

**Mémoire présenté devant le Centre d'Etudes Actuarielles
pour la validation du cursus à la Formation d'Actuaire
du Centre d'Etudes Actuarielles
et l'admission à l'Institut des Actuares
le 1^{er} mars 2017**

Par : Brahim JAMALEDDINE

Titre : L'appétit au risque - Mise en place et déclinaison par branche d'activité dans
une compagnie d'assurance vie

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

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

*Membre présent du jury de
l'Institut des Actuares :*

*Membres présents du jury du
Centre d'Etudes Actuarielles :*

Secrétariat :

Bibliothèque :

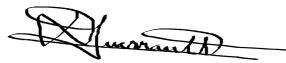
Entreprise : AXA France

Nom : _____

Signature / Cachet :

Directeur de mémoire en entreprise :

Nom : Xavier GUERRAULT

Signature : 

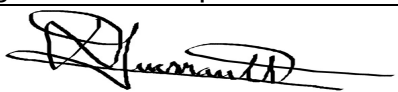
Invité :

Nom : _____

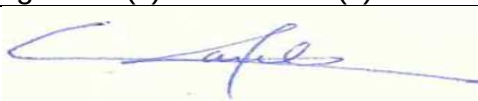
Signature :

**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



Signature(s) du candidat(s)



Résumé

Mots clés : Solvabilité 2, Modèle interne, Appétit au risque, risques assurantiels.

La directive Solvabilité 2 introduit de nouvelles règles en termes de besoin de capital et en termes de gouvernance du risque.

Le cadre de l'appétit au risque occupe une place importante au sein de la directive car il permet de définir la prise de risque qu'une compagnie d'assurance est prête à assumer en vue de la continuité de son activité et l'atteinte de ces objectifs.

C'est dans ce contexte que nous avons étudié l'appétit au risque et la déclinaison de l'appétit aux risques assurantiels par branche pour pouvoir l'intégrer dans la stratégie commerciale à travers le modèle interne d'AXA.

Ce mémoire pose le cadre général de l'appétit au risque qui se traduit par des engagements pris sur deux indicateurs clés qui sont le résultat et le ratio de solvabilité pour des chocs sévères et modérés au global de l'entreprise et par nature de risque (risque financier, risque assurantiel et risque opérationnel). Il propose ensuite plusieurs approches pour l'allocation de l'appétit au risque assurantiel par branches d'activité pour pouvoir intégrer l'appétit au risque dans la stratégie commerciale de la compagnie et cibler plus précisément les zones de risque sensibles à suivre.

Abstract

Key words : Solvency 2, internal model, Risk Appetite, Life insurance risks.

Solvency 2 introduces new rules in terms of economic capital and in terms of risk governance.

Risk appetite has an important place within the Directive Solvency 2 as it sets the risk-taking that an insurance company is willing to assume for the continuity of its activity and achieving these objectives.

The aim of the risk appetite framework is to ensure that appropriate governance, reporting, limits and decision processes have been set up to drive risk management decisions. It helps the company to :

- monitor the accumulation of risks,
- have a clearly stated risk appetite, and
- manage its exposure

Through the internal model of AXA we have studied the Risk appetite. Limits are expressed regarding the potential impact of risks on :

- underlying earnings
- Solvency: contribution to Solvency II coverage ratios

And then we have proposed several approaches to set limits per line of business for life risks and so we could take into account the market environment, the wealth of the company and short term anticipations or long term strategic priorities.

Remerciements

Je souhaite remercier Xavier GUERRAULT pour son investissement ainsi que ces conseils qui m'ont permis d'avancer tout au long de ce projet.

Je tiens aussi à remercier toutes les personnes qui m'ont soutenu et aidé à mener ce mémoire à son terme.

Enfin, je remercie mon épouse qui m'a toujours encouragé et soutenu tout au long de ce projet.

Table des matières

<i>Résumé</i>	2
<i>Abstract</i>	3
<i>Remerciements</i>	4
<i>Introduction</i>	7
Partie 1 : Présentation du contexte réglementaire	9
1.1 <i>L'assurance Vie en France</i>	9
1.1.1 Contrats d'épargne.....	10
1.1.2 Contrats retraite	11
1.1.3 Contrats de prévoyance	11
1.1.4 Garanties en cas de décès	11
1.2 <i>Contexte réglementaire</i>	13
1.2.1 Pilier I	13
1.2.2 Pilier II.....	20
1.2.3 Pilier 3.....	23
Partie 2 : Cadre de l'Appétit au Risque	24
2.1 <i>Mesure de risque</i>	24
2.1.1 L'écart-type	25
2.1.2 La Value-at-Risk (VaR).....	25
2.1.3 La Tail-Value-at-Risk (TVaR)	26
2.2 <i>Cartographie des risques</i>	27
2.3 <i>Cadre de l'appétit au risque dans le modèle interne AXA</i>	28
2.3.1 Répartition des responsabilités au sein de l'entreprise.....	29
2.3.2 Fixation des objectifs.....	29
2.3.3 Déclinaison de l'appétence au risque	30
2.3.4 Déclinaison par branche basés sur des critères performance/risque.....	31
2.3.5 Déclinaison par branche basée sur la diversification du SCR _{vie}	32
2.3.6 Déclinaison par branche : Approche alternative.....	33
2.4 <i>Suivi de l'appétit au risque</i>	33
Partie 3 : Présentation du modèle utilisé	35
3.1 <i>Modèle de projection</i>	35
3.1.1 Modélisation de l'Actif.....	36
3.1.2 Modélisation du Passif.....	39
3.1.3 Modélisation ALM	43

3.2	<i>Les différents indicateurs de rentabilité calculés.....</i>	44
3.2.1	<i>Les nouveaux indicateurs de rentabilité</i>	44
3.3	<i>Méthodologies de calcul du capital économique</i>	48
3.3.1	<i>Approche formule standard</i>	48
3.3.2	<i>Approche modèle interne.....</i>	48
3.3.3	<i>Calcul du capital économique avec le modèle interne AXA.....</i>	52
Partie 4	<i>Application en Assurance Vie.....</i>	55
4.1	<i>Gouvernance de la compagnie.....</i>	55
4.1.1	<i>Gouvernance des risques</i>	55
4.2	<i>Présentation de l'activité de la compagnie</i>	56
4.3	<i>Calcul du besoin en capital solvabilité 2 avec le modèle interne AXA.....</i>	57
4.3.1	<i>Risque Marché.....</i>	57
4.3.2	<i>Risque de crédit</i>	58
4.3.3	<i>Risque Vie</i>	58
4.4	<i>Exemple de formulation de l'appétit pour le risque.....</i>	61
4.4.1	<i>Indicateurs retenus par la fixation des limites</i>	61
4.4.2	<i>Fixation des limites et déclinaison par nature de risque.....</i>	63
	<i>Conclusion.....</i>	79
	<i>Annexes 1 : Formule Standard pour le calcul du capital de solvabilité requis (SCR).....</i>	80
	<i>Annexes 2 : Exemple de suivi d'indicateur opérationnel</i>	82
	<i>Risque rachat en Epargne :</i>	82
	<i>Annexes 3 : Drivers utilisés pour la projection du SCR.....</i>	84
	<i>Liste des illustrations.....</i>	85
	<i>Bibliographie.....</i>	86

Introduction

La directive Solvabilité 2 adoptée en novembre 2009 et rentrée en vigueur en janvier 2016 au sein de l'union européenne modifie profondément les règles prudentielles de l'activité d'assurance notamment en termes d'exigences en fonds propres.

Au-delà du calcul du capital réglementaire qui est défini de sorte à permettre aux compagnies d'assurance, de ne pas faire faillite à horizon un an avec une probabilité de 99.5%, la directive Solvabilité 2 incite les compagnies à maîtriser et gérer leurs risques notamment à travers des objectifs de prise de risque précis et de faire le lien avec les orientations stratégiques de développement.

Le cadre d'appétit au risque permet de déterminer une enveloppe globale de risque qu'une compagnie accepte d'assumer afin de poursuivre son activité. Cette enveloppe est ensuite déclinée aux niveaux opérationnels (politique de souscription, politique d'investissement, politique de réassurance,...).

Pour définir cette enveloppe, l'appétit au risque considère l'impact potentiel des risques sur des indicateurs clés autour de plusieurs axes (Résultat, Valeur, Solvabilité : les ratios de couverture Solvabilité 1 et Solvabilité 2, Liquidité,...)

Il permet ainsi d'établir un lien entre le modèle interne et la gouvernance de l'entreprise en termes de :

- Profil de risque quantifié au moyen du modèle interne
- Limites de tolérance au risque établies en cohérence avec les résultats du modèle interne
- Traduction opérationnelle de ces orientations dans le cadre des politiques d'investissement, de souscription, de réassurance et de provisionnement.

Le premier objectif du mémoire est de comprendre le modèle interne d'AXA qui sera utilisé pour la mise en place du cadre de l'appétit au risque.

Cela permettra d'atteindre le second objectif qui est la mise en place de l'appétit au risque à travers les impacts sur les indicateurs résultat et solvabilité au global de la compagnie et par type de risque (financiers, assurantiels et opérationnels) et ensuite proposer une déclinaison par branche d'activité de l'appétit aux risques assurantiels.

Afin d'approcher au mieux ces objectifs, l'étude est structurée en 4 parties.

Le premier chapitre pose le cadre réglementaire en rappelant les grands principes du dispositif solvabilité 2.

Le second chapitre traite de la mise en place de l'appétit au risque dans le modèle interne d'AXA et aborde les perspectives d'amélioration à savoir une déclinaison par branche.

Dans la troisième partie nous présenterons le modèle utilisé puis nous proposerons dans la dernière partie de mettre en œuvre l'appétit au risque pour un portefeuille comportant de l'Epargne, de la Prévoyance et de la Santé individuelle en identifiant le profil de risque et puis en définissant un niveau de risque acceptable et une déclinaison de l'appétit au risque assurantiels aux différentes branches Epargne (avec la distinction entre le fonds euro et les unités de compte), prévoyance et santé.

Parie 1 : Présentation du contexte réglementaire

L'activité d'assurance repose sur le concept de transfert de risque en échange du paiement d'une prime. L'assureur a besoin d'une mesure du risque assuré car cette information est essentiel à la fois pour la tarification et pour déterminer le niveau des réserves et fonds propres dont doit disposer l'assureur pour être solvable.

Avant de détailler le contexte réglementaire, nous allons introduire l'assurance vie.

1.1 L'assurance Vie en France

L'Assurance de personnes représente environ $\frac{3}{4}$ du chiffre d'affaire total de l'Assurance en France.

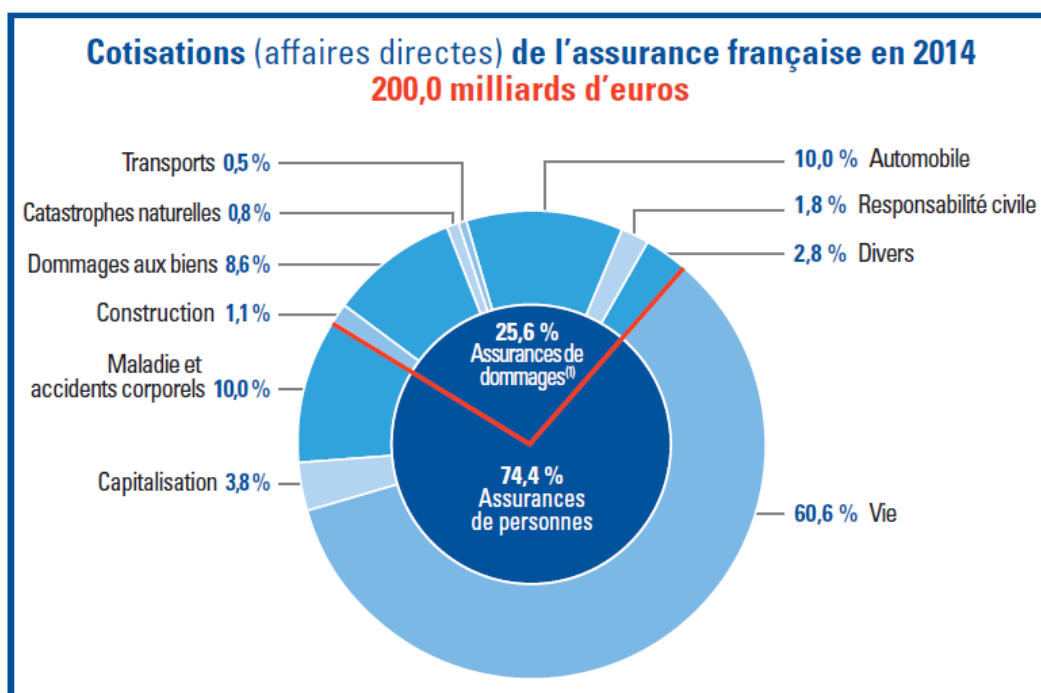


Figure 1 : Cotisation de l'assurance française en 2014 – source FFSA

Le marché de l'assurance vie est composé :

- Des contrats modernes, dans lesquels l'assuré vise à constituer une épargne, devenus depuis leur apparition dans les années 80, l'essentiel du marché.
- Des contrats dans lesquels l'assuré vise à compléter sa retraite (Madelin, PERP : la part de marché de ces deux produits est faible).
- Des contrats « de prévoyance » dans lesquels l'assuré vise à se prémunir contre les risques décès, incapacité et invalidité.

Ci-dessous la décomposition des cotisations 2014 par type de contrat :

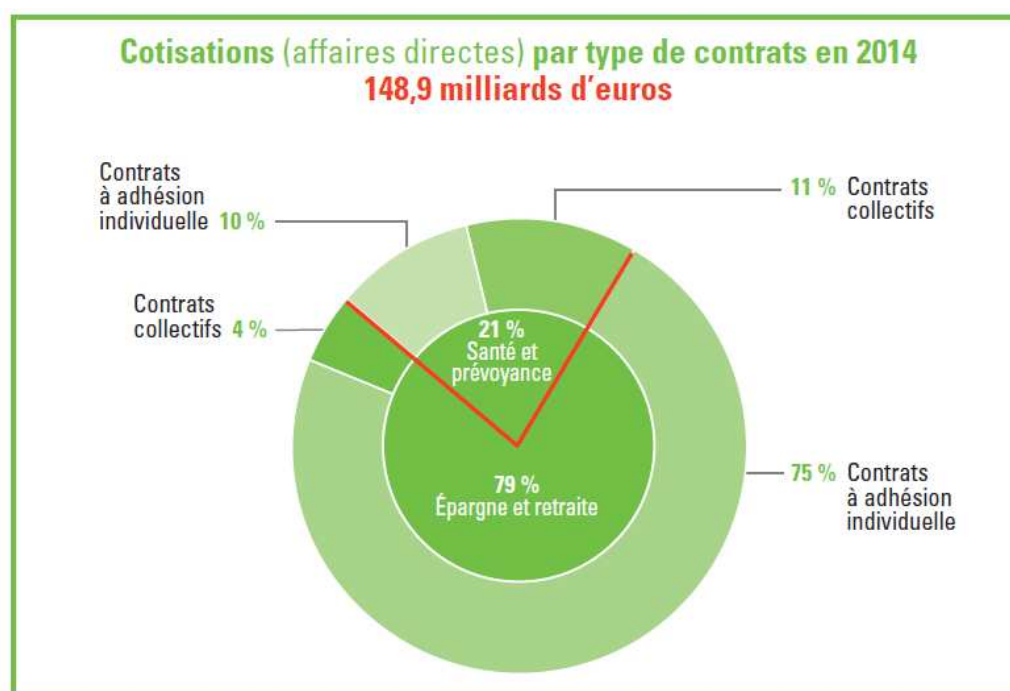


Figure 2 : Cotisation de l'assurance française en 2014 par type de contrat – source FFSA

1.1.1 Contrats d'épargne

Il existe deux types de contrats d'épargne qui conduisent à des prises de risque totalement différentes pour l'assureur : les contrats en Euros et les contrats en Unités de Compte.

Les contrats en euros se caractérisent par le fait que leur garantie est exprimée en euros. Cette garantie correspond toujours pour l'assureur à un engagement de taux de rendement envers ses clients.

Les contrats en unités de compte se caractérisent par une garantie sur le nombre d'unités de compte (action, obligation, OPCVM¹...) sans s'engager sur la valeur de ces titres.

Un contrat multi supports est souvent une juxtaposition d'un contrat en en euros et d'un contrat en unités de compte.

Ces contrats comportent des possibilités de rachats et d'avance et, pour les produits multi supports, l'arbitrage entre la partie en unités de compte et la partie en euros.

¹ : OPCVM Organisme de placement collectif en valeurs mobilières. Leur activité consiste à gérer des portefeuilles de valeurs mobilières (actions, obligations...), qui sont détenus collectivement (sous forme de parts ou d'actions) par des investisseurs particuliers ou institutionnels. On distingue deux types d'OPCVM : les SICAV (Sociétés d'Investissement à Capital Variable) et les FCP (Fonds Communs de Placement).

