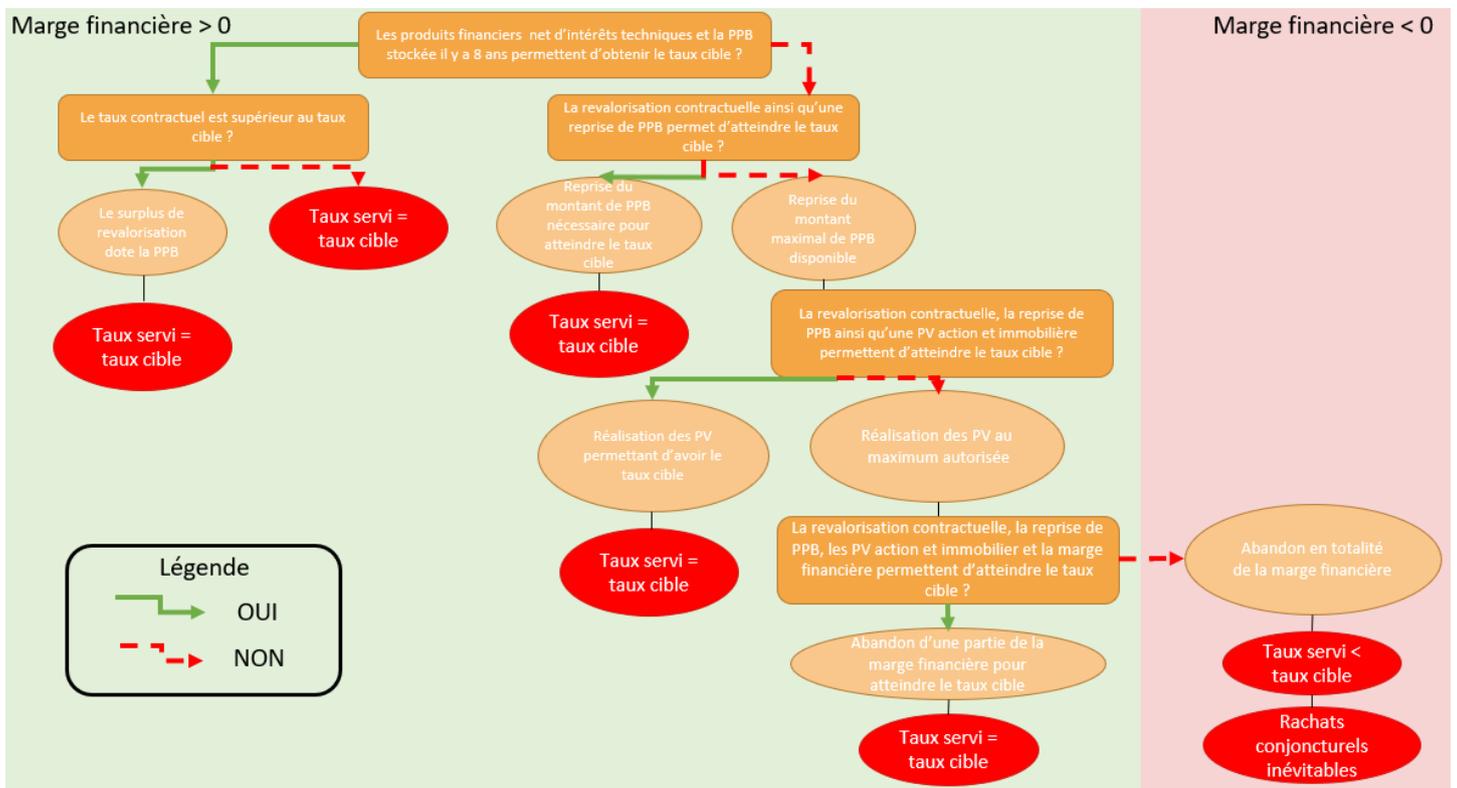


FIGURE 2.3: Stratégie de la PB

2.3.5 Le rebalancement des actifs

Les montants initiaux des classes actions et immobiliers sont des hypothèses du modèle et sont définis par un pourcentage du passif initial (composé de la PM, la PPB et la RC). Quant aux obligations, les montants sont renseignés en hypothèses également mais par *model point* caractérisé par la maturité résiduelle et le type d'obligation (gouvernementale ou entreprise).

Avant de s'intéresser au rebalancement qui agit en fin d'année, il est important de comprendre le système de vieillissement des actifs sur l'année.

Pré-requis pour le rebalancement : le vieillissement des actifs

Pour les actions et l'immobilier, en première année, la VNC¹ est un paramètre d'entrée du modèle. Nous calculons alors la VM² à l'aide de la VNC et du taux de plus-value initiale (18% pour les actions, 25% pour les LTEI et 10% pour l'immobilier) tel que $VM = VNC \times (1 + \text{taux de PV initiale})$. Pour les années suivantes, la VNC prend la valeur de la VNC de la fin d'année précédente et la VM suit les variations de l'indice action entre l'année précédente et l'année en cours. Puis, en cas de plus-values action alors 15% des actions (taux de plus-value automatiques en paramètre du modèle) sont vendues afin de doter les produits financiers, pour la poche LTEI ce taux est de 0% comme l'assureur se doit de les garder minimum 5 ans.

Pour les obligations, nous enregistrons des produits financiers avec les coupons de chaque obligation en stock ainsi que les amortissements après enregistrements des VM et VNC initiales. L'amortissement correspond à la différence entre le prix d'achat et le nominal (montant remboursé à maturité), de plus, il se fait de manière linéaire dans l'outil. Toutefois, les obligations en hypothèses et celles achetées durant la projection sont achetées au pair (i.e prix d'achat = nominal) donc pas d'amortissement dessus. Pour finir, le nominal des obligations arrivant à maturité est également compté en produit financier.

Et pour les obligations restant en stock leur valeur de marché est recalculée telle que :

$$VM_m(t) = \sum_{k=1}^m [C_m N_m P(t, k)] + N_m P(t, m)$$

Avec,

- $VM_m(t)$ est la valeur de marché à la date t de l'obligation de maturité résiduelle m .
- C_m est le taux de coupon de l'obligation de maturité résiduelle m .
- N_m est le nominal de l'obligation de maturité résiduelle m .
- $P(t, k)$ est le prix d'une obligation zéro coupon à la date t de maturité k .

Finalement, la VM des obligations avant rebalancement est la somme des VM pour toutes les maturités résiduelles et les types d'obligations, puis de même pour la VNC.

Le système de rebalancement

Pour les actions et l'immobilier, l'allocation initiale change durant l'année mais ayant comme stratégie dans l'outil ALM une allocation fixe, il faut nécessairement une étape dite de rebalancement afin de retrouver l'allocation cible du départ. Pour cela, l'actif (action et immobilier) à rebalancer est calculé en fonction des flux de l'année en cours (coupons, remboursement de nominal, prestations et ventes liées au *turnover*) et de la valeur de marché des actifs après le vieillissement. L'outil détermine alors la valeur cible (montant à investir ou désinvestir) pour les actifs permettant d'atteindre l'allocation cible et ainsi une opération d'achat/vente est effectuée pour atteindre l'allocation souhaitée.

1. VNC : Valeur Nette Comptable
2. VM : Valeur de Marché

Nous distinguerons dans la suite la classe action classique de la classe action LTEI. En effet, comme nous le verrons plus tard dans la partie sur l'impact ALM, lorsqu'une vente d'actions a lieu pour atteindre l'allocation cible alors les plus-values réalisées augmentent les produits financiers. Tandis que, les actions LTEI s'inscrivent dans une stratégie de *buy & hold*, c'est-à-dire une stratégie d'investissement passive dans laquelle les actions LTEI achetées sont gardées en portefeuille pour une longue période, quelles que soient les fluctuations du marché.

Pour les obligations, l'outil calcule la valeur cible permettant d'atteindre l'allocation cible par types d'obligations (gouvernementales ou entreprises). En cas d'achat, il se fait au pair et doit respecter une allocation par maturité donnée en hypothèse de l'outil. En cas de vente, les plus ou moins-values réalisées augmentent ou diminuent la réserve de capitalisation, contrairement aux actions et immobiliers qui eux financent les produits financiers.

2.4 Hypothèses sur les portefeuilles d'actifs et de passifs

Les portefeuilles d'actifs et de passifs ont été créés à partir de portefeuilles d'assureurs réels, et représentent un assureur français type, observable sur le marché au 31/12/2020. La base des portefeuilles, provient d'une étude faite par le groupe de travail de gestion actif-passif de l'institut des actuaires [2] et des données fournies par la FFA [13]. Puis nous l'avons mis en adéquation avec les données du marché assurantielle français à date du 31/12/2020.

2.4.1 Hypothèses de l'actif

Les classes d'actifs sont regroupés en *models point* et des hypothèses de départ sont appliquées au cash, à l'immobilier et aux actions. L'hypothèse forte est que ces trois classes sont chacune représentées par un seul *model point*. De plus, pour ces trois types d'actifs, l'outil doit recevoir en paramètre la proportion en pourcentage de l'actif par rapport à l'ensemble du portefeuille, le taux de plus-value initiale et le taux de plus-value latente (ce dernier concernant donc uniquement les actions non catégorisées LTEI). Pour les obligations, elles sont aussi regroupées en *model point* mais selon leurs types (gouvernementales ou entreprises) et leur maturité résiduelle.

De plus, pour chaque *model point*, l'outil doit avoir en paramètre d'entrée :

- Le type de l'obligation (gouvernementale ou entreprise).
- La maturité résiduelle.
- La valeur nette comptable.
- La valeur comptable.
- La valeur nominale.
- La valeur de marché.

2.4. HYPOTHÈSES SUR LES PORTEFEUILLES D'ACTIFS ET DE PASSIFS

Les obligations n'étant pas réelles, un spread de crédit est ajouté aux taux de coupons des obligations d'entreprises pour l'aspect plus risqué de cet investissement. Le spread est arbitrairement choisi fixe à 0,5%.

Les obligations ont pour caractéristiques :

Types d'obligations	Répartition en % de VNC	Duration	PMVL
Entreprise	50%	10,1	20,2%
Gouvernementale	50%	6,5	10,3%

TABLE 2.2: Caractéristiques des obligations

Initialement, les obligations d'entreprises ont une duration plus longue que les obligations d'états. Les *models points* des obligations gouvernementales ont pour maturité résiduelle maximale 20 ans contre 15 ans pour les obligations d'entreprises.

A l'état initial, voici la répartition des actifs :

Types d'actifs	VNC initiale en M€	Proportion	PMVL
Actions	135,2	13%	18%
Immobilier	63,4	6,1%	10%
Cash	42,6	4,1%	0%
Obligations	798,7	76,8%	15%

TABLE 2.3: Répartition des actifs

Nous voyons alors que l'actif est en grande partie (environ les trois quarts du portefeuille) investi en obligations. Ensuite, ce sont les actions en deuxième investissement puis l'immobilier et le cash. Ce portefeuille respecte en ordre de grandeur la composition des actifs d'un assureur français type mais les plus ou moins-values sont choisies arbitrairement à partir d'une compagnie d'assurance française.

Initialement les classes d'actifs sont en situation de plus ou moins-values latentes dans l'outil avec les obligations en plus-values latentes de 15% , les actions de 18%, l'immobilier de 10% et finalement les actions LTEI de 25% pour mettre en évidence le meilleur rendement qu'elles proposent par rapport aux actions classiques (point mis en évidence dans le chapitre 3).

2.4.2 Hypothèses du passif

Les contrats étudiés sont des contrats euros à prime unique. Tout comme le portefeuille d'actif, le portefeuille de passif est constitué de *models points*, plus exactement 50 *model point* contenant 500 polices d'assurances chacune, soit 25 000 polices au total.

2.4. HYPOTHÈSES SUR LES PORTEFEUILLES D'ACTIFS ET DE PASSIFS

Il faut renseigner à chaque *model point* les données suivantes :

- Le taux de participation aux bénéfices.
- L'ancienneté fiscale.
- Le taux chargement sur encours.
- Le taux de chargement sur prime.
- Le TMG net.
- L'âge.
- Le sexe.
- Le nombre de polices.
- Les primes et versements libres annuels.
- La provision mathématique d'ouverture.

Dans un souci de simplification avec la modélisation faite par l'outil, tous les *model point* sont de sexe masculin et le taux de chargement sur encours est de 0,6%. De plus, étant dans un cadre de Solvabilité II les contrats sont donc effectués en *run-off*, c'est-à-dire que le portefeuille ne reçoit pas de primes ou de versements libres.

Ci-dessous, les caractéristiques du portefeuille de passif :

Age moyen	PM d'ouverture moyenne	TMG net moyen	Taux de PB moyen	Ancienneté fiscale moyenne
56,6	1 000 000 000	0,08%	90,9%	4,8

TABLE 2.4: Caractéristiques du passif en moyenne sur les 50 *model point*

Avec la situation économique actuelle et les taux bas persistants, il est très compliqué pour les assureurs de trouver du rendement sur les marchés financiers avec leur profil de risque. Ainsi, le niveau des TMG peut être très pénalisant pour l'assureur. C'est pourquoi, une attention particulière a été apportée sur la reproduction fidèle de TMG afin de reproduire exactement les TMG nets de frais d'un grand assureur français. La composition des TMG étant :

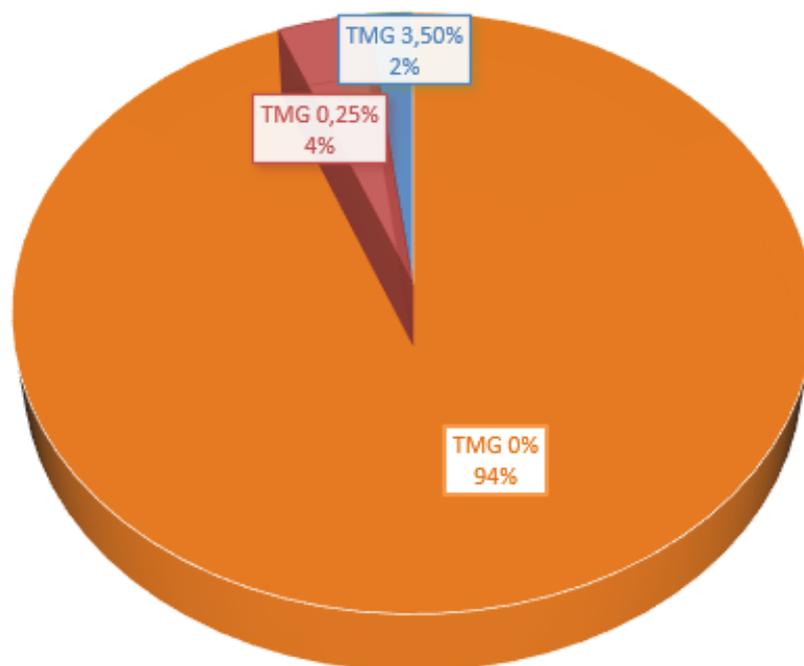


FIGURE 2.4: Répartition des TMG

Concernant les fonds propres comptables, ceux-ci ne sont pas modélisés par le modèle. Ainsi, une hypothèse sera posée dans la partie sur les impacts ALM pour le choix du montant des fonds propres.

Chapitre 3

Méthodologie pour la création d'un fonds LTEI

3.1 Pourquoi créer un fonds LTEI ?

Le régulateur français, l'ACPR, ainsi que le Trésor ont particulièrement insisté pour avoir une mesure favorisant l'investissement en action dans le but de financer l'économie réelle. L'EIOPA a alors introduit la classe LTEI pour répondre à leurs attentes et inciter les assureurs à jouer leur rôle dans le financement de l'économie ainsi que de pouvoir diversifier leurs actifs.

Mais dès lors, pourquoi un assureur souhaiterait investir dans une nouvelle classe d'actifs ?

Il s'avère que dans le contexte de taux bas actuel qui perdure depuis quelques années, les assureurs sont en recherche de rendement. En effet, les rendements obligataires (poche majoritaire dans les investissements des assurances) sont faibles dus aux taux d'intérêts et d'autant plus que la part de rendement acquise grâce aux augmentations de prix est très fortement ralentie avec les prix déjà particulièrement élevés. Ainsi, comme le précise *Russel Investments*², [18], dans ce contexte de taux bas, les gagnants sont les portefeuilles long terme prenant plus de risques à travers un poids plus élevé dans leurs actifs en actions contrairement aux perdants qui ont des portefeuilles à moins long terme avec une part plus élevée en obligations (typiquement une assurance). C'est pourquoi les assureurs ont intérêt à se diriger vers les actions pour leur quête de rendement.

L'assureur ayant compris que le rendement se trouve dans les actions, il lui reste encore à résoudre le problème de comment investir dedans car cela peut lui coûter cher en capital dans le cas de la formule standard avec des chocs à 39% ou 49%. C'est donc à ce moment qu'intervient la proposition de l'EIOPA avec la mesure des LTEI permettant d'alléger la charge en capital à 22% sous réserve de certaines conditions réglementaires. Cette mesure soulève donc trois grandes problématiques :

- La première : comment une assurance peut se constituer simplement un fonds LTEI ?
- La seconde : quel est l'impact de cette nouvelle classe d'actifs sur la santé d'une assurance ?

2. *Asset manager* américain spécialisé entre autres dans la gestion d'actifs pour institutionnels

3.2. LES RATIOS DE VALORISATION

- La troisième : quelles sont les contraintes réglementaires à respecter sur ce fonds ? et comment cet aspect réglementaire peut changer la façon des assurances d'investir ?

Nous allons dans ce chapitre répondre à la première problématique, à savoir, une fois le choix fait d'investir en action LTEI pour obtenir du rendement, comment concrètement sélectionner ses actions pour constituer son fonds LTEI.

Il s'agit ici de présenter et d'expliquer la méthode avec laquelle nous avons pu constituer le fonds LTEI qui sera étudié dans la suite de ce mémoire. Il n'y a bien sûr pas une seule méthode d'investissement possible mais en voici une respectant les critères d'investissements d'une assurance et qui a fait ses preuves au vu des résultats obtenus dans le chapitre suivant.

La méthode utilisée pour constituer ce fonds repose sur l'analyse fondamentale et financière, c'est-à-dire sur des ratios financiers et valeurs comptables que nous allons expliquer ci-dessous. Mais avant tout, pour que l'analyse soit efficace il faut garder en tête trois règles de base :

- Ne jamais juger une entreprise sur un seul ratio.
- Toujours effectuer des comparaisons de ratio au sein d'un même domaine d'activité.
- Toujours garder en tête l'aspect qualitatif : part de marché, image de la marque, effet de mode ou durabilité dans le temps, management de l'entreprise etc.

Il existe 3 grands types de ratios dans l'analyse fondamentale : Les ratios de valorisation, les ratios de rentabilité et les ratios de solvabilité [19].

3.2 Les ratios de valorisation

Les ratios de valorisation ont pour objectif de comparer la valeur d'une entreprise par rapport à son prix. Il faut donc savoir distinguer valeur et prix d'une entreprise :

- Valeur : la valeur d'une entreprise est son prix intrinsèque, elle se calcule telle que la valeur de l'entreprise soit égale à ses capitaux propres plus ses autres bénéfices (par exemple possession de terrains, brevets, réserve d'argents, machines industrielles etc.).
- Prix : le prix d'une entreprise correspond à sa capitalisation boursière, il se calcule donc en multipliant le nombre d'actions par le prix de l'action.

D'une façon plus imagée, comme l'a dit Warren BUFFET¹ "Le prix est ce que vous payez. La valeur est ce que vous obtenez". Nous voyons donc ici immédiatement le but recherché dans l'analyse fondamentale, à savoir, trouver les actions sous-évaluées afin de les acheter moins chères que ce qu'elles valent réellement puis les détenir jusqu'à ce que le marché se rende compte de la sous-évaluation et que par la loi de l'offre et la demande le cours de

1. Célèbre investisseur américain

l'action remonte pour retrouver sa juste valeur. De plus, comme l'évoque le gestionnaire d'actifs *Russell Investments*, [21], la reprise économique suivant la vaccination contre la covid-19 devrait être préférable aux actions sous-évaluées contrairement aux titres technologiques et de croissance coûteux.

3.2.1 Le *Price Earning Ratio*

Le premier ratio de valorisation est le PER, *Price Earning Ratio*, qui correspond au rapport entre la valeur en bourse d'une entreprise et ses profits, concrètement :

$$PER = \frac{\text{Prix de l'action}}{BNA}$$

Avec BNA : Bénéfice Net par Action tel que :

$$BNA = \frac{\text{Recette Nette}}{\text{Quantité d'actions}}$$

Où le résultat net correspond à la somme des résultats d'exploitation, financiers et exceptionnels moins l'impôt sur les sociétés.

Le PER représente le temps théorique nécessaire pour se faire rembourser son investissement (l'argent investi initialement). Nous pouvons aussi utiliser le PER en calculant son inverse qui représente lui une estimation théorique de taux de retour sur l'investissement. C'est-à-dire, que pour un PER de 10 le marché estime que l'entreprise vaut en bourse 10 fois son bénéfice annuel et donc théoriquement un actionnaire peut se rembourser en 10 ans sous condition que l'entreprise reverse tous ses bénéfices et qu'ils soient en moyenne égaux aux bénéfices existant lors du calcul du PER. L'entreprise aura un taux de rendement implicite alors égale à $\frac{1}{10}=10\%$. Nous pouvons donc aussi l'interpréter comme étant le prix accepté par le marché pour 1 euro de bénéfice généré.

Les valeurs du PER se distinguent en quatre groupes :

- $0 < PER < 8$: action sous-évaluée (le marché s'attend à une baisse des bénéfices dans le futur).
- $8 \leq PER < 18$: acceptable, le prix semble juste.
- $18 \leq PER < 25$: action surévaluée mais potentiellement acceptable (à voir avec les autres ratios et valeur comptable).
- $25 \leq PER$: action trop surévaluée, il faudrait analyser le secteur de l'entreprise plus précisément.

Dans notre cas, nous chercherons donc des PER acceptables ou jugeant l'entreprise sous-évaluée en faisant attention aux autres ratios afin de pouvoir justifier la sous-évaluation. Il faut faire attention aux limites du PER, à savoir que le PER ne tient pas compte de la trésorerie ni de l'endettement et qu'il se base sur le résultat net pouvant être biaisé par un jeu comptable avec des résultats exceptionnels et/ou des dotations aux amortissements et provisions. Nous pouvons évidemment calculer le PER en prenant le résultat net moins le résultat exceptionnel afin de limiter un premier biais éventuel [25].

3.2.2 Le *Price to Book Ratio*

Le second ratio de valorisation est le *Price to Book Ratio* ou Prix sur Actif Net, P/AN, qui est égal au rapport entre la capitalisation et l'actif net, soit :

$$P/AN = \frac{\text{Capitalisation}}{\text{Actif Net}}$$

Avec,

- Actif Net = valeur comptable de l'actif - dette
- Capitalisation = Prix de l'action × Quantité d'actions

Nous distinguons trois types de valeur du P/AN :

- $P/AN < 1$: l'entreprise semble sous-évaluée
- $1 \leq P/AN < 2$: l'entreprise est à sa juste valeur en théorie
- $2 \leq P/AN$: l'entreprise est surévaluée

Ainsi, ce ratio permet de comparer la valeur de marché de l'entreprise à sa valeur comptable. De plus, certains gérants actions considèrent qu'un écart important entre le P/AN et l'indicateur de rentabilité ROCE¹, *Return On Capital Employed*, est le signal d'une opportunité d'achat. Nous avons donc, inversement, que les entreprises surévaluées ont un ROCE faible pour un P/NA élevé. Ainsi, la combinaison d'un PER faible (typiquement entre 5 et 15) et un P/AN faible correspond à une opportunité d'investissement dans une entreprise correspondant à notre profil, c'est-à-dire une entreprise offrant un potentiel de croissance supérieur à la moyenne de son secteur mais pas surévaluée.

3.3 Les ratios de rentabilité

Les ratios de rentabilité ont pour objectif de rendre compte de la manière dont l'entreprise réussit à être rentable suivant différents biais.

3.3.1 Le retour sur capitaux propres

Le ratio de retour sur capitaux propres, utilisé sous son nom anglais *Return On Equity*, ROE, mesure la capacité (en %) de l'entreprise qui réussit à créer de la richesse à partir de ses propres moyens (ses capitaux propres), c'est-à-dire qu'il calcule la rentabilité des fonds propres. Il est le ratio phare de l'analyse fondamentale. Nous avons donc :

$$ROE = \frac{\text{Résultat Net}}{\text{Capitaux Propres}}$$

Nous chercherons un ROE supérieur à 7% (consensus du marché pour une entreprise de risque faible/moyen) et si possible croissant dans le temps ou à défaut à minima constant

1. Le ratio ROCE est un ratio financier qui mesure la rentabilité des investissements effectués par une entreprise

3.3. LES RATIOS DE RENTABILITÉ

sauf cas exceptionnel. La principale limite de ce ratio est que l'endettement le fait croître ainsi il est important de toujours vérifier le potentiel endettement excessif de l'entreprise que nous analysons sans oublier les trois règles de bases.

3.3.2 Le retour sur actifs

Le ratio de retour sur actifs (*Return On Assets*), ROA, mesure la capacité de rendement de l'actif de l'entreprise quelles que soient les sources de financement et de fiscalité du pays dans lequel elle opère. Il correspond donc au taux de rendement de l'actif investi. Il se calcule alors de la façon suivante :

$$ROA = \frac{\text{Résultat Net}}{\text{Actif Net}}$$

Où, l'actif net correspond à l'ensemble des ressources disponibles de l'entreprise soustrait des dettes qui lui reste à rembourser.

Pour ce ratio nous chercherons des entreprises dont le ROA est supérieur à 5% pour avoir un signe de bonne profitabilité. En combinant avec le ROE, nous avons alors deux ratios dont un prend en compte l'endettement (ROE) et l'autre non (ROA). En analysant une entreprise à l'aide de ces deux ratios, nous pouvons observer le cas où les deux ratios sont élevés sur une longue période qui signifierait un bon investissement ou au contraire un ROE élevé avec un ROA faible qui là serait synonyme de bénéfices générés par un niveau d'endettement élevé par rapport à une rentabilité des actifs trop faible, ce cas correspond donc à un mauvais investissement.