1.1.2 Contrats retraite

Les contrats de retraite consistent en la constitution d'un capital converti en rente à l'âge de la retraite. Les principaux produits de retraite individuelle sont :

- les PERP : Les Plan d'Epargne Retraite Populaire ont été instaurés par la « loi Fillon » du 21 août 2003 pour encourager la constitution, à titre individuel et volontaire, d'un complément de retraite par capitalisation.
- Madelin : Les contrats dits Madelin ont été créés par la « loi Madelin » du 11 février 1994. Ils sont destinés à permettre aux travailleurs non-salariés non agricoles (professions libérales, les artisans, les commerçants, les dirigeants d'entreprises, etc.) de se constituer un complément de retraite en bénéficiant dans une certaine limite d'une déduction du revenu imposable.

Les principaux produits de retraite collective sont :

- article 83 : Ce contrat d'assurance vie collective, dit à cotisations définies, est destiné à permettre aux salariés d'entreprise de percevoir un complément de revenu sous forme de rente viagère.
- contrats à prestations définies : ça concerne tous les contrats collectifs à prestations définies dont le financement est entièrement assumé par l'employeur et dont l'adhésion est obligatoire pour les bénéficiaires
- PERCO : Le Plan d'épargne retraite collectif (PERCO) permet au salarié de se constituer à l'aide de l'entreprise une épargne en vue de la retraite dans un cadre fiscal avantageux.

1.1.3 Contrats de prévoyance

Ces contrats ont pour vocation de couvrir les risques de décès, avec des modulations éventuelles selon que le décès résulte d'une maladie ou d'un accident, ainsi que les risques d'arrêt de travail et d'invalidité.

L'arrêt de travail se définit comme la période durant laquelle le salarié est dans l'impossibilité d'exercer son activité professionnelle, à la suite d'une maladie ou d'un accident tant liés à la vie privée qu'au monde professionnel. Il est délivré sur prescription médicale.

1.1.4 Garanties en cas de décès

Ces contrats garantissent le paiement d'une prestation au bénéficiaire en cas de décès de l'assuré.

- Garantie temporaire décès : La temporaire décès garantit le versement d'un capital à un bénéficiaire si l'assuré décède au cours d'une période de temps dont le terme est connu à la souscription.
- Garantie vie entière : La vie entière garantit le versement d'un capital à un bénéficiaire au décès de l'assuré, quelle que soit la date du décès. Par conséquent la prestation est toujours versée. L'aléa porte sur la date du décès.

1.1.4.1 Garanties en cas de vie

Il s'agit de garanties pour lesquelles la prestation de l'assureur est versée au bénéficiaire en cas de survie de l'assuré.

- Garantie de capital différé : Le capital différé garantit à un bénéficiaire le paiement d'un capital au terme d'une période définie, si l'assuré est toujours en vie à cette date.
- Garantie rente viagère : La rente viagère garantit les paiements périodiques (des arrérages de rente) à l'assuré jusqu'à son décès.

1.1.4.2 Combinaison de garanties

Plusieurs garanties élémentaires peuvent être combinées dans le cadre d'un contrat d'assurance vie. Par exemple, une mixte combine une garantie en cas de décès et en cas de vie.

1.2 Contexte réglementaire

L'inversion du cycle de production dans l'assurance a conduit au développement d'une réglementation adaptée pour veiller au respect des engagements pris envers les assurés en s'assurant que la compagnie dispose de suffisamment de ressources pour faire face à ses dettes.

La directive actuellement en vigueur concernant les exigences de solvabilité est la directive Solvabilité I. Elle date de 1973 pour l'assurance non vie et de 1979 pour l'assurance vie.

Cette directive présente l'avantage d'être simple à mettre en œuvre, mais présente également de nombreuses limites notamment en ce qui concerne le calcul de la marge de solvabilité car le profil de risque des compagnies d'assurance n'est pas pris en compte.

En vigueur depuis le 1^{er} janvier 2016, la directive Solvabilité II s'inscrit dans le prolongement de la réglementation Solvabilité I. Elle a pour objectif d'harmoniser les règles au sein de l'Union Européenne et d'adapter le niveau des capitaux propres aux risques réels supportés par les assureurs.

La réglementation Solvabilité II repose sur trois piliers principaux :

- Pilier 1 : Les exigences quantitatives
- Pilier 2 : les exigences qualitatives
- Pilier 3 : les informations à destination du public et du superviseur

PILIER 1	PILIER 2	PILIER 3
Ressources	Supervision	Communication
- Eligibilité des actifs - Evaluation des actifs (en valeur de marché) - Provisions techniques (Best Estimate) - Capital cible (SCR) - Capital minimum (MCR) - Modèle interne - Dépendance des risques	- Gouvernance - Contrôle interne - Gestion des risques - Mise en place de l'ORSA	- Information pour le public - Transparence - Communication financière - Fréquence publication

1.2.1 Pilier I

Il regroupe les exigences quantitatives, c'est-à-dire les règles de valorisation des actifs et des passifs, ainsi que les exigences de capital et leur mode de calcul.

Solvabilité II prévoit deux exigences de capital :

- Le MCR (Minimum Capital Requirement) correspond au niveau minimum de Fonds Propres en dessous duquel l'intervention de l'autorité de contrôle sera automatique.
- Le SCR (Solvency Capital Requirement) représente le capital cible nécessaire pour absorber le choc provoqué par des événements imprévus, autrement il

correspond au capital nécessaire pour que la probabilité de faillite de l'assureur au bout d'un an soit de 0,5% (VaR 99,5% à un an).

Ces deux montants sont obtenus à partir du bilan économique de la compagnie soit en utilisant la formule standard proposée par la Commission Européenne soit à l'aide d'un modèle interne.

1.2.1.1 Evaluation Actif/Passif

Sous Solvabilité 2, la valorisation des actifs et passifs doit être réalisée en valeur économique.

Les actifs et passifs sont valorisés au montant pour lequel ils pourraient être échangés dans le cadre d'une transaction conclue, dans des conditions de concurrence normales, entre des parties informées et consentantes (article 75 de la directive)

Les actifs seront évalués en valeur du marché et pour les passifs il faut distinguer les engagements « hedgeables » c'est-à-dire qui peuvent être couverts par un instrument financier liquide et les engagements « non hedgeables ». Ces derniers sont évalués comme la somme d'une provision Best Estimate et d'une marge pour risque.

1.2.1.2 Provisions Best Estimate

La directive Solvabilité 2 précise que les provisions techniques sont évaluées de façon cohérente avec le marché et correspondent au montant d'actifs qu'un tiers exigerait pour reprendre les engagements de l'assureur (article 76 de la directive solvabilité 2). Les provisions sont donc calculées comme la somme de la meilleure estimation des flux futurs (« Best Estimate ») et d'une marge pour risque (article 77 de la directive solvabilité 2), sauf si l'engagement est totalement répliquable par des instruments financiers.

Le Best Estimate correspond à l'espérance des cash-flows futurs des passifs d'assurance actualisés suivant la courbe de taux sans risque.

$$Best\ Estimate = Espérance \left(\sum_{t \geq 0}^{fin\ de\ vie\ des\ contrats} (cash\ out\ flows_t - cash\ in\ flows_t) \right)$$

Avec

- Cash out flows : Ensemble des flux sortants qui englobe les prestations d'assurance et de réassurance, les frais associés au contrat, les commissions versées aux apporteurs d'affaires et les prélèvements sociaux.
- Cash in flows : Ensemble des flux entrants : les primes et les flux de réassurance en prenant en compte les probabilités de défaut des réassureurs.

1.2.1.3 Marge pour risque

La marge pour risque est définie comme le montant de provisions complémentaires à ajouter aux provisions Best Estimate, calculé de telle manière que le montant total des provisions inscrites au bilan corresponde à celui qu'exigerait une tierce partie pour reprendre et honorer les engagements d'assurance et de réassurance. (Source : EIOPA² TP. 5.2).

² : (European Insurance and Occupational Pensions Authority) est l'autorité en charge de mettre en application la réforme Solvabilité II). Il fait partie du Système européen de Surveillance Financière

La marge pour risque (où Market Value Margin : MVM) est évaluée en actualisant le coût annuel généré par l'immobilisation du SCR nécessaire pour honorer les engagements d'assurance et de réassurance, estimé à 6% par an sur la durée de vie des engagements utilisée pour le calcul du Best Estimate. (Source : EIOPA TP. 5.21)

$$\text{Marge pour Risque} = CC \times \sum_{t \geq 0} \frac{SCR_t}{(1 + r(t + 1))^{t+1}}$$

Où

$r(t)$: le taux sans risque pour l'échéance t

CC : Le taux de coût du capital est défini à 6%

SCR(t) = couvre le risque de souscription, opérationnel et de réassurance pour l'année t

1.2.1.4 Fonds propres

Les fonds propres sont calculés comme la différence entre l'actif et les provisions techniques du passif augmentées de la marge pour risque.

Le niveau des fonds propres sera comparé aux indicateurs de solvabilité qui sont le MCR et le SCR.

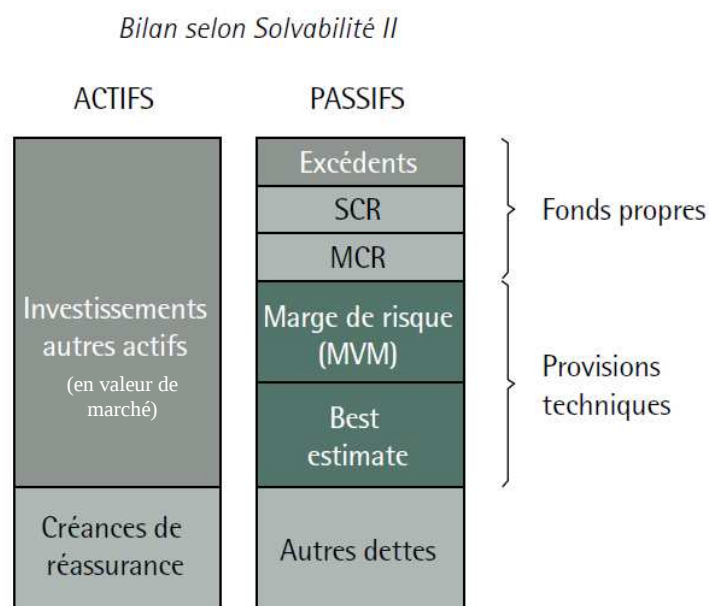


Figure 3 : Bilan selon solvabilité 2

La figure ci-dessous représente l'évolution des règles existantes aux nouvelles règles sous Solvabilité II

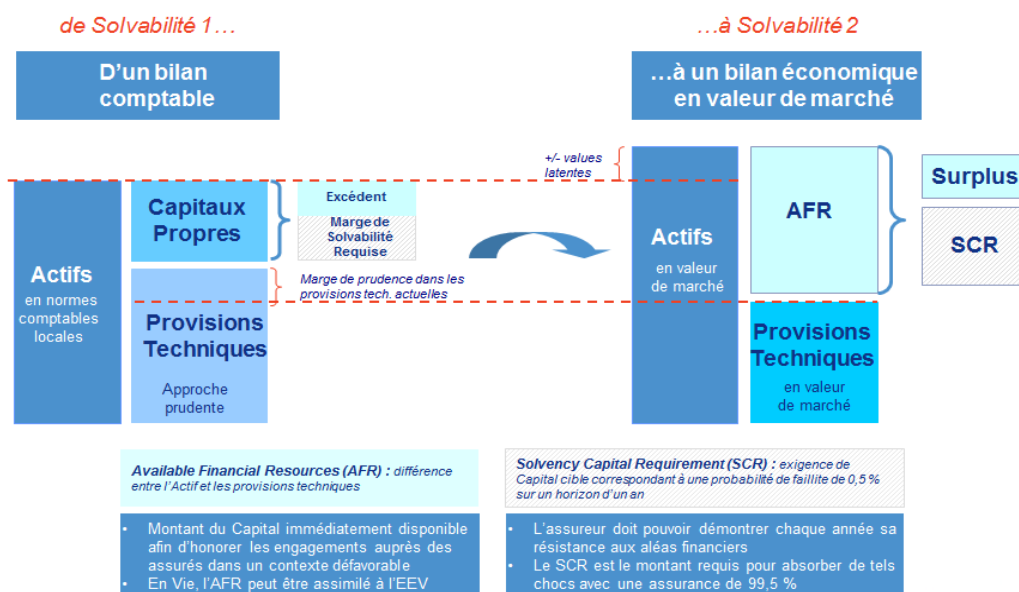


Figure 4 : l'évolution des règles existantes aux nouvelles règles sous Solvabilité II

EEV : désigne l'European Embedded Value

AFR : désigne les ressources financières disponibles pour l'assureur

1.2.1.5 Formule standard

La directive Solvabilité 2 propose une approche « Formule Standard » pour le calcul du SCR basée sur l'évaluation du bilan central et l'évaluation du bilan choqué c'est-à-dire après réalisation d'un choc instantané sur chacun des risques auxquels la compagnie est exposée, ensuite les différents impacts sont agrégés via une matrice de corrélation. Les chocs appliqués sont calibrés de telle sorte à engendrer une déviation extrême de Fonds Propres au niveau 0,5%.

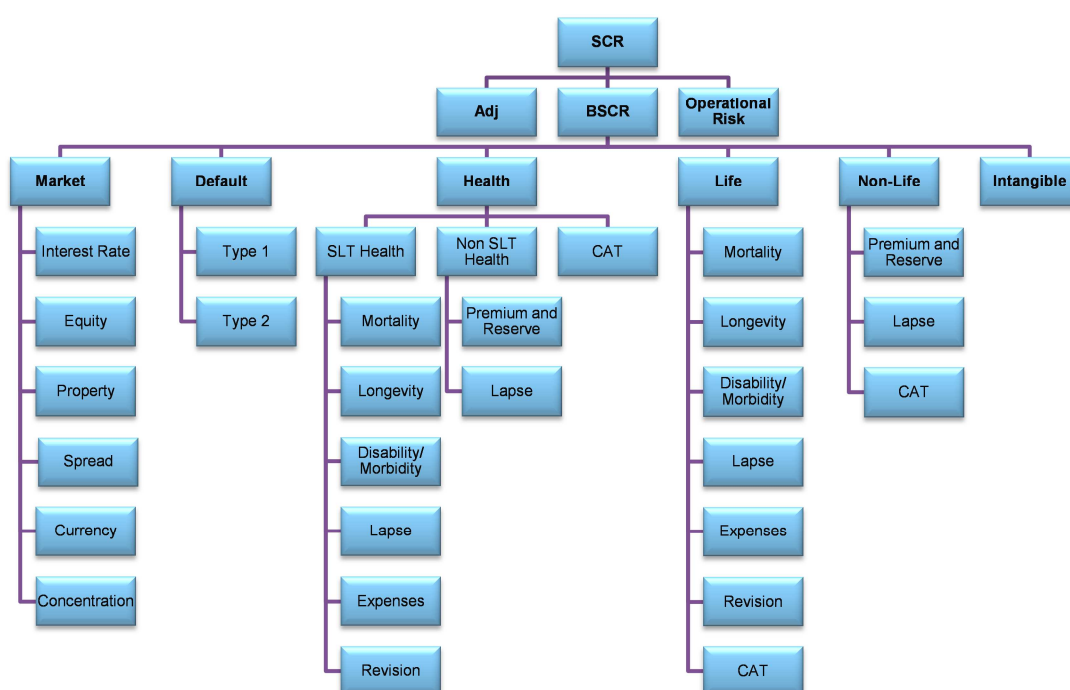


Figure 5 : Structure de la formule standard

Le calcul de la formule standard est basé sur une approche modulaire. C'est la somme du SCR de base (BSCR pour Basic Solvency Capital Requirement), du risque opérationnel et des ajustements pour impôts différés et capacité d'absorption des pertes par les provisions techniques.

Le SCR de base couvre les catégories de risque majeures suivantes comme précisé dans l'article 101 de la directive :

- Risque de marché
- Risque de contrepartie
- Risque Vie
- Risque Santé
- Risque IARD

Les 5 premières catégories de risque sont agrégées via une matrice de corrélation (annexe IV de la directive).

i \ j	Market SCR	CDR SCR	Life SCR	Health SCR	Non-Life SCR
Market SCR	100%	25%	25%	25%	25%
CDR SCR	25%	100%	25%	25%	50%
Life SCR	25%	25%	100%	25%	0%
Health SCR	25%	25%	25%	100%	0%
Non-Life SCR	25%	50%	0%	0%	100%

Figure 6 : Matrice d'agrégation du BSCR

a. Formule standard - Risques de marché

Les risques de marché correspondent au risque de perte résultant de fluctuations affectant la valeur de marché des actifs détenus par la compagnie.

Les risques traités dans le cadre du module Marché sont les suivants :

- Taux d'intérêt
- Actions
- Immobilier
- Spread³
- Change
- Concentration

Modélisation du risque taux :

Ce risque existe pour les actifs et passifs sensibles à une variation de la courbe des taux.

Les actifs sensibles aux taux sont les obligations à taux fixe et les produits structurés de taux (ex : taux swap⁴).

³ : Le « Spread » désigne l'écart de rendement entre une obligation d'entreprise et une obligation d'Etat. Elle représente la prime de risque matérialisant le caractère plus incertain d'une entreprise par rapport à un Etat.

⁴ : Le principe d'un swap de taux d'intérêt est de comparer un taux variable et un taux garanti et de se verser mutuellement les différentiels de taux d'intérêt sans échange en capital

Les passifs sensibles aux variations du taux sont les provisions techniques puisque elles sont actualisées avec le taux marché.

Modélisation du risque action :

Il résulte de la volatilité des prix de marché des actions.

Le modèle utilisé est basé sur deux indices et suppose que toutes les actions ont la même exposition au risque que l'un de ces deux indices en terme de volatilité et corrélation.

Modélisation du risque immobilier :

Il résulte de la volatilité des valeurs de marché de l'immobilier.

Modélisation du risque de spread :

Il correspond à la part de risque provenant de la volatilité du spread par rapport au taux sans risque.

Les besoins en capitaux associés aux risques de marché correspondent au maximum entre l'agrégation des impacts du choc à la hausse et à la baisse.

L'agrégation des risques de marché est basée sur une matrice de corrélation.

b. Formule standard - Risques de contrepartie

Le risque de contrepartie correspond au risque de perte provenant du défaut imprévu, ou de la détérioration de la notation de crédit, de contreparties ou débiteurs de l'entreprise dans les 12 prochains mois.

Le risque de contrepartie ne prend pas en compte le risque de défaut sur les obligations d'entreprises, ce risque étant inclus dans le risque de spread.

Le risque de contrepartie est calculé ligne à ligne. Pour chaque contrepartie, une perte en cas de défaut (LGD pour Loss Given Default) doit être calculée.

c. Formule standard - Risques Vie

Les risques traités dans le cadre du module Vie sont les suivants :

- Mortalité
- Longévité
- Incapacité / Invalidité
- Rachat
- Dépenses
- Révision
- Catastrophe

Le SCR Vie pour chacun des risques est calculé par différence entre l'AFR économique et l'AFR après choc, brut d'impôt et de marge de risque. Les hypothèses de choc correspondent aux 99,5^{ème} quantile de la distribution de risque. Cette différence d'AFR est égale à l'évolution du BEL net des instruments d'atténuation du risque, c'est-à-dire net des évolutions des actifs de réassurance et des instruments de titrisation si la valeur de ces instruments est impactée par les risques.

L'agrégation des risques Vie s'effectue grâce à une matrice de corrélation.

d. Formule standard - Risques IARD

Les risques traités dans le cadre du module IARD sont les suivants :

- Primes et Réserves
- Chute
- Catastrophe

Le risque primes et réserves est calculé via une approche factorielle basée sur les primes acquises nettes et la meilleure estimation des provisions de sinistres.

Le risque de chute correspond au risque que les hypothèses concernant le taux d'exercice des options contractuelles par les souscripteurs s'avèrent inexactes. Le risque de catastrophe inclut les pertes liées à un événement naturel tels des événements climatiques (tempêtes, grêle...), inondations, tremblements de terre, ou des événements provoqués par l'homme tels les attaques terroristes.

L'agrégation des risques IARD s'effectue grâce à une matrice de corrélation.

e. Formule standard - Risques Santé

Les risques traités dans le cadre du module Santé sont les suivants :

- Similaires à la Vie (SLT = Similar To Life)
- Non similaires à la Vie (NSLT)
- Catastrophe

Les risques SLT traitent les mêmes risques qu'en Vie (Mortalité, Longévité, Incapacité / Invalidité, Rachat, Dépenses, Révision). Les risques NSLT traitent les mêmes risques qu'en IARD (Primes et Réserves, Chute).

Le risque de catastrophe est traité à part et concerne les événements suivants :

- Accident de masse
- Scénario de concentration
- Pandémie

L'agrégation des risques Santé s'effectue grâce à une matrice de corrélation.

f. Formule standard - Risques opérationnels

Le risque opérationnel est calculé via une formule factorielle simple basée sur les primes acquises brutes, les provisions techniques brutes.

Il découle du maximum entre un calcul lié aux primes et un calcul lié aux provisions. Un plafond de 30 % du SCR de base est appliqué (article 107 de la directive).

1.2.2 Pilier II

Il regroupe les exigences qualitatives, c'est-à-dire les règles de gouvernance et de gestion des risques, dont l'évaluation propre des risques de la solvabilité (Own Risk and Solvency Assessment - ORSA).

Les deux objectifs principaux du pilier 2 sont l'identification exhaustive des risques auxquels est exposée la compagnie ainsi que la gestion de ces risques.

1.2.2.1 Définition de l'ORSA

L'évaluation interne des risques et de la solvabilité (Own Risk & Solvency Assessment - ORSA) recouvre l'ensemble des processus d'identification, de mesure, de surveillance, de gestion et de reporting des risques à court et à moyen terme, ainsi que la détermination du niveau des fonds propres requis en adéquation avec le profil d'activités et de risque et les limites de tolérance au risque.

En tant qu'outil du système de gestion des risques, l'ORSA contribue à renforcer la culture de gestion des risques et à favoriser une compréhension complète de ceux correspondant à l'activité de l'entreprise.

L'ORSA participe au respect des obligations relatives au niveau du capital réglementaire Solvabilité 2 et des provisions techniques.

La démarche ORSA est partie intégrante de la stratégie de la compagnie, elle permet la mise en place d'un dispositif de gestion et maîtrise des risques, prendre du recul par rapport au pilier 1 et développer un dispositif de pilotage adapté au profil de risque.

L'article 45 de la directive Solvabilité 2 (2009/138/CE) définit l'ORSA comme un macro processus visant à comprendre et à évaluer la structure des risques à court et long termes, liés à l'activité et la capacité à les couvrir.

Les textes précisent :

- Dans le cadre de son système de gestion des risques, chaque entreprise d'assurance et de réassurance procède à une évaluation interne des risques et de la solvabilité.

Cette évaluation porte au moins sur les éléments suivants

- a le besoin global de solvabilité, compte tenu du profil de risque spécifique, des limites approuvées de tolérance au risque et de la stratégie commerciale de l'entreprise.

- b le respect permanent des exigences de capital et des exigences concernant les provisions techniques.
 - c la mesure dans laquelle le profil de risque de l'entreprise s'écarte des hypothèses qui sous-tendent le capital de solvabilité requis prévu à l'article 101, paragraphe 3, calculé à l'aide de la formule standard conformément au chapitre VI, section 4, sous-section 2, ou avec un modèle interne partiel ou intégral conformément au chapitre VI, section 4, sous-section 3.
- 2 Aux fins du paragraphe 1, point a), l'entreprise concernée met en place des procédures qui sont proportionnées à la nature, à l'ampleur et à la complexité des risques inhérents à son activité et qui lui permettent d'identifier et d'évaluer de manière adéquate les risques auxquels elle est exposée à court et long terme, ainsi que ceux auxquels elle est exposée, ou pourrait être exposée. L'entreprise démontre la pertinence des méthodes qu'elle utilise pour cette évaluation.
 - 3 Dans le cas visé au paragraphe 1, point c), lorsqu'un modèle interne est utilisé, l'évaluation est effectuée parallèlement au recalibrage qui aligne les résultats du modèle interne sur la mesure de risque et le calibrage qui sous-tendent le capital de solvabilité requis.
 - 4 L'évaluation interne des risques et de la solvabilité fait partie intégrante de la stratégie commerciale et il en est tenu systématiquement compte dans les décisions stratégiques de l'entreprise.

L'ORSA permet ainsi de piloter l'activité aux regards des risques supportés à travers un système de gestion des risques.

1.2.2.2 Gouvernance des risques

La gouvernance des risques conduit à mettre en place une cartographie des risques auxquels est soumis l'organisme d'assurance et de définir des politiques (politique de souscription et réassurance, politique d'investissement, politique de provisionnement, ...) précisant les responsabilités, comitologie et niveau d'implication des différentes instances.

Les entreprises d'assurance et de réassurance mettent en place un système de gestion des risques efficace, qui comprend les stratégies, processus et procédures d'information nécessaires pour détecter, mesurer, contrôler, gérer et déclarer, en permanence, les risques, aux niveaux individuel et agrégé, auxquels elles sont ou pourraient être exposées ainsi que les interdépendances entre ces risques.

Ce système de gestion des risques est intégré à la structure organisationnelle et aux procédures de prise de décision de l'entreprise d'assurance ou de réassurance et dûment pris en compte par les personnes qui dirigent effectivement l'entreprise ou qui occupent des fonctions clés.

Le système de gestion des risques couvre les risques à prendre en considération dans le calcul du capital de solvabilité requis conformément à l'article 101, paragraphe 4 (de la Directive Solvabilité 2), ainsi que les risques n'entrant pas ou n'entrant pas pleinement dans ce calcul.

Le système de gestion des risques couvre au moins les domaines suivants :

- la souscription et le provisionnement
- la gestion actif-passif
- les investissements, en particulier dans les instruments dérivés et engagements similaires
- la gestion du risque de liquidité et de concentration
- la gestion du risque opérationnel
- la réassurance et les autres techniques d'atténuation du risque.

La Direction de la Gestion des Risques est responsable de la mise en place d'un environnement favorable de gestion des risques en s'assurant que les rôles et responsabilités de chacun des participants à la gestion des risques sont clairs et coordonne la « seconde ligne de défense » pour les risques significatifs.

Le Risk Management diffuse la culture de risque au sein de l'entreprise sur son périmètre d'activité et s'assure de la définition et du suivi de l'Appétit au Risque sur les risques assurantiels, financiers et opérationnels et vérifie que les risques pris sont conformes aux politiques et limites définies.

Le schéma ci-dessous décrit de quelle manière la gestion des risques s'intègre dans le cadre du contrôle interne :

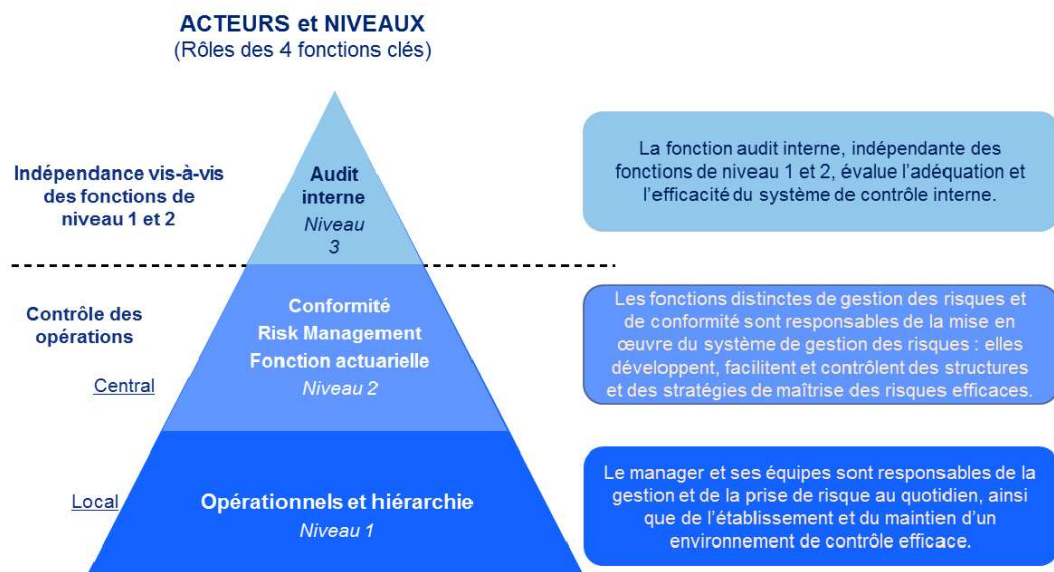


Figure 7 : Cadre du contrôle interne

Les rôles du Risk Management s'articulent autour :

- La clarification de la gouvernance (rôles et responsabilités de chacun des participants à la gestion des risques) et l'efficacité de la 2ème ligne de défense
- L'identification, la mesure et la surveillance des risques financiers, assurantiels et opérationnels
- Le suivi de l'Appétit au Risque
- La construction d'un environnement favorable de gestion des risques

1.2.3 Pilier 3

Le pilier 3 de Solvabilité II concerne la communication d'informations au public et aux autorités de contrôle. Il vise à harmoniser au niveau européen les informations publiées par les organismes d'assurance ainsi que celles remises aux superviseurs.

Ces informations sont à remettre à une fréquence annuelle et, pour certaines, trimestrielles. Des conditions d'exemption sont néanmoins prévues et décrites dans une page dédiée. En complément des états et rapports Solvabilité II, les autorités de contrôle peuvent demander des informations additionnelles.

Partie 2 : Cadre de l'Appétit au Risque

Il existe plusieurs façons pour définir l'appétit au risque, pour notre part nous avons retenu comme définition : l'appétit au risque est le budget de risque qu'une compagnie d'assurance accepte d'assumer en vue de la continuité de son activité et l'atteinte de ces objectifs.

L'appétit au risque définit ainsi les limites que l'entreprise s'assigne en termes d'impact sur les résultats, la valeur, le capital et la liquidité selon différents scénarios.

La gestion des risques doit être dynamique pour s'adapter selon l'environnement de marché, la richesse de la société, les anticipations à court terme ou les priorités stratégiques à long terme.

Les métriques utilisées pour la quantification de l'appétit au risque doivent se focaliser sur les indicateurs clefs de la compagnie.

Nous allons tout d'abord présenter quelques mesures usuelles pour le risque.

2.1 Mesure de risque

L'objectif d'une mesure de risque est de traduire le risque en valeur en fonction de trois facteurs :

- Le facteur de risque
- La probabilité d'occurrence du risque : c'est la probabilité pour chaque risque de se produire
- La perte financière

Les besoins en capitaux ainsi que l'appétit au risque vont être évalués à partir des mesures de risques.

Toute fonctionnelle réelle positive d'une variable aléatoire peut être considérée comme étant une mesure de risque.

En pratique, on exige fréquemment qu'une mesure de risque p possède une partie des caractéristiques suivantes :

- Invariance par translation : $p(X + c) = p(X) + c$ pour toute constante c .
- Sous-additivité : $p(X + Y) \leq p(X) + p(Y)$ quels que soient les risques X et Y .
- Homogénéité : $p(c * X) = c * p(X)$ pour toute constante positive c .
- Monotonie : $\Pr[X < Y] = 1 \Rightarrow p(X) \leq p(Y)$ quels que soient les risques X et Y .

Ces caractéristiques trouvent une interprétation naturelle dans la situation où la mesure de risque doit permettre de définir un capital de solvabilité d'une société d'assurance.

Ainsi la sous-additivité représente l'effet de la diversification : une société qui couvre deux risques ne nécessite pas davantage de capitaux que la somme de ceux obtenus pour deux entités distinctes se partageant ces deux risques.

Une mesure de risque est dite cohérente si elle est invariante par translation, sous-additive, homogène et monotone.

Nous allons introduire quelques mesures de risque usuelles et tout particulièrement la Value-at-Risk qui est à la base du calcul du besoin en fonds propres sous la directive solvabilité 2 : Solvency Capital Requirement (SCR).

2.1.1 L'écart-type

L'approche du risque par l'écart type est particulièrement séduisante du fait de son lien avec la Théorie de l'utilité. L'écart type traduit la volatilité de la variable. Si l'écart type est grand, le risque est élevé.

Cette mesure est utilisée dans la «Théorie Moderne du portefeuille», introduite par Markowitz en 1952. Elle utilise le couple espérance variance sur la variable aléatoire de rendement comme critère de choix optimal et permet ainsi de déterminer une frontière efficiente.

L'écart type constitue une mesure de risque peu pertinente car il présente des inconvénients :

- Il ne distingue pas les bons et les mauvais risques (c'est à dire les gains ou les pertes autour du rendement espéré)
- La prise en compte des deux paramètres espérance et variance ne qualifie pas la distribution du risque, sauf dans un monde normal, peu réaliste.
- Le couple moyenne/variance ne constitue pas, une mesure directement utilisable du risque, notamment dans une problématique d'allocation de capital

L'approche moyenne/variance est très satisfaisante sous hypothèse de normalité des distributions, mais elle n'est pas pertinente dans notre cadre d'étude.

2.1.2 La Value-at-Risk (VaR)

La notion de Value-at-Risk ou valeur ajustée au risque s'est originellement développée dans les milieux financiers. C'est aussi la mesure de risque sur laquelle repose le nouveau référentiel prudentiel Solvabilité 2 et qui sera utilisée dans le cadre de notre étude.

En notant H l'horizon de prévision et x le seuil de confiance, on a donc :

$$Prob\{ Perte(H) > VaR_x \} = x$$

La VaR peut être définie comme une mesure de la perte potentielle par rapport à l'espérance de résultat.