3.3.3 La marge d'exploitation

La marge d'exploitation permet de mesurer la marge réalisée sur les revenus de l'entreprise en prenant seulement en compte l'activité propre de l'entreprise, donc uniquement en regardant les revenus d'exploitation. Ainsi, en ne prenant pas en compte les résultats financiers et exceptionnels, cette marge permet de vérifier si l'activité de l'entreprise est bien rentable et non que l'entreprise repose sur des revenus exceptionnels ou financiers. La marge d'exploitation est définie par :

$$\text{Marge d'exploitation} = \frac{EBIT}{CA}$$

Avec,

- EBIT (*Earnings Before Interests and Taxes*) : Résultat d'exploitation
- CA : Chiffre d'affaire

Cette marge permet d'avoir un indice de viabilité, c'est-à-dire qu'il permet de juger les capacités d'une entreprise à réussir sur le long terme. En effet, une marge opérationnelle faible pour une entreprise signifiera que ses ventes ne sont pas suffisamment rentables et donc la viabilité de l'entreprise sur le long terme est remise en cause. Ainsi, nous chercherons une marge d'exploitation supérieure à 8% afin de s'assurer que la marge nette soit convenable.

3.3.4 La marge nette

Si la marge d'exploitation permet d'observer la rentabilité d'une entreprise par rapport à ses revenus d'exploitation, la marge nette mesure quant à elle la rentabilité finale d'une entreprise vis à vis de son chiffre d'affaire. C'est donc le bénéfice que dégage le chiffre d'affaire après déduction des frais d'exploitation, des frais d'intérêts et des impôts. La marge nette se calcule donc avec la formule suivante :

$$\text{Marge nette} = \frac{\text{Résultat Net}}{CA}$$

Une marge nette élevée par rapport au secteur de l'entreprise, signifiera que l'entreprise gère mieux ses dépenses que ses concurrents et la rendra plus rentable qu'eux. Au vu des valeurs de la marge d'exploitation que nous attendons, nous chercherons une marge nette supérieure à 4% pour avoir une entreprise suffisamment solide pour résister en temps de crise, étant donné que nous réfléchissons sur le long terme.

3.3.5 La croissance du Bénéfice Net par Actions (BNA)

Le Bénéfice Net par Action, BNA, permet de rapporter le résultat net d'une entreprise par rapport à son nombre d'action. Nous avons ainsi :

$$BNA = \frac{\text{Résultat Net}}{\text{Nombre d'actions}}$$

Ainsi la croissance du BNA permet d'analyser l'évolution d'une entreprise d'une année sur l'autre. En effet, toutes entreprises à besoin d'augmenter ses ventes ou ses marges pour générer plus d'argent. Nous analyserons donc la croissance du BNA des entreprises issues d'un même secteur et sur une période d'au moins 5 ans, le but étant d'avoir la meilleure évolution possible par rapport au secteur, il n'y donc pas de valeur minimale à respecter tant qu'une croissance est bien présente.

3.3.6 Le rendement net d'une action

Le rendement net d'une action indique le pourcentage de dividende versé aux actionnaires par rapport au prix actuel de l'action, ainsi nous avons :

$$\text{Rendement} = \frac{\text{Dividende Versé}}{\text{Prix de l'action}}$$

Il ne faut jamais choisir une entreprise pour uniquement le rendement mais toujours le combiner avec les autres ratios même si nous ne cherchons que des dividendes. Une fois que la sélection d'entreprises à été faite, nous pouvons regarder les rendements pour le choix final des entreprises que nous souhaitons garder, nous chercherons donc l'entreprise avec le meilleur historique de rendement.

3.4 Les ratios de solvabilité

Les ratios de solvabilité ont pour objectif de mesurer la santé financière de l'entreprise, ils estiment la capacité de remboursement à terme.

3.4.1 Le ratio dette nette sur capitaux propres

Le ratio de dette nette sur capitaux propres indique le montant de la dette qu'une entreprise utilise pour financer ses actifs par rapport aux capitaux propres. Il se calcule donc de la façon suivante :

$$Dette/CP = \frac{Dette\ Nette}{CP}$$

Avec CP les capitaux propres et les dettes nettes étant la dette totale moins les réserves.

Le marché estime qu'un ratio Dette/CP inférieur à 0,5 est synonyme d'une forte santé financière car l'entreprise est peu endettée et dispose donc d'une marge de manœuvre supplémentaire en cas de besoin. Si le ratio est compris entre 0,5 et 0,66 alors cela montre une forte dépendance de l'entreprise aux investisseurs extérieurs pour son financement puis au-delà de 0,66 l'entreprise est dans une zone critique. Même si aujourd'hui avec le contexte des taux bas, un ratio élevé peut signifier que l'entreprise a profité des taux bas pour s'endetter à faible coût et ainsi éviter de puiser dans ses disponibilités. Il faut donc être vigilant à l'analyse en cas de ratio élevé afin de savoir la raison de l'endettement.

3.4.2 Le ratio dette nette sur EBE

Le ratio dette nette sur EBE mesure la capacité de l'entreprise à rembourser sa dette à l'aide de son excédent brut d'exploitation (EBE). Ainsi, ce ratio montre le nombre d'années nécessaires théorique pour que l'entreprise puisse rembourser ses dettes financières grâce à son EBE. Le calcul de ce ratio est le suivant :

$$Dette/EBE = \frac{Dette\ Nette}{EBE}$$

Avec EBE, l'Excédent Brut d'Exploitation.

Lorsqu'une entreprise évaluée a une rentabilité élevée il faut analyser son endettement par rapport à son EBE (entreprise avec un ROE élevé par exemple). Les entreprises représentant un bon investissement ont des ratios Dette/EBE inférieurs à 2,5 pour qualifier une forte santé financière.

Pour finir, outre ces 3 types de ratios, il peut être intéressant de regarder les valeurs des ratios Capitalisation/EBIT, Capitalisation/Actifs et Capitalisation/Trésorerie. En effet, ils correspondent à des ratios sur la valorisation de l'entreprise donc comme pour tout bon investissement il est souhaitable de ne pas surpayer l'entreprise pour avoir un bon

investissement, il faut donc avoir ces ratios les plus faibles possible. Typiquement, l'investisseur peut rechercher un ratio Capitalisation/EBIT entre 6 et 15, Capitalisation/Actifs entre 0,8 et 5 puis pour Capitalisation/Trésorerie le plus faible possible est le mieux.

3.5 Sélection des actions et création du portefeuille

Maintenant que les différents ratios ont été présentés, regardons concrètement comment se servir de ces ratios afin d'aboutir à des choix d'actions pour investir. Dans le cadre du *risk appetite* d'une assurance recherchant du rendement en contexte de taux bas à travers les actions, il est nécessaire de rechercher des entreprises en croissance, afin de ne pas les surpayer, et qui montre un bon équilibre entre stabilité et gains financiers. En effet, même si l'entreprise n'a pas un rendement excellent aujourd'hui, l'investissement étant sur le long terme, l'assureur mise sur l'avenir, il faut rechercher les entreprises qui performeront dans le futur.

Il est donc question de trouver des entreprises respectant les critères suivants :

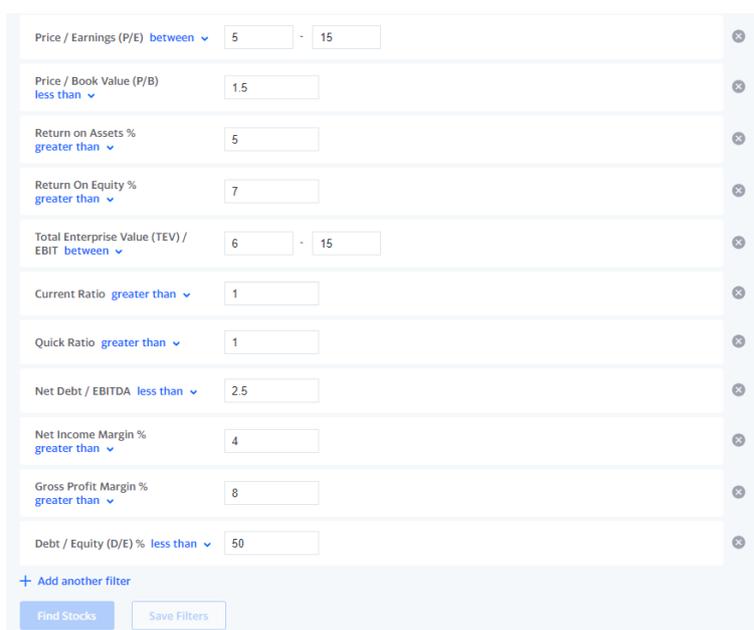
- Un PER compris entre 6 et 12, afin d'avoir une entreprise à la limite entre sous-évaluée (attention à ce que la sous-évaluation ne provienne pas d'une défaillance future, il faut bien vérifier les autres indicateurs) et le juste prix : nous nous assurons de ne pas surpayer notre investissement.
- Un ROE supérieur à 7% avec une croissance sur les 5 dernières années (cela est normalement simple à trouver pour une entreprise suffisamment mature).
- Un ROA supérieur à 5% avec également une croissance sur les 5 dernières années (tout comme le ROE, cela est simple à trouver pour une entreprise suffisamment mature).
- Vérifier que le ROA et ROE aient un niveau élevé et non un ROE élevé pour un ROA faible afin d'éviter les bénéfices générés grâce à un endettement trop important.
- Une marge opérationnelle supérieure à 8% pour s'assurer de la rentabilité de l'entreprise et confirmer l'efficacité de son *Business Plan*.
- Une marge nette supérieure à 4% afin de s'assurer que l'entreprise tienne le choc en cas de crise.
- Sachant que la stratégie est de miser sur les entreprises qui performeront mieux dans le futur grâce à leur croissance, il faut s'assurer de la hausse du BNA sur un historique de 5 ans, cela confirmera le bon développement et la hausse des ventes de l'entreprise.
- Une fois tous ces critères confirmés nous avons alors une entreprise rentable et avec une bonne croissance et de bonnes prévisions futures, il reste à savoir le niveau de solvabilité de ces entreprises pour cela nous allons regarder le ratio Dette/CP.
- Un ratio Dette/CP inférieur à 0,5 (50%) pour s'assurer que l'entreprise ne soit pas surendettée.

L'étude du portefeuille LTEI regroupe 20 entreprises respectant les critères du *risk appetite* d'un assureur. Ayant expliqué la méthodologie suivie et fourni une multitude de ratios

3.5. SÉLECTION DES ACTIONS ET CRÉATION DU PORTEFEUILLE

pouvant être combinés pour apporter des variations à la méthode proposée, l'illustration de la méthode sur les 20 entreprises étant trop longue et répétitive, nous détaillerons ici qu'une seule entreprise. En effet, les 19 autres suivant le même processus, cela n'apportera pas de plus-value de les détailler, le principal étant de comprendre l'idée et la stratégie de sélection pour pouvoir établir sa propre méthode respectant le *risk appetite* voulu.

Pour intégrer tous ces critères dans une recherche rapide afin de sélectionner des entreprises respectant les conditions voulues, nous utilisons le *stock screener* du site yahoo finance. Il a le mérite d'être simple d'utilisation et en libre accès, puis une fois une liste d'entreprises respectant les critères établis, l'investisseur est libre de rechercher les informations comptables et financières qu'il souhaite sur d'autres sites spécialisés pour par exemple avoir accès aux historiques des bilans comptables. Un *stock screener* est un outil d'aide à la décision pour sélectionner des actions suivant des critères financiers et comptables. L'objectif de ce mémoire n'étant pas d'expliquer un outil en libre accès sur internet, nous ne détaillerons pas plus le thème des *stock screener* mais nous invitons tous lecteurs intéressés à se renseigner dessus, la littérature à ce sujet est bien fournie. Ci-dessous un exemple, avec quelques critères aléatoires du *stock screener* utilisé, l'image sert uniquement pour montrer l'apparence de l'interface utilisée.



The image shows a screenshot of a stock screener interface with the following filters:

- Price / Earnings (P/E) *between* 5 - 15
- Price / Book Value (P/B) *less than* 1.5
- Return on Assets % *greater than* 5
- Return On Equity % *greater than* 7
- Total Enterprise Value (TEV) / EBIT *between* 6 - 15
- Current Ratio *greater than* 1
- Quick Ratio *greater than* 1
- Net Debt / EBITDA *less than* 2.5
- Net Income Margin % *greater than* 4
- Gross Profit Margin % *greater than* 8
- Debt / Equity (D/E) % *less than* 50

At the bottom, there is a '+ Add another filter' link, a 'Find Stocks' button, and a 'Save Filters' button.

FIGURE 3.1: Exemple de l'outil utilisé pour la sélection des actions

Une fois les critères intégrés, le *stock screener* ressort toutes les entreprises les respectant. Les critères spécifiés ci-dessus permettent donc d'obtenir une certaine quantité d'entreprises représentant un potentiel investissement pour notre assureur. Parmi les entreprises disponibles avec nos choix de sélections, il y a l'entreprise Buzzi Unicem qui ressort. Voyons maintenant pourquoi, nous avons décidé de retenir cette entreprise dans notre liste des 20.

3.5.1 Sélection des actions : cas particulier de l'analyse de Buzzi Unicem

Avant même de regarder l'aspect analyse comptable et financière de l'entreprise pour juger de sa qualité en tant qu'investissement, regardons d'abord ce que fait concrètement l'entreprise. En effet, le maître mot en investissement comme en actuariat c'est la diversification, donc sur un panel de 20 sociétés il faut s'assurer de sélectionner des candidats dans des domaines et secteurs différents et non 20 entreprises dans le même domaine et réagissant de façon similaire à la situation économique.

L'entreprise Buzzi Unicem est une société italienne opérant dans le domaine du BTP¹, plus précisément sur les matériaux de construction avec une spécialité pour le ciment et ses dérivés. Elle est cotée à la bourse italienne et fait partie du MIB 30 (équivalent italien du CAC40).

Le fait que la société Buzzi Unicem fasse du ciment son fonds de commerce est une bonne chose pour un investisseur. Non que le ciment est un bon investissement mais plutôt le fait que les matériaux de construction et plus particulièrement le ciment n'est pas un domaine complexe à comprendre, à première vue tout le monde connaît le ciment et son utilisation au quotidien. Là est le premier point important à comprendre, en dehors des ratios financiers et des chiffres, un investisseur se doit de comprendre le domaine et l'activité dans lequel il investit. L'honnêteté intellectuelle conviendra qu'il est plus simple de comprendre l'utilisation et l'intérêt du ciment dans la société actuelle par rapport à, par exemple, une entreprise de technologie pointue sur la nanoscience, qui pour une personne ne s'intéressant pas au domaine paraîtra totalement abstrait. En effet, la compréhension de l'entreprise est primordiale pour savoir comment elle réagira en fonction de la conjoncture économique mais aussi pour la compréhension de son bilan comptable et financier. En gardant l'exemple précédent, il est plus simple de comprendre qu'une entreprise comme Unicem s'endette pour acheter de la matière première nécessaire à la création du ciment et qu'un projet de BTP peut durer longtemps dans le temps avec des cycles réguliers, là où une entreprise de nanoscience peut s'endetter pour avoir des nouvelles machines plus performantes dans le but de faire une avancée scientifique dont personne ne sait le temps que cela peut mettre et même si l'entreprise y arrivera un jour. Puis en cas de période difficile pour l'entreprise et d'un changement de direction ou d'un remaniement, il est plus simple de trouver une équipe capable de gérer une entreprise dans un domaine bien connu du public plutôt qu'une entreprise de niche avec très peu de personne ayant les compétences dans le domaine.

Ainsi le lecteur avisé retiendra que la méthode de sélection ne fait pas tout, il faut comprendre dans quel cadre s'inscrit l'entreprise et s'assurer de le comprendre.

Maintenant que le domaine d'activité de l'entreprise est connu, regardons les aspects comptables et financiers pour juger de sa qualité d'investissement. En suivant l'ordre des critères expliqués précédemment nous aurons alors :

- Un PER égale à 8,23, ce qui fait de Buzzi Unicem une entreprise à la limite entre la sous-évaluation et le juste prix. De plus, la projection du PER sur 3 ans est comprise

1. BTP : Bâtiment et Travaux Publics

3.5. SÉLECTION DES ACTIONS ET CRÉATION DU PORTEFEUILLE

entre 8,5 et 10, ce qui est tout à fait correct et cohérent avec la suite des ratios.

- Le ROE est égale à 15,6%, l'entreprise réussit bien à créer de la richesse avec ses propres moyens. L'historique sur 5 ans du ROE est en constante évolution, 5,3% en 2016 puis 12,2% en 2018 pour atteindre aujourd'hui les 15,6%, Buzzi Unicem est une société mature en progression.
- Buzzi Unicem a un ROA de 5,1%, ce qui semble juste au vu des critères évoqués précédemment. Mais sachant que l'entreprise est spécialisée dans le ciment il est normal de ne pas avoir une grosse rentabilité sur les actifs, d'autant plus qu'elle fait mieux que son marché qui possède un ROA moyen d'environ 3-4%.
- Il s'agit d'une société avec un ROE élevé et un ROA également élevé par rapport à son secteur, cela semble pour le moment un bon investissement, d'autant plus qu'avec un PER convenable l'investissement ne sera pas surpayé.
- La marge opérationnelle est égale à 17,4%, l'entreprise réussit à avoir une bonne rentabilité vis à vis de son chiffre d'affaire, d'autant plus que la marge nette du secteur du BTP est de l'ordre de quelques pourcents, donc Unicem fait mieux que son marché. L'historique sur 5 ans de la marge opérationnelle est en constante évolution, 5,5% en 2016 puis 13,3% en 2018 pour atteindre aujourd'hui les 17,4%, Buzzi Unicem est une société mature en progression contrairement à ses concurrents dont la marge nette est constante sur 5 ans.
- La marge nette est égale à 16,3%, l'entreprise réussit à avoir une bonne rentabilité vis à vis de son chiffre d'affaire, d'autant plus que la marge nette du secteur du BTP est de l'ordre de quelques pourcents, donc Unicem fait mieux que son marché. L'historique sur 5 ans de la marge nette est en légère progression, 13% en 2016 puis 12,2% en 2018 (due à une diminution sur l'année 2017) pour atteindre aujourd'hui les 16,3%, Buzzi Unicem est une société mature en progression contrairement à ses concurrents dont la marge nette est constante sur 5 ans.
- L'entreprise a une croissance de son BNA : BNA égale à 0,7 en 2016 puis 1,86 en 2018 pour atteindre aujourd'hui les 2,72, Buzzi Unicem a presque quadruplé son BNA en 5 ans, ce qui est une très bonne performance.
- L'étude en conclut donc que Buzzi Unicem est une entreprise rentable avec une bonne croissance et de bonnes prévisions pour le futur dans le cadre du *risk appetite* défini pour l'assurance. Pour confirmer l'investissement dans cette entreprise, il faut maintenant vérifier le ratio Dette/CP.
- Le ratio Dette/CP est de 2,77% en 2020 ce qui correspond à un niveau très faible d'endettement. De plus, l'investisseur vigilant remarquera une très bonne gestion de la dette par Buzzi Unicem. En effet, le ratio Dette/CP vaut 29,76% en 2016 puis diminue légèrement à 26,22% pour ensuite chuter à 2,77% aujourd'hui.

Pour conclure, l'entreprise Buzzi Unicem correspond à nos critères d'investissements établis selon le *risk appetite* d'une assurance type. Nous allons donc l'inclure dans notre portefeuille LTEI. Pour finir de compléter ce portefeuille nous avons réitéré ce processus de sélection sur 19 autres entreprises afin d'obtenir un portefeuille LTEI composé de 20 actions. Cette quantité d'actions permet une bonne diversification. En effet, le portefeuille est assez diversifié pour diminuer le risque global par rapport à chaque risque individuel

3.5. SÉLECTION DES ACTIONS ET CRÉATION DU PORTEFEUILLE

des titres mais pas trop diversifié pour ne pas être pénalisé sur les coûts de transactions, par le lissage des gains (s'il y a un trop grand nombre d'actions, il y aura toujours des perdantes qui viendront pénaliser les gagnantes) et pouvoir gérer ses objectifs à long terme.

Après avoir reconduit cette stratégie d'investissement, nous aboutissons donc au portefeuille LTEI composé des 20 actions suivantes :

- Unibail-Rodamco-Westfield (ticker¹ : URW.AS) : secteur banque/assurance (investissement en immobilier)
- Buzzi Unicem (ticker : BZU.MI) : secteur du BTP (matériaux et plus particulièrement le ciment)
- Sofina (ticker : SOF.BR) : secteur banque assurance (investissement dans les sociétés)
- Adidas (ticker : ADS.F) : secteur du textile (équipement sportif)
- Linde (ticker : LIN.F) : secteur de la chimie/parachimie (gaz industriels)
- Thales (ticker : HO.PA) : secteur de l'électronique (spécialiste dans l'aérospatial, la défense, la sécurité et le transport terrestre)
- Solvay (ticker : SOLB.BR) : secteur de la chimie/parachimie (produits chimiques)
- Nexans (ticker : NEX.PA) : secteur de la logistique (ligne de transmission par câble)
- Vestas Wind Systems (ticker : VWSB.F) : secteur de l'énergie (fabricant d'éolienne)
- Verbund (ticker : VER.VI) : secteur de l'électricité (producteur et distributeur d'électricité)
- Air Liquide (ticker : AI.PA) : secteur de l'industrie (gaz pour l'industrie, la santé, l'environnement et la recherche)
- Renault (ticker : RNO.PA) : secteur de l'automobile (constructeur automobile)
- Rexel (ticker : RXL) : secteur de l'électricité (distributeur de matériel électrique)
- Orange (ticker : ORA) : secteur de la télécommunication (opérateur)
- Getlink (ticker : GET.PA) : secteur de l'infrastructure (spécialiste des infrastructures de mobilité)
- SAP (ticker : SAP.F) : secteur de l'informatique (éditeur de progiciel)
- Allianz (ticker : ALV.DE) : secteur banque/assurance (assurance)
- Sanofi (ticker : SAN.PA) : secteur de la chimie/parachimie (vaccins et pharmacie)
- L'Oréal (ticker : OR.PA) : secteur de la cosmétique (cosmétique générale)
- LVMH - Moët Hennessy Louis Vuitton (ticker : MC.PA) : secteur du luxe (luxe général)

Maintenant que nous avons sélectionné les titres composant notre portefeuille LTEI, il reste à savoir comment les traiter pour créer effectivement le portefeuille. C'est que ce nous allons regarder maintenant.

1. Le ticker est un code unique qui permet d'identifier un titre financier

3.5.2 Création du portefeuille avec les actions sélectionnées

Avant de pouvoir traiter les actions afin d'en constituer un portefeuille optimal pour une assurance, il faut récupérer les données historiques de chaque action. Pour cela nous utilisons le package *quantmod* disponible dans R¹ et sa fonction *getSymbols* qui permet de récupérer le cours historique d'une action. Il suffit de lui préciser le *ticker* de l'action, la source de l'extraction (dans notre cas Yahoo Finance) et finalement les dates entre lesquelles nous souhaitons récupérer les données (dans notre cas du 1^{er} janvier 2008 au 31 décembre 2020). N'ayant pas d'accès à Bloomberg simplement, nous avons dû trouver des actions respectant nos critères d'investissements mais également fournissant un historique de données suffisamment grand, ainsi nous n'avons pas réussi à trouver un groupement de 20 actions validant nos critères et ayant un historique plus vieux que 13 ans. Mais cela est suffisant dans le cadre de ce mémoire.

Une fois que l'historique est récupéré, il faut maintenant le traiter pour le rendre utilisable. Pour cela nous gardons uniquement le cours ajusté des actions. Un cours ajusté d'une action est le cours corrigé suite à une opération sur l'action (par exemple l'émission de nouvelles actions), cela permet de comparer le cours d'une action à tout instant avec son historique. En effet, toutes choses étant égales par ailleurs, si une entreprise représente 5 000 actions en 2000 alors son cours ne peut pas être identique à la même entreprise mais avec 500 000 actions en 2010. Ainsi, le cours ajusté permet de prendre cela en compte et donc de pouvoir comparer la valeur d'une action à différents instants de son histoire. Il faut ensuite s'assurer que les 20 actions soient toutes cotées le même jour et supprimer les jours où il manque une cotation.

Définition du *risk appetite* d'une assurance à la recherche de rendement

Un assureur a des obligations légales envers ses assurés pour payer ce qu'il doit donc il ne peut pas se permettre de prendre des risques trop élevés et non maîtrisés sur les marchés financiers. Ceci nous indique la stratégie globale à suivre, à savoir minimiser le risque (ici la volatilité). Nous utiliserons donc une stratégie de *minimum variance portfolio* pour obtenir les poids optimaux, il s'agit d'une variante de la théorie moderne de Markowitz avec la stratégie de *mean-variance portfolio*. La théorie *minimum variance portfolio* consiste à minimiser la volatilité du portefeuille sans aucune hypothèse sur les rendements contrairement à la théorie *mean-variance portfolio* qui fait référence à la minimisation de la volatilité en tenant compte de la valeur attendue du rendement pour chaque actif afin d'obtenir le ratio rendement/risque le plus élevé pour un niveau de rendement ou de risque souhaité.

Le risque avec la théorie *minimum variance portfolio* est que la minimisation de la volatilité sans tenir compte du rendement peut potentiellement aboutir à un portefeuille avec un rendement bien trop faible malgré une volatilité minimale. Toutefois, deux études² récentes³, [29] et [5], montrent que les rendements boursiers futurs de portefeuilles précé-

1. R est un langage de programmation et un logiciel libre destiné aux statistiques et à la science des données

2. The Low-Volatility Anomaly : Market Evidence on Systemic Risk vs. Mispricing

3. Adaptive Asset Allocation : Dynamic Global Portfolios to Profit in Good Times - and Bad

3.5. SÉLECTION DES ACTIONS ET CRÉATION DU PORTEFEUILLE

demment caractérisés par une faible variabilité du rendement (volatilité) dépassent nettement ceux de portefeuilles précédemment caractérisés par une forte variabilité du rendement et en concluent alors que la théorie *minimum variance portfolio* fait mieux que la traditionnelle théorie *mean-variance portfolio*. Pour illustrer rapidement le résultat de ces études, voyons ci-dessous la volatilité et la valeur du S&P 500¹ en fonction du temps. De plus, nous appliquons cette théorie à 20 actions que nous avons spécialement choisies pour leurs bonnes caractéristiques d'investissements.