Les trois méthodes classiques de calcul de la VaR sont :

- VaR analytique : méthode fondée sur l'hypothèse de normalité des rendements du portefeuille, la VaR est alors un multiple de la volatilité des rendements.
- VaR historique : méthode fondée sur les variations historiques des facteurs de risque. Elle convient aux distributions à queues épaisses et elle n'est pas soumise aux critiques sur la normalité par contre elle nécessite beaucoup de valeurs, et il y a une faible vitesse de convergence du quantile.
- VaR de Monte Carlo : méthode fondée sur la simulation des facteurs de marché par une loi admissible. Elle consiste à générer un grand nombre de scénarii pour obtenir une distribution simulée du portefeuille qui converge vers la vraie distribution (inconnue). Les limites sont l'effort important de simulation et le risque de modèle.

La Value At Risk permet de mesurer le capital permettant de faire face à une situation risquée à un seuil donné (par exemple, dans 99.5% des cas).

Notons enfin que dans le cas particulier des distributions gaussiennes, les approches VaR et moyenne/variance sont équivalentes.

$$Var_{\alpha} = E(X) + z_{\alpha} \times \sigma(X)$$

Avec :

$E()$: moyenne

$\sigma()$: écart type

z_{α} : quantile normal d'ordre α

L'inconvénient de cette mesure est qu'elle n'est pas cohérente car elle n'est pas sous-additive.

2.1.3 La Tail-Value-at-Risk (TVaR)

La Tail-Value-at-Risk mesure la moyenne des pertes au-delà des pertes qui dépassent un certain seuil. Elle a été initialement présentée dans les travaux de la Commission Européenne comme une des deux alternatives possibles (avec la Value-at-Risk) comme critère de fixation de l'exigence de capitaux propres dans Solvabilité 2.

La Tail Value-at-Risk de niveau α associée au risque X est donnée par :

$$TVaR(X, \alpha) = \frac{1}{1-\alpha} \int_{\alpha}^1 Var(X, t) dt$$

La TVaR est une mesure cohérente de risque mais elle a l'inconvénient d'être difficile à mettre en œuvre (espérance sur les valeurs extrêmes d'une distribution que l'on n'observe pas directement la plupart du temps).

2.2 Cartographie des risques

L'Appétit au Risque couvre l'ensemble des risques définis dans la cartographie des risques.

Cette cartographie des risques est organisée selon 4 grandes natures de risques :

- Le risque de marché : Il correspond à la dévalorisation des investissements à l'actif après des variations de facteurs du marché : le risque actions, celui des obligations, l'inflation, les cours de l'immobilier et les taux d'intérêt.
- Le risque crédit ou risque de défaut : Le risque de défaut en assurance concerne la défaillance d'un réassureur. En effet, l'assureur doit indemniser son assuré en cas de sinistre même si le réassureur ne respecte pas son engagement, car le contrat de réassurance ne lie juridiquement que l'assureur à son réassureur.
- Les risques de souscription : En assurance non-vie, le besoin en capital supplémentaire peut être causé par une sous-estimation dans le tarif, une insuffisance dans le provisionnement ou par des événements catastrophiques.
- Le risque de souscription en assurance vie se répartit en plusieurs classes de sous-risques.
 - o Le risque mortalité est causé par une inadéquation entre le taux de décès dans le portefeuille de l'assureur et la table de mortalité utilisée pour le calcul des primes.
 - o Le risque de longévité correspond à la tendance pour la population assurée à vivre plus longtemps par rapport à leur espérance de vie statistique.
 - o Le risque de rachat : Les contrats d'assurance vie proposent des options de rachat permettant ainsi au détenteur du contrat de racheter à tout moment. L'assureur doit donc faire en sorte de disposer de différentes maturités d'investissement rentables.
- Risques opérationnels : Les risques opérationnels résultent d'une défaillance des systèmes, des dysfonctionnements ou d'erreurs humaines, fraudes, litiges, ou des événements extérieurs (législation, jurisprudence, ...).

Cette cartographie permet de disposer d'un niveau de granularité suffisant pour mieux identifier les sources de diversification et fixer les limites de risque.

2.3 Cadre de l'appétit au risque dans le modèle interne AXA

L'appétit au risque est un processus structuré qui encourage l'entreprise à gérer activement son exposition au risque par son propre choix de limites de risque.

Il permet de s'assurer que les risques sont limités, leurs conséquences sur les dimensions économiques et de solvabilité comprises et qu'en cas de sortie de ce cadre des plans d'actions sont mis en œuvre pour y revenir.

Le cadre de tolérance au risque permet de surveiller l'accumulation des risques de la société, d'avoir un appétit pour le risque clairement décrit, et de gérer activement sa propre exposition, avec des choix de limites de risque adaptés aux opérations et au marché.

Pour mettre en place des limites sur les indicateurs opérationnels de risque, l'appétit au risque considère l'impact potentiel des risques sur des indicateurs clés.

Par exemple autour de :

- Résultat
- Valeur
- Solvabilité : les ratios de couverture Solvabilité 1 et Solvabilité 2,
- Liquidité

L'appétit au risque se définit comme le niveau de tolérance, accepté par l'entreprise, à des chocs modérés ou sévères qui pourraient survenir, sachant que :

- Un choc modéré correspond à un événement qui pourrait arriver tous les 20 ans
- Un choc sévère correspond à un événement qui pourrait arriver tous les 200 ans

L'appétit au risque est d'abord fixé globalement pour l'entreprise sur 2 indicateurs clés : le résultat net et le ratio de Solvabilité 2.

L'analyse du profil de risque et les résultats du modèle interne permettent ensuite de décliner les objectifs stratégiques de calibration et de suivi des risques, dans le cadre de la rentabilité des opérations attendue.

L'appétit au risque répond ainsi aux exigences de la réglementation Solvabilité 2 et fait partie intégrante du processus ORSA. C'est aussi une composante de « Use test » car il permet d'établir un lien entre le modèle interne et la gouvernance de l'entreprise en termes de :

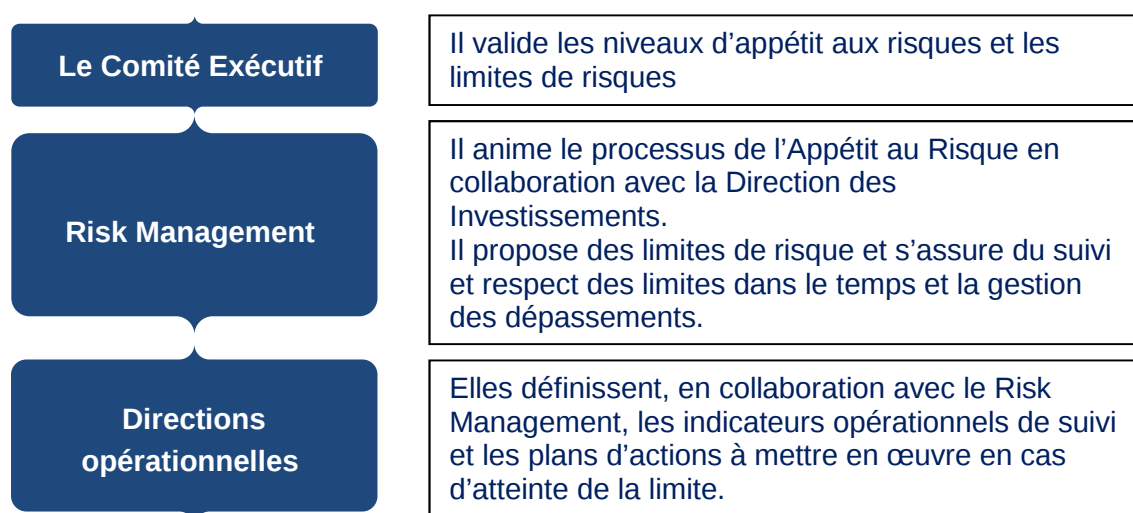
- Profil de risque quantifié au moyen du modèle interne
- Limites de tolérance au risque établies en cohérence avec les résultats du modèle interne, partagées et actées par l'ensemble des acteurs de la gouvernance.

Use test : Démontrer une utilisation significative des informations issues du modèle interne dans les processus de prise de décision, par exemple sa compréhension et son utilisation (études ALM, stratégie de réassurance, rentabilité économique des branches d'activité, Processus d'Approbation des nouveaux produits, indicateurs clés de performance).

- Traduction opérationnelle de ces orientations dans le cadre des différentes politiques (politique d'investissement, de souscription, de réassurance, ...).
- Suivi du respect des limites grâce à des indicateurs opérationnels et aux plans d'actions associés.

2.3.1 Répartition des responsabilités au sein de l'entreprise

La Gouvernance de l'appétit au Risque repose sur les organes suivants avec leurs prérogatives.



2.3.2 Fixation des objectifs

L'entreprise fixe son appétit au risque global. Il se traduit par des engagements pris sur 2 indicateurs clés (résultat net, ratio de solvabilité), pour des chocs sévères et modérés :

Impact sur les résultats nets :

- L'entreprise accepte de perdre maximum y % de son résultat net budgété en cas de survenance d'un choc modéré

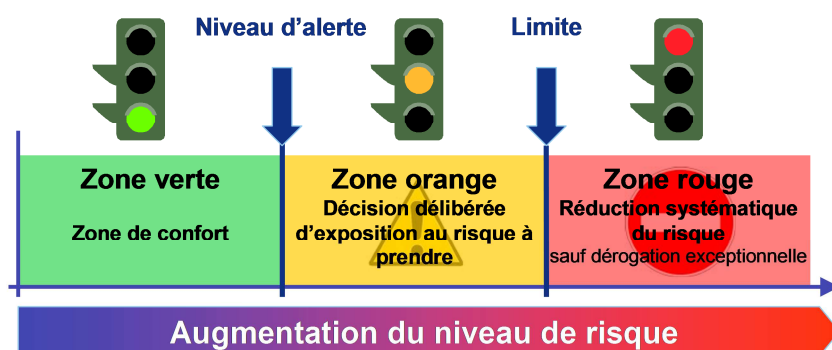
Impact sur le ratio de couverture (ratio de Solvabilité 2) :

- L'entreprise accepte de perdre maximum z % de son ratio de couverture en cas de survenance d'un choc sévère
- L'entreprise accepte de perdre maximum t % de son ratio de couverture en cas de survenance d'un choc modéré

Ce processus permet de disposer d'une vision prospective du profil de risque de l'entité.

Les limites de l'Appétit au Risque sont assorties de seuils d'alerte et de plans d'actions, afin de détecter les signaux précurseurs de crise et d'en atténuer les impacts.

- Au-delà du seuil d'alerte, un plan d'action est mis en place pour revenir progressivement en-deçà de ce seuil.
- Au-delà du seuil limite, il convient de réduire immédiatement l'exposition au risque



2.3.3 Déclinaison de l'appétence au risque

L'appétit au risque global de l'entreprise et sa déclinaison par nature de risque est fixé par le Comité Exécutif par indicateur clé.

choc modéré	Résultat net	Solvabilité 2
Entreprise	perte de x% du résultat net	perte de y% de l'excédent de couverture
Risque assurantiel	$x_1\%$	$y_1\%$
Risque financier	$x_2\%$	$y_2\%$
Risque opérationnel	$x_3\%$	$y_3\%$

choc sévère	Résultat net	Solvabilité 2
Entreprise	perte de x'% du résultat net	ratio de solvabilité 2 minimum de z%
Risque assurantiel	$x'_1\%$	Perte de $z_1\%$ de ratio de couverture
Risque financier	$x'_2\%$	Perte de $z_2\%$ de ratio de couverture
Risque opérationnel	$x'_3\%$	Perte de $z_3\%$ de ratio de couverture

Figure 8 : Exemple de tableau de limite par nature de risque

La limite sur les risques financiers conduit à déterminer des limites d'investissement quantitatives par type d'actifs.

Pour les risques de marché, ces limites peuvent porter sur :

- la proportion maximale d'une classe d'actif (action, immobilier,...)
- la proportion maximale d'un sous-ensemble d'actifs de natures différentes (limites sur les investissements alternatifs incluant les ABS⁵, Private equity⁶ et les hedge fund⁷)
- la duration (gap de duration, duration actifs)

Classe d'actifs	Driver
Taux	Duration actifs / Gap de duration
Actions	% actifs investis
Immobilier	% actifs investis
Investissements Alternatifs	% actifs investis

Figure 9 : Exemple de déclinaison de l'appétit aux risques financiers

L'objectif de l'appétit aux risques financiers est de fixer un cadre d'investissement en adéquation avec le profil de risque de la compagnie et ses objectifs ALM⁹.

Les limites et seuils d'alerte obtenus permettent de définir des zones :

- Zone de confort : l'exposition de la classe d'actif est en dessous du niveau d'alerte
- Zone d'alerte : l'exposition est située au-dessus du seuil de l'alerte en dessous de la limite. La compagnie ne peut plus investir dans la classe d'actif
- Zone critique : l'exposition est au-delà de la limite et il faut impérativement réduire l'exposition de la classe d'actif.

Dans le cadre de ce mémoire, nous proposons une déclinaison de la limite sur les risques assurantiels par branche afin de cibler plus précisément les zones de risque sensibles à suivre. Nous testerons plusieurs approches d'allocation basées sur la performance/risque de chaque branche et/ou la contribution à la diversification du SCR_{vie}.

2.3.4 Déclinaison par branche basés sur des critères performance/risque

Il existe plusieurs méthodes permettant de mesurer la performance d'une compagnie d'assurance comme détaillé dans le paragraphe 3.2 « indicateurs de rentabilité ».

Nous avons choisis comme indicateur de risque : le SCR et la MVM d'une branche d'activité donnée et comme indicateur de performance : la value of inforce (VIF) de la branche qui a l'avantage de prendre en compte les résultats futurs et également la valeur temps des options et garanties (TVOG) accordées dans les contrats d'assurance vie, à l'inverse de l'indicateur Résultat qui ne prend en compte que le résultat de l'exercice et ne permet pas de refléter le caractère long terme de l'assurance vie.

⁵ : L'Asset Back Security (ABS) est une valeur mobilière négociable fréquemment adossée à des opérations de titrisation et des crédits de toutes sortes

⁶ : désigne des titres de sociétés non cotées en bourse

⁷ : fonds d'investissements privés non cotés en bourse mais à visée purement spéculative

⁹ : Asset and Liability Management désigne gestion actif/passif

Nous utiliserons la métrique $\frac{VIF}{(SCR_{vie} + MVM)}$ qui combine à la fois la contribution de la branche dans la performance et le besoin en capital pour déterminer une allocation de l'appétit au risque par branche.

Où :

- SCR_{vie} représente le besoin en capital pour les risques assurantiels
- MVM la marge pour risque.

Cette approche permet d'allouer à la branche qui optimise le couple (VIF, SCR_{vie}) plus d'appétit au risque mais l'inconvénient de cette approche est qu'elle ne prend pas en compte la diversification entre branches.

2.3.5 Déclinaison par branche basée sur la diversification du SCR_{vie}

Cette approche se base sur la présence d'effet de diversification entre les branches. Du coup le besoin en capital du risque global est plus petit que la somme des besoins en capitaux des branches pris séparément.

Nous allons tester plusieurs méthodes pour allouer l'appétit au risque pour chaque branche en fonction de sa contribution à la diversification.

2.3.5.1 Méthode proportionnelle

La méthode proportionnelle vise à allouer à chaque branche la proportion du risque global auquel elle contribue selon la valeur de son besoin de capital stand alone c'est-à-dire le besoin en capital correspondant au risque sans considération du reste du portefeuille.

La contribution au risque de la branche X_i associée à la mesure de risque ρ est donnée par :

$$\rho'_{\alpha}(X_i) = \frac{\rho_{\alpha}(X_i)}{\sum_{j=1}^n \rho_{\alpha}(X_j)} \rho_{\alpha} \left[\sum_{j=1}^n X_j \right]$$

Cette méthode ne tient pas compte de l'impact marginal de chaque branche d'activité.

2.3.5.2 Méthode dite « Incremental contribution »

Cette méthode consiste à calculer la différence entre le besoin en capital global et ce même capital sans prise en compte de la branche d'activité évaluée.

Le besoin en capital de la branche évaluée est donné par :

$$\rho'_\alpha(X_i) = \rho_\alpha \left[\sum_{j=1}^n X_j \right] - \rho_\alpha \left[\sum_{j=1, j \neq i}^n X_j \right]$$

Cette approche est justifiée dès que l'activité ne peut exister seule et qu'elle doit forcément être associée à d'autres activités.

2.3.5.3 Méthode dite « Euler allocation »

Cette méthode consiste à évaluer l'augmentation du besoin en capital au global générée par une augmentation infinitésimale de l'une des branches d'activités. Cette méthode se représente sous la forme suivante :

$$\rho'_\alpha(X_i) = X_i \frac{\partial \rho_\alpha \left[\sum_{j=1}^n X_j \right]}{\partial X_i}$$

Les différentes méthodes présentées ci-dessus se basent uniquement sur la contribution à la diversification et ne permettent pas de prendre en compte la contribution à la performance (résultat, VIF,...)

2.3.6 Déclinaison par branche : Approche alternative

Pour pallier aux faiblesses des deux approches précédentes, nous allons nous utiliser

la métrique :
$$\frac{VIF}{(SCR_{vie} + MVM)_{\text{après diversification}}}$$

pour allouer l'appétit au risque par branche ce qui permet de prendre en compte à la fois la contribution à la performance et la contribution à la diversification.

2.4 Suivi de l'appétit au risque

Des indicateurs opérationnels sont définis pour suivre l'appétit au risque de chaque sous-catégorie de risque au sein de chaque branche.

Un seuil d'alerte est retenu dans le suivi de l'indicateur opérationnel en cohérence avec le seuil limite de cet indicateur.

Les indicateurs opérationnels pour chaque branche et par sous-catégorie de risque sont sélectionnés en prenant en compte leur impact potentiel sur les indicateurs clés, et sont suivis grâce à des tableaux de bord opérationnels réguliers (suivi de sinistralité, de rachats ou de résiliations, par exemple) ou conjoncturels (suivi d'un événement spécifique) afin de détecter au plus tôt la dérive du risque par rapport aux hypothèses initiales.

Risque assurantiel	Branches	Indicateur de suivi	Fréquence de suivi	Seuil d'alerte	Limite	Plan d'action en cas de dépassement
Risque de rachat	Epargne	Taux de rachat	Mensuel			
	Prévoyance	Taux de résiliation	Semestriel			
	Santé	Taux de résiliation	Semestriel			
Longévité	Retraite	Résultat de mortalité	Semestriel			
Mortalité	Epargne	Résultat de mortalité	Semestriel			
	Prévoyance	Ratio de sinistralité/Primes S/P	Annuel			

Figure 10 : Exemple de tableau de définition d'indicateurs opérationnels

En synthèse, pour chaque risque, il faut préciser :

- La branche concernée
- L'indicateur de suivi
- La fréquence du suivi
- Le seuil d'alerte qui découle de la limite (la limite et par conséquent le seuil d'alerte sont revus chaque année)
- Les actions d'atténuation à mener lorsque le seuil d'alerte est atteint

Partie 3 : Présentation du modèle utilisé

3.1 Modèle de projection

AXA France utilise plusieurs modes de projections pour réaliser les calculs dans un environnement risque-neutre.

Dans l'univers risque-neutre, le prix actualisé est une martingale, c'est-à-d le rendement du titre risqué est celui du taux sans risque. A l'inverse de l'univers Real Word ou les actifs risqués ont une prime de risque. Chaque actif a sa propre espérance de rendement qui dépend de son risque ou volatilité propre.

Les différents modes de projection sont :

- Le mode ALM permet de prendre en compte les interactions actif-passif et de capturer la valeur temps des options et garanties (TVOG).

Deux types de simulations sont réalisés :

- o Déterministe ALM : elles permettent de réaliser les interactions Actif / Passif.
- o Stochastique ALM : par différence avec une simulation ALM déterministe, elles sont destinées à prendre en compte la valeur temps des options et garanties.

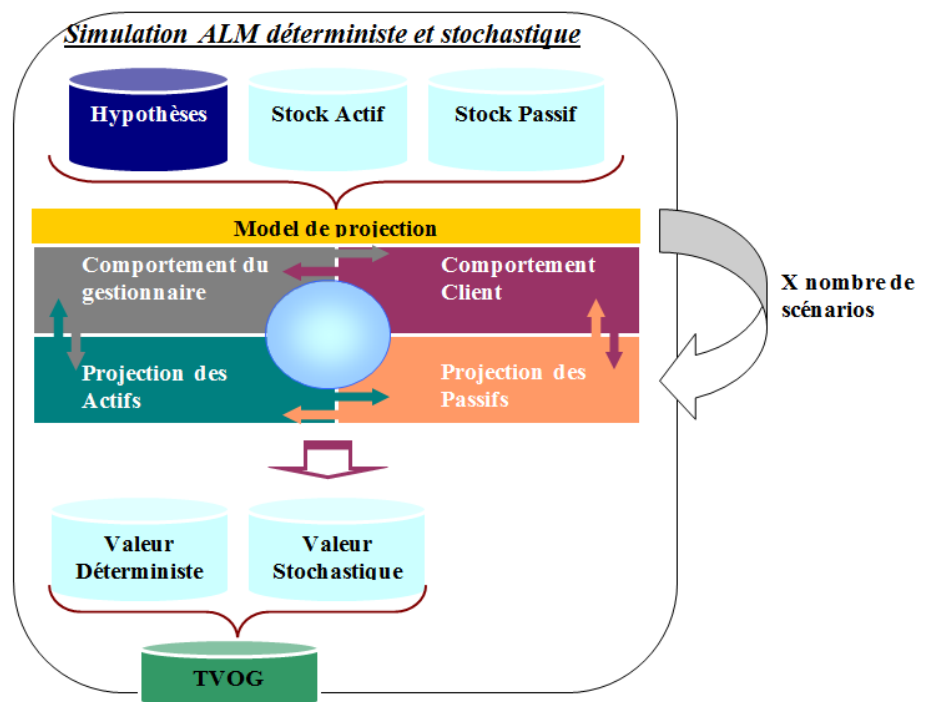


Figure 11 : simulation ALM déterministe et stochastique

- Le mode passif seul est utilisé pour les périmètres sans interaction avec l'actif et nécessitant une projection à la maille la plus fine pour prendre en compte les caractéristiques du passif.

Les hypothèses utilisées sont réparties en 3 familles :

- Hypothèses de passif : Les hypothèses de passif sont distinguées en deux grandes catégories, les hypothèses de « comportement client » et les engagements de type commissionnement, frais généraux...
- Hypothèses d'actif : Afin de projeter les actifs, des scénarios financiers sont renseignés. En plus de ces scénarios, des hypothèses supplémentaires sont nécessaires afin de disposer d'une stratégie financière (détermination des allocations cibles), de gérer les ratings...
- Hypothèses ALM : L'ALM permet de gérer les interactions actif / passif. Ces derniers permettent de définir le montant de Plus/Moins-Values à réaliser, de dégager des marges, de distribuer de la participation aux bénéfices.

3.1.1 Modélisation de l'Actif

Les variables de marché c'est-à-dire les variables dont la variation impacte la richesse d'un portefeuille sont segmentées en plusieurs sous classes de facteur de risque comme par exemple : Taux d'intérêt, Spread, Action, Volatilité, Immobilier, ...

Le module d'actifs permet de gérer les algorithmes de réalisation des plus ou moins-values, il est construit à partir des scénarios économiques générés par le modèle de Barrie et Hilbert.

Les principales sous classes générés sont :

- Les obligations à taux fixes
- Les obligations à taux variables
- Les actions
- Les actifs immobiliers
- Les OPCVM

Les scénarios générés sont basés sur les simulations de Monte Carlo¹⁰.

¹⁰ : La méthode Monte-Carlo, désigne toute méthode visant à calculer une valeur numérique en utilisant des procédés aléatoires, c'est-à-dire des techniques probabilistes. Elles sont basées sur la loi des grands nombres

3.1.1.1 Modélisation du taux.

La part d'obligations dans l'actif d'une compagnie d'assurance est considérable, ce qui explique l'importance du modèle de taux dans la modélisation de l'actif.

En période de hausse des taux, la société doit céder des obligations pour payer les prestations et réaliser ainsi des moins-values sur les obligations à taux fixe. Elle peut neutraliser ces moins-values à l'aide de la réserve de capitalisation si elle est suffisante sinon le rendement offert aux assurés sera impacté.

La hausse des taux peut également entraîner des rachats dynamiques générés par des taux servis faibles par rapport au taux de marché.

Le risque à la hausse des taux est un risque de rachats en période de moins-values latentes.

En période de baisse des taux, le réinvestissement est moins lucratif, ce qui génère la dilution des fonds euro (comme ce qui est observé actuellement sur le marché) ce qui diminue la rentabilité à court terme.

Si la baisse de rentabilité est trop forte, l'assureur devra puiser dans ses fonds propres pour parvenir à servir les taux garantis.

a) Modèle de Black Karasinski

Ce modèle est utilisé pour les variables marché de sous classes : Taux, Spread et Volatilité. Ce modèle induit un comportement de retour à la moyenne.

Ce modèle répond à la dynamique suivante :

- Pour un modèle risque neutre :

$$\begin{aligned}d\ln(r_t) &= \alpha_1 [\ln(m_t) - \ln(r_t)]dt + \sigma_1 dW_t^1 \\d\ln(m_t) &= \alpha_2 [\mu - \ln(m_t)]dt + \sigma_2 dW_t^2\end{aligned}$$

- Pour un modèle real World :

$$\begin{aligned}d\ln(r_t) &= \alpha_1 [\ln(m_t) - \ln(r_t)]dt + \sigma_1 [dW_t^1 + \gamma dt] \\d\ln(m_t) &= \alpha_2 [\mu - \ln(m_t)]dt + \sigma_2 [dW_t^2 + \gamma dt]\end{aligned}$$

Avec :

W_t^1 et W_t^2 : Mouvements browniens indépendants

α_1 et α_2 : Vitesse de retour à la Moyenne

σ_1 et σ_2 : Volatilités du taux instantané et du taux moyen terme m

$\ln(r(0))$: Logarithme du taux instantané initial ;

$\ln(m(0))$: Logarithme du taux moyen terme initial

μ : Logarithme du taux infini.

γ : Paramètre permettant de jouer sur le niveau de la prime de risque.

b) Modèle de Vasicek

Dans ce modèle, le taux instantané nominal a une probabilité non nulle d'être négatif au cours du temps.

Ce modèle répond à la dynamique suivante :

- Pour un modèle risque neutre :

$$\begin{aligned}d(r_t) &= \alpha_1[m_t - r_t]dt + \sigma_1 dW_t^1 \\d(m_t) &= \alpha_2[\mu - m_t]dt + \sigma_2 dW_t^2\end{aligned}$$

- Pour un modèle real World :

$$\begin{aligned}d(r_t) &= \alpha_1[m_t - r_t]dt + \sigma_1[dW_t^1 + \gamma dt] \\d(m_t) &= \alpha_2[m_t - r_t]dt + \sigma_2[dW_t^2 + \gamma dt]\end{aligned}$$

Avec:

W_t^1 et W_t^2 : Mouvements browniens indépendants

α_1 et α_2 : Vitesse de retour à la Moyenne

σ_1 et σ_2 : Volatilités du taux instantané et du taux moyen terme m

$r(0)$: Logarithme du taux instantané initial

$m(0)$: Logarithme du taux moyen terme initial

μ : Logarithme du taux infini

γ : Paramètre permettant de jouer sur le niveau de la prime de risque.

3.1.1.2 Modélisation des Actions et Immobilier

Les actions et l'immobilier sont modélisés à l'aide du modèle brownien géométrique.

Les avantages de cette modélisation sont :

- Elle garantit un prix de marché positif
- Elle permet de maintenir constante l'espérance de rendement
- Elle est compatible avec une tarification des produits dérivés par une formule analytique.

Par contre, cette modélisation (où les rendements sont gaussiens) sous-estime la probabilité de survenance des événements extrêmes.

Sous la probabilité risque neutre, le cours de l'actif est solution de l'équation différentielle stochastique suivante :

$$dA_t = (r_t + q_A)A_t dt + \sigma_A d\tilde{W}_t^A$$

Avec :

A_t : Cours de l'actif à l'instant

r_t : Taux court à l'instant t

q_A : Taux instantané respectivement de dividendes ou de loyer

σ_A : Volatilité (constante) de l'actif (respectivement les actions ou l'immobilier)

$\tilde{W}_t^A$: Mouvement brownien sous la probabilité risque neutre

3.1.2 Modélisation du Passif

Le passif est modélisé à l'aide de regroupement de plusieurs contrats ayant les mêmes caractéristiques (type du produit, âge des assurés, clause de participation aux bénéfices, type de primes : primes périodiques ou versements libres,...)

Pour le passif relatif aux contrats d'épargne, l'objectif d'une projection est d'obtenir pour chaque année un compte de résultat. Leurs actualisations permettent de calculer la marge actionnaire et le Best Estimate Liabilities (BEL) qui correspond à l'engagement assureur.

Le calcul du résultat par analyse de marge peut être décomposé comme suit et offre un point de vue global des différentes catégories concernant le calcul du résultat pour des calculs de type « Passif Epargne »:

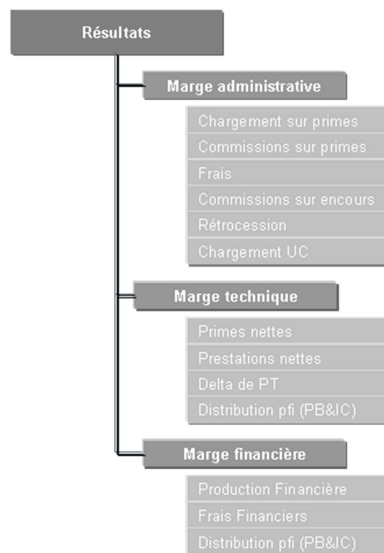


Figure 12 : Décomposition du résultat

Les différentes catégories utilisées lors de la projection suivent l'ordre d'incorporation aux provisions mathématiques :

- Primes
- Prestations
 - o dont Rachats
 - o dont Sinistres
- Chargements
- Commissions et frais
- Arbitrages
- Produits financiers
- Options et garanties
- Participation aux bénéfices

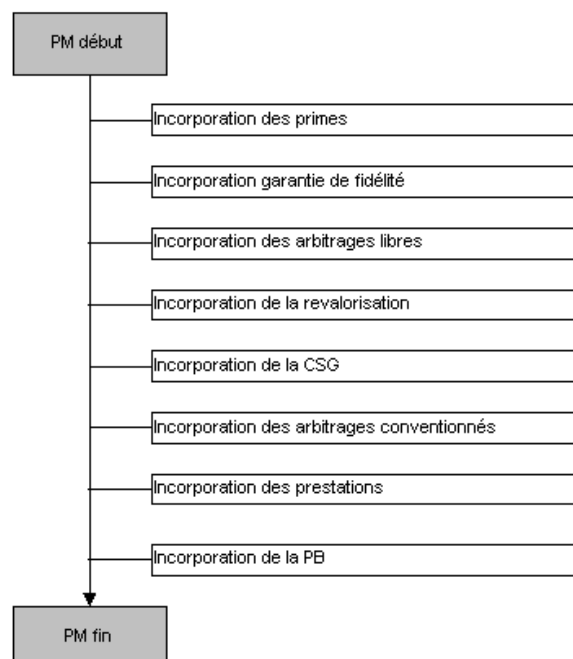


Figure 13 : Déroulé de calcul de la provision mathématique

3.1.2.1 Les primes

Les différents types de primes (Prime Unique, Primes Périodiques, Versement Libre Programmé) sont modélisés.

3.1.2.2 Les arbitrages conventionnés

Les arbitrages conventionnés sont des réajustements annuels réalisés selon une convention de gestion prédéfinie. La convention de gestion concerne les contrats multi-supports. Elle définit la proportion cible de chacun des supports au cours du temps. Ainsi, plus l'âge de l'assuré est élevé, plus la part investie dans le fond Euro est importante (moins risqué), et plus la part investie en Unité de Compte diminue.

3.1.2.3 La revalorisation et incorporation de la PB

Elle correspond à la revalorisation minimale si stipulée dans les conditions générales du contrat et elle est donnée par : $PM \text{ début} * (1 + TxTMG)$

Avec TMG : Taux minimum garanti

La Participation aux Bénéfices (PB) est déterminée par l'algorithme du modèle ALM en adéquation avec les clauses contractuelles de la PB.

3.1.2.4 Les prestations

Les rachats : Les rachats sont distingués par support d'investissement et selon qu'il s'agisse de rachats totaux (exprimés en % du nombre de contrat et de la PM), ou de rachats partiels (exprimés en % de la PM).

Les rachats totaux diminuent le nombre de contrats, tandis que les rachats partiels n'impactent que le montant de PM des contrats.

Ces hypothèses sont fonction de l'année de police et sont différenciées par type de Support et sont indépendants du niveau des taux du marché.

Il s'agit de rachats structurels et sont déterminées à partir d'historiques.

Les sinistres : Pour les contrats d'épargne, les prestations en cas de décès sont fonction de la table de mortalité utilisée, et de la PM atteinte au moment du décès.

Les termes : Concernent l'ensemble des contrats d'assurance qui arrivent à échéance. La prestation est égale à la PM.

3.1.2.5 Modélisation du résultat

Pour chaque Model Point (MP) et chaque année de projection :

$$\text{Résultat} = \begin{cases} \text{Marge financière} \\ + \text{Marge technique} \\ + \text{Marge d'acquisition} \\ - \text{Frais Généraux} \\ - \text{Impôt} \end{cases}$$

La marge financière est égale aux produits financiers diminués des intérêts crédités, de la participation aux bénéfices et des prélèvements sur encours.