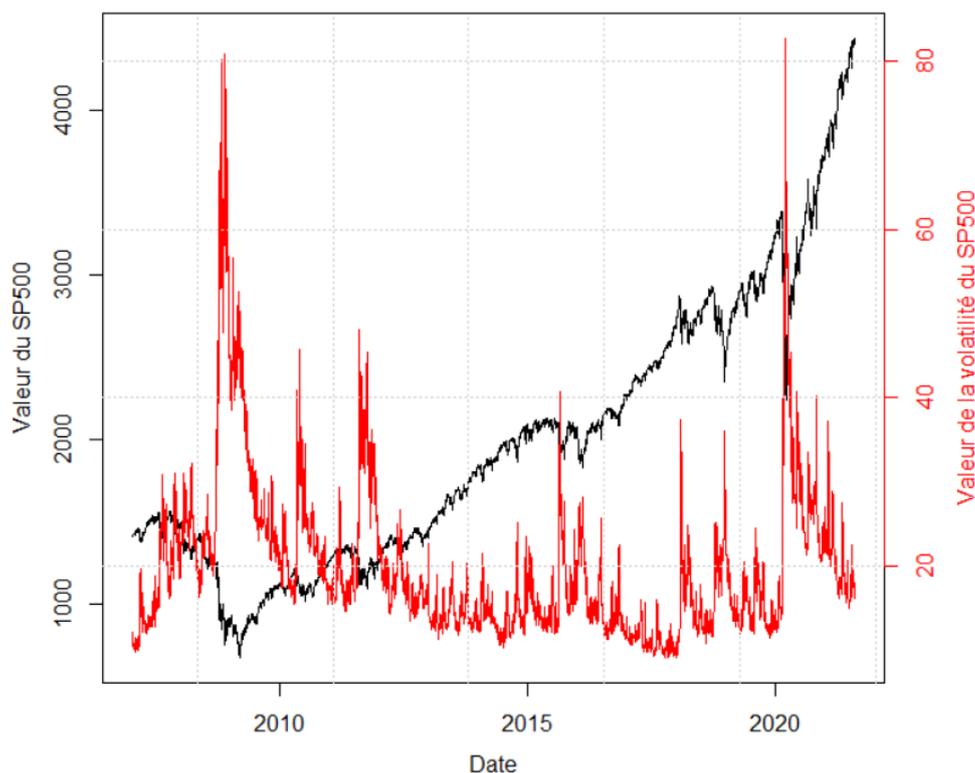


FIGURE 3.2: Comparaison de l'évolution de la volatilité du S&P 500 par rapport à son cours boursier en fonction du temps

En effet, ce graphe illustre bien le fait que lorsque la valeur du cours diminue la volatilité devient élevée. Ceci vient donc appuyer notre stratégie de sélection d'actions et d'optimisation pour le portefeuille LTEI.

Les critères retenus dans la suite de l'étude pour la construction du portefeuille LTEI sont :

- La maximisation du rendement.
- La maximisation du ratio de Sharpe.
- La maximisation du ratio de Sortino.
- La minimisation de la volatilité.
- La minimisation du *drawdown*.

1. Indice boursier basé sur 500 grandes entreprises cotées en bourse aux Etats-Unis

3.5. SÉLECTION DES ACTIONS ET CRÉATION DU PORTEFEUILLE

Cela correspond à notre *risk appetite* qui est de minimiser le risque puis rechercher le meilleur rendement ensuite en misant sur la croissance future, il s'agit évidemment d'une stratégie long terme étant donnée le cadre réglementaire lié aux LTEI. De plus, si la théorie *minimum variance portfolio* n'est pas des plus compliquées, elle suffit pour le niveau de performance recherché dans le cadre d'une assurance et c'est d'ailleurs sa simplicité de compréhension qui font que les assureurs l'utilisent encore aujourd'hui. En effet, les assureurs ne sont pas des banques d'investissements, ils ne sont donc pas des spécialistes de la finance, ainsi un modèle simple fournissant des résultats convenables et surtout compréhensibles pour justifier et expliquer leur choix auprès des régulateurs est le plus important pour eux.

Quelques données et mesures sur les actions

Avant de s'interroger sur la construction du portefeuille [27], nous regardons comment agissent les actions séparément afin de mieux rendre compte du bénéfice de la diversification en les regroupant au sein d'un portefeuille par la suite, [28]. En voici, ci-dessous, un premier aperçu avec les performances cumulées de chaque action et leur rendement journalier ainsi que leur *drawdown*. L'axe vertical est à multiplier par 100 pour obtenir les valeurs en pourcentage.

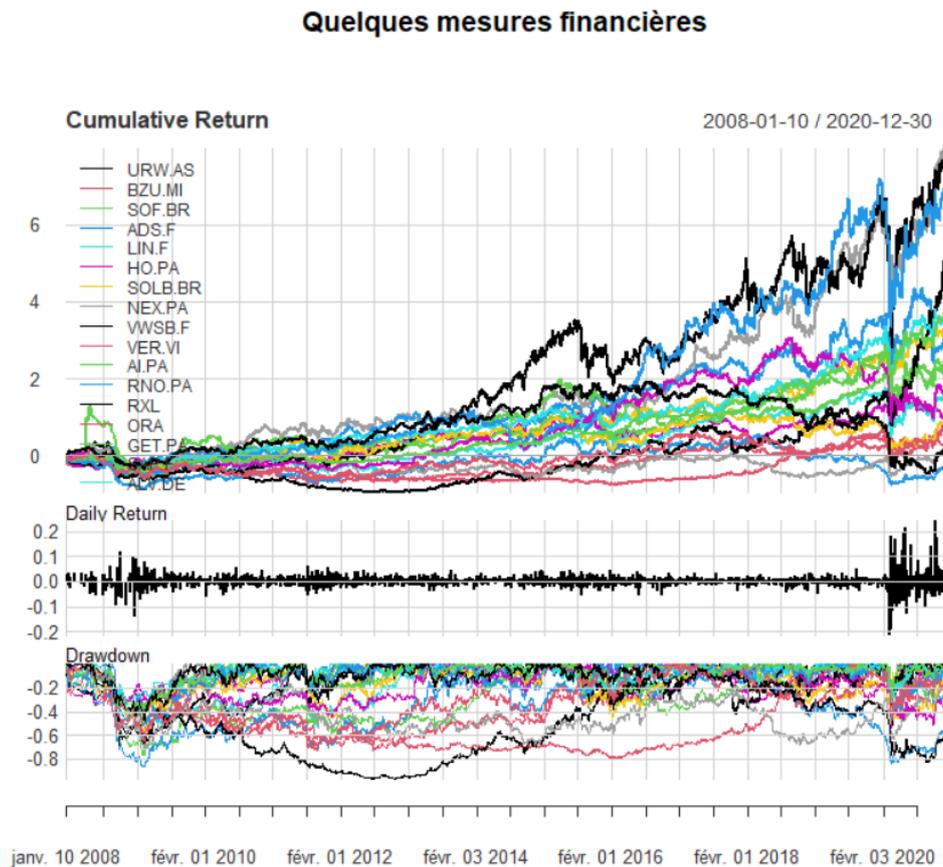


FIGURE 3.3: Évolution des performances cumulées, des rendements journaliers et des drawdown pour chaque action en fonction du temps

3.5. SÉLECTION DES ACTIONS ET CRÉATION DU PORTEFEUILLE

Ce premier graphe, suffit à nous convaincre qu'investir dans une seule action n'est pas viable et qu'il est important de diversifier son investissement. Mais regardons tout de même d'autres indicateurs financiers afin de pouvoir comparer les valeurs individuelles des actions par rapport à notre portefeuille LTEI.

Pour calculer la volatilité annuelle à partir des rendements journaliers, il faut d'abord calculer la volatilité journalière avec :

$$\sigma_{journalier} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (r_{journalier}^i - \bar{r})^2}{n}}$$

Où,

- $r_{journalier}^i$ le rendement journalier de la i -ème journée.
- \bar{r} la moyenne des rendements.
- n le nombre de jour de cotation (ici 2975).

Puis avec 252 jours dans l'année où les marchés sont ouverts, la volatilité annuelle vaut :

$$\sigma_{annuelle} = \sigma_{journalier} \times \sqrt{252}$$

Mais cette façon de faire est fautive. En effet, comme l'explique l'article *What's Wrong with Multiplying by the Square Root of Twelve* [20] pour que la multiplication par $\sqrt{252}$ soit valide il faut utiliser les log-rendements car le rendement logarithmique annuel est la somme de ses composantes quotidiennes donc la multiplication par $\sqrt{252}$ est mathématiquement correcte. Il faut donc utiliser la formule suivante pour la volatilité journalière :

$$\sigma_{journalier} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log(1 + r_{journalier}^i) - \overline{\log(1 + r)})^2}{n}}$$

Où,

- $\log(1 + r_{journalier}^i)$ le log-rendement journalier de la i -ème journée.
- $\overline{\log(1 + r)}$ la moyenne des log-rendements.
- n le nombre de jour de cotation (ici 2975).

Nous avons alors les valeurs de volatilités annuelles par action suivantes :

3.5. SÉLECTION DES ACTIONS ET CRÉATION DU PORTEFEUILLE

Nom de l'action	Volatilité valide	Volatilité simplifiée
Unibail	36,08%	36,35%
Buzzi Unicem	39,81%	39,71%
Sofina	23,89%	23,74%
Adidas	31,00%	30,91%
Linde	26,93%	27,09%
Thales	27,25%	27,26%
Solvay	32,61%	32,39%
Nexans	44,00%	43,66%
Vestas	53,65%	53,78%
Verbund	34,77%	34,51%
Air liquide	24,04%	24,02%
Renault	47,01%	46,50%
Rexel	37,41%	37,01%
Orange	35,76%	35,69%
Getlink	38,66%	40,62%
SAP	26,87%	26,45%
Allianz	31,87%	31,72%
Sanofi	25,21%	25,13%
L'Oréal	23,82%	23,77%
LVMH	30,53%	30,47%

TABLE 3.1: Valeur des volatilités en fonction de la méthode de calcul

En traçant l'erreur relative entre les deux possibilités de calculs nous obtenons :

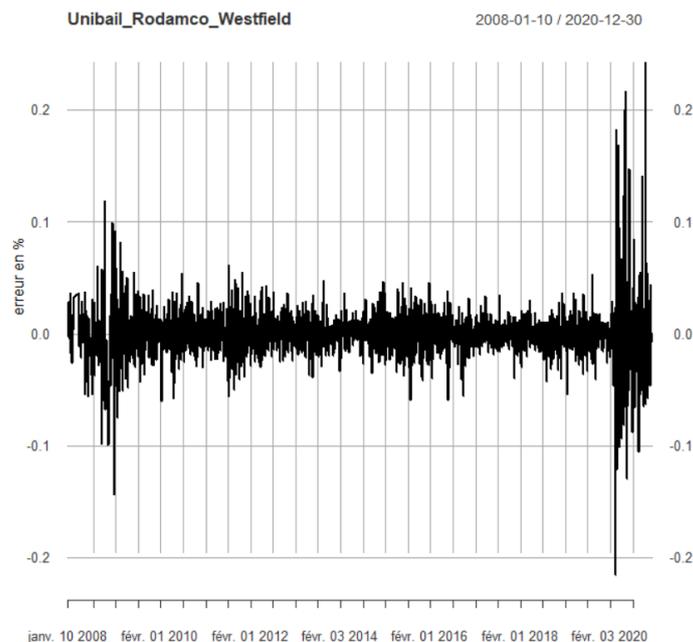


FIGURE 3.4: Erreur relative entre les deux calculs de volatilités

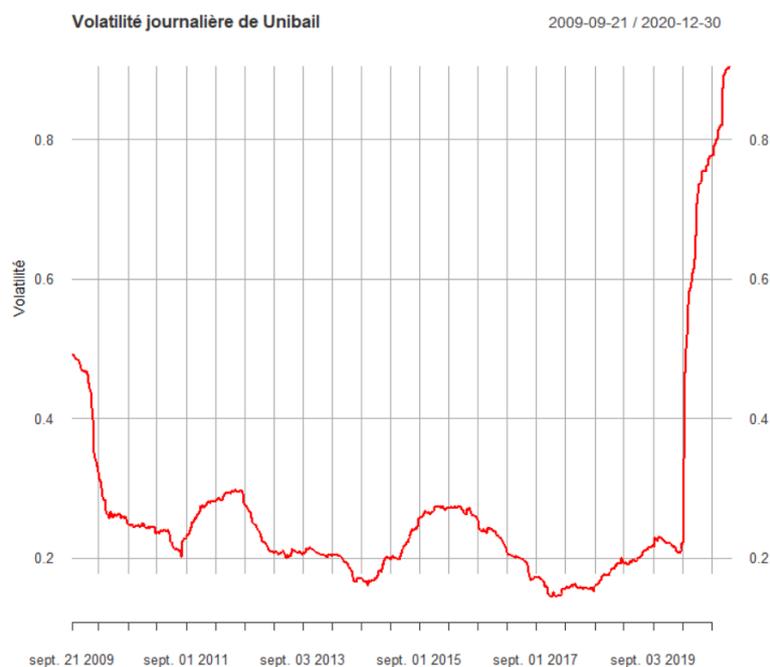


FIGURE 3.5: Evolution de la volatilité de Unibail en fonction du temps

Comme le confirme Paul D. KAPLAN dans son article¹ [20], nous observons les plus grandes erreurs lors de forte variabilité donc lors des crises économiques (2008 avec les *subprimes* et 2019/2020 avec la covid-19). Malgré cela, sur notre base de données l'erreur reste négligeable avec moins de 0,1% d'erreur hors temps de crise et moins de 0,5% d'erreur en temps de crise, donc par soucis de simplicité et rapidité nous allons utiliser l'approximation et non les log-rendements dans la suite pour calculer la volatilité. De plus, c'est ce qui se fait usuellement par les opérateurs dans la littérature financière car l'approximation marche très bien en situation économique stable et fait défaut en cas de crise, mais comme les modèles sont également erronés en cas de crise cela n'est pas dérangeant.

Voyons les performances individuelles des actions pour générer du rendement. Pour cela regardons le ratio de Sharpe pour chaque action. Le taux sans risque utilisé pour le ratio de Sharpe est égale à 0%, nous voulions utiliser l'OAT 10 ans au 31/12/2020 mais ce dernier valant -0,34% il ne semble pas cohérent comme choix d'investissement car il est synonyme de perte d'argent.

1. What's wrong with multiplying by the square root of twelve

3.5. SÉLECTION DES ACTIONS ET CRÉATION DU PORTEFEUILLE

Nom de l'action	Ratio de Sharpe
Unibail	0.028
Buzzi Unicem	0.057
Sofina	0.591
Adidas	0.621
Linde	0.508
Thales	0.317
Solvay	0.164
Nexans	0.029
Vestas	0.305
Verbund	0.159
Air liquide	0.43
Renault	-0.072
Rexel	0.541
Orange	0.145
Getlink	0.273
SAP	0.475
Allianz	0.257
Sanofi	0.245
L'Oréal	0.555
LVMH	0.67

TABLE 3.2: Ratio de Sharpe pour chaque action

Les critiques se plaignent que le risque est bien plus que la volatilité et le ratio de Sharpe. C'est vrai, mais cela ne signifie pas que la volatilité et le ratio de Sharpe sont inutiles pour l'analyse de portefeuille. De plus, dans tous les cas, ils sont des points de départ raisonnables pour la modélisation du risque, mais il est tout à fait justifié d'utiliser des mesures supplémentaires pour obtenir une perspective plus approfondie. Pour cela, le ratio de Sortino est une bonne alternative. Voyons ce ratio par rapport au risque du rendement négatif (MAR=0%) :

3.5. SÉLECTION DES ACTIONS ET CRÉATION DU PORTEFEUILLE

Nom de l'action	Ratio de Sortino
Unibail	0.02
Buzzi Unicem	0.023
Sofina	0.06
Adidas	0.066
Linde	0.058
Thales	0.041
Solvay	0.029
Nexans	0.022
Vestas	0.052
Verbund	0.029
Air liquide	0.048
Renault	0,014
Rexel	0.059
Orange	0.029
Getlink	0.047
SAP	0.05
Allianz	0.036
Sanofi	0.032
L'Oréal	0.058
LVMH	0.07

TABLE 3.3: Ratio de Sortino pour chaque action

Comme nous pouvions s'y attendre, les actions individuelles, qui plus est, sans gestion ne sont pas efficaces pour générer de l'alpha. D'où l'importance de constituer un portefeuille diversifié.

Regardons maintenant les corrélations entre les actions. Le portefeuille devant être diversifié, il ne doit pas contenir d'actions ayant des corrélations proches de 1 sinon la diversification ne sera pas effective. Mais nous avons un portefeuille constitué à 100% d'actions donc il est impossible d'avoir deux actifs (actions) du portefeuille anti corrélés de par la structure même du marché action. Voici, les corrélations entre nos 20 actions :

3.5. SÉLECTION DES ACTIONS ET CRÉATION DU PORTEFEUILLE

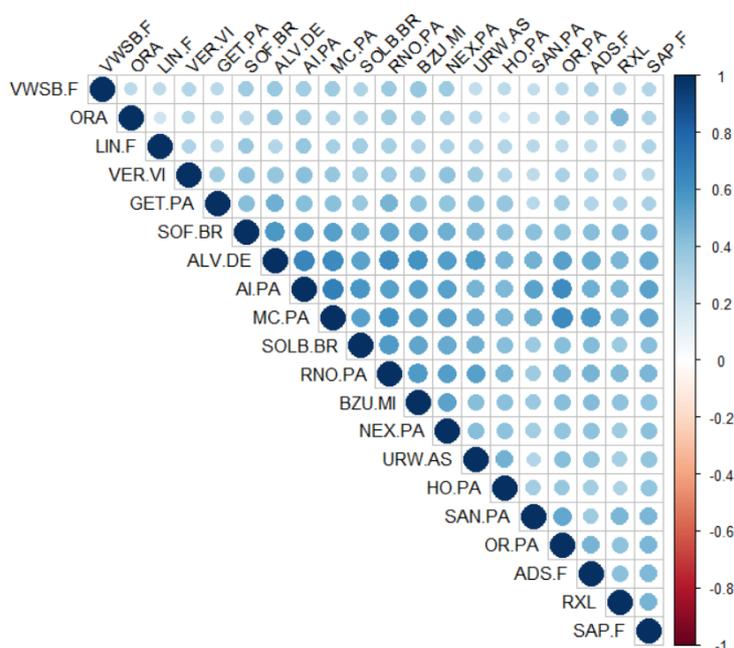


FIGURE 3.6: Corrélation des actions

Nous avons une majorité (183 corrélations sur 200, soit 91,5%) de corrélations inférieures à 0.6, ce qui est satisfaisant pour une diversification d'actifs composés uniquement d'actions.

Maintenant que vous avons étudié les mesures liées à la rentabilité, jetons un œil aux mesures de risque. Pour cela nous allons regarder la VaR et l'ES afin de mettre en avant les risques extrêmes propres à chaque action.

Dans son article sur la projection des risques de marché, [6], J. DANIELSSON, économiste à la LSE¹, explique que la VaR est restée la mesure de risque de choix dans le secteur financier malgré ses défauts². Toujours selon lui, si nous considérons ses propriétés théoriques, la mise en œuvre et la facilité de *backtesting*, la raison en est claire. La VaR offre le meilleur équilibre parmi les mesures de risque disponibles. Pour le meilleur et pour le pire la VaR favorise la simplicité pour approximer les scénarios extrêmes, c'est d'ailleurs là sa force et sa faiblesse !

Dans notre cas, nous avons comme VaR à 95%, VaR à 99% et ES à 95% sur nos rendements journaliers les valeurs suivantes :

1. London School of Economics
2. Voir page 27 avec la définition de la VaR

3.5. SÉLECTION DES ACTIONS ET CRÉATION DU PORTEFEUILLE

Nom de l'action	VaR 95%	VaR 99%	ES 95%
Unibail	-2,94%	-5,28%	-6,49%
Buzzi Unicem	-3,46%	-5,36%	-6,32%
Sofina	-1,7%	-3,07%	-3,68%
Adidas	-2,69%	-4,5%	-5,21%
Linde	-2,05%	-3,24%	-3,82%
Thales	-2,48%	-3,87%	-4,44%
Solvay	-3%	-4,67%	-5,72%
Nexans	-4,04%	-6,3%	-7,34%
Vestas	-4,38%	-7,02%	-8,51%
Verbund	-2,92%	-4,96%	-5,83%
Air liquide	-2,03%	-3,08%	-3,47%
Renault	-4,34%	-7,24%	-8,34%
Rexel	-3,32%	-5,35%	-6,1%
Orange	-3,21%	-5,24%	-6,5%
Getlink	-3,07%	-5,35%	-6,35%
SAP	-2,39%	-4%	-4,39%
Allianz	-2,76%	-4,82%	-6,21%
Sanofi	-2,33%	-3,51%	-4,08%
L'Oréal	-2,07%	-3,15%	-3,71%
LVMH	-2,67%	-4,03%	-4,73%

TABLE 3.4: Les 3 différentes mesures de risques

Nous pouvons alors représenter graphiquement, la distribution des rendements avec les VaR à 95% et 99%, prenons l'exemple de l'entreprise L'Oréal :

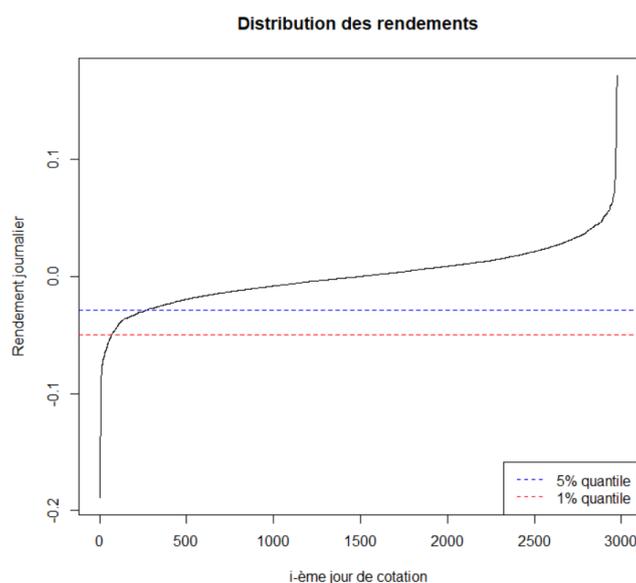


FIGURE 3.7: Distribution des rendements journaliers de L'Oréal avec ses VaR à 95% et 99%

3.5. SÉLECTION DES ACTIONS ET CRÉATION DU PORTEFEUILLE

De plus, nous voyons que 56% des rendements sont positifs et 44% sont négatifs. Après avoir regardé la distribution des rendements avec les mesures des VaR, nous pouvons aussi analyser les pertes maximales avec le *drawdown*, toujours avec l'entreprise L'Oréal, nous avons :

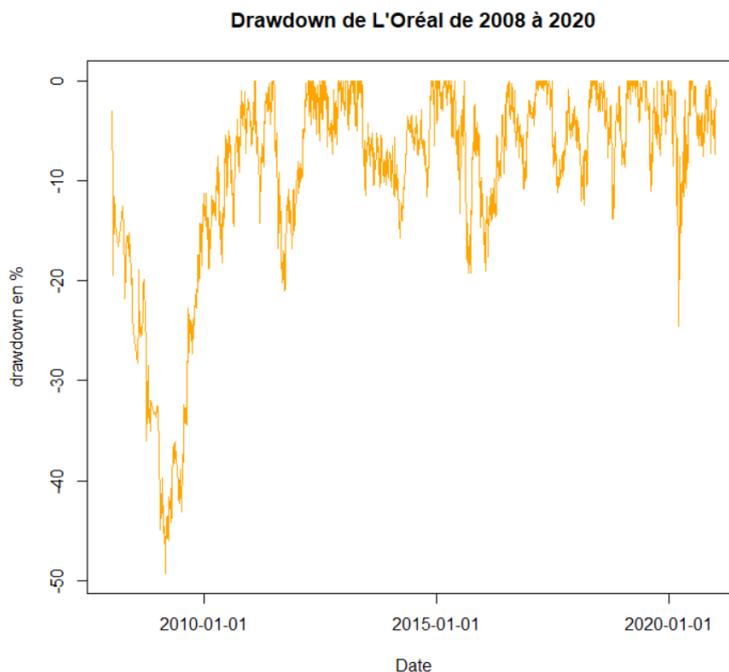


FIGURE 3.8: Drawdown de L'Oréal du 01/01/2008 au 31/12/2020

Nous extrayons les statistiques du *drawdown* afin de savoir précisément quel jour la chute commence, quel jour le point le plus bas est atteint, quel jour le niveau le plus haut avant la chute est retrouvé mais également de combien était la chute (en % de rendement), le nombre de jour qu'a duré la chute (baisse et remontée comprise), le nombre de jour de baisse et finalement le nombre de jour pour retrouver le niveau avant la baisse. Par exemple, pour L'Oréal, nous voyons que le pire *drawdown* commence le 10/01/2008, atteint son point le plus bas le 06/03/2009 valant -49,3% puis se finit le 04/02/2011. Cette chute aura duré 589 jours, pour 119 de baisse et 465 pour remonter.

Création du portefeuille optimal pour notre *risk appetite*

Maintenant que nous avons vu les différentes mesures possibles sur les actions, regardons comment créer un portefeuille d'actions LTEI [24]. Les assureurs n'étant pas des spécialistes de l'investissement, nous devons proposer une façon simple et efficace pour être compréhensible par l'ensemble de la chaîne d'organisation de l'assurance pour éviter le risque opérationnel. Typiquement, les assureurs optimisent leur portefeuille (le poids de chaque action) selon la théorie de Markowitz ou du *Capital Asset Pricing Model*, CAPM.

Pour rappel, la théorie de Markowitz est définie selon plusieurs hypothèses :

- Les marchés financiers sont parfaits : c'est-à-dire sans taxe et sans coût de transaction. L'information circule de manière totale et transparente et il n'y a pas de restriction sur le financement et les investissements.

3.5. SÉLECTION DES ACTIONS ET CRÉATION DU PORTEFEUILLE

- Les investisseurs ne s'intéressent qu'aux estimations de rendement de leur portefeuille et au niveau de risques propres à leurs investissements.
- Les investisseurs sont averses au risque.

Donc, selon le modèle de Markowitz, l'assureur constitue son portefeuille d'investissement en maximisant le rendement du portefeuille tout en minimisant la variance de ses rendements.

Pour le CAPM, ce modèle analyse la relation entre le risque systémique et le rendement espéré des actifs financiers, il se base sur les deux hypothèses suivantes :

- Si les marchés sont en équilibre : détermination du juste prix des actifs financiers en fonction du risque.
- Détermination de l'attractivité d'un investissement en le comparant au prix de référence calculé par le modèle sur la base d'un taux d'intérêt sans risque et d'une prime de risque qui dépend du risque systémique.