La marge technique représente en Epargne les montants de pénalité sur rachat.

La marge d'acquisition correspond à la différence entre les chargements prélevés sur les primes et les commissions payées en fonction de ces primes aux apporteurs d'affaires.

Les frais généraux sont modélisés à l'aide de coûts unitaires (CU) : un CU par contrat pour les frais de gestion, un CU par affaire nouvelle pour les frais d'acquisition des affaires nouvelles.

L'impôt sur les sociétés représente un pourcentage du résultat (par ex : 34%).

3.1.2.6 Provisions modélisées

- Les provisions mathématiques (PM) pour les contrats d'Epargne correspondent au cumul des primes avec intérêts techniques et participations aux bénéfices, moins chargements. Elles comprennent également les provisions complémentaires pour les options de sortie en rente, les majorations légales, etc. En Prévoyance, la PM correspond à une charge de sinistre connue, imputable à l'assureur, mais dont le paiement se fera postérieurement. Par exemple, une rente de conjoint qui assure un revenu jusqu'à la retraite du conjoint du défunt. La PM évolue selon les hypothèses de sinistres sur primes et de cadence de règlement des sinistres.
- La provision pour sinistres à payer (PSAP) : D'après le code des assurances, il s'agit de la valeur estimative des dépenses nécessaires au règlement de tous les sinistres survenus et non payés. Autrement dit, la PSAP est assimilée à une réserve susceptible de couvrir la différence entre les règlements déjà effectués aux bénéficiaires des contrats et l'estimation de la charge définitive du sinistre, dite charge ultime. La PSAP évolue selon les hypothèses de sinistres sur primes et de cadence de sinistres.
- La provision pour risques croissant (PPRC) : Elle permet dans le cadre des contrats à tarification à prime constante quel que soit l'âge ou décroissante, de faire face à l'évolution des risques qui croissent avec l'âge (article R. 331-6 5° du code des assurances).
- La provision pour primes non acquises (PPNA) : Elle représente la part des primes perçues dans l'année au titre des garanties accordées pour les exercices suivants.
- La provision pour participation aux bénéfices (PPB) : Elle est déterminée pour respecter les trois contraintes suivantes :
 - o Une dotation minimale prévue par le code des assurances (90% des bénéfices techniques et 85% des bénéfices financiers doivent être distribués dans les huit ans). Depuis le 1er mai 2007, cette dotation se calcule sur un périmètre incluant le décès collectif et les dommages corporels associés.
 - o L'application des clauses contractuelles c'est-à-dire revalorisation produit par produit.
- Le fonds de valorisation : Il a pour objet de provisionner les revalorisations des sinistres. Ce fonds de valorisation est alimenté par les produits financiers nets et une partie des cotisations.
- La réserve de capitalisation : c'est une réserve alimentée par les plus-values réalisées sur les cessions d'obligations (actifs R332-19) et reprise symétriquement uniquement en cas de réalisation de moins-values sur ce type d'actifs. Ceci permet de lisser les résultats correspondant aux plus ou moins-values réalisées sur des obligations cédées avant leur terme, en cas de mouvements de taux.

3.1.3 Modélisation ALM

Le pilotage ALM en Epargne est régi par l'équilibre des contraintes suivantes :

- Respect d'une cible stratégique en termes d'allocation d'actifs
- Prélèvement d'un niveau de marge raisonnable
- Attractivité des taux servis chaque année sur l'épargne des clients, afin de favoriser le développement commercial et la rétention des clients
- Conservation d'une richesse suffisante pour faire face aux engagements futurs.

La modélisation reproduit cet équilibre en le décomposant en plusieurs étapes. Pour chaque année de projection, le modèle procède aux opérations suivantes :

- Vieillissement de l'actif de 6 mois
- Tombée des cash-flows techniques en milieu d'année, en tenant compte du comportement client relatif aux taux servis l'année n-1
- Réallocation de l'actif vieilli sur l'allocation cible
- Vieillissement de l'actif de 6 mois
- Réallocation de l'actif vieilli sur l'allocation cible
- Pilotage de la richesse dégagée et des taux servis

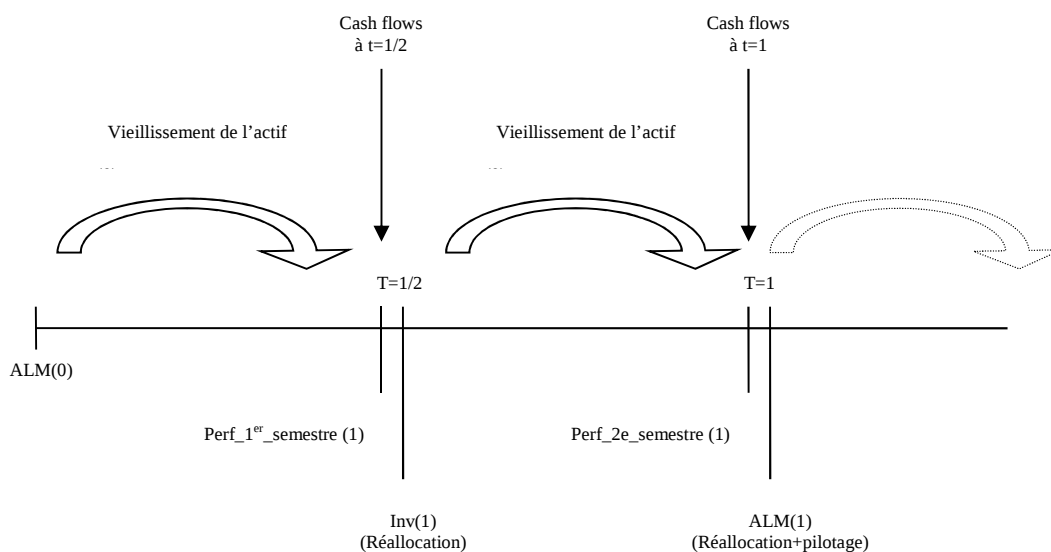


Figure 14 : Vieillissement d l'actif

Ce cycle se reproduit à l'identique sur l'ensemble des années de projection, pour chaque scénario économique.

Enfin, pour chaque groupe homogène de produits, le taux effectivement servi ainsi que la richesse latente du fonds, vont influencer sur le comportement des clients l'année suivante.

3.2 Les différents indicateurs de rentabilité calculés

Les indicateurs de rentabilité traditionnels (résultat consolidé IFRS, Expense Ratio, Cost of Income...) sont basés sur une vision par exercice ce qui ne permet pas de prendre en compte le caractère long terme de l'activité d'assurance.

A titre d'exemple, pour un lancement d'un nouveau contrat d'assurance-vie, le résultat comptable de la première année est fortement négatif et ne tient pas comptes des résultats positifs pour les prochaines années :

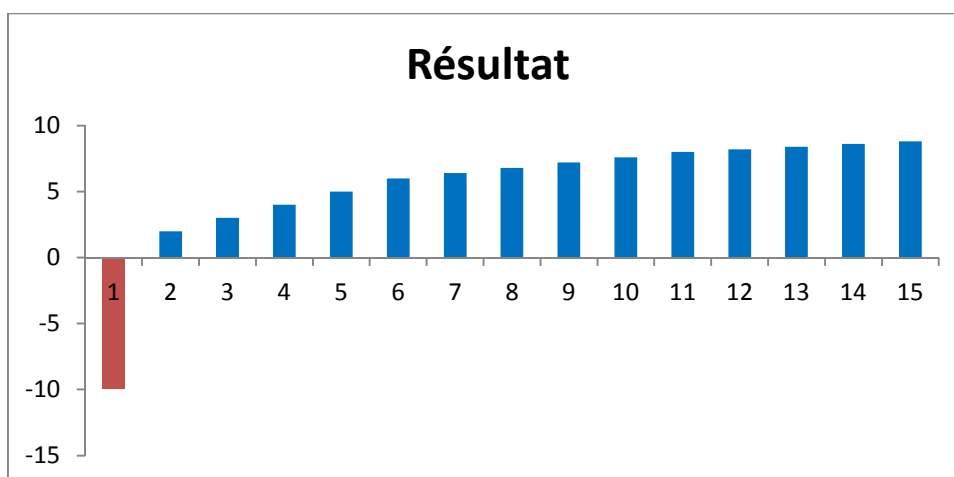


Figure 15 : résultat par année d'une affaire nouvelle en assurance vie

D'où la nécessité d'utiliser des indicateurs de rentabilité prospectifs pour prendre en compte la durée des contrats et les incertitudes liées à la réalisation des profits sur plusieurs exercices comptables.

3.2.1 Les nouveaux indicateurs de rentabilité

3.2.1.1 Valeur des contrats en portefeuille (Value Of Inforce : VIF)

La Value Of Inforce (VIF) correspond à la valeur actuelle des résultats futurs distribuables à l'actionnaire générés par le portefeuille de contrats de la société avec la prise en compte des options et garanties.

Elle est traditionnellement décomposée en trois éléments :

i. La CE PVFP (Certainty Equivalent Present Value Of Future Profits)

C'est la valeur actuelle des résultats statutaires nets d'impôts, hors prise en compte du coût d'immobilisation de la Marge de Solvabilité.

L'évaluation de la CE PVFP nécessite la connaissance de tous les éléments intervenant dans le compte de résultat. Cette évaluation consiste à réaliser des projections de l'activité d'assurance sur plusieurs périodes et ensuite calculer pour une date d'évaluation donnée la valeur de l'ensemble des cash-flows futurs probables (Nets d'impôts) générés par les contrats en portefeuille.

Les résultats futurs (profits ou pertes) de chaque exercice sont déterminés par :



$$PVFP = \sum_k \frac{Résultat_k}{(1 + \text{taux actualisation})^k}$$

ii. Les options et garanties financières

Les options et garanties financières (O&G) correspondent à des options que l'assuré peut exercer selon son gré, sous certaines conditions. Elles sont évaluées de manière à ce qu'elles soient cohérentes avec les modèles de valorisation utilisés sur les marchés financiers. Leur valeur est obtenue à partir de la différence entre la PVFP calculée à l'aide du scénario central de la courbe des taux, et la valeur moyenne des PVFP stochastiques obtenues à l'aide des scénarios financiers.

$$TVOG = PVFP \text{ Déterministe} - \text{Moyenne (PVFP Stochastique)}$$

Différentes options peuvent être accordées aux assurés dans leurs contrats d'assurance vie :

- **Les Taux Minimum Garantis (TMG) :** Ils peuvent être attribués de façon viagère ou pour une durée déterminée et ils concernent les fonds libellés en Euros. Les TMG garantissent aux assurés un rendement minimum à leur épargne. Ces taux sont encadrés par les articles A132-1, A132-2 et A132-3 du code des assurances.
- **Les rachats :** Le rachat est une option financière qui permet à l'assuré de disposer de la totalité ou d'une partie de son Epargne.
- **Les arbitrages :** L'arbitrage est une option donnant à l'assuré détenteur d'un contrat multi-supports (c'est-à-dire un contrat pour lequel il existe plusieurs supports en unité de compte (UC) et éventuellement un fonds libellé en Euro) la possibilité de transférer une partie de sa provision mathématique d'un support d'investissement vers un autre.
- **Les avances :** L'avance est une option qui peut être assimilé à un prêt permettant à l'assuré de disposer d'une partie de sa provision mathématique pour une période déterminée, en contrepartie de frais qui sont fonction de la durée et du montant du prêt. Les avances présentent un avantage par rapport aux rachats, car l'assuré ne perd pas son antériorité fiscale.

- Les garanties de fidélité : Plusieurs types de garanties de fidélité existent soit sous la forme d'un bonus de participation aux bénéfices où sous forme de remboursement à l'assuré une portion des chargements initiaux payés sur la première prime périodique.
- Les garanties plancher en cas de décès : Elles assurent au bénéficiaire en cas de décès de l'assuré, au moins la prime investie (ou la prime payée), et au plus la valeur de rachat.

iii. Le coût du capital

C'est le coût d'immobilisation pour l'actionnaire de la Marge de Solvabilité, mesurée par différence entre la valeur actuelle des résultats dégagés sur la MSR (Marge de Solvabilité Réglementaire) et le montant initial de la MSR.

L'article R.334-13 du Code des assurances présente les modalités de calcul de la Marge de solvabilité Réglementaire dont les modalités de calcul pour une société d'assurance Vie se présentent comme suit :

$$MSR = 4\% PM \text{ €} + 1\% PM UC + 0.3\% \text{ Min } (0, \text{Capitaux Sous Risque})$$

Le capital sous risque désigne la différence entre la provision mathématique du risque principal et le Capital qui devra être payé lors du décès.

La VIF est obtenue finalement par la relation suivante :

$$VIF = CE PVFP + TVOG - \text{Coût du Capital}$$

3.2.1.2 L'European Embedded Value (EEV)

L'Embedded Value est un indicateur permettant d'évaluer la valeur totale pour l'actionnaire d'un portefeuille d'assurance en prenant en compte le comportement des assurés en fonctions des conditions économiques utilisées à travers la prise en compte de l'estimation du coût des options et garanties financières (Taux minimum garanti, rachat, arbitrage,...).

Cette estimation nécessite un modèle de calcul stochastique pour déterminer le comportement des assurés en fonction des hypothèses et des scénarii économiques utilisés.

Elle est déterminée par la formule suivante :

$$EEV = ANAV + VIF$$

Avec ANAV : Actif Net Réévalué (Adjusted Net Assets Value) qui désigne l'actif net comptable d'un bilan ajusté pour tenir compte de la valeur économique des actifs et passifs. C'est la richesse accumulée dans le passé par la compagnie.

En général, il est constitué du capital libre et du capital requis. Le capital requis est constitué de la marge de solvabilité réglementaire imposée par le régulateur auquel peut s'ajouter un capital additionnel selon le modèle interne.

3.2.1.3 La New Business Value (NBV)

La NBV (New Business Value) est la valeur d'une année de production supplémentaire intégrant les affaires nouvelles souscrites et les versements supplémentaires effectués dans l'année. Elle correspond à la valeur actuelle des résultats présents et futurs statutaires générés par cette année de production.

La NBV se présente comme suit :

$$NBV = \textit{Strain} + CE\ PVFP + TVOG - \textit{Coût du Capital}$$

Le strain correspond au flux de résultat de la première année intégrant l'ensemble des frais d'acquisition sur les affaires nouvelles.

3.2.1.4 Indicateurs complémentaires

- L'Expected Return : il correspond à la variation attendue sur une année de l'EEV hors NBV. La variation attendue est égale à l'effet gain d'une année d'actualisation (puisque l'EEV intègre les flux de résultats actualisés).
- Le Total Return on EEV : il correspond à la variation observée de l'EEV (hors impacts liés aux changements de modélisation et de périmètre, et aux variations de change), augmentée du dividende versée dans l'année.
- L'Operating Return : il correspond au Total Return diminué de l'impact relatif aux changements des conditions économiques

Concernant la NBV, deux autres indicateurs, en plus de la NBV margin, permettent aujourd'hui d'étudier la rentabilité des affaires souscrites et à terme d'ajuster les caractéristiques des contrats en amont de la souscription des contrats :

- L'IRR (Internal Rate Return) est le taux de rendement interne qui permet d'annuler la séquence des résultats distribuables générés avec l'investissement initial. Les flux de résultats sont évalués à partir d'un scénario déterministe appelé Management Case intégrant des primes de risque sur les actifs risqués. Le calcul de l'IRR est réalisé sur un scénario déterministe et non pas en stochastique : l'IRR n'intègre donc pas un coût lié à la valeur des options et garanties mais intègre la notion de primes de risque sur les différentes classes d'actifs. Cette notion est comparable à une notion de ROE (notion de rendement du capital), alors que la NBV margin est un indicateur de rentabilité sur volume.
- Le payback period représente le nombre d'années nécessaires pour que les flux futurs dégagés par le New business rentabilisent l'investissement initial.

3.3 Méthodologies de calcul du capital économique

Les méthodologies de calcul du capital économique Solvabilité II peuvent se décliner selon deux catégories distinctes : les méthodes modulaires de type « formule standard » et les approches reposant sur l'obtention d'une distribution des fonds propres économiques à un an.

Notons FP_t , les fonds propres économiques de la compagnie à la date t . Cette variable correspond à la différence :

$$FP_t = A_t - VEP_t$$

Avec A_t (resp. VEP_t) la valeur de marché de l'actif (resp. la valeur économique des passifs) à l'instant t .

Sous certaines hypothèses, le capital économique peut être calculé à partir de la relation suivante :

$$C = FP_0 - P(0,1) \cdot q_{0,5\%}(FP_1)$$

Où $P(0,1)$ est le prix en 0 d'un zéro-coupon de maturité 1 an.

3.3.1 Approche formule standard

L'optique d'une méthodologie « formule standard » consiste à calculer un capital économique au niveau de chaque « risque élémentaire » (actions, taux, mortalité,...) puis à agréger ces capitaux à l'aide de matrices de corrélations. Cette approche peut induire plusieurs niveaux d'agrégation.

Par exemple, les QIS reposent sur une mécanique d'agrégation intra-modulaire et inter-modulaire (cf. CEIOPS QIS 5 Technical Specifications 2010). Dans ce type d'approches bottom-up, les capitaux élémentaires sont estimés par différence entre les fonds propres centraux et choqués. Ces valorisations nécessitent le plus souvent le recours à un modèle ALM.

3.3.2 Approche modèle interne

3.3.2.1 Méthode des simulations dans les simulations

Pour disposer de la distribution des fonds propres de l'assureur en $t=1$ il faut déterminer l'évolution de son bilan économique entre les dates $t=0$ et $t=1$ an en fonction de l'évolution des variables économiques (taux, actions, immobilier, ...)

La méthode des simulations dans les simulations (SdS) consiste à effectuer deux séries de simulations imbriquées. Le premier type de simulations, appelées simulations primaires, au nombre de P , permet de traduire l'évolution des différentes variables économiques entre les dates $t=0$, date de calcul du SCR, et $t=1$. Ces simulations sont effectuées en univers Monde Réel c'est-à-dire construites à partir de l'observation d'historiques d'indices afin de donner une évolution réaliste des différentes variables.

Dans un second temps, un nombre S de simulations secondaires est généré conditionnellement à l'information de première période. Ces simulations secondaires permettent de valoriser le bilan économique de l'assureur à un an pour chaque réalisation primaire et ainsi obtenir une distribution des valeurs de fonds propres de l'assureur. Elles sont effectuées en univers Risque Neutre, c'est-à-dire de manière cohérente avec les prix observés sur le marché à une date donnée afin de calculer les prix de manière « Market Consistent ».

L'obtention de la distribution des fonds propres économiques en $t=1$ par la méthode SdS peut se résumer par le graphique ci-dessous :

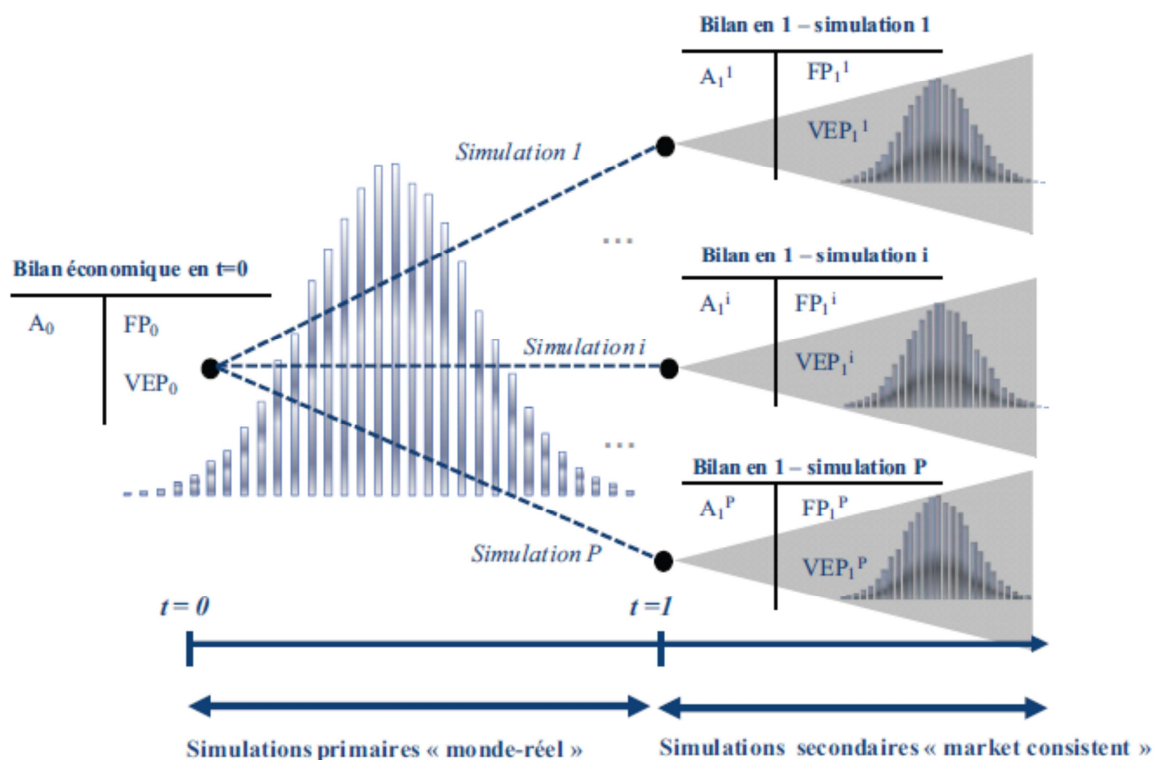


Figure 16 : Obtention de la distribution de fonds propres économiques par la méthode SdS

Introduisons les notations suivantes afin de formaliser les calculs effectués dans une approche SdS :

$R_u^{p,s}$ le résultat de la date $u > 1$ pour la simulation primaire $p \in \{1, \dots, P\}$ et secondaire $s \in \{1, \dots, S\}$.

R_1^p le résultat de la première période pour la simulation primaire p ,

$\delta_u^{p,s}$ le facteur d'actualisation de la date $u > 1$ pour la simulation primaire p et secondaire s ,

δ_1^p le facteur d'actualisation de la première période pour la simulation primaire p , F_1^p l'information de première année contenue dans la simulation primaire p ,

FP_1^p les fonds propres économiques en fin de première période pour la simulation primaire p ,

VEP_1^p la valeur économique des passifs en fin de première période pour la simulation primaire p,

A_1^p la valeur de marché de l'actif en fin de première période pour la simulation primaire p.

Les fonds propres économiques en $t=1$, pour la simulation primaire p, vérifient :

$$FP_1^p = R_1^p + E \left[\sum_{u \geq 2} \frac{\delta_u}{\delta_1} R_u \mid F_1^p \right]$$

Nous considérons l'estimateur de FP_1^p suivant :

$$\widehat{FP}_1^p = R_1^p + \frac{1}{S} \sum_{s=1}^S \sum_{u \geq 2} \frac{\delta_u^{p,s}}{\delta_1^p} R_u^{p,s}$$

La méthodologie SdS est très intensive en temps de calcul car sa complexité est en $P \times S$, il existe néanmoins différentes techniques permettant de l'accélérer très efficacement. Le lecteur peut se référer à Devineau et Loisel (2009) pour plus de détails.

Les simulations secondaires ont pour vocation d'estimer les espérances conditionnelles F_1^p et VEP_1^p alors que les simulations primaires ont pour but d'obtenir une distribution empirique de la loi de FP_1 pour le calcul du quantile à 0,5%. Par conséquent, le nombre de simulations secondaires est en général beaucoup plus faible (le plus souvent aux alentours de 1 000) que le nombre de simulations primaires (au moins 5 000 en pratique)

Pour 5 000 simulations primaires ou monde réel auxquelles nous associons un jeu bien défini de scénario secondaires pour obtenir la distribution des fonds propres à $t=1$, le quantile 0.5% ou $q_{0.5\%}(\widehat{FP}(1))$ correspond à la 25ème pire valeur (plus petite valeur) de l'échantillon des fonds propres $((FP(1))^i)_{i=1 \dots 5000}$.

Nous déduisons alors le capital économique

$$C = FP(0) - P(0,1) \times q_{0.5\%}(\widehat{FP}(1))$$

Où $P(0,1)$ est le prix en 0 d'un zéro-coupon de maturité 1 an.

3.3.2.2 Méthode de réplcation de portefeuilles

Cette approche alternative aux SdS consiste exprimer la valeur des fonds propres ou des passifs comme un portefeuille d'actifs financiers soigneusement sélectionnés. La réplcation permet de réduire fortement les temps de projections.

Un portefeuille réplquant est un portefeuille composé d'instruments financiers standards dont les payoffs se rapprochent le plus possible des cash-flows générés par le passif.

La technique de réplcation de portefeuilles en assurance vie repose donc sur un principe simple : déterminer un portefeuille d'actifs financiers valorisables en général par formules fermées permettant de répliquer le passif.

Développé par le secteur bancaire, la technique de réplcation de portefeuille a été largement utilisée depuis longtemps. Le grand avantage de cette technique réside dans la vitesse de calcul de la valeur du portefeuille et donc estimer la valeur du passif. Les systèmes d'information ont la possibilité de recalculer la valeur des actifs en temps réel, souvent parce que des solutions analytiques (formules fermées) sont disponibles pour déterminer la valeur des actifs. En utilisant ces systèmes, les compagnies d'assurance ont la capacité de surveiller, de gérer les risques financiers et d'évaluer la valeur du passif rapidement et à une fréquence beaucoup plus grande.

La figure ci-dessous (Schrager 2008) schématise l'intérêt des portefeuilles répliquants comparés à la technique SdS. Nous notons en particuliers que pour les portefeuilles répliquants le nombre de simulation est moins significatif car les actifs sont en général évalués par formule fermée.

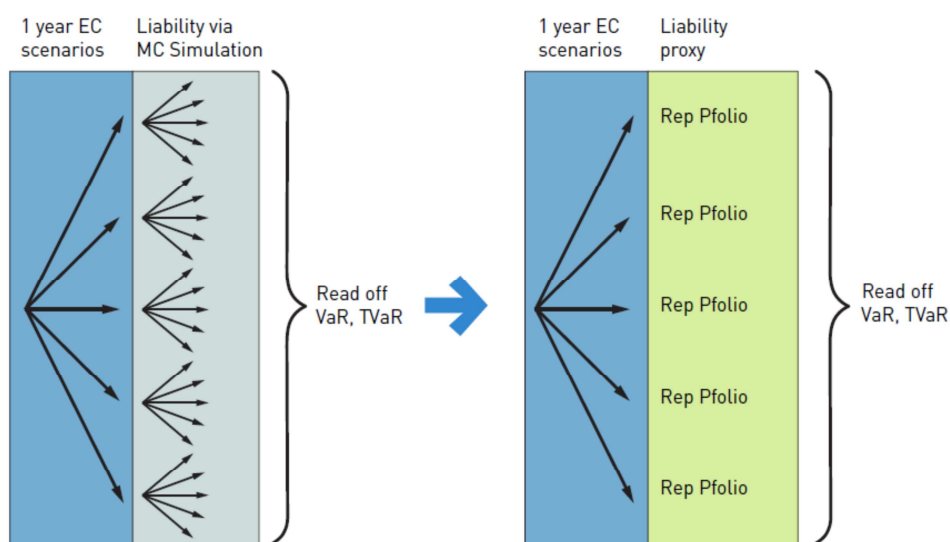


Figure 17 : Economic Capital calculations without and with replicating portfolios Schrager, D. (2008)

Globalement, La technique des portefeuilles répliquants permet de répondre à différentes problématiques :

- L'analyse de la solvabilité de la compagnie dans le cadre d'un dispositif prudentiel (eg. Solvabilité II) : le portefeuille répliquant en tant que proxy de la valeur de marché des passifs permet d'estimer le capital économique réglementaire, d'effectuer des calculs alternatifs de besoin de fonds propres (dans l'ORSA par exemple), de tarifier des produits en tenant compte de l'environnement prudentiel considéré,
- L'estimation de sensibilités d'une MCEV (Market Consistent Embedded Value),
- La mise en place de stratégies de hedging et de management du risque.

3.3.3 Calcul du capital économique avec le modèle interne AXA

Le Modèle Interne AXA couvre tous les risques matériels et quantifiables auxquels la compagnie est exposée. Dans le Modèle Interne d'AXA France, ces risques sont répartis en sous-risques regroupés en trois blocs : les risques financiers (marché et crédit), les risques techniques de l'assurance (Vie et Non-Vie) et les risques opérationnels.

Ce modèle est inspiré du modèle standard et se décompose en plusieurs modules : Marché, Crédit, Souscription vie, Souscription non vie et Opérationnel auxquels s'ajoute un module d'ajustements fiscaux.

L'agrégation des capitaux économiques obtenus pour chaque module est réalisée à l'aide d'une matrice de corrélation.

$$SCR_{\text{avant taxe}} = \text{Agrégation}(SCR_{\text{marché}}, SCR_{\text{crédit}}, SCR_{\text{vie}}, SCR_{\text{non vie}}, SCR_{\text{opérationnel}})$$

$$SCR_{\text{total}} = SCR_{\text{avant taxe}} + \text{Ajustements}$$

3.3.3.1 Calcul SCR marché avec l'approche AXA

Le modèle interne intègre toutes les sources de risques de marché, elles sont réparties en plusieurs sous-modules de risques et chaque sous module de risque regroupe un ensemble de facteurs de risques sous-jacents.

Les principaux sous-modules sont :

- Le risque action

Il regroupe plusieurs facteurs de risque correspondant à différents indices boursiers. Une baisse des indices génère une perte sur le portefeuille d'actifs.

- Le risque de volatilité implicite des actions

Les facteurs de risques sont regroupés par indice boursier (Eurostoxx 50, S&P 500, FTSE, SMI, Nikkei, Hang Seng) et différentes maturités.

- Le risque taux de change

Le risque de change provient de l'exposition à une devise étrangère. Les facteurs de risque sont définis par devise.

- Le risque taux d'intérêt

Ce risque provient d'un déséquilibre des flux de trésorerie issus de l'actif et du passif. Les facteurs de risque se répartissent entre devise et maturité.

- Le risque de spread des entreprises

Il provient de la baisse de la valeur de marché d'un instrument dépendant du spread de l'obligation d'entreprise. Les facteurs de risque sont représentés par devise, rating et secteur d'activité.

- Le risque de spread souverain

C'est le risque qu'une obligation souveraine soit dévaluée à cause d'une augmentation de son spread.

- Le risque immobilier

Ce risque provient de la détention de biens immobiliers.

- Le risque inflation

Il provient des actifs indexés sur l'inflation et des engagements détenus au passif sensible à l'inflation.

Le SCR marché est calculé avec la méthode des portefeuilles répliquants. Les actifs de la compagnie et les actifs du portefeuille répliquant sont revalorisés à l'aide de 11 000 scénarii de Monte Carlo.

Pour obtenir le $SCR_{\text{marché}}$ nous effectuons des chocs simultanés des facteurs de risque marché (Taux, Action, Spread, Volatilité,...).

La 55^{ème} petite valeur de la marge correspond au $SCR_{\text{marché}}$.

3.3.3.2 Calcul SCR souscription vie avec l'approche AXA

Le SCR vie est obtenu en agrégeant les capitaux économiques pour les sous-risques vie Rachat, Longévité, Mortalité, Invalidité, Frais, catastrophe, pour les différentes garanties (Epargne, Retraite, Prévoyance et Santé).

Pour l'ensemble de ces modules du SCR_{vie} , les montants de SCR_{risque} de chaque risque sont déterminés en faisant la différence entre la valeur de portefeuille calculée dans le cas central et la valeur de portefeuille calculée en prenant le quantile à 99.5% de la distribution du facteur du risque considéré.

Risque Catastrophe : c'est le risque de perte ou de changement défavorable de la valeur des engagements d'assurance, résultant de l'incertitude sur les hypothèses de tarification et de provisionnement liée à des événements extrêmes.

Risque de Mortalité : c'est le risque de perte ou de changement défavorable de la valeur des engagements d'assurance, résultant d'un changements dans le niveau, la tendance ou la volatilité des taux de mortalité, lorsqu'une augmentation du taux de mortalité entraîne une augmentation de la valeur des passifs d'assurance.

Risque de Longévité : c'est le risque de perte ou de changement défavorable de la valeur des engagements d'assurance, résultant de changements dans le niveau, la tendance ou la volatilité des taux de mortalité, lorsqu'une baisse du taux de mortalité entraîne une augmentation de la valeur des passifs d'assurance.

Risque de Rachat : c'est le risque de perte ou de changement défavorable de la valeur des engagements d'assurance, résultant de changements dans le niveau ou la volatilité des taux de rachats, résiliations ou renouvellements.

Risque d'incapacité/invalidité : c'est le risque de perte ou de changement défavorable de la valeur des engagements d'assurance, résultant de changements dans le niveau, la tendance ou la volatilité de l'invalidité et les taux de morbidité.

Risque de frais : c'est le risque de perte ou de changement défavorable de la valeur des engagements d'assurance, résultant de changements dans le niveau, la tendance ou la volatilité des frais pour la gestion des contrats d'assurance ou de réassurance.

Risque de Révision : c'est le risque de perte ou de changement défavorable de la valeur des engagements d'assurance résultant de fluctuations affectant le niveau, la tendance ou la volatilité des taux de révision applicables aux rentes, en raison de changements dans l'environnement juridique ou de l'état de santé de la personne assurée.

Risque de Frais de Santé : c'est le risque de perte ou de changement défavorable de la valeur des engagements d'assurance résultant de fluctuations dans la fréquence et la gravité des événements assurés.

Après avoir calculé les différents capitaux économiques élémentaires pour tous les sous risques vie, le capital économique souscription vie est obtenu par agrégation de ces différents modules à travers une matrice de corrélation.