Finalement, c'est le risque systémique qui détermine le prix des actifs financiers dans le CAPM.

Une fois l'optimisation faite, l'assureur a deux choix :

- Laisser les actifs (les actions) évoluer jusqu'à la date du rebalancement obligatoire, nécessaire à l'assureur pour retrouver ses hypothèses de base.
- Effectuer des achats/ventes afin de profiter des variations de prix avant le rebalancement obligatoire.
- Ne rien faire jusqu'à changer l'allocation.

Avant de regarder le portefeuille optimal, nous jetons un œil sur un portefeuille constitué d'actions équi-réparties, soit pour 20 actions chacune a un poids de 5%. Puis dans ce portefeuille nous analysons les 3 cas possibles, à savoir aucun rebalancement (l'assureur n'agit pas, il laisse vivre son portefeuille jusqu'à ce qu'il change sa stratégie d'investissement), un rebalancement annuel (synonyme du rebalancement obligatoire pour rétablir la proportion initiale souhaitée par l'assureur) et finalement un rebalancement trimestriel (l'assureur regarde à chaque trimestre les opportunités possibles sur son portefeuille). Nous obtenons alors la performance cumulée suivante pour les 3 stratégies :

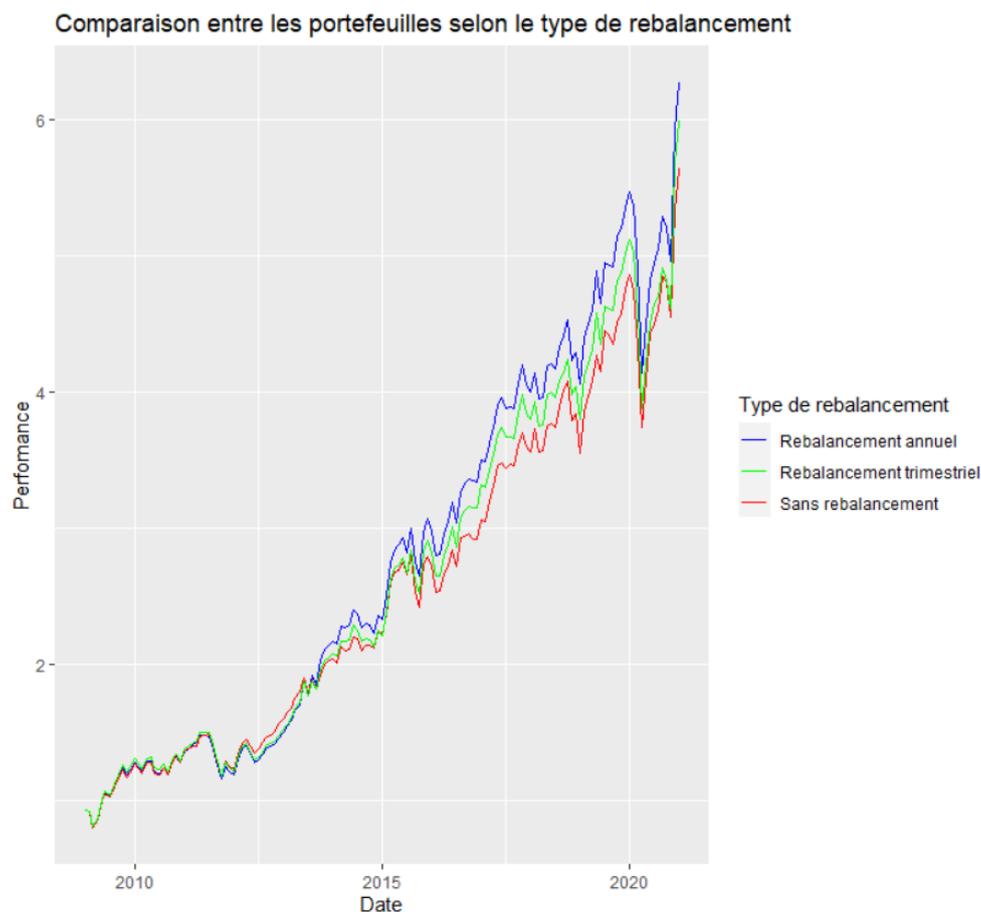


FIGURE 3.9: Comparaisons des 3 stratégies de rebalancement sur le portefeuille LTEI équi-réparti

Pour ces portefeuilles nous avons les mesures de risques suivantes :

Type de mesure	Rebalancement annuel	Rebalancement trimestriel	Sans rebalancement
Rendement annuel	17,2%	16,2%	16,8%
Volatilité annuelle	17,5%	17,1%	17,9%
Ratio de Sharpe	0,980	0,945	0,939
Ratio de Sortino	0,502	0,480	0,490
Drawdown	-24,2%	-23%	-24,2%

TABLE 3.5: Mesures de risque sur les 3 stratégies

Nous remarquons donc que le ratio de Sharpe ne dépasse pas 1, donc le surplus de rendement par rapport au taux sans risque est trop faible par rapport au risque pris. En effet, la volatilité est trop élevée pour ces rendements. De plus, les *drawdown* sont bien trop forts pour le *risk appetite* de l'assureur. Cela n'est donc évidemment pas satisfaisant. Pour essayer d'améliorer cela avant même d'optimiser les poids des actions, regardons comment procéder au rebalancement à des dates stratégiques pour en tirer les meilleurs bénéfices

possibles.

Dans son article sur l'allocation tactique d'actifs, [12], FABER, utilise les *Moving Average*, MA, comme signaux pour choisir les dates optimales de rebalancement. Cela nous permettrait de réduire le *drawdown* et donc d'obtenir une meilleure performance. Une MA montre la valeur moyenne des prix pendant une certaine période de temps. Lorsque nous calculons la moyenne mobile, nous calculons la moyenne d'un prix pour cette période. Au fur et à mesure des changements de prix, sa moyenne augmente ou diminue. Dans notre cas, nous allons utiliser une MA sur 10 mois dans le but de représenter une tendance long terme. La règle à suivre sera la suivante :

- acheter lorsque le dernier cours mensuel est supérieur à la moyenne sur dix mois (la MA).
- vendre lorsque le dernier cours mensuel est égal ou inférieur à la MA.

Ainsi, cela nous permet d'acheter quand le cours actuel est dans une tendance haussière et donc profiter de cette hausse future, puis inversement, vendre lorsque l'actif est dans une tendance baissière afin de limiter les moins-values. Si cela fonctionne, nous devrions donc limiter le *drawdown* et maximiser la performance, comme dit précédemment. Nous intégrons de plus le portefeuille benchmark qui est indexé sur l'indice Euro Stoxx 50. Cet indice est la référence pour les investissements en action chez les assureurs. Ce benchmark sera alors étudié sans aucune optimisation dessus, car traditionnellement les assureurs investissent dedans et ne modifient plus jusqu'à en ressortir. Ainsi, afin de mieux prendre en compte notre proposition d'investissement, nous comparerons toujours notre portefeuille à ce benchmark en plus des autres stratégies, cela nous permet de voir à quel point nous réussissons à générer de l'alpha vis à vis de ce benchmark en ayant un minimum d'activité sur notre portefeuille et non en étant totalement passif. En effet, comme le rappelle Laurent CLAMAGIRAND (Consultant et ancien directeur des investissements du Groupe AXA) et Thierry BOUTROS (Directeur des solutions d'investissement France, Mercer) dans la conférence sur l'impact du covid sur la solvabilité des assureurs [2], ces derniers se doivent d'être en capacité d'avoir des poches dans leurs portefeuilles qu'ils puissent gérer sans attendre une intervention de leur *asset manager*. M. CLAMAGIRAND et M. BOUTROS soutiennent le fait que l'ALM est un cadre important pour l'assurance mais qu'il ne doit pas être fixe. Ainsi, la poche LTEI étant un actif risqué aux yeux de l'assureur comparativement à ses autres actifs, il peut être une bonne idée pour l'assureur d'apprendre à gérer seul cette poche le temps que l'*asset manager* intervienne. Cela lui sera bénéfique dans tous les cas et encore plus en temps de crise, où la rapidité d'intervention est primordiale.

3.5. SÉLECTION DES ACTIONS ET CRÉATION DU PORTEFEUILLE

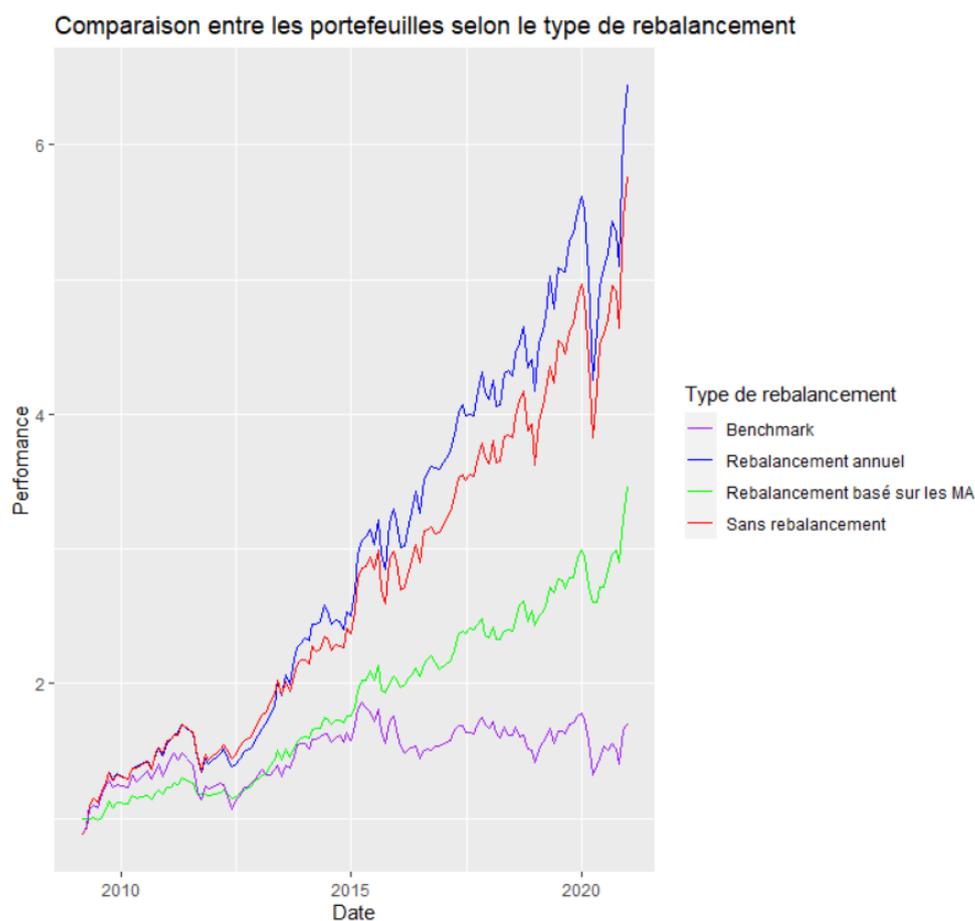


FIGURE 3.10: Comparaisons des nouvelles stratégies de rebalancement sur le portefeuille LTEI équi-réparti

Type de mesure	Rebalancement annuel	Sans rebalancement	Rebalancement basé sur les MA	Benchmark
Rendement annuel	19,9%	18,7%	11,9%	6,1%
Volatilité annuelle	17,3%	16,9%	11%	17,6%
Ratio de Sharpe	1,145	1,106	1,088	0,347
Ratio de Sortino	0,594	0,570	0,541	0,186
Drawdown	-24,2%	-23%	-12,7%	-28,8%

TABLE 3.6: Mesures de risque sur les différents portefeuilles

Premièrement, nous remarquons très vite qu'être actif sur son portefeuille est rentable à tout point de vue. En effet, le benchmark, sans aucune gestion, est nettement inférieur aux autres portefeuilles. Ensuite, la stratégie des MA pour diminuer le *drawdown* s'avère

3.5. SÉLECTION DES ACTIONS ET CRÉATION DU PORTEFEUILLE

concluante, nous réussissons à le diviser par deux, tout en maintenant stable les ratios de Sharpe et de Sortino. Nous avons émis l'hypothèse précédemment qu'en limitant le *drawdown* cela aurait dû également maximiser la performance. Cela ne se ressent pas ici car pour la stratégie des MA nous avons fait la moyenne sur 10 mois, donc nous avons exclu les 10 premiers mois de 2008 de notre base de données pour établir les différents portefeuilles. Or cette période correspond à une partie de la crise des *subprimes*, donc en l'enlevant de nos données nous limitons l'effet des MA qui sont plus performants en temps de crise et nous maximisons les rendements des autres portefeuilles sans protection réfléchie en cas de baisse. Malgré cela, nous arrivons à diminuer fortement le *drawdown* tout en maintenant l'équilibre rendement/risque, cela est donc satisfaisant. Cette suppression des 10 premiers mois de notre base de données est également responsable de la modification des valeurs pour notre portefeuille à rebalancement annuel et sans rebalancement, qui sont en tout point de vue égaux à ceux insérés dans le tableau précédant celui-ci. Donc le portefeuille avec MA a sensiblement les mêmes valeurs des ratios de Sharpe et Sortino que les 2 portefeuilles, avec et sans rebalancement, alors que ces derniers ont gagné en rendement et diminué en volatilité grâce à la suppression en partie de l'année 2008 de la base de données, ce qui confirme que les MA maximisent bien le rendement en limitant le *drawdown*.

Le coût pour un assureur de choisir le portefeuille avec MA est qu'il doit procéder au rebalancement plus régulièrement comparativement au rebalancement annuel. Sur ce portefeuille avec les MA, l'assureur doit procéder en moyenne à 98 rebalancement sur les 12 ans de vie du portefeuille, soit environ 8 rebalancements par an donc 1 rebalancement tous les mois et demi. Ce qui semble convenable pour un assureur souhaitant s'inscrire pleinement dans la dynamique des LTEI impliquant de pouvoir gérer de lui-même cette poche, cela lui permet de rester informé sur son portefeuille afin d'agir au mieux et le plus efficacement possible quand le besoin se fait ressentir.

Regardons tout cela en intégrant cette fois l'optimisation des poids à l'aide de la stratégie de *minimum variance portfolio*, cela se fait facilement sous R à l'aide du package *fPortfolio*. L'optimisation faite, il suffit alors d'en extraire les poids puis de reconduire les étapes faites avec les poids égaux. Nous obtenons alors :

3.5. SÉLECTION DES ACTIONS ET CRÉATION DU PORTEFEUILLE

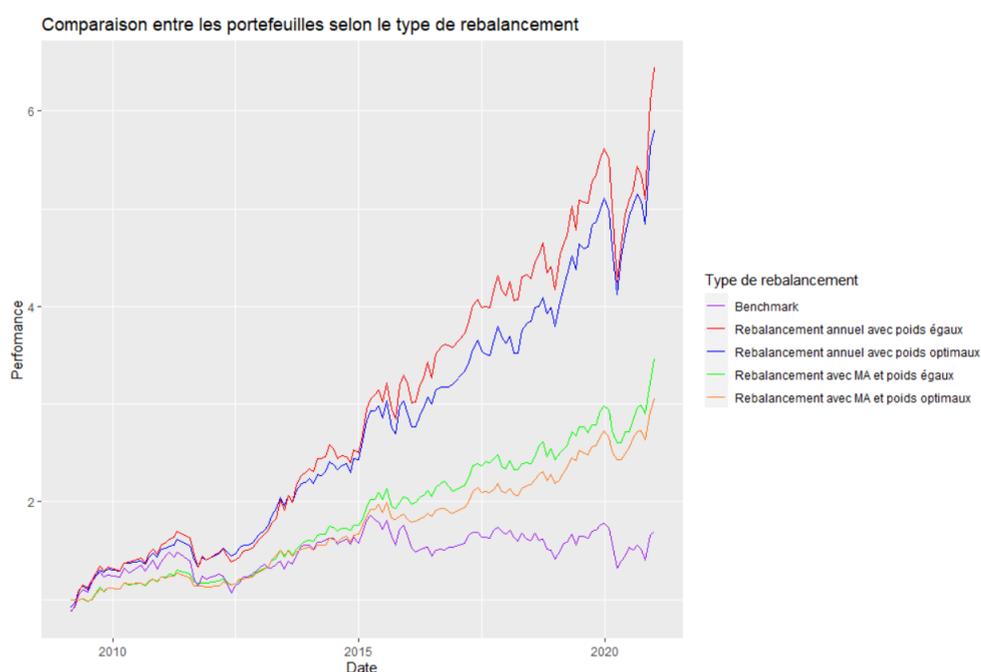


FIGURE 3.11: Comparaisons de toutes les stratégies suivant le poids des actions considérées

Type de mesure	Rebalancement annuel avec poids optimaux	Rebalancement annuel avec poids égaux	Rebalancement avec MA et poids optimaux	Rebalancement avec MA et poids égaux	Benchmark
Rendement annuel	18,1%	19,9%	10,7%	11,9%	6,1%
Volatilité annuelle	14,6%	17,3%	9,8%	11%	17,6%
Ratio de Sharpe	1,246	1,145	1,089	1,088	0,347
Ratio de Sortino	0,659	0,594	0,551	0,541	0,186
Drawdown	-19,3%	-24,2%	-11,4%	-12,7%	-28,8%

TABLE 3.7: Mesures de risque sur les différents portefeuilles

Nous remarquons donc que l'optimisation permet de réduire la volatilité plus qu'elle ne réduit le rendement et donc légèrement améliorer les ratios de Sharpe et Sortino mais surtout cela permet de limiter encore plus le *drawdown* avec une baisse de 1,3 points. Nous obtenons toujours une moyenne de 98 rebalancements sur 12 ans comme précédemment, donc 1 rebalancement tous les mois et demi. Nous allons donc retenir comme portefeuille LTEI celui avec un rebalancement basé sur les *moving average* et les poids optimaux, en effet c'est celui qui possède le *drawdown* minimal pour un couple rendement/risque équivalent.

Étude des valeurs extrêmes sur le portefeuille LTEI

Le problème majeur de ces théories utilisées dans un cadre assurantielle est l'hypothèse forte selon laquelle les rendements ont une distribution gaussienne. Cette hypothèse est particulièrement fautive dans le cadre des valeurs extrêmes, nous allons donc ici analyser la queue gauche de la distribution des rendements de notre portefeuille. En effet, cette partie représente les rendements négatifs, quand l'assureur est en perte, donc en cas de sous-estimation de ces rendements défavorables cela peut avoir un impact important sur la solvabilité de l'assureur. Il est donc primordial pour l'assureur d'être conscient des cas extrêmes pouvant potentiellement arriver et le mettre en défaut en cas de mauvaise gestion.

Voyons comment évolue la VaR et l'ES sur notre portefeuille en fonction du niveau de confiance $1 - \alpha$ considéré :

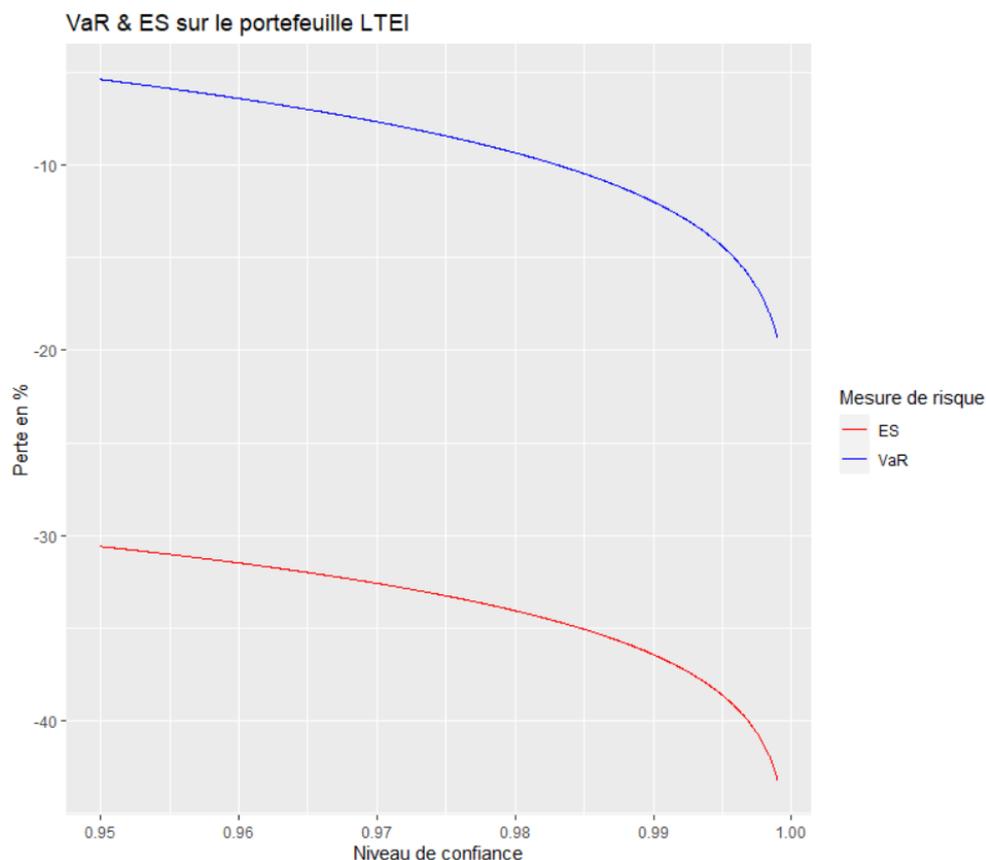


FIGURE 3.12: VaR et ES en fonction du niveau de fonction pour le portefeuille LTEI

Ainsi, la VaR évolue de -5,4% au seuil de confiance 95% pour chuter à -19,6% au seuil 99,9% et l'ES commence à -30,9% au seuil de confiance 95% pour chuter à -43,7% au seuil 99,9%. Cela est calculé en considérant les rendements comme gaussien qui sous-estiment les cas extrêmes. Regardons la différence en estimant une VaR fittée sur une loi normale et une VaR fittée sur une loi de student devant mieux représenter les queues lourdes :

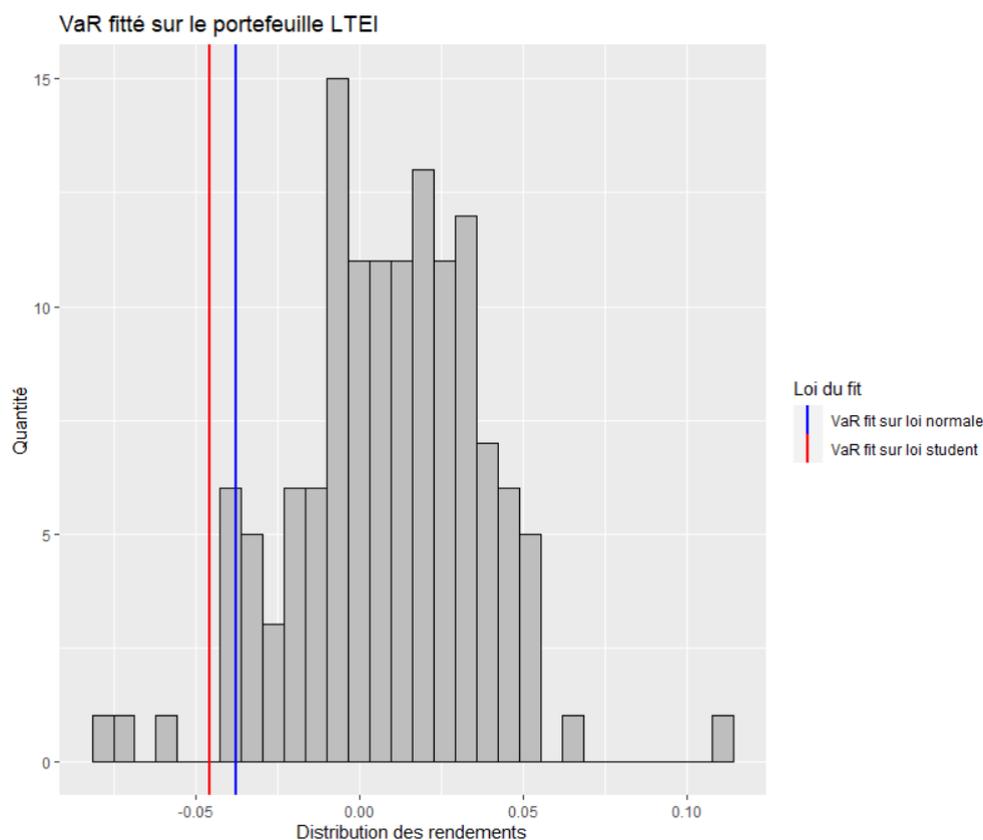


FIGURE 3.13: Comparaisons des VaR par rapport à la distribution des rendements du portefeuille LTEI

Nous pouvons donc voir que la loi de student donne une valeur légèrement plus pessimiste de la VaR. En effet, sur nos données la VaR à 95% est égale à -5,4% alors que la même VaR simulée à partir d'une loi normale (fitté sur les caractéristiques de notre portefeuille LTEI) donne une VaR à -3,7% et la loi de student (également fit sur les caractéristiques de notre portefeuille LTEI) fournit une VaR à -4,6% donc la loi de student représente mieux la queue lourde de la distribution de nos rendements. Comme nous pouvons le voir ci-dessous la loi normale sous-estime les scénarios extrêmes :

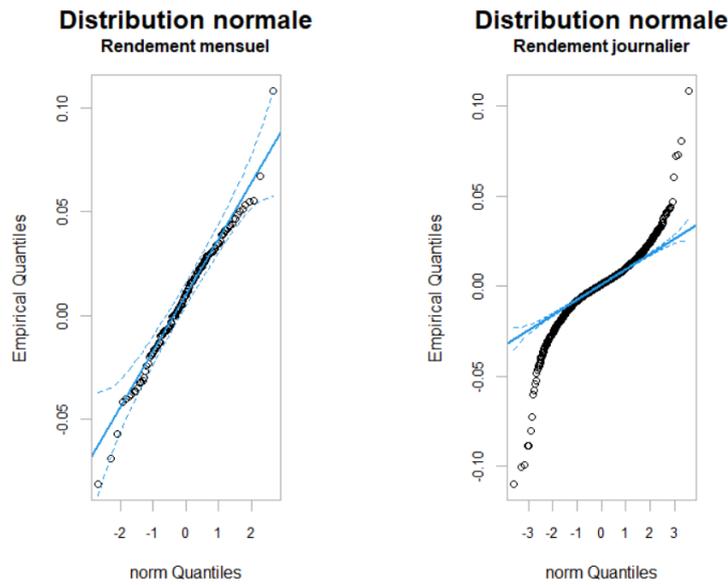


FIGURE 3.14: Estimation des valeurs extrêmes pour les rendements mensuels et journaliers du portefeuille LTEI

Nous observons donc le fait bien connu que la loi normale sous-estime les queues de la distribution des rendements. Cela est d'autant plus important lorsque l'on considère les rendements journaliers. Malgré tout, même en utilisant une loi à queue lourde comme la loi de Cauchy par exemple, la distribution des rendements n'est pas totalement parfaite comme nous pouvons le voir ci-dessous. L'ajustement par une loi des rendements d'un actif financier est encore aujourd'hui un problème ouvert.

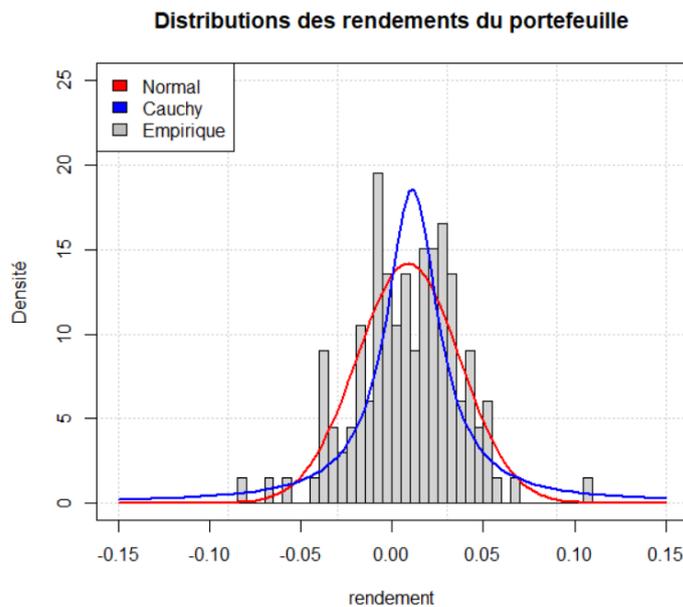


FIGURE 3.15: Ajustement d'une loi sur la distribution des rendements mensuels

3.5. SÉLECTION DES ACTIONS ET CRÉATION DU PORTEFEUILLE

Nous pouvons également le voir avec la fonction de distribution cumulative [24] :

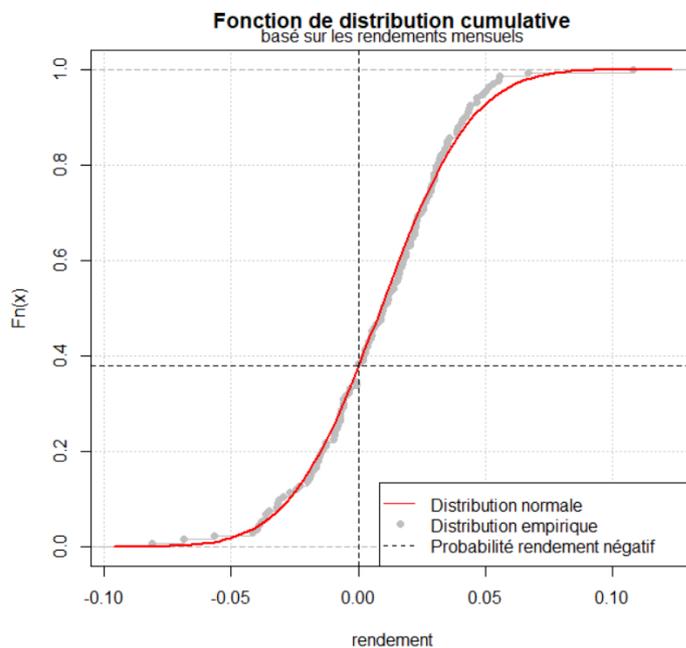


FIGURE 3.16: Distribution cumulative des rendements mensuels par rapport à la distribution cumulative normale

La distribution cumulative permet de mettre en évidence la probabilité qu'un rendement soit égal ou inférieur à un seuil fixé (ici probabilité d'avoir un rendement négatif : seuil à 0%). De plus, nous apercevons légèrement la sous-estimation des queues, mais voyons maintenant avec un zoom sur la partie gauche de la distribution afin de mieux s'en rendre compte :

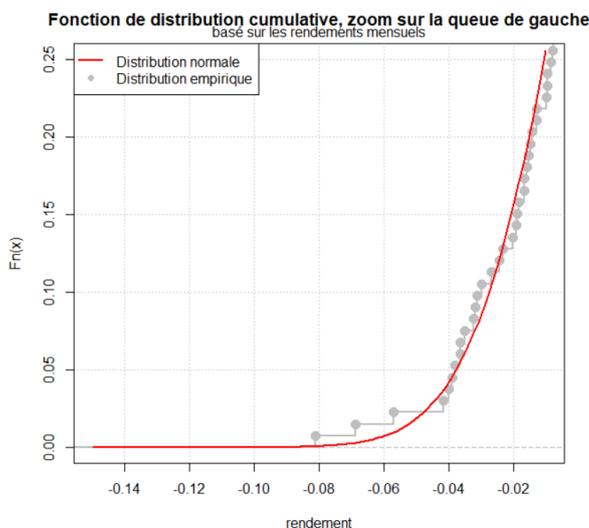


FIGURE 3.17: Distribution cumulative des rendements mensuels par rapport à la distribution cumulative normale : zoom sur la queue de gauche

Nous voyons donc que les pertes du portefeuille ont une probabilité plus élevée de se

3.5. SÉLECTION DES ACTIONS ET CRÉATION DU PORTEFEUILLE

produire selon le résultat empirique comparativement à la probabilité estimée par la distribution normale.

La plus grosse perte mensuelle pour le portefeuille est de -8.1%, ce qui offre une estimation naïve du scénario le plus pessimiste pour le risque de perte extrême (ou risque de queue).

Afin de situer le niveau de rendement à partir duquel nous allons considérer la théorie des valeurs extrêmes, regardons les *Q-Q plot* :

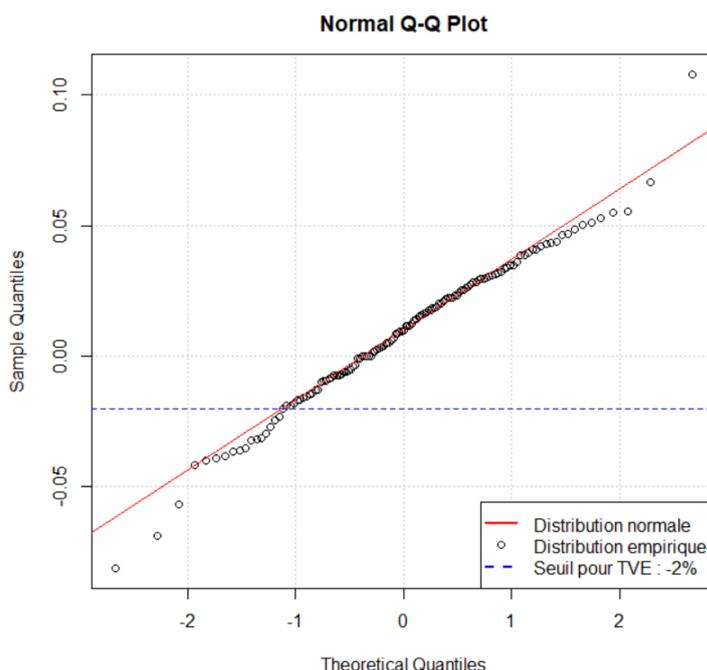


FIGURE 3.18: Comparaison des quantiles pour appliquer la théorie des valeurs extrêmes

Nous allons alors étudier le portefeuille uniquement sur la partie comprenant des rendements inférieurs à -2%. Nous pouvons alors modéliser la queue extrême par une loi de Pareto généralisée. Avec cette loi, nous obtenons une VaR et un ES modélisés valant, respectivement, -8,7% et -9,5% pour un niveau de confiance à 99%. En comparaison, la VaR et l'ES basés sur l'historique entier, pour un même niveau de confiance égal à 99%, nous avons respectivement -6,5% et -7,3%. La théorie des valeurs extrêmes permet donc de rajouter 2 points sur les mesures de risques.

Afin de mieux réaliser l'importance de la théorie des valeurs extrêmes pour la gestion des risques, nous augmentons la taille de l'échantillon de pertes importantes (inférieures au seuil à -2%) en simulant, avec Monte-Carlo, un million de rendements mensuels à l'aide des données issues de la modélisation des valeurs extrêmes pour une meilleure visualisation des possibilités de la queue gauche du portefeuille en recalculant la pire perte mensuelle.

Ainsi, la théorie des valeurs extrêmes permet d'alerter sur le fait que sur l'historique testé (2008 à 2020) la pire perte mensuelle était de -8,1% tandis que l'échantillon extrême simulé montre que la pire perte pouvant avoir lieu avec ses caractéristiques est de -14,8%.

Pour finir, nous pouvons comparer les histogrammes des rendements simulés et historiques

3.5. SÉLECTION DES ACTIONS ET CRÉATION DU PORTEFEUILLE

pour la queue lourde (rendement inférieure au seuil de -2%) en associant les VaR simulées et historiques également.

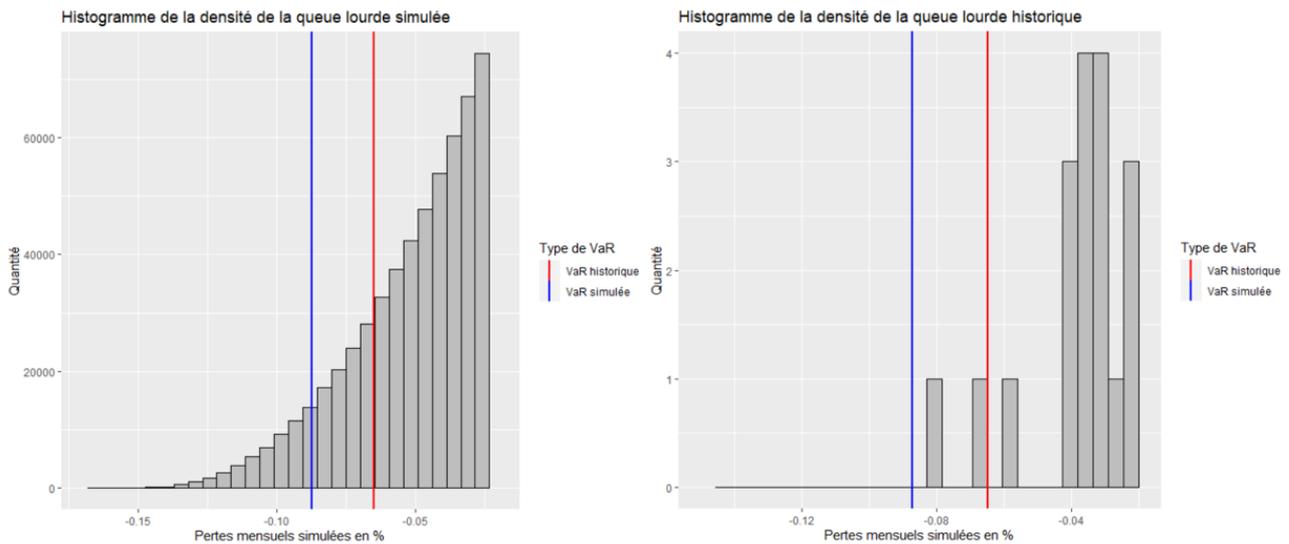


FIGURE 3.19: Histogramme avec les données simulées suivant Monte-Carlo (à gauche) et histogramme avec les données historiques (à droite)

Ainsi, en simulant à l'aide de Monte-Carlo, nous remarquons que les cas extrêmes peuvent s'avérer pire que ce qu'on observe avec l'historique réel. En particulier, la VaR simulée dépasse la pire perte possible de l'historique, cela est non négligeable dans la gestion des risques de l'assureur.

Pour finir, regardons comment chaque action contribue au risque total du portefeuille, c'est-à-dire de combien de % de la volatilité chaque action est responsable dans le temps :

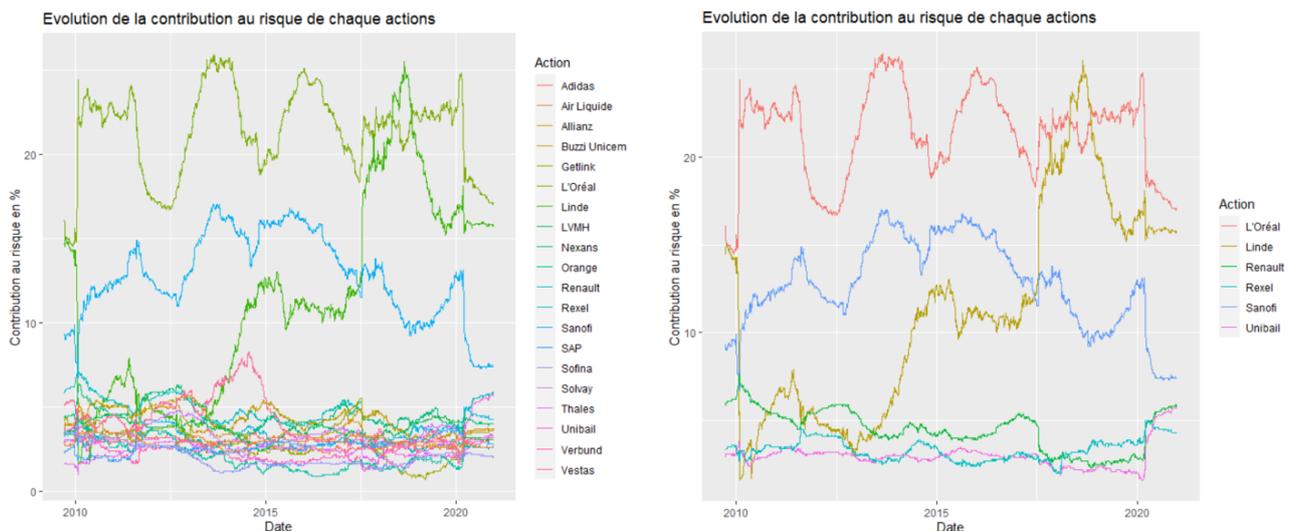


FIGURE 3.20: Évolution de la contribution au risque de chaque action

Il est important de noter que la volatilité peut donc fortement varier dans le temps et

3.5. SÉLECTION DES ACTIONS ET CRÉATION DU PORTEFEUILLE

qu'un actif à priori peu risqué au départ peut devenir dans le temps très risqué. C'est pour cela, qu'il est important pour l'assureur d'être attentif à son portefeuille avec un suivi régulier et d'en comprendre le risque.

Maintenant que nous avons expliqué une méthodologie pour la constitution d'une poche LTEI pour l'assureur, regardons l'impact sur la solvabilité de l'assureur intégrant cette poche LTEI à ses actifs.

Chapitre 4

Impact du portefeuille LTEI sur la solvabilité d'un assureur

Pour étudier l'impact d'un portefeuille LTEI sur la santé d'un assureur, nous plaçons notre étude dans le cadre d'une société d'assurance vie qui est à la recherche de rendement pour son fonds euro, en augmentant sa part action tout en maîtrisant son capital. Pour évaluer la santé de l'assureur, nous allons comparer sa solvabilité en fonction de son portefeuille d'actifs, c'est-à-dire s'il possède ou non des LTEI. Ainsi, nous allons avoir deux visions lors de cette étude :

- Notre première vision sera celle de Solvabilité II avec une simulation risque neutre et en *run-off* pour la simulation au 31/12/2020.
- Notre deuxième vision sera celle de l'ORSA avec une projection risque réel et l'intégration de nouveau business pour la projection de nos simulations sur 5 ans.

En effet, nous n'allons pas simplement regarder la solvabilité de l'assureur sur 1 an au 31/12/2020, nous allons également projeter cette situation sur 5 ans en fonction de trois scénarios économiques, un favorable, un défavorable et un de crise économique. Nous faisons cela car, pour rappel, la norme LTEI impose de pouvoir prouver la solidité financière du portefeuille LTEI pour ne pas avoir à vendre en cas de mauvaise situation mais également d'avoir des *stress test* afin de savoir comment réagit le portefeuille.

Notre étude sur la solvabilité de l'assurance commence à partir du 31 décembre 2020, cette date correspond à l'état initial de l'assureur (fin de l'historique de nos données).

4.1 Présentation de l'état initial de l'assureur vie

Nous allons étudier dans cette partie l'état initial de l'assureur vie considéré. A propos de notre assureur vie, nous nous plaçons dans le cadre d'un assureur fictif représentant un assureur moyen du marché français détenant une grande part de contrats épargne, pour cela nous basons nos valeurs sur les données fournies par la FFA [13] puis mise à jour au 31/12/2020 à l'aide d'un benchmark interne à Optimind.

Nous sommes ici sous la première vision, qui est donc la vision Solvabilité II.

4.1. PRÉSENTATION DE L'ÉTAT INITIAL DE L'ASSUREUR VIE

Pour simuler la solvabilité de notre assureur nous utilisons le modèle actif-passif interne à Optimind, regardons alors les hypothèses au passif et à l'actif qui régissent l'état initial de notre étude.

En commençant par le passif nous avons :

Hypothèses au passif	Montant (en M€)
Provision Mathématique (PM) initiale	1 000
Provision pour Participation aux Excédents (PPE) initiale	25
Réserve de Capitalisation (RC)	15

TABLE 4.1: Hypothèses au passif pour générer la situation initiale de notre assureur vie

En plus de ces hypothèses, le passif comprend la table de passif regroupée en *model point* comme expliqué dans le chapitre 2 puis également la table de rachats structurels (table fixe, elle n'a pas été modifiée) et la table de mortalité TH 00-02. Nous avons également les hypothèses suivantes pour :

- Le taux de frais réel : 0,25%.
- L'inflation : 0%.
- Le taux de frais d'acquisition : 4%.

Puis pour l'actif de notre assureur nous avons :

4.1. PRÉSENTATION DE L'ÉTAT INITIAL DE L'ASSUREUR VIE

Hypothèses à l'actif	Valeurs (en M€) / Quantité (en %)
Actions	
Pourcentage en action type 1	13%
Taux de PV initiale sur actions type 1	18%
Taux PV automatiques actions type 1	15%
Montant initial des actions type 1 en portefeuille	135,2
Immobilier	
Pourcentage en immobilier	6,1%
Taux de PV initiale sur l'immobilier	10%
Taux PV automatiques immobilier	8%
Montant initial de l'immobilier en portefeuille	63,4
Obligations	
Pourcentage en obligation	76,8%
Proportion en obligation d'états	50%
Proportion en obligation corporates	50%
Spread à appliquer aux obligations corporates	0,5%
Montant initial des obligations en portefeuille	798,7
Cash	
Pourcentage en cash	4,1%
Montant initial du cash en portefeuille	42,6

TABLE 4.2: Hypothèses à l'actif pour générer la situation initiale de notre assureur vie

En plus de cela, nous avons également les tables provenant du GSE risque neutre, à savoir les tables actions (avec et sans choc), immobilier (avec et sans choc), taux (avec et sans choc) et les déflateurs.

En plus de ces hypothèses sur l'actif et le passif, le modèle possède également des hypothèses générales, à savoir :

- Le nombre de simulation : 1000.
- La durée de projection : 40 ans.
- Le TME initial : -0,34% (Taux OAT 10 ans au 31/12/2020).
- Le taux d'imposition : 34%.

Puis également les hypothèses sur les chocs :

4.1. PRÉSENTATION DE L'ÉTAT INITIAL DE L'ASSUREUR VIE

Hypothèses sur les chocs	Valeurs des chocs (en %)
Risque de souscription	
Choc de frais	10%
Choc de mortalité	15%
Choc de longévité	20%
Choc catastrophe	0,15%
Choc de hausses des rachats	150%
Choc de baisse des rachats	50%
Choc de rachats massifs	40%
Risque de marché	
Choc action type 1	39,48% (39% + 0,48% effet Dampener)
Choc action type 2	47%
Choc immobilier	25%
Choc spread proxy - Capacité d'absorption	80%
Choc spread proxy - Duration modifiée	5
Choc spread proxy - Echelon du crédit	2

TABLE 4.3: Hypothèses sur les chocs pour générer la situation initiale de notre assureur vie

Ainsi, à l'état initial l'assureur possède 13% de son actif investi en action et composé uniquement d'actions type 1 avec un choc à 39,48% (nous prenons en compte l'effet Dampener) dans le cadre de la formule standard. Ce portefeuille action suit l'indice Euro Stoxx 50 (appelé benchmark dans le chapitre précédent sur l'optimisation du portefeuille). Cette situation permet alors à l'assurance d'avoir un bilan Solvabilité II tel que :

ACTIF en M€		PASSIF en M€	
Obligations	1 004	VIF	56
Etat	536		
Corporate	468		
Actions	160	Risk Margin	11
Type 1	160		
Type 2	0		
Immobilier	70	Best Estimate	1 210
Cash	43	EC	(0,46)
TOTAL ACTIF	1 277	TOTAL PASSIF	1 277

TABLE 4.4: Bilan Solvabilité II de l'assureur vie (en M€)

Nous avons également le SCR et sa décomposition suivante :

4.1. PRÉSENTATION DE L'ÉTAT INITIAL DE L'ASSUREUR VIE

SCR	Montant (en M€)
Marché	32,1
Action	20,7
Immobilier	5,8
Taux	2,2
Spread	7
Souscription vie	9,3
Mortalité	0
Longévité	2
Rachats	5,9
Frais	3,9
BSCR	35,6
Opérationnel	5,4
Ajustement	0
SCR total	41

TABLE 4.5: Décomposition du SCR à l'état initial

Le SCR de marché représente une part importante du capital sous risque. En ce qui concerne le SCR taux, c'est le scénario de baisse qui est le plus impactant. De plus, les SCR par sous-modules sont nets de capacité d'absorption des pertes par les provisions techniques. Toutefois, l'ajustement tenant compte de l'absorption par les impôts différés n'est pas pris en compte ici.

Les valeurs retenues pour étudier l'impact du portefeuille LTEI

Regardons maintenant de plus près les différentes valeurs qui nous intéressent plus particulièrement pour juger de la solvabilité de l'assurance.

L'indicateur phare de la solvabilité d'une assurance est son ratio de solvabilité, également appelé ratio S2. Il représente la capacité de l'assureur à couvrir son SCR à l'aide de ses fonds propres. Dans notre cas, il est calculé suivant la formule suivante :

$$\text{Ratio S2} = \frac{VIF + FP}{SCR}$$

Avec,

- La VIF (*Value In Force*) correspond à la valeur de l'activité d'assurance (*In Force*). Elle correspond à la valeur actualisée des résultats futurs liés aux contrats en stock. Nous calculons la VIF suivant la formule : $VIF = PVFP - \text{Risk margin}$.
- FP représente les Fonds Propres comptables de l'assureur, n'étant pas modélisés dans l'outil ALM, ils seront dans notre étude représentés par la PPE initiale (dans notre cas, 25 000 000).
- Le SCR étant le SCR total.

Nous avons donc pour notre assureur, un ratio de solvabilité valant $\frac{55,5+25}{41} = 196\%$

La deuxième valeur que nous allons regarder sera le SCR, en effet avec la norme LTEI et son choc réduit à 22% cela va impacter le SCR action et donc le SCR total, qui va ensuite modifier le ratio S2. Nous avons initialement un SCR total de 41 M€.

La troisième valeur qui nous intéresse dans notre étude sera la PVFP. En effet, en soustrayant la *risk margin* de la PVFP nous obtenons alors la VIF qui est utilisée dans le calcul du ratio S2. Dans le cas initial, avec 13% d'actions investies sur le benchmark elle vaut 66 M€.

Afin de quantifier les impacts sur les changements des valeurs précédentes, nous allons regarder les taux de plus ou moins-values latentes sur les actifs. Nous avons alors :

- Taux de PMVL action : 18%
- Taux de PMVL immobilier : 10%
- Taux de PMVL obligataire : 15% (20% pour les *corporates* et 10% pour les *govies* soit avec une répartition à 50/50, un taux de PMVL moyen de 15%)

Attention, le taux de PMVL obligataire est relativement élevé grâce aux anciennes obligations de maturité élevée achetées il y a quelques dizaines d'années et arrivant à échéance d'ici 5 ans. Nous verrons plus tard, avec les projections de cette situation initiale sous 5 ans, que le taux de PMVL obligataire diminue du fait des vieilles obligations remplacées par des obligations achetées dans le contexte de taux bas avec donc un rendement bien plus faible.

Pour finir, les actifs possèdent une valeur de marché totale de 1 277 M€ d'après le bilan Solvabilité II présenté précédemment.

Cependant, voyant que son rendement obligataire va fortement diminuer dans les prochaines années avec les anciennes obligations à fort rendement arrivant à maturité, l'assureur cherche donc comment obtenir de la rentabilité avec ses actifs pour son fonds euro dans ce contexte de taux bas.

4.2 Recherche de rendement en contexte de taux bas

Comme expliqué dans le début du chapitre 3, sur pourquoi créer un fonds LTEI, le rendement dans ce contexte économique particulier de taux bas qui perdure se trouve en partie dans les actions. En effet, les rendements obligataires sont faibles à cause des taux d'intérêts très bas mais en plus de cela, les prix étant relativement élevés cela empêche de récupérer du rendement grâce aux augmentations des prix. Ainsi, pour retrouver de la rentabilité il faut prendre plus de risques comme le rappelle *Russel Investments*, [18]. En effet, ce gestionnaire d'actifs précise que les portefeuilles générant du rendement dans ce contexte sont les portefeuilles long terme prenant plus de risques avec une proportion plus élevée en action. Les actions possèdent de meilleurs rendements que les obligations de par leur nature plus risquée, c'est pour cela qu'un portefeuille avec une part plus importante en action sera géré sur du plus long terme afin de bien maîtriser le risque.

En parlant de risque pour les actions, Patrick MONTAGNER, premier secrétaire général

adjoint de l'ACPR, évoque dans la conférence sur la révision de la norme Solvabilité II, [1], le fait que les actions ne sont pas aussi risquées que le prétend le marché assurantiel avec la norme Solvabilité II. En effet, il rappelle qu'en matière de défaut si nous regardons par exemple le défaut des souverains grecques et chypriotes datant de bientôt 10 ans, il y a eu des pertes significatives de presque 85% du portefeuille donc nous ne pouvons pas dire que l'obligataire est aussi sain que le prétendent certains acteurs financiers refusant les actions car trop risquées. De plus, avec une gestion active sur le long terme, le risque action est maîtrisable contrairement à ce que soutient la réglementation Solvabilité II pénalisant trop fortement les actions d'après l'ACPR.

Pour confirmer cela, une deuxième conférence de l'institut des actuaires portant elle sur l'impact de Solvabilité II sur les investissements en action pour un assureur vie, [23], compare le portefeuille optimal d'un assureur vie avec et sans contrainte Solvabilité II. L'étude développée lors de cette conférence met en évidence les effets marqués des contraintes réglementaires (qui de plus s'accroît avec l'horizon d'investissement) sur les investissements en action en se basant sur un scénario type d'un assureur investissant à horizon 10 ans. Dans ce scénario, l'allocation non contrainte (par Solvabilité II) en action est de 27% alors que sous contraintes (Solvabilité II) c'est seulement 12% d'actions, une chute de 15 points, soit plus de la moitié de l'allocation non contrainte.

Après s'être renseigné, l'assureur comprend donc qu'il trouvera du rendement dans les actions, il décide alors naïvement d'augmenter sa part action afin de juger des impacts sur sa solvabilité. Il décide donc de passer sa poche action de 13% à 16% de son capital, soit une augmentation de 3 points dans le poids des actions dans son portefeuille total. Cela lui permettra de savoir, si augmenter simplement sa part en action permettra de booster son fonds euro ou si la contrainte réglementaire avec le choc action à 39% est trop important pour se permettre d'augmenter le poids de la poche action.

Repartons donc de la situation initiale de notre assureur au 31/12/2020 mais cette fois avec un poids de 16% en action contrairement à 13% précédemment.

Nous avons donc les nouvelles hypothèses à l'actif suivantes :

4.2. RECHERCHE DE RENDEMENT EN CONTEXTE DE TAUX BAS

Hypothèses à l'actif	Valeurs (en M€) / Quantité (en %)
Actions	
Pourcentage en action type 1	16%
Taux de PV initiale sur actions type 1	18%
Taux des PV automatiques actions type 1	15%
Montant initial des actions type 1 en portefeuille	166,4
Immobilier	
Pourcentage en immobilier	5,1%
Taux de PV initiale sur l'immobilier	10%
Taux des PV automatiques immobilier	8%
Montant initial de l'immobilier en portefeuille	53
Obligations	
Pourcentage en obligation	76,8%
Proportion en obligation d'état	50%
Proportion en obligation corporates	50%
Spread à appliquer aux obligations corporates	0,5%
Montant initial des obligations en portefeuille	798,7
Cash	
Pourcentage en cash	2,1%
Montant initial du cash en portefeuille	21,8

TABLE 4.6: Nouvelles hypothèses de l'actif avec le poids en action augmenté à 16%

Nous avons donc récupéré 2 points sur le cash et 1 point sur l'immobilier pour les ajouter aux actions comparativement à la situation initiale. En ce qui concerne le passif, il reste évidemment le même que précédemment.

Voyons alors le bilan Solvabilité II suite à ce changement dans la composition d'actifs :

ACTIF en M€		PASSIF en M€	
Obligations	1 004	VIF	49
Etat	536		
Corporate	468		
Actions	196	Risk Margin	11
Type 1	196		
Type 2	0		
Immobilier	58	Best Estimate	1 220
Cash	22	EC	(0,33)
TOTAL ACTIF	1 280	TOTAL PASSIF	1 280

TABLE 4.7: Nouveau bilan Solvabilité II de l'assureur vie (en M€)

Ce qui donne pour le ratio S2, en comparant avec le scénario à 13% d'actions :

	SCR	VIF	PPE	Ratio S2
Valeurs avec 13% d'actions	41	55	25	196%
Valeurs avec 16% d'actions	46	49	25	162%

TABLE 4.8: Comparaison de la solvabilité de l'assureur en fonction de son choix pour la quantité d'actions

Au vu de la forte baisse du ratio S2 (chute de 34 points) due à la hausse du SCR et à la baisse de la VIF, nous concluons évidemment que la situation de l'assureur avec cette proportion en action n'est pas viable sur le long terme, le coût en capital est bien trop élevé à cause des actions.

Ainsi la solution d'augmenter sa part action pour retrouver du rendement en contexte de taux bas n'est pas viable sur la solvabilité de l'assureur, le choc action est trop important. C'est à ce moment qu'intervient alors l'utilité de la norme LTEI avec son choc réduit à 22%. Cette poche d'action classifiée LTEI permet à l'assureur de profiter du rendement des actions sans être pénalisé par le choc à 39%, il profite en effet du choc réduit à 22% sous certaines conditions réglementaires, rappelées dans le contexte réglementaire sur la revoyure 2020 (chapitre 1). Pour voir les bénéfices de cette nouvelle classe, nous allons étudier son impact en modifiant les 13% d'actions type 1 par 10% restant en actions type 1 cumulé avec 3% placé sur le portefeuille LTEI constitué dans le chapitre dédié.

Toutefois, dans le cadre de la vision risque neutre, nos actifs évoluant au taux sans risque, leur seule variable est la volatilité implicite. Pour notre portefeuille benchmark suivant l'Euro Stoxx 50, nous n'avons pas de problème pour obtenir les volatilités implicites comme l'Euro Stoxx 50 est disponible sur le marché nous avons accès à ses volatilités implicites à l'aide de Bloomberg. Cependant, pour le portefeuille LTEI que nous avons créé, nous devons avoir ses volatilités implicites pour effectuer les simulations. Voyons alors dans la prochaine partie comment nous pouvons calculer les volatilités implicites d'un portefeuille d'actions.

4.2.1 Calcul de la volatilité implicite de notre portefeuille LTEI

Pour calculer la volatilité implicite de notre portefeuille LTEI nous voulions reproduire le calcul de l'indice VIX. Introduit en 1993 par le CBOE (*Chicago Board Options Exchange*), le VIX représente les attentes du marché envers les volatilités à court terme comprises dans les prix des options sur l'indice S&P500. En d'autres termes, le VIX représente la volatilité implicite sur 30 jours de l'indice S&P500 (il existe plusieurs variantes de l'indice VIX notamment l'indice VIX1Y qui est le même indice que le VIX mais calculé sur une base de 1 an et non de 30 jours). La méthode actuelle de calcul du VIX est basée sur la juste valeur d'un swap de variance dont la formule discrétisée correspond alors à la volatilité implicite de l'indice. Les informations quant au calcul de la volatilité implicite proviennent d'un travail de recherche fait par Goldman Sachs en 1999, relaté dans l'article *More than you ever wanted to know about volatility swaps*, [7]. L'article s'arrêtant à la formule brute non discrétisée, la seule contribution que nous apportons dans cette partie est la démonstration de la discrétisation. Ainsi le lecteur intéressé pour plus de détails

est invité à se référer à l'article de Goldman Sachs, [7], sur l'explication de la théorie derrière ce calcul et à l'article du CBOE, [26], sur l'explication de la méthode de calcul du VIX.

En effet, expliquer toute la théorie n'est pas l'objectif de ce mémoire nous cherchons juste à utiliser la méthode, de plus cela serait beaucoup trop lourd à écrire. Pour les lecteurs avisés, voici un résumé de l'article de recherche fait par Goldman Sachs :

Dans leur article [7], Goldman Sachs, explique la théorie des swaps de variance et leur implication dans le calcul de la volatilité implicite pour les indices action. En effet, contrairement à une option sur action, dont l'exposition à la volatilité est contaminée par sa dépendance au prix de l'action, ces swaps fournissent une exposition pure à la volatilité seule. Les investisseurs peuvent donc utiliser ces instruments pour spéculer sur les niveaux de volatilité futurs, pour négocier l'écart entre la volatilité réalisée et la volatilité implicite, ou pour couvrir l'exposition à la volatilité d'autres positions ou activités (c'est ce dernier point qui intéressera une assurance).

L'équipe responsable de cet article explique alors les propriétés et la théorie des swaps de variance et de volatilité d'un point de vue intuitif (permet une explication simple pour un lecteur sans bagage mathématique) puis d'une manière plus rigoureuse (permet la justification mathématique de leur méthode). Ils montrent ensuite comment un swap de variance peut être théoriquement reproduit par un portefeuille couvert d'options standards avec des prix d'exercice convenablement choisis, tant que les prix des actions évoluent sans saut. La juste valeur du swap de variance est alors le coût du portefeuille de réplication. Ils démontrent les formules analytiques pour la juste valeur théorique en présence de biais de volatilité réaliste. De plus, ils montrent que ces formules peuvent être utilisées pour estimer rapidement la valeur des swaps lorsque le *skew* change.

La force de la théorie utilisée par Goldman Sachs est que la seule hypothèse porte sur l'évolution future du sous-jacent qui doit être continue (donc sans saut). Par conséquent, l'évolution du prix des actions est telle que :

$$\frac{dS_t}{S_t} = \mu(t, \dots)dt + \sigma(t, \dots)dZ_t \quad (4.1)$$

Où,

- Le *drift*¹ μ et la volatilité σ sont des fonctions arbitraires du temps et d'autres paramètres.
- Z_t est un mouvement brownien standard.

Ces hypothèses permettent d'inclure, sans s'y limiter, les modèles dans lesquels la volatilité est une fonction du prix de l'action et du temps uniquement. Pour simplifier la présentation, nous supposons que l'action ne verse pas de dividende, la prise en compte des dividendes ne modifie pas de manière significative les résultats.

Ensuite, par définition la variance réalisée pour un historique de prix est l'intégrale conti-

1. Le *drift* sera représenté par le rendement espéré dans l'univers risque neutre

nue suivante :

$$V = \frac{1}{T} \int_0^T \sigma^2(t, \dots) dt \quad (4.2)$$

Cela permet une bonne approximation de la variance des rendements journaliers utilisée dans la plupart des swaps de variance réalisés sur le marché.

D'un point de vue conceptuel, l'évaluation d'un contrat *forward* ou d'un swap de variance ne diffère pas de l'évaluation de tout autre titre dérivé. Ainsi la valeur d'un contrat *forward* F sur la variance future réalisée avec un prix d'exercice K est la valeur actuelle attendue du paiement futur dans l'univers risque neutre :

$$F = E \left[e^{-rT} (V - K) \right] \quad (4.3)$$

Où,

- r est le taux sans risque pour la date d'expiration T .
- $E[\cdot]$ représente l'espérance dans cet univers.

La juste valeur de la variance future réalisée est le *strike* K_{var} pour lequel le contrat a une valeur actuelle nulle :

$$K_{var} = E[V]$$

D'après l'équation (4.2), nous avons alors :

$$K_{var} = \frac{1}{T} E \left[\int_0^T \sigma^2(t, \dots) dt \right] \quad (4.4)$$

Nous ne pouvons pas connaître avec certitude la valeur de la volatilité future. En effet, dans les modèles usuels, ce que le marché appelle la volatilité locale $\sigma(S, t)$ cohérente avec les prix actuels des options est extraite des prix du marché des options sur actions. Il est ensuite possible de calculer, à l'aide de simulation, la juste valeur de la variance K_{var} comme la moyenne de la variance obtenue le long de chaque trajectoire simulée avec l'évolution du prix de l'action risque neutre donnée par l'équation (4.1), avec le *drift* μ fixée égale au taux sans risque.

L'approche usuelle expliquée ci-dessus est bonne pour évaluer le contrat, mais elle ne donne pas d'indication sur la manière de le répliquer. Le principe de la stratégie de réplication consiste à concevoir une position qui, au cours de l'instant suivant, génère un gain proportionnel à la variance de l'action pendant cette période.

D'après le lemme d'Ito appliqué au $\log(S_t)$ et d'après l'équation (4.1), nous obtenons :

$$\begin{aligned} d(\log S_t) &= 0dt + \frac{1}{S_t}dS_t - \frac{1}{2S_t^2}(\sigma S_t)^2 dt \\ &= \left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2 \right) dt + \sigma dZ_t \end{aligned} \tag{4.5}$$

En faisant la différence entre les équations (4.1) et (4.5), nous avons :

$$\frac{dS_t}{S_t} - d(\log S_t) = \frac{1}{2}\sigma^2 dt \tag{4.6}$$

Nous pouvons remarquer que toute dépendance au *drift* a été annulée. De plus en additionnant l'équation (4.6) sur tous temps de 0 à T à l'aide de la définition de la variance réalisée (4.2), nous obtenons la variance échantillonnée en temps continu :

$$\begin{aligned} V &\equiv \frac{1}{T} \int_0^T \sigma^2 dt \\ &= \frac{2}{T} \left[\int_0^T \frac{dS_t}{S_t} - \log \frac{S_T}{S_0} \right] \end{aligned} \tag{4.7}$$

Cette identité mathématique bien connue des swaps de variance dicte la stratégie de réplication de la variance. En effet, le premier terme peut être considéré comme une position en actions de sorte qu'elle soit toujours longue de $1/S_t$ actions d'une valeur de 1 \$ (pour rappel la méthode est conçue sur le S&P500 qui est un indice américain). Le second terme représente une position courte statique dans un contrat qui, à l'expiration, paie le logarithme du rendement total.

En suivant cette stratégie de rééquilibrage continu, nous capturons la variance réalisée de l'action depuis le début jusqu'à l'expiration au temps T. Il est important de remarquer qu'aucune anticipation ou moyenne n'a été prise, ainsi l'équation (4.7) garantit que la variance peut être isolée quelle que soit la trajectoire du prix de l'action (nous n'avons jamais utilisé les hypothèses du modèle de Black & Scholes), tant qu'elle évolue de manière continue.

L'équation (4.7) fournit une autre méthode de calcul de la juste valeur de la variance. Au lieu de faire la moyenne des variances futures, comme dans l'équation (4.4), nous pouvons prendre la valeur risque-neutre de l'équation (4.7) pour obtenir directement le coût de réplication, soit :

$$K_{Var} = \frac{2}{T} E \left[\int_0^T \frac{dS_t}{S_t} - \log \frac{S_T}{S_0} \right] \tag{4.8}$$

La valeur attendue du premier terme de l'équation (4.8) prend en compte le coût du rééquilibrage. Dans l'univers risque neutre avec un taux sans risque constant r , le sous-

jacent évolue selon l'équation (4.1) modifiée suivante :

$$\frac{dS_t}{S_t} = rdt + \sigma(t, \dots)dZ_t \quad (4.9)$$

De telle façon, le prix risque neutre de la composante de rééquilibrage de la stratégie de couverture est représenté par :

$$E \left[\int_0^T \frac{dS_t}{S_t} \right] = rT \quad (4.10)$$

L'équation ainsi obtenue signifie qu'une position en actions, continuellement rééquilibrée pour valoir 1 \$, a un prix à terme qui croît au taux sans risque.

Le terme restant est un contrat logarithmique mais comme il n'existe pas de contrat logarithmique activement négocié, il faut reproduire son gain, à tous les niveaux de prix de l'action jusqu'à expiration. Pour des raisons pratiques, nous voulons reproduire ce gain avec des options liquides, c'est-à-dire avec une combinaison d'options d'achat hors de la monnaie pour les valeurs élevées des actions et d'options de vente hors de la monnaie pour les valeurs faibles des actions. Nous introduisons alors un nouveau paramètre arbitraire S^* pour définir la limite entre les options d'achat et de vente. Le logarithme du gain peut alors être réécrit comme suit :

$$\log \frac{S_T}{S_0} = \log \frac{S_T}{S^*} + \log \frac{S^*}{S_0} \quad (4.11)$$

Le second terme est constant, indépendant du prix final de l'action S_T , de sorte que seul le premier terme doit être reproduit.

Concernant le premier terme, la fonction $f : x \mapsto \log(S_T)$ est suffisamment différentiable et $S^* \in \mathbb{R}^+$, ainsi en appliquant la formule de Carr-Madan nous obtenons l'identité mathématique suivante, qui vaut pour toutes les valeurs futures de S_T et suggère la décomposition du log-payoff :

$$\begin{aligned} -\log \frac{S_T}{S^*} &= -\frac{S_T - S^*}{S^*} && \text{(contrat } forward) \\ &+ \int_0^{S^*} \frac{1}{K^2} \max(K - S_T, 0) dK && \text{(options } put) \\ &+ \int_{S^*}^{\infty} \frac{1}{K^2} \max(S_T - K, 0) dK && \text{(options } call) \end{aligned} \quad (4.12)$$

Cette équation représente la décomposition d'un gain logarithmique en un portefeuille composé de :

- une position courte sur un contrat *forward* de *strike* S^* .
- une position longue sur des *puts* de *strike* K , pour toutes les échéances de 0 à S^* .
- une position longue similaire sur des *call* de *strike* K , pour toutes les échéances de S^* à ∞ .

Tous les contrats expirent en T .

La juste valeur de la variance future peut être liée à la juste valeur initiale obtenue à l'équation (4.8). En effet, en utilisant les identités des équations (4.10) et (4.12), nous obtenons :

$$\begin{aligned}
 K_{Var} = \frac{2}{T} \left(rT - \left(\frac{S_0}{S^*} e^{rT} - 1 \right) - \log \frac{S^*}{S_0} \right. \\
 \left. + e^{rT} \int_0^{S^*} \frac{1}{K^2} P(K) dK \right. \\
 \left. + e^{rT} \int_{S^*}^{\infty} \frac{1}{K^2} C(K) dK \right) \quad (4.13)
 \end{aligned}$$

où $P(K)$ et $C(K)$ désignent, respectivement, la juste valeur actuelle d'une option de vente et d'achat de *strike* K .

Cette approche de la juste valeur de la variance future est la plus rigoureuse d'un point de vue théorique, et fait preuve de très peu d'hypothèses. L'équation (4.13) précise la notion intuitive selon laquelle les volatilités implicites peuvent être considérées comme l'anticipation par le marché des futures volatilités réalisées. Elle fournit une connexion directe entre le coût du marché des options et la stratégie de capture de la volatilité réalisée future, même lorsqu'il y a une asymétrie de la volatilité implicite et que la formule de Black & Scholes n'est pas valide. Toutefois, pour reproduire le calcul du VIX il faut pouvoir discrétiser cette formule.

Avant cela, en pratique le point de séparation entre les *call* et les *put*, arbitrairement nommée S^* , est appelé K_0 . Commençons maintenant par réécrire le premier terme de l'équation (4.13), à savoir le terme :

$$rT - \left(\frac{S_0}{K_0} e^{rT} - 1 \right) - \log \frac{K_0}{S_0}$$

Raisonnons par absence d'opportunité d'arbitrage :

Supposons que la juste valeur du contrat *forward* de maturité T est F_0 . Plaçons nous en $t=0$, nous empruntons le montant $C_0 - P_0$ ¹ afin d'acheter un *call* de *strike* K (de prime C_0) et vendre un *put* de même *strike* K (de prime P_0), simultanément nous vendons le contrat *forward* de maturité T . Ainsi en arrivant à maturité T , nous avons comme *cash-flow* $S_T - K$ de nos options vanilles et $F_0 - S_T$ de notre contrat *forward* puis nous devons rembourser l'emprunt, qui au taux sans risque r , vaut aujourd'hui en $t=T$: $e^{-rT}(C_0 - P_0)$. Ainsi par absence d'arbitrage, nous devons avoir :

$$(S_T - K) + (F_0 - S_T) - e^{-rT}(C_0 - P_0) = 0$$

Soit,

1. prime pour l'achat du *call* et prime pour la vente du *put*

$$\begin{aligned}
 F_0 &= K + e^{rT}(C_0 - P_0) && \text{par la parité } \textit{call-put}, \text{ nous avons alors} \\
 &= K + e^{rT}(S_0 - Ke^{-rT}) \\
 &= K + S_0e^{rT} - K && \text{finalement, nous trouvons} \\
 F_0 &= S_0e^{rT}
 \end{aligned}$$

Nous pouvons donc réécrire le premier terme de l'équation (4.13) sous la forme :

$$rT - \left(\frac{F_0}{K_0} - 1 \right) - \log \frac{K_0}{S_0}$$

Puis, réarranger les termes tel que :

$$\begin{aligned}
 rT - \left(\frac{F_0}{K_0} - 1 \right) - \log \frac{K_0}{S_0} &= \log(e^{rT}) - \log \frac{K_0}{S_0} - \left(\frac{F_0}{K_0} - 1 \right) \\
 &= \log \frac{S_0e^{rT}}{K_0} - \left(\frac{F_0}{K_0} - 1 \right) \\
 &= \log \frac{F_0}{K_0} - \left(\frac{F_0}{K_0} - 1 \right)
 \end{aligned}$$

Or, à l'aide d'un développement de Taylor à l'ordre 2, nous avons :

$$\log \frac{F_0}{K_0} = \log \left(1 + \frac{F_0}{K_0} - 1 \right) = \left(\frac{F_0}{K_0} - 1 \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{F_0}{K_0} - 1 \right)^2$$

Donc,

$$\begin{aligned}
 rT - \left(\frac{F_0}{K_0} - 1 \right) - \log \frac{K_0}{S_0} &= \log \frac{F_0}{K_0} - \left(\frac{F_0}{K_0} - 1 \right) \\
 &= -\frac{1}{2} \left(\frac{F_0}{K_0} - 1 \right)^2
 \end{aligned}$$

Puis, nous pouvons également directement discrétiser le second terme de l'équation (4.13), à savoir :

$$e^{rT} \int_0^{F_0} \frac{1}{K^2} P(K) dK + e^{rT} \int_{F_0}^{\infty} \frac{1}{K^2} C(K) dK = e^{rT} \sum_i \frac{\Delta K_i}{K_i^2} Q(K_i)$$

Où,

- La borne de l'intégrale devient F_0 car la limite théorique entre le choix du *call* ou du *put* correspond à la valeur de F_0 , ensuite en pratique nous sélectionnons les *put* dont le *strike* K est directement inférieur à F_0 , puis de même pour les *call* nous sélectionnons ceux dont le *strike* K est directement supérieur à F_0 .
- K_i : Prix d'exercice de la $i^{\text{ème}}$ option OTM ; un *call* si $K_i > K_0$ et un *put* si $K_i < K_0$; à la fois *put* et *call* si $K_i = K_0$
- ΔK_i : Intervalle entre les prix d'exercice, la moitié de la différence entre les prix d'exercice de part et d'autre de K_i :

$$\Delta K_i = \frac{K_{i+1} - K_{i-1}}{2}$$

A savoir : ΔK pour le *strike* le plus bas est la différence entre le *strike* le plus bas et le *strike* immédiatement supérieur. De même, ΔK pour le *strike* le plus élevé est la différence entre le *strike* le plus élevé et le *strike* immédiatement inférieur.

- $Q(K_i)$: le milieu entre le *bid* et le *ask* suivant la valeur de K par rapport à F_0 : pour rappel si $K < F_0$ alors nous avons un *put* et si $K > F_0$ nous avons un *call*.

Nous avons alors finalement, la formule permettant d'aboutir au calcul de la volatilité implicite en suivant la méthode expliquée par le CBOE dans l'article [26] :

$$K_{var} = \frac{2e^{rT}}{T} \sum_i \frac{\Delta K_i}{K_i^2} Q(K_i) - \frac{1}{T} \left(\frac{F_0}{K_0} - 1 \right)^2$$

Où,

- T : Temps jusqu'à l'expiration.
- K_0 : Premier *strike* en dessous du prix *forward* F de l'action.
- K_i : Prix d'exercice de la $i^{\text{ème}}$ option OTM ; un *call* si $K_i > K_0$ et un *put* si $K_i < K_0$; à la fois *put* et *call* si $K_i = K_0$.
- ΔK_i : Intervalle entre les prix d'exercice, la moitié de la différence entre les prix d'exercice de part et d'autre de K_i :

$$\Delta K_i = \frac{K_{i+1} - K_{i-1}}{2}$$

A savoir : ΔK pour le *strike* le plus bas est la différence entre le *strike* le plus bas et le *strike* immédiatement supérieur. De même, ΔK pour le *strike* le plus élevé est la différence entre le *strike* le plus élevé et le *strike* immédiatement inférieur.

- R : Taux sans risque à l'échéance.
- $Q(K_i)$: le milieu entre le *bid* et le *ask* pour l'option considérée (*call* ou *put*) suivant la valeur de K par rapport à F_0 : pour rappel si $K < F_0$ alors nous avons un *put* et si $K > F_0$ nous avons un *call*.

Malheureusement, cette méthode demande un accès non restreint à Bloomberg afin de pouvoir sélectionner toutes les options sur toutes les actions or nous ne disposons que d'un accès limité à Bloomberg ce qui nous a empêché d'appliquer cette méthode. Toutefois, ayant redémontré que la discrétisation utilisée pour appliquer cette méthode, nous nous permettons de la faire figurer ici pour que les futurs lecteurs connaissent la méthode optimale à appliquer pour un calcul de volatilité implicite pour un portefeuille d'actions.

Puis pour continuer notre étude, nous avons donc simplement pu calculer la volatilité implicite du portefeuille en multipliant la volatilité implicite de chaque action par son poids respectif dans le portefeuille.

Voici finalement, les volatilités implicites obtenues (le portefeuille combiné correspond au portefeuille composé de 10% d'actions benchmark et 3% d'actions LTEI) et l'écart relatif entre la volatilité implicite du portefeuille combiné et du portefeuille benchmark :

4.2. RECHERCHE DE RENDEMENT EN CONTEXTE DE TAUX BAS

Volatilité	Benchmark	LTEI	Combiné	Ecart Relatif
1	18,76%	24,85%	20,17%	1,41%
2	18,20%	23,93%	19,52%	1,32%
3	17,70%	23,89%	19,13%	1,43%
4	17,83%	24,32%	19,33%	1,50%
5	18,35%	24,12%	19,68%	1,33%
6	18,87%	23,78%	20,00%	1,13%
7	19,39%	23,89%	20,43%	1,04%
8	19,91%	23,98%	20,85%	0,94%
9	20,41%	24,11%	21,26%	0,85%
10	20,50%	24,26%	21,37%	0,87%
11	20,78%	24,38%	21,61%	0,83%
12	21,02%	24,52%	21,83%	0,81%
13	21,23%	24,63%	22,01%	0,78%
14	21,40%	24,72%	22,17%	0,77%
15	21,55%	24,82%	22,30%	0,75%
16	21,56%	24,80%	22,31%	0,75%
17	21,57%	24,87%	22,33%	0,76%
18	21,57%	24,91%	22,34%	0,77%
19	21,58%	24,95%	22,36%	0,78%
20	21,59%	24,99%	22,37%	0,78%
21	21,59%	25,02%	22,38%	0,79%
22	21,59%	25,05%	22,39%	0,80%
23	21,59%	25,08%	22,40%	0,81%
24	21,59%	25,11%	22,40%	0,81%
25	21,59%	25,14%	22,41%	0,82%
26	21,59%	25,17%	22,42%	0,82%
27	21,58%	25,19%	22,41%	0,83%
28	21,58%	25,22%	22,42%	0,84%
29	21,57%	25,24%	22,42%	0,85%
30	21,57%	25,27%	22,42%	0,85%
31	21,56%	25,25%	22,41%	0,85%
32	21,56%	25,24%	22,41%	0,85%
33	21,55%	25,22%	22,40%	0,85%
34	21,55%	25,21%	22,39%	0,84%
35	21,54%	25,20%	22,38%	0,84%
36	21,54%	25,18%	22,38%	0,84%
37	21,53%	25,47%	22,44%	0,91%
38	21,53%	25,16%	22,37%	0,84%
39	21,52%	25,15%	22,36%	0,84%
40	21,52%	25,14%	22,36%	0,84%

TABLE 4.9: Volatilités utilisées pour le GSE risque neutre suivant le type d'actions considéré

Nous constatons donc que la volatilité implicite du portefeuille LTEI est plus élevée que celle du benchmark, cela engendre donc une légère augmentation de la volatilité du portefeuille combiné comparativement au benchmark. Or la volatilité implicite étant le seul

paramètre guidant la génération de nos tables actions dans le GSE risque neutre, une augmentation de cette dernière peut conduire à plus de scénarios adverses coûteux à l'assureur. C'est pour cela que nous allons comparer la situation initiale (13% d'actions benchmark) avec la situation utilisant un portefeuille combiné, ainsi l'assureur pourra voir si le choc allégé à 22% permet de compenser cette légère hausse de volatilité.

Impact de l'augmentation de la volatilité implicite

Regardons alors cet impact de l'augmentation de la volatilité implicite au 31/12/2020.

Dans la suite de l'étude nous allons uniquement comparer les valeurs suivantes :

- Valeur de marché.
- PMVL.
- PVFP (donc VIF).
- SCR.
- Ratio S2.

En effet, ce sont ces valeurs qui permettent de juger et de comparer la solvabilité de l'assurance dans nos différents scénarios. De plus, pour des questions d'ergonomie et de facilité de lecture, il n'est pas utile de reconduire tous les tableaux dont les valeurs importantes qui changent sont les 5 valeurs que nous étudions.

Nous obtenons donc avec le portefeuille combiné les valeurs suivantes :

Comparaisons avec et sans LTEI	Benchmark	Combiné
Valeur de marché	1 277	1 257
PMVL	14,5%	14,7%
Action benchmark	18%	18%
Action LTEI	0%	25%
Immobilier	10%	10%
Obligations Corporates	20%	20%
Obligations Gouvernementales	10%	10%
PVFP	66	70
VIF	55	60
SCR	41	38
Ratio S2	196%	222%

TABLE 4.10: Comparaison de la solvabilité de l'assureur avec et sans portefeuille LTEI, en M€

Ainsi nous voyons tout de suite le bénéfice du portefeuille LTEI sur la solvabilité de l'assureur qui gagne 26 points de ratio à l'aide de ce portefeuille. Cela est dû à la VIF qui augmente grâce aux meilleures plus-values des actions LTEI mais également le choc réduit qui permet de diminuer le SCR, cela génère donc un double effet bénéfique. Nous pouvons donc en conclure que sur notre portefeuille LTEI, le choc réduit a un impact plus fort que l'augmentation de la volatilité.

Maintenant cela représente uniquement la situation de l'assureur au 31/12/2020, vérifions alors la stabilité de ce bénéfice LTEI dans le temps en réalisant une projection sur 5 ans de cette situation.

4.2.2 Évolution de la situation de notre assureur sur 5 ans : analyse de sa solvabilité

Dans cette partie, nous changeons de vision afin de se placer dans un cadre ORSA et voir l'évolution de la solvabilité sur 5 ans en intégrant donc du nouveau business correspondant à 6% de la PM initiale qui arrive chaque année (hypothèse fixée d'après les benchmarks internes à Optimind). Pour cela nous allons projeter la situation économique sur 5 ans en risque réel puis sur ces 5 années nous regarderons la solvabilité de l'assureur comme nous avons pu le faire au 31/12/2020. Cela permettra d'avoir une première indication quant à la solidité de notre portefeuille LTEI dans le temps et son impact sur la solvabilité de notre assureur.

Afin de projeter la situation économique de notre assureur vie nous avons utilisé le GSE risque réel afin de projeter les tables action et immobilier (elles sont donc projetées à l'aide du modèle de Black & Scholes tel que décrit dans le chapitre 2). Pour les taux, nous avons émis l'hypothèse d'une légère hausse des taux sur 5 ans telle que :

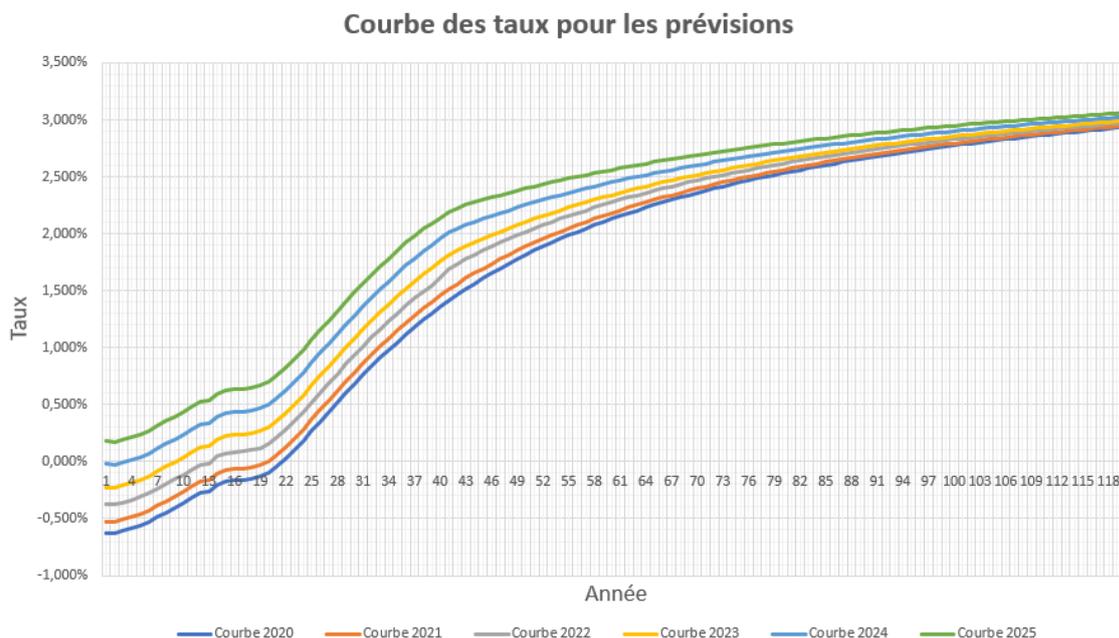


FIGURE 4.1: Les 5 courbes des taux utilisées pour la projection de la situation économique de notre assureur

Pour les volatilités implicites des actions LTEI et benchmark nous les considérons constantes sur 5 ans, cette hypothèse n'est pas dérangeante au vu des faibles variations de volatilité sur les 40 années que nous avons déjà.

Nous avons donc projeté la situation économique sur 5 ans, ensuite sur chaque année de

4.2. RECHERCHE DE RENDEMENT EN CONTEXTE DE TAUX BAS

ces projections nous réutilisons les nouvelles hypothèses obtenues pour avoir la situation globale de l'assurance sur 40 ans à l'aide du modèle ALM. Cela nous permet ainsi de voir l'évolution de cette norme LTEI avec la vie de l'assureur sur 40 ans en fonction des 5 nouvelles situations économiques. Nous faisons évidemment de même avec la situation initiale (donc utilisant uniquement le benchmark en investissement action) afin de pouvoir comparer sur ces 5 ans de projection, l'évolution de l'assureur avec les LTEI par rapport à s'il ne possédait pas de LTEI sur cette même période.

Comparaison pour l'année 2021

Voici donc les résultats pour une projection à 1 an :

Comparaisons au 31/12/2021	Benchmark	Combiné
Valeur de marché	1 350	1 354
PMVL	21,5%	22%
Action benchmark	22,7%	23,3%
Action LTEI	0%	35%
Immobilier	17,3%	17,3%
Obligations Corporates	31%	31%
Obligations Gouvernementales	12,5%	12,5%
PVFP	86	87
VIF	74	75
SCR	36	34
Ratio S2	275%	298%

TABLE 4.11: Comparaison de la solvabilité de l'assureur avec et sans portefeuille LTEI au 31/12/2021, en M€

Nous remarquons donc toujours le même double bénéfice avec la diminution du SCR grâce au choc réduit des LTEI et une légère augmentation de la VIF grâce à la bonne plus-value des actions LTEI, ce qui se ressent sur le ratio S2 avec un gain de 23 points.

Comparaison pour l'année 2022

Voici donc les résultats pour une projection à 2 ans :

4.2. RECHERCHE DE RENDEMENT EN CONTEXTE DE TAUX BAS

Comparaisons au 31/12/2022	Benchmark	Combiné
Valeur de marché	1 283	1 289
PMVL	20,3%	20,9%
Action benchmark	30,6%	32,3%
Action LTEI	0%	46%
Immobilier	29%	28%
Obligations Corporates	26,4%	27%
Obligations Gouvernementales	10%	9,5%
PVFP	88	81
VIF	79	72
SCR	34	31
Ratio S2	308%	314%

TABLE 4.12: Comparaison de la solvabilité de l'assureur avec et sans portefeuille LTEI au 31/12/2022, en M€

Sur cette deuxième année de projection, nous avons toujours un SCR diminué grâce aux LTEI, en revanche la VIF n'est plus supérieure avec le portefeuille LTEI. Nous n'arrivons malheureusement pas à expliquer cette diminution de la VIF, en effet les enjeux sont complexes à évaluer, en effet :

- Si les rachats sont moins élevés car le taux servi est plus élevé en moyenne avec le portefeuille LTEI cela peut rogner une partie de la marge financière, mais toutefois la baisse des rachats devrait rapporter plus en PVFP et donc en VIF. D'autant plus que nous avons une meilleure PMVL globale (même si légère) qui devrait jouer en faveur de la VIF du portefeuille avec LTEI. Cependant, nous n'avons pas assez de précision sur le modèle ALM utilisé afin de quantifier chaque impact que nous venons d'évoquer ainsi nous ne sommes pas parvenus à justifier précisément cet écart de VIF.

Malgré cela, la baisse du SCR l'emporte sur la baisse de la VIF ce qui permet toujours d'obtenir un ratio S2 supérieur de 6 points avec le portefeuille combiné.

Comparaison pour l'année 2023

Voici donc les résultats pour une projection à 3 ans :

4.2. RECHERCHE DE RENDEMENT EN CONTEXTE DE TAUX BAS

Comparaisons au 31/12/2023	Benchmark	Combiné
Valeur de marché	1 226	1 232
PMVL	19,5%	20,3%
Action benchmark	40%	42%
Action LTEI	0%	61%
Immobilier	42%	42%
Obligations Corporates	22,9%	22,8%
Obligations Gouvernementales	6,8%	6,8%
PVFP	75	76
VIF	67	68
SCR	32	30
Ratio S2	288%	316%

TABLE 4.13: Comparaison de la solvabilité de l'assureur avec et sans portefeuille LTEI au 31/12/2023, en M€

Nous retrouvons pour cette troisième année le double bénéfice avec la diminution du SCR toujours grâce au choc réduit des LTEI et encore la légère augmentation de la VIF grâce à la bonne plus-value des actions LTEI. Ce qui permet un gain de 28 points sur le ratio S2.

Comparaison pour l'année 2024

Voici donc les résultats pour une projection à 4 ans :

Comparaisons au 31/12/2024	Benchmark	Combiné
Valeur de marché	1 167	1 176
PMVL	18,7%	19,7%
Action benchmark	48,2%	51%
Action LTEI	0%	75%
Immobilier	56,5%	56%
Obligations Corporates	18,8%	18,7%
Obligations Gouvernementales	4,3%	4,2%
PVFP	76	72
VIF	70	66
SCR	31	29
Ratio S2	310%	317%

TABLE 4.14: Comparaison de la solvabilité de l'assureur avec et sans portefeuille LTEI au 31/12/2024, en M€

Nous retrouvons sur cette quatrième année, le même phénomène qu'en année 2, c'est-à-dire un SCR diminué grâce aux LTEI mais une VIF inférieure avec le portefeuille LTEI.

Malgré cela, la baisse du SCR l'emporte sur la baisse de la VIF ce qui permet toujours d'obtenir un ratio S2 supérieur de 7 points avec le portefeuille combiné.

Comparaison pour l'année 2025

Voici donc les résultats pour une projection à 5 ans :

Comparaisons au 31/12/2025	Benchmark	Combiné
Valeur de marché	1 126	1 137
PMVL	18,1%	19,5%
Action benchmark	55,6%	60%
Action LTEI	0%	91%
Immobilier	73,5%	73%
Obligations Corporates	15%	14,8%
Obligations Gouvernementales	2%	2%
PVFP	73	71
VIF	67	64
SCR	30	28
Ratio S2	305%	310%

TABLE 4.15: Comparaison de la solvabilité de l'assureur avec et sans portefeuille LTEI au 31/12/2025, en M€

Nous avons encore sur cette cinquième année, le même phénomène qu'en année 2 et 4, c'est-à-dire un SCR diminué grâce aux LTEI mais une VIF inférieure avec le portefeuille LTEI.

Malgré cela, comme pour les années 2 et 4, la baisse du SCR l'emporte sur la baisse de la VIF. Cela permet d'avoir un ratio S2 supérieur de 5 points avec le portefeuille combiné.

Conclusion sur les prévisions

En conclusion, nous voyons que le portefeuille LTEI permet non seulement de profiter d'un meilleur rendement tout en augmentant le ratio de S2 grâce au choc réduit qui joue son rôle en diminuant effectivement bien le coût en capital. Il faut toutefois rester vigilant vis-à-vis du phénomène de la VIF inférieure avec le portefeuille combiné que nous n'arrivons pas à expliquer à l'aide de notre modèle. Il faut également relativiser sur les taux de PMVL qui correspondent aux taux de plus-value initiale qui représentent le taux par rapport au montant initial des actions/immobilier afin de juger des plus-values déjà existantes en $t=0$. Ainsi avec le GSE risque réel qui utilise le modèle Black & Scholes pour projeter les cours des actions et de l'immobilier sur 5 ans, cela estime trop favorablement les plus-values. Toutefois le point important pour nous est ici la comparaison entre les 2 scénarios (benchmark et combiné) pour une année fixe, donc tant que les 2 scénarios sont calculés de la même façon nous pouvons juger des écarts entre les deux et évaluer la différence de solvabilité entre les scénarios, ce qui reste la finalité de notre étude.

4.2.3 Évolution de la situation de notre assureur en cas de scénario défavorable et en cas de scénario extrême

Nous avons donc jusqu'à présent pu constater les bénéfices sur la solvabilité de l'assureur vie à l'aide d'un gain d'une dizaine de points en moyenne sur chaque année ainsi qu'un meilleur rendement. Mais ces scénarios étaient réalisés sous une situation économique stable pour notre assureur. Or les contraintes réglementaires de la norme LTEI exigent de pouvoir fournir des études de sensibilité sur la solvabilité. Nous allons alors regarder la sensibilité de la solvabilité suivant le scénario économique considéré. Pour cela, nous allons étudier deux scénarios :

- Un scénario défavorable représentant une baisse du marché action et ses impacts.
- Un scénario de crise économique représentant une baisse extrême du marché action et ses impacts.

Ces scénarios sont réalisés à l'aide du GSE risque réel qui projette la situation économique dans le temps, ainsi nous partons du 31/12/2020 avec la situation stable puis nous projetons le scénario défavorable étudié pour voir l'impact sur la solvabilité de notre assureur dans le temps faisant suite donc à une situation défavorable sur l'année étudiée.

Le scénario défavorable

Pour le scénario défavorable nous avons représenté la crainte de l'inflation. En effet, nous simulons un marché craignant que les taux courts remontent et peut être même les taux longs (en gardant une convergence à 120 ans), l'attractivité de ces taux plus haut engendre donc une vente des actions vers les produits de taux (loi de l'offre et de la demande). Concrètement, nous avons fait subir une augmentation des taux de 25 bp¹ (donc 0,25%) jusqu'à 40 ans puis ensuite une augmentation amoindrie afin de garder la convergence des taux longs sur 120 ans. Et nous avons fait subir une baisse de 10% sur les rendements mensuels de notre portefeuille d'actions. Cette hausse des taux permet de prendre en compte une crainte de l'inflation sans que la hausse soit trop importante pour être pénalisante, nous verrons dans le scénario de crise la double peine avec les actions et les taux qui diminuent.

Pour ce scénario nous avons projeté cette situation défavorable sur 3 ans, en effet une crainte de l'inflation ne s'opère pas aussi rapidement qu'une crise économique, ce phénomène dure dans le temps. Voyons donc l'impact de cette crainte sur la solvabilité de notre assureur vie. Voici ci-dessous la courbe utilisée pour notre situation défavorable par rapport à la courbe des taux au 31/12/2020.

1. bp - Point de Base en français

4.2. RECHERCHE DE RENDEMENT EN CONTEXTE DE TAUX BAS

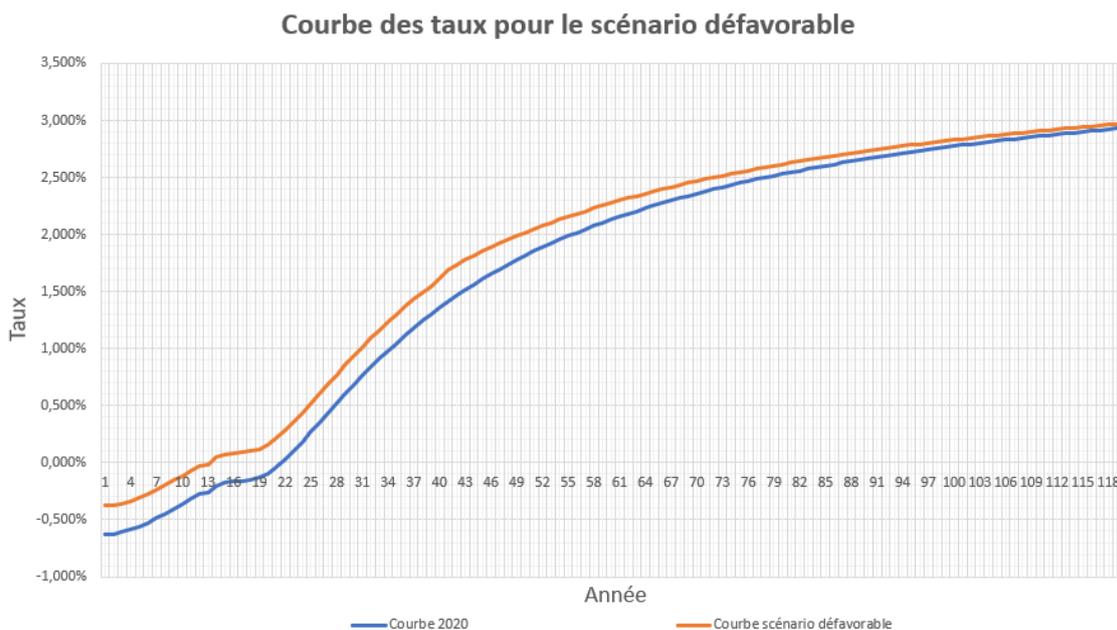


FIGURE 4.2: La courbe des taux utilisée pour la projection de notre scénario défavorable

Nous allons comparer uniquement les portefeuilles combinés. En effet, les modifications sont faites dans le cadre des actions LTEI et ce qui nous intéresse dans cette partie n'est pas l'impact de la classe LTEI mais l'impact du scénario défavorable sur les LTEI et la solvabilité de l'assureur. Nous devons donc comparer les scénarios pour un même portefeuille fixe.

Solvabilité de l'assureur dans 1 an avec le scénario défavorable

Voici les résultats à date du 31/12/2021, donc avec une baisse des actions et hausse des taux sur 1 an :

Comparaisons au 31/12/2021	Scénario standard	Scénario défavorable
Valeur de marché	1 354	1 334
PMVL	22%	21,5%
Action benchmark	23,3%	19,5%
Action LTEI	35%	31%
Immobilier	17,3%	17,2%
Obligations Corporates	31%	30,8%
Obligations Gouvernementales	12,5%	12,3%
PVFP	86	86
VIF	75	74
SCR	33	34
Ratio S2	298%	293%

TABLE 4.16: Comparaison de la solvabilité de l'assureur suivant l'évolution économique au 31/12/2021, en M€

Ainsi, sur la première année avec une crainte de l'inflation nous pouvons remarquer un

4.2. RECHERCHE DE RENDEMENT EN CONTEXTE DE TAUX BAS

impact très léger sur la solvabilité de l'assureur avec une perte de 5 points sur le ratio S2. Cela est dû à une légère baisse de la VIF et une légère augmentation du SCR, ce qui pour l'instant n'a rien de très inquiétant pour la solvabilité de l'assureur. Voyons si en perpétuant cette situation 1 an de plus, l'écart s'agrandit ou reste constant.

Solvabilité de l'assureur dans 2 ans avec le scénario défavorable

Voici les résultats à date du 31/12/2022, donc avec une baisse des actions et hausse des taux sur 2 ans :

Comparaisons au 31/12/2022	Scénario standard	Scénario défavorable
Valeur de marché	1 289	1 272
PMVL	20,9%	20,3%
Action benchmark	32,3%	25,5%
Action LTEI	46%	37,7%
Immobilier	28%	27,5%
Obligations Corporates	26,4%	26,3%
Obligations Gouvernementales	10%	9,2%
PVFP	81	80
VIF	72	71
SCR	31	32
Ratio S2	314%	306%

TABLE 4.17: Comparaison de la solvabilité de l'assureur suivant l'évolution économique au 31/12/2022, en M€

Nous observons logiquement le même scénario que la première année mais avec une baisse légèrement plus importante, cela correspond à l'effet temps. Ainsi, nous avons une perte de 8 points sur le ratio S2. Vérifions sur une dernière année si la perte continue de s'accroître légèrement.

Solvabilité de l'assureur dans 3 ans avec le scénario défavorable

Voici les résultats à date du 31/12/2023, donc avec une baisse des actions et hausse des taux sur 3 ans :

4.2. RECHERCHE DE RENDEMENT EN CONTEXTE DE TAUX BAS

Comparaisons au 31/12/2023	Scénario standard	Scénario défavorable
Valeur de marché	1 232	1 218
PMVL	20,3%	19,4%
Action benchmark	42%	30,5%
Action LTEI	61%	46,9%
Immobilier	42%	41,3%
Obligations Corporates	22,9%	22,5%
Obligations Gouvernementales	6,8%	6,4%
PVFP	76	75
VIF	69	67
SCR	29	30
Ratio S2	316%	304%

TABLE 4.18: Comparaison de la solvabilité de l'assureur avec et sans portefeuille LTEI au 31/12/2023, en M€

Finalement, cette baisse observable sur les deux premières années continue d'empirer en troisième année avec une baisse du ratio S2 de 12 points. Cela est toujours à cause de la baisse de la VIF et de l'augmentation du SCR.

En conclusion, la situation défavorable reste soutenable pour l'assureur qui voit son ratio S2 perdre quelques points à chaque nouvelle année de mauvais contexte économique. Si cette baisse est négligeable, cela est en grande partie dû au faible poids des actions dans le portefeuille.

Maintenant que nous avons vu qu'une situation défavorable n'est pas critique pour la solvabilité de l'assureur, il peut être intéressant de rechercher le scénario limite mettant en péril la solvabilité de l'assureur.

Le scénario de crise économique

Pour le scénario de crise nous allons modéliser de façon simplifiée un phénomène, connu sous le nom de *flight to quality* dans le cercle financier.

Ce phénomène intervient en temps de crise financière avec krach boursier. Le krach provoquant un gros mouvement de capital avec une vente importante des actions (donc les actions diminuent), les investisseurs reportent leurs investissements sur les obligations. Ceci a pour effet d'augmenter les prix des obligations (car elles sont achetées massivement) donc les taux des maturités correspondantes baissent (en effet si les prix des obligations montent, les taux de rendement baissent, c'est le principe d'actualisation). Nous avons donc dans cette situation une forte baisse du marché action ainsi qu'une baisse des taux, ce qui correspond à un scénario très critique pour un assureur vie.

Pour modéliser ce scénario nous avons fait chuter les rendements actions de 30% (cela correspond environ à la perte sur le Dow Jones¹ en 2008 avec la crise des *subprimes*). Comme nous faisons également diminuer les rendements qui sont déjà en perte, une baisse

1. Plus vieil indice boursier du monde

4.2. RECHERCHE DE RENDEMENT EN CONTEXTE DE TAUX BAS

de 40% (comme celle du CAC40 en 2008, pire perte de l'histoire du CAC40) aurait engendré un rendement final négatif sur le portefeuille action. Ce scénario étant réellement trop pessimiste et peu probable de nos jours avec la gestion des risques accrue, nous avons décidé de garder une perte de 30% sur notre portefeuille action. Puis pour les taux nous les avons fait chuter de 20 bp (donc 0,20%) sur 50 ans puis ensuite nous avons fait converger les taux sur 120 ans, tels que :

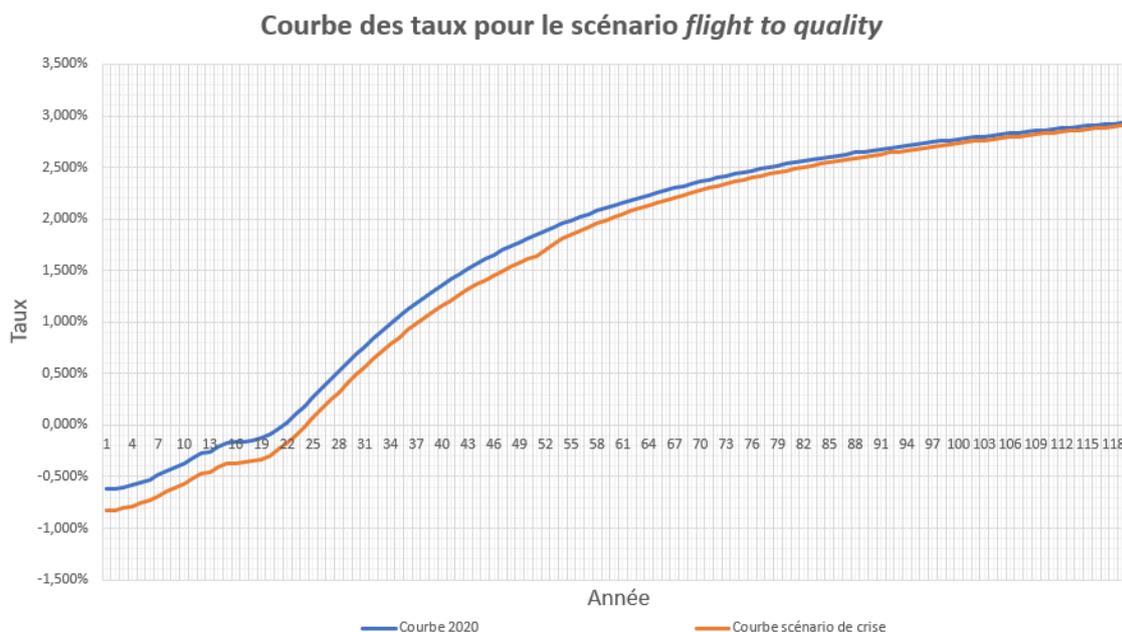


FIGURE 4.3: La courbe des taux utilisée pour la projection de notre scénario de crise : *flight to quality*

Cela nous donne alors comme résultat pour la solvabilité de notre assureur vie en cas de crise économique :

Comparaisons au 31/12/2021	Scénario standard	Scénario de crise
Valeur de marché	1 354	1 372
PMVL	22%	21,4%
Action benchmark	23,3%	18,7%
Action LTEI	35%	27%
Immobilier	17,3%	17,4%
Obligations Corporates	31%	31,6%
Obligations Gouvernementales	12,5%	12,7%
PVFP	87	80
VIF	75	67
SCR	34	38
Ratio S2	298%	242%

TABLE 4.19: Comparaison de la solvabilité de l'assureur suivant l'évolution économique au 31/12/2021, en M€

Nous pouvons voir que la solvabilité de l'assureur a fortement diminué en l'espace d'un an avec un scénario de crise économique. En effet, le ratio S2 chute de 56 points en passant de 298% à 242%, cela vient d'une part de la VIF qui diminue de 8,5 M€ environ puis en plus le SCR qui augmente de 4,3 M€ environ. Pourtant les PMVL initiales sur les actifs ne sont pas en forte baisse car nous avons au départ la situation initiale de l'assureur dans un scénario standard et non un scénario de crise dès le début. Ainsi, la diminution de la VIF et l'augmentation du SCR résultent bien des tables actions générées avec un rendement fortement affaibli malgré la table taux qui diminue rendant par exemple les obligations plus chères avec leurs prix qui augmentent et générant une légère hausse des plus-values. Ces deux effets négatifs (diminution de la VIF + augmentation du SCR) pour l'assureur viennent fortement lui pénaliser son ratio S2 avec cette chute drastique de 56 points.

Nous concluons donc qu'une situation de crise économique n'est pas viable pour la solvabilité de notre assureur avec LTEI dans le temps. Cependant nous sommes ici dans un scénario de crise économique qui n'est pas une situation durable dans le temps. De plus, malgré la baisse du ratio de solvabilité, l'assureur restera toujours solvable, mais le plus important reste qu'en valeur de marché les actions LTEI ne chutent pas (valeur de marché action LTEI stable au voisinage de 38 M€ avec et sans le scénario extrême) ainsi nous n'avons pas à vendre désespérément d'actions LTEI, ce qui est interdit avec la réglementation à propos des LTEI. Donc malgré le scénario de crise, nous sommes toujours en capacité de respecter les contraintes réglementaires.

Conclusion sur les scénarios défavorable et de crise

Finalement, nous observons que sous un scénario de situation défavorable, représenté par une crainte de l'inflation, notre assureur résiste bien en termes de solvabilité. En effet cette dernière perd quelques points de ratio mais cela ne met pas en péril la solvabilité de l'assureur. De plus, la valeur de marché des actions reste stable donc nous ne sommes pas obligés de vendre *in extremis* les actions. Puis concernant le scénario de situation de crise économique, représenté par un phénomène de *flight to quality*, notre assureur reste solvable grâce à son bon ratio S2 initial. Toutefois, il perd 56 points en une année, donc sous ce scénario il faut rester vigilant quant à la durabilité dans le temps, même si une crise économique d'une telle ampleur ne dure jamais plusieurs années grâce à l'intervention des banques centrales. Puis, comme sous le scénario défavorable, en situation de crise la valeur de marché des actions LTEI reste également stable, donc nous nous préservons d'une vente forcée. Pour conclure sur les résultats, cela permet d'apporter une première réponse sur les sensibilités possibles à fournir pour respecter les contraintes réglementaires qui n'explicitent aucune méthode.

De plus, il faut relativiser la méthode utilisée pour ces scénarios défavorable et critique. En effet, nous avons décidé d'attribuer un choc à la baisse sur nos rendements (et ses impacts résultant sur les taux) en étant dans l'esprit des chocs réalisés pour le calcul de la formule standard. Cependant, d'un point de vue purement économique, il aurait été plus judicieux de directement attribuer ce choc sur les 20 actions initiales puis de reconstituer le portefeuille optimal car, pour rappel, notre optimisation repose sur la stratégie de limiter le *drawdown*. C'est-à-dire que notre stratégie est particulièrement efficace pour les

4.3. QUEL ÉQUILIBRE ENTRE LA NORME RÉGLEMENTAIRE ET LES RÉALITÉS PRATIQUES DES LTEI ?

périodes de crises et de baisse sur les marchés, ainsi avec une bonne gestion, ce n'est pas parce que le marché action perd 30% que les portefeuilles d'actions perdront également 30% (comme nous avons pu émettre l'hypothèse ici pour se rapprocher du choc arbitraire de la formule standard). Finalement, notre méthode se rapporte au point de vue actuariel avec Solvabilité II et permet d'apporter les premiers éléments de réponse sur une étude LTEI qui n'a pas encore été faite sur le marché assurantiel français, mais il est important de garder en tête le point de vue économique et de pouvoir à l'avenir être capable de lier les deux.

4.3 Quel équilibre entre la norme réglementaire et les réalités pratiques des LTEI ?

Finalement, si l'étude apportée par ce mémoire va dans le sens des défenseurs de la norme LTEI (notamment l'ACPR, le Trésor et les assureurs français et néerlandais) avec un bénéfice sur la solvabilité des assureurs grâce aux actions LTEI permettant une diversification de leurs actifs tout en finançant l'économie réelle dont les assurances jouent un rôle majeur, il faut toutefois étudier les contraintes réglementaires que cela implique, qui aujourd'hui sont la principale cause de l'absence de LTEI chez les assureurs vie. Dans les parties précédentes pour mener notre étude, nous avons respecté la contrainte d'avoir des actions européennes pour créer notre portefeuille puis nous avons respecté l'engagement au long terme en interdisant les ventes des LTEI dans nos études ALM. Nous avons, de plus, proposé des *stress tests* à travers nos prévisions sur 5 ans puis notre scénario défavorable et de crise afin d'étudier les limites du modèle avec les LTEI.

Cependant, il reste le problème de cantonnement actif-passif ainsi que la gestion de la poche LTEI séparée des autres actifs. Cela est trop coûteux d'un point de vue main d'œuvre pour une assurance et non représentative de la réalité avec une mauvaise estimation du risque action par rapport au risque obligataire comme le précisent l'ACPR et le Trésor lors de leur conférence [1] sur la revoyure. De plus, en cas d'impact favorable il sera demandé à l'assureur des éléments supplémentaires sur sa capacité de détention du portefeuille LTEI et des études de sensibilité sur sa solvabilité. Mais cela semble, dans un premier temps, redondant avec les *stress tests* demandés pouvant servir de sensibilité mais également la question légitime se levant ici est : pourquoi devoir justifier des éléments en plus lorsque tout va bien et qui plus est lorsque les autres actifs n'ont pas cette mesure là, notamment les actions de type 1 ? En effet, dans la finalité la poche LTEI a le même rôle que les actions type 1 à savoir générer du rendement et diversifier le portefeuille, donc pourquoi une telle différence de traitement réglementaire ? Nous acceptons le fait que le choc réduit permettant d'augmenter sa part action ou du moins d'en tirer une meilleure partie doit être limité sur sa quantité et son utilisation pour éviter les dérives mais le traitement réglementaire n'a pas lieu d'être aussi lourd pour les LTEI en comparaison des actions type 1.

Afin de rendre viable sur une réalité pratique cette proposition de la classe d'actif LTEI, il peut être intéressant de revoir la demande d'informations supplémentaires en cas d'impact positif ainsi que la gestion de la poche LTEI avec son passif adossé séparément du reste

4.3. QUEL ÉQUILIBRE ENTRE LA NORME RÉGLEMENTAIRE ET LES RÉALITÉS PRATIQUES DES LTEI ?

des actifs. En effet, il peut être bon de réfléchir sur un mixte en gardant l'idée d'un cantonnement des LTEI sur un passif bien précis mais de garder une gestion commune avec le reste afin de ne pas dédoubler le travail coûteux en temps et en argent.

Ces allègements permettront en plus aux assureurs ne voulant pas prendre les responsabilités d'assumer un plus grand rôle dans la gestion de leurs portefeuilles d'actifs de pouvoir tout de même utiliser la classe LTEI. Si dans notre étude nous avons proposé une méthodologie pour construire un portefeuille LTEI pour les assureurs acceptant les recommandations des *asset manager* de savoir gérer la poche sans nécessairement les faire intervenir, il est tout à fait possible de ne pas investir dans des actions mais dans des fonds actions déjà existants chez justement des gestionnaires d'actifs. Cela permet donc à l'assureur d'avoir le profit des LTEI sans les gérer personnellement, mais cela est impossible aujourd'hui car à cause des contraintes réglementaires l'assureur est obligé de s'impliquer dans la gestion pour fournir les dossiers aux régulateurs, or certains assureurs n'ont pas les moyens pour cela. Ainsi avec les allègements proposés ci-dessus, ces assureurs pourront investir dans la classe LTEI à travers les fonds actions respectant les contraintes LTEI sans avoir à fournir de dossier supplémentaire car la classe LTEI sera incluse dans le dossier réglementaire avec toutes les autres classes d'actifs déjà existantes. Si l'assureur choisit d'investir à travers un fonds d'actions d'un gestionnaire d'actifs alors le cadre réglementaire s'applique de la même façon avec une part du fonds représentant une action.

Conclusion

Après avoir pris connaissance de l'avis de l'EIOPA pour la revoyure 2020 donnée en décembre 2020, ce mémoire analyse l'impact de la classe LTEI sur la solvabilité d'un assureur. Nous nous sommes intéressés aux 3 étapes de vie de cette classe d'actifs avec leurs problématiques propres, à savoir :

- Première étape : Comment choisir des actions pouvant constituer un portefeuille d'actions LTEI ?
- Deuxième étape : Une fois les actions choisies, comment les traiter afin de construire un portefeuille optimal pour le *risk appetite* du support fonds euro d'un assureur vie ?
- Troisième étape : Quel est l'impact des LTEI sur la santé d'une assurance ? Quid des contraintes réglementaires restreignant aujourd'hui l'utilisation de cette classe d'actifs ?

Notre première partie a pris le rôle d'un guide méthodologique afin de fournir aux assurances une stratégie de sélection des actions. En effet, cela n'est pas le rôle premier de l'assureur de savoir choisir des actions pour un investissement, or pour investir dans un portefeuille d'actifs classifié LTEI il faut savoir compléter ce dernier d'actions. Ainsi, nous proposons une multitude de critères et ratios financiers avec leur interprétations et les explications des valeurs possibles de ces derniers, tout cela dans le but de laisser libre l'assureur de construire sa propre stratégie fidèle à son *risk appetite*. Nous proposons ensuite notre propre stratégie utilisée pour notre étude avec les explications de ces choix illustrées sur la sélection une action.

En deuxième partie, nous développons la construction du portefeuille LTEI à l'aide des actions sélectionnées dans la partie précédente ainsi que son optimisation. Pour cela, nous regardons différentes mesures de risque et de rentabilité (rendement, volatilité, ratio de Sharpe, ratio de Sortino et *drawdown*) afin de comparer les différentes techniques d'optimisations utilisées. Ensuite nous étudions les risques pris sur ce portefeuille LTEI créé avec une précision sur la sous-estimation des risques de queues lourdes.

Puis en troisième partie, nous regardons l'impact qu'a ce portefeuille LTEI dans la solvabilité d'un assureur afin de quantifier les bénéfices que peut apporter cette classe d'actifs. Pour cela, nous utilisons deux visions :

La première en comparant l'impact de l'intégration ou non du portefeuille LTEI à l'actif de l'assurance dans une situation économique stable, qui est donc favorable à l'assureur.

4.3. QUEL ÉQUILIBRE ENTRE LA NORME RÉGLEMENTAIRE ET LES RÉALITÉS PRATIQUES DES LTEI ?

Puis la deuxième avec cette fois le portefeuille LTEI intégré dans l'actif de l'assureur mais en faisant varier le scénario économique passant de favorable à défavorable puis à la crise économique. Cela nous permet d'étudier les sensibilités des contraintes réglementaires afin de vérifier que même en cas de scénarios adverses l'assureur pourra respecter ses engagements vis-à-vis de la norme LTEI.

Finalement, nous apportons un regard critique sur les contraintes réglementaires qui aujourd'hui sont responsables de la non utilisation de cette classe d'actifs pour les assurances françaises. Nous essayons d'apporter ici une réflexion constructive sur les allègements possibles à effectuer sur la norme LTEI pour la rendre viable et être une vraie alternative de diversification et apporteur de rentabilité à un assureur vie.

Pour continuer les travaux à ce sujet, il peut être intéressant d'analyser la sensibilité de la solvabilité de l'assureur vis-à-vis d'une augmentation d'un point de volatilité implicite afin de quantifier la limite de risques possibles lors du choix des actions. Il peut également être utile de procéder à un *reverse stress test*, c'est-à-dire de saturer toutes les contraintes réglementaires des LTEI afin de voir ce qu'il se passe sur la santé d'une assurance et trouver les limites de la norme. Concernant l'optimisation du portefeuille, il peut être intéressant de regarder l'impact d'une couverture à l'aide de *put* et *put spread* afin de minimiser encore mieux le *drawdown*.

Bibliographie

- [1] ACPR ET TRÉSOR. “Révision de la directive solvabilité 2 : quelles opportunités et quels défis pour les assureurs en période de crise ?” In : *Optionfinance.fr [en ligne]* (2021).
- [2] Groupe de travail ALM. *Impact de la crise financière sur la solvabilité d’une compagnie d’Assurance Vie « Epargne » représentative du marché français*. Rapp. tech. Institut des Actuaire, 2020.
- [3] P BONNEFOY. “Implémentation et calibrage d’un Générateur de Scénarios Économiques : impact sur la volatilité du Solvency Capital Requirement”. Mémoire d’actuariat. EURIA, 2016.
- [4] Rainer BUCKDAHN. *Cours de master 1 de Calcul Stochastique*, EURIA. 2019.
- [5] A BUTLER, M PHILBRICK et R GORDILLO. *Adaptive Asset Allocation: Dynamic Global Portfolios to Profit in Good Times - and Bad*. Wiley Finance, 2016.
- [6] J DANIELSSON. *Financial risk forecasting: the theory and practice of forecasting market risk with implementation in r and matlab*. Wiley Finance, 2011.
- [7] K DEMETERFI et al. *More Than You Ever Wanted To Know About Volatility Swaps*. Quantitative Strategies Research Notes. Goldman Sachs, 1999. URL : http://emanuelderman.com/wp-content/uploads/1999/02/gs-volatility_swaps.pdf.
- [8] EIOPA. “Opinion on the 2020 review of solvency II”. In : (2020). URL : https://www.eiopa.europa.eu/content/opinion-2020-review-of-solvency-ii_en.
- [9] EUROPEAN INSTITUTE OF FINANCIAL REGULATION. “Révision de Solvency 2 : Quels progrès pour l’investissement long terme des assureurs ?” In : (2021).
- [10] Commission EUROPÉENNE. “Règlement délégué (UE) 2019/981 du 18 mars 2019”. In : *Journal officiel L. 161/1*. (2019).
- [11] Pilotage & Modélisation Multinormes EXPERTISE CENTER. “Révision Solvabilité 2, Avis EIOPA”. In : *Optimind [en ligne]* (2021).
- [12] M FABER. “A quantitative Approach to Tactical Asset Allocation”. In : *Journal of Wealth Management* (2007).
- [13] FFA. *L’assurance française : données clés 2019*. Rapp. tech. FFA, 2020.
- [14] W FOUQUES et al. “Calibrage du modèle G2++ dans le cadre d’un GSE risque neutre”. Bureau d’étude. EURIA, 2020.
- [15] FRAERIS. “La revue 2018 de la formule standard”. In : *Bulletin d’information n°10* (2019).

- [16] K KOUADIO. “Méthodes Prospectives de Calcul de SCRs et Applications”. Mémoire d’actuariat. ISUP, 2016.
- [17] MINISTERE DE L’ECONOMIE ET DES FINANCES. “Décret no 2019-1437 du 23 décembre 2019 relatif aux contrats d’assurance ou de capitalisation comportant des engagements donnant lieu à constitution d’une provision de diversification et adaptant le fonctionnement de divers produits d’assurance”. In : *Journal officiel n°0299 [en ligne]* (2019).
- [18] NG, K. “L’impact du contexte actuel où règnent les bas taux d’intérêt sur les investisseurs”. fr. In : *Russell Investments [en ligne]* (2020). URL : <https://russellinvestments.com/ca/fr/blog/impact-low-interest-rates-investors>.
- [19] OOREKA. *Analyse de la performance d’une entreprise*. URL : <https://comptabilite.ooreka.fr/dossier/753923/analyse-de-la-performance-d-une-entreprise>.
- [20] D. Kaplan PAUL. “What’s wrong with multiplying by the square root of twelve”. In : *Journal of performance measurement* (2013).
- [21] A PEASE. “Perspectives des marchés mondiaux 2021 – Mise à jour du T2 : La seconde venue”. In : *Russell Investments [en ligne]* (2021). URL : <https://russellinvestments.com/ca/fr/blog/2021-global-market-outlook-q2-update>.
- [22] A PELLÉ. “Impact des mesures sur les taux d’intérêts de la revoyure Solvabilité II dans le cadre d’un portefeuille épargne”. Mémoire d’actuariat. Université Dauphine, 2021.
- [23] J PENASSE et F DEZORME. *Comment la directive Solvabilité II impacte-t-elle la détention en actions des assureurs vie ?* Rapp. tech. Institut des Actuaire, 2021.
- [24] J PICERNO. *Quantitative Investment Portfolio Analytics In R*. Beta Publishing, 2018.
- [25] PRICE-EARNINGS RATIO. *Price-earnings ratio*. Wikipédia - L’encyclopédie libre [en ligne]. 2021. URL : https://fr.wikipedia.org/wiki/Price-earnings_ratio.
- [26] CBOE VIX. *White Paper Cboe Volatility Index*. Livre Blanc. Chicago Board Options Exchange, 2019. URL : <https://cdn.cboe.com/resources/vix/vixwhite.pdf>.
- [27] WÜRTZ, D AND SETZ, T AND CHALABI, Y AND CHEN, W AND ELLIS, A. *Portfolio Optimization with R/Rmetrics*. URL : <https://www.rmetrics.org/downloads/9783906041018-fPortfolio.pdf>.
- [28] WÜRTZ, D AND SETZ, T AND CHALABI, Y AND LAM, L AND ELLIS, A. *Basic R for finance*. URL : <https://www.rmetrics.org/downloads/9783906041025-basicr.pdf>.
- [29] L XI, R. N SULLIVAN et L GARCIA-FEIJOO. “The Low-Volatility Anomaly: Market Evidence on Systemic Risk vs. Mispricing”. In : *Financial Analysts Journal* (2016).

Table des figures

1.1	Présentation des 3 piliers de la norme Solvabilité II	3
1.2	Bilan simplifié d'un assureur sous Solvabilité II	4
1.3	Les risques du SCR	6
1.4	Représentation du capital requis pour une assurance	7
1.5	Les quatre fonctions clés	9
1.6	Étapes clés de la revoyure 2020	13
2.1	Exemple de <i>drawdown</i> , graphe du haut : performance du portefeuille et graphe du bas : <i>drawdown</i> du portefeuille	25
2.2	Principe du modèle ALM [3]	37
2.3	Stratégie de la PB	42
2.4	Répartition des TMG	47
3.1	Exemple de l'outil utilisé pour la sélection des actions	56
3.2	Comparaison de l'évolution de la volatilité du S&P 500 par rapport à son cours boursier en fonction du temps	61
3.3	Évolution des performances cumulées, des rendements journaliers et des drawdown pour chaque action en fonction du temps	62
3.4	Erreur relative entre les deux calculs de volatilités	64
3.5	Evolution de la volatilité de Unibail en fonction du temps	65
3.6	Corrélation des actions	68
3.7	Distribution des rendements journaliers de L'Oréal avec ses VaR à 95% et 99%	69
3.8	Drawdown de L'Oréal du 01/01/2008 au 31/12/2020	70
3.9	Comparaisons des 3 stratégies de rebalancement sur le portefeuille LTEI équi-réparti	72
3.10	Comparaisons des nouvelles stratégies de rebalancement sur le portefeuille LTEI équi-réparti	74
3.11	Comparaisons de toutes les stratégies suivant le poids des actions considérées	76
3.12	VaR et ES en fonction du niveau de fonction pour le portefeuille LTEI . . .	77
3.13	Comparaisons des VaR par rapport à la distribution des rendements du portefeuille LTEI	78
3.14	Estimation des valeurs extrêmes pour les rendements mensuels et journa- liers du portefeuille LTEI	79
3.15	Ajustement d'une loi sur la distribution des rendements mensuels	79

TABLE DES FIGURES

3.16	Distribution cumulative des rendements mensuels par rapport à la distribution cumulative normale	80
3.17	Distribution cumulative des rendements mensuels par rapport à la distribution cumulative normale : zoom sur la queue de gauche	80
3.18	Comparaison des quantiles pour appliquer la théorie des valeurs extrêmes .	81
3.19	Histogramme avec les données simulées suivant Monte-Carlo (à gauche) et histogramme avec les données historiques (à droite)	82
3.20	Évolution de la contribution au risque de chaque action	82
4.1	Les 5 courbes des taux utilisées pour la projection de la situation économique de notre assureur	102
4.2	La courbe des taux utilisée pour la projection de notre scénario défavorable	108
4.3	La courbe des taux utilisée pour la projection de notre scénario de crise : <i>flight to quality</i>	111

Liste des tableaux

2.1	<i>Payoff</i> des différentes stratégies de couverture	27
2.2	Caractéristiques des obligations	45
2.3	Répartition des actifs	45
2.4	Caractéristiques du passif en moyenne sur les 50 <i>model point</i>	46
3.1	Valeur des volatilités en fonction de la méthode de calcul	64
3.2	Ratio de Sharpe pour chaque action	66
3.3	Ratio de Sortino pour chaque action	67
3.4	Les 3 différentes mesures de risques	69
3.5	Mesures de risque sur les 3 stratégies	72
3.6	Mesures de risque sur les différents portefeuilles	74
3.7	Mesures de risque sur les différents portefeuilles	76
4.1	Hypothèses au passif pour générer la situation initiale de notre assureur vie	85
4.2	Hypothèses à l'actif pour générer la situation initiale de notre assureur vie	86
4.3	Hypothèses sur les chocs pour générer la situation initiale de notre assureur vie	87
4.4	Bilan Solvabilité II de l'assureur vie (en M€)	87
4.5	Décomposition du SCR à l'état initial	88
4.6	Nouvelles hypothèses de l'actif avec le poids en action augmenté à 16% . .	91
4.7	Nouveau bilan Solvabilité II de l'assureur vie (en M€)	91
4.8	Comparaison de la solvabilité de l'assureur en fonction de son choix pour la quantité d'actions	92
4.9	Volatilités utilisées pour le GSE risque neutre suivant le type d'actions considéré	100
4.10	Comparaison de la solvabilité de l'assureur avec et sans portefeuille LTEI, en M€	101
4.11	Comparaison de la solvabilité de l'assureur avec et sans portefeuille LTEI au 31/12/2021, en M€	103
4.12	Comparaison de la solvabilité de l'assureur avec et sans portefeuille LTEI au 31/12/2022, en M€	104
4.13	Comparaison de la solvabilité de l'assureur avec et sans portefeuille LTEI au 31/12/2023, en M€	105
4.14	Comparaison de la solvabilité de l'assureur avec et sans portefeuille LTEI au 31/12/2024, en M€	105

LISTE DES TABLEAUX

4.15	Comparaison de la solvabilité de l'assureur avec et sans portefeuille LTEI au 31/12/2025, en M€	106
4.16	Comparaison de la solvabilité de l'assureur suivant l'évolution économique au 31/12/2021, en M€	108
4.17	Comparaison de la solvabilité de l'assureur suivant l'évolution économique au 31/12/2022, en M€	109
4.18	Comparaison de la solvabilité de l'assureur avec et sans portefeuille LTEI au 31/12/2023, en M€	110
4.19	Comparaison de la solvabilité de l'assureur suivant l'évolution économique au 31/12/2021, en M€	111

Lexique

ACPR : Autorité de Contrôle Prudentielle et de Résolution

ALM : Asset and Liabilities Management (Gestion actif-passif)

BE : Best Estimate

EC : Ecart de Convergence

FP : Fonds Propres

GSE : Générateur de Scénarios Economiques

LTEI : Long Term Equity Investment (Investissement en action long terme)

MCR : Minimum Capital Requirement (Capital Minimum Requis)

PM : Provision Mathématique

PPE : Provision pour Participation aux Excédents

PV : Plus-Value

PVFP : Present Value of Future Profit

RC : Réserve de Capitalisation

SCR : Solvency Capital Requirement (Capital de Solvabilité Requis)

TME : Taux Moyen d'Emprunt d'Etat

TMG : Taux Minimum Garanti

VIF : Value In Force

VM : Valeur de Marché