Figure 18 : Agrégation des risques

$$= \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{vie\ risque\ i,risque\ j} \times SCR_{risque\ i} \times SCR_{risque\ j}}$$

Cette méthode présente l'avantage d'être moins fastidieuse. En revanche, elle repose sur des hypothèses très fortes en matière de structure de dépendance.

Partie 4 : Application en Assurance Vie

Dans cette partie, nous allons analyser un portefeuille d'une compagnie d'assurance vie. Nous nous intéresserons au périmètre vie individuelle qui comporte des contrats d'Epargne, Prévoyance et Santé. Dans un premier temps nous allons décrire la gouvernance de la compagnie et la structure du portefeuille ensuite nous étudierons l'appétit au risque ainsi que la déclinaison de l'appétit au risque assurantiel par ligne d'activité (Epargne en euro, Epargne UC, Prévoyance et Santé).

Pour illustrer le lien entre le cadre de l'appétit au risque et les orientations stratégiques de l'entreprise, nous avons supposé le prolongement du contexte actuel de taux bas ce qui génère une baisse significative des marges financières pour les compagnies.

4.1 Gouvernance de la compagnie

4.1.1 Gouvernance des risques

Dans cette compagnie le Conseil d'administration valide les orientations stratégiques de l'entreprise et il est tenu informé de leur mise en œuvre. Le Comité d'Audit revoit des points spécifiques et informe en particulier le Conseil d'administration de l'efficacité du dispositif de contrôle interne et de gestion du risque mis en œuvre.

Un Comité des Risques assiste le Conseil d'administration dans ses nouvelles missions liées à Solvabilité 2.

Le dispositif de suivi des risques est également garanti par la fonction Gestion des Risques.

La Direction Gestion des Risques doit s'assurer que les risques pris sont conformes aux politiques et limites définies par l'entreprise, via le système de gouvernance décrit ci-après.

Les instances de gouvernance suivantes assurent la gestion des risques :

- Comité ALM (Assets Liabilities Management) et Comité d'Investissement
- Comité de Gestion des Risques
- Comité des Risques Opérationnels et Conformité

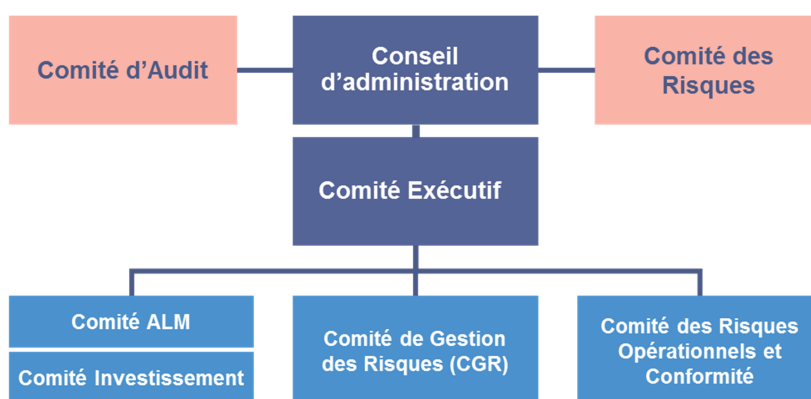


Figure 19 - Instances de gouvernance de la compagnie

Comité ALM (Assets Liabilities Management)

Le Comité ALM est en charge principalement de la gestion Actif / Passif et rend compte directement au Comité Exécutif.

Il approuve les allocations stratégiques d'actifs et les programmes de couverture de taux.

Comité d'Investissement

Le Comité d'Investissement approuve les aspects tactiques des décisions d'investissement et assure le suivi des limites d'appétit aux risques pour les risques financiers

Comité de Gestion des Risques

Ses principaux objectifs sont :

- Définir le niveau acceptable de risque technique assumé par l'entreprise
- Approuver le lancement de nouveaux produits / garanties significatifs
- Valider les revues de risques et rentabilité sur les segments existants
- Valider les plans de réassurance

La gestion des risques techniques s'organise principalement autour des entités opérationnelles, de la fonction gestion des risques et de la fonction actuarielle.

Comité Risques Opérationnels et Conformité

Le comité suit les risques opérationnels majeurs et valide les résultats du modèle interne Risques Opérationnels.

4.2 Présentation de l'activité de la compagnie

Le portefeuille de la compagnie est composé des branches d'activité : Epargne, Prévoyance et Santé.

La branche Epargne est composée essentiellement de contrats multi-supports offrant aux clients la possibilité d'investir dans le fonds euro et/ou dans des supports en unité de comptes.

Cette branche représente une grande part dans les provisions statutaires de la compagnie.

Dans la suite de cette partie, nous allons splitter la branche Epargne entre Epargne en euro et Epargne en unités de compte.

Les principales sources des coûts d'option et garanties sont les taux minimum garantis, la politique de participation aux bénéfices et les rachats dynamiques. Les projections se font sur 60 ans en ALM.

La branche prévoyance regroupe les garanties décès, incapacité, invalidité pour des produits emprunteurs et non emprunteurs.

Les projections sont réalisées avec un modèle qui utilise des hypothèses de ratio de sinistralité S/C (sinistres/cotisations) et se font sur 30 ans, uniquement en déterministe passif seul (pas de simulation ALM, les hypothèses d'actif correspondent au taux sans risque).

La branche Santé regroupe les garanties remboursement des frais de soins médicaux.

Les projections sont réalisées avec un modèle qui utilise des hypothèses de S/C et se font sur 30 ans, uniquement en déterministe passif seul (pas de simulation ALM, les hypothèses d'actif correspondent au taux sans risque).

4.3 Calcul du besoin en capital solvabilité 2 avec le modèle interne AXA

Les exigences réglementaires solvabilité 2 sont calculées à l'aide d'un modèle interne :

- Marché
- Crédit
- Souscription
- Opérationnel

4.3.1 Risque Marché

Le risque de marché considère les risques sur le bilan économique de l'entreprise suite à des mouvements sur les marchés financiers.

Le risque de marché est divisé en sous-risques de façon à mieux analyser ses sources :

- Action
- Taux de change
- Taux d'intérêts
- Spread de crédit sur obligations Corporate
- Spread de crédit sur obligations d'Etat
- Volatilité implicite des taux d'intérêt
- Volatilité implicite des actions
- Immobilier
- Hedge funds
- Private Equity
- Inflation

La détermination du risque de marché se fait en modélisant les actifs investis en ligne à ligne.

Les passifs sont répliqués avec des portefeuilles d'instruments financiers (portefeuille répliquant).

Une distribution de pertes économiques est déterminée en appliquant un jeu de 11 000 scénarios monde réel sur les données de marché sous-jacentes et en réévaluant pour chaque scénario le prix de chaque instrument.

Le SCR est calculé comme étant la VaR à 99,5 % de la distribution de perte obtenue.

Le calcul du SCR se base sur des scénarios Monte Carlo monde réel. La simulation de Monte Carlo est une méthode courante dans l'industrie financière pour le calcul de « Value at Risk » (VaR).

La génération des scénarios de Monte Carlo comprend les étapes suivantes :

- Etape 1 : Un modèle stochastique est choisi pour chaque facteur de risque (exemples : modèle avec retour à la moyenne, modèle lognormale...).
- Etape 2 : Les distributions marginales de chaque facteur de risque et les corrélations sont estimées à partir de séries de données historiques.
- Etape 3 : Un jeu de scénarios réels est généré sur la base des estimations des distributions marginales de chaque facteur de risque et des corrélations.

4.3.2 Risque de crédit

Le SCR crédit résulte de l'agrégation des SCR sur les actifs du bilan suivants :

- Le SCR crédit obligations prend en compte le risque de défaut et le risque de migration. Il couvre les obligations d'entreprise et d'état (obligations émises par un état dans une monnaie autre que celle domestique ou d'états hors OCDE et Union Européenne).
- Le SCR crédit hypothécaire reflète les risques liés aux prêts hypothécaires. Il est axé sur le risque de contrepartie lié aux activités hypothécaires directes, lorsque l'objet immobilier constitue la garantie.
- Le SCR crédit réassurance reflète le risque qu'un réassureur fasse défaut par rapport à ses engagements auprès de la compagnie.
- Le SCR autres créances reflète le risque qu'un débiteur fasse défaut par rapport à ses engagements envers la compagnie.

4.3.3 Risque Vie

La compagnie couvre les activités Epargne, Prévoyance (avec des garanties en cas de décès et/ou en cas d'incapacité / invalidité) et Santé.

Les risques techniques vie sont les suivants :

- **Catastrophe** : risque de sur-sinistralité dû à un événement extrême ou atypique (exemple de la pandémie) – inclut les impacts mortalité, incapacité-invalidité et santé.
- **Mortalité** : risque de sous-estimation des taux de mortalité pour le portefeuille exposé à la mortalité.
- **Longévité** : risque que l'accroissement de la longévité soit sous-estimé pour le portefeuille exposé à la longévité.

- **Rachat** (à la hausse / à la baisse) : risque de mauvaise estimation des lois de rachats
- **Rachat massif** : risque de perte instantanée d'une partie du portefeuille (exemple : perte de confiance des assurés).
- **Autre comportement client** : risque que le comportement de l'assuré dévie par rapport au comportement modélisé et affecte ainsi la valeur de la société. Les options modélisées sont :
 - o l'option de sortie en rente qui donne à l'assuré la possibilité de convertir son contrat en rente à un taux garanti ou table garantie.
 - o l'option d'arbitrage en épargne.
- **Incapacité-invalidité** : risque de sous-estimation des taux de passage en incapacité-invalidité et surestimation des taux de retour en bonne santé (sortie de l'état d'incapacité)
- **Frais** : risque que le niveau des frais de gestion soit sous-estimé.
- **Santé** : risque de sous-estimation de la sinistralité sur les contrats santé (frais médicaux).

Le SCR des risques techniques Vie est calculé en appliquant des stress tests dans une approche de scénario de choc technique. Les risques sont ensuite agrégés à partir d'une matrice de corrélation.

Les scénarios de stress appliqués à chacun des risques sont calibrés pour représenter un évènement bicentenaire.

Pour chaque risque, le SCR est la différence entre l'AFR « best estimate » et l'AFR recalculé avec les hypothèses stressées (hypothèses du scénario bicentenaire du risque considéré).

Ce calcul est effectué sur chaque risque et sur chaque segment homogène de portefeuille. Les résultats sont ensuite agrégés par risque sur l'ensemble du portefeuille.

Pour le SCR total risques vie, les SCR par risque sont agrégés via la matrice de corrélation du Groupe, qui repose sur des avis d'experts et des analyses statistiques.

Les principales différences structurelles entre le traitement des risques Vie dans le modèle interne et le traitement des risques Vie dans la formule standard sont les suivantes :

- Les portefeuilles Santé et Incapacité/Invalidité sont traités dans le module Vie et non dans un module spécifique « Health ».
- Le risque « Autre comportement client » est ajouté pour tenir compte explicitement des risques relatifs aux options et garanties intrinsèques des produits.
- Le risque de rachat distingue, dans le modèle interne, deux types de risques, un risque de déviation par rapport à l'hypothèse et un risque de rachat massif, alors que la formule standard ne retient que le maximum de ces deux risques.
- Le risque de révision n'est pas inclus, car il est mineur pour l'entreprise.

Le SCR total est obtenu en agrégeant les risques vie pour obtenir le SCR Vie et ensuite en agrégeant le SCR Marché, SCR Crédit, SCR Vie et SCR Opérationnel.

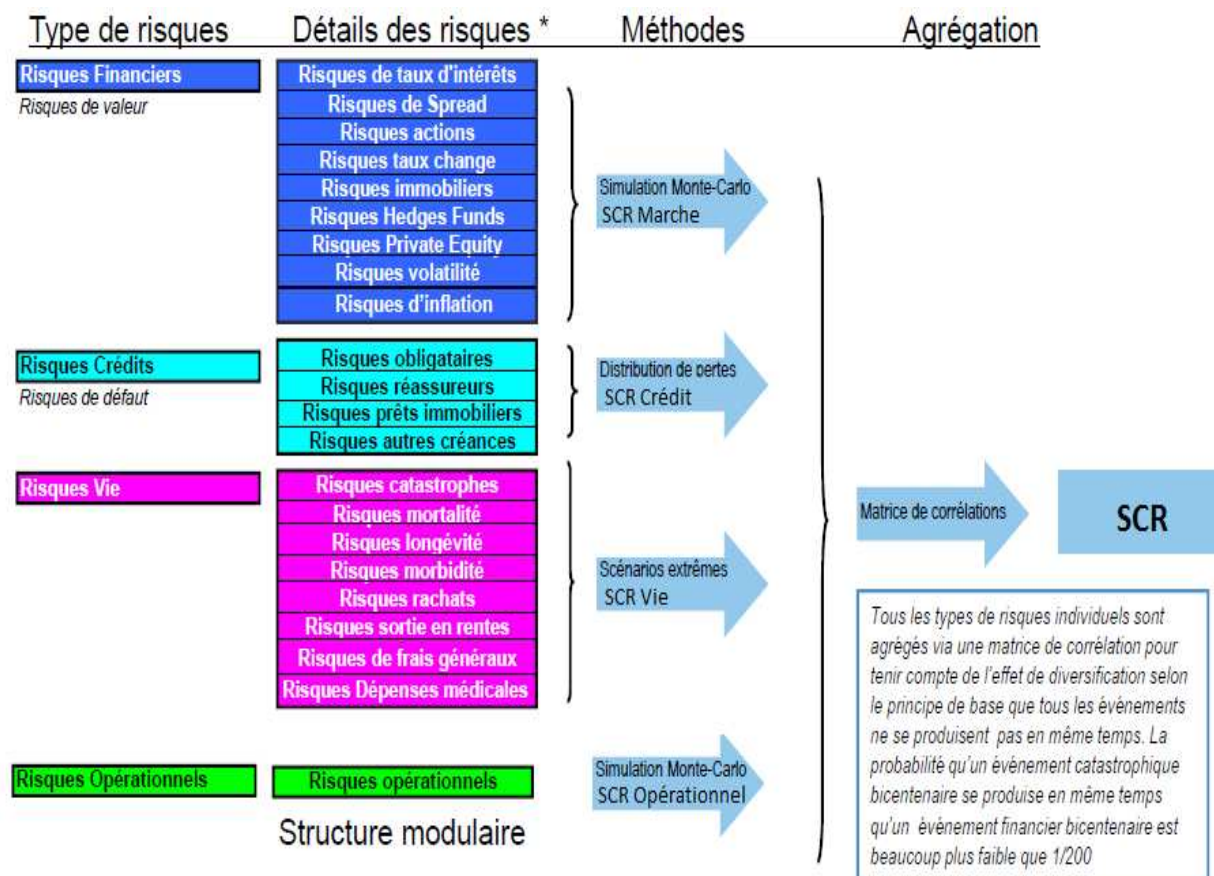


Figure 20 : schéma de calcul du SCR total de la compagnie

Les besoin en capitaux pour les différents modules de risques à fin 2014 sont donnés dans le graph ci-dessous :

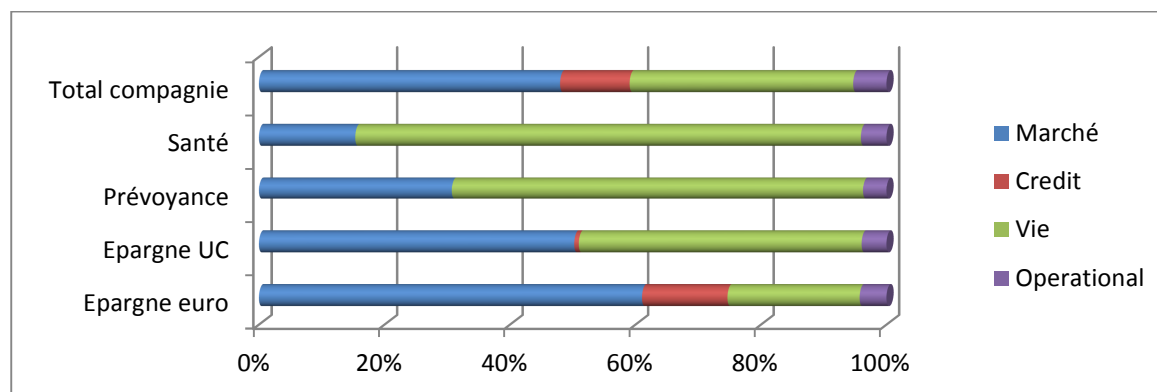


Figure 21 : Décomposition du SCR par module et par branche

La compagnie est très exposée aux risques financiers, ceci est expliqué par la branche Epargne qui représente une part importante des provisions statutaires et des BEL.

Les branches Prévoyance et santé sont plutôt exposées aux risques assurantiels.

Les risques assurantiels majeurs pour la compagnie sont les risques « Hausse des rachats » et « Hausse des frais généraux » ceci s'explique par la forte exposition de la compagnie aux produits d'Epargne.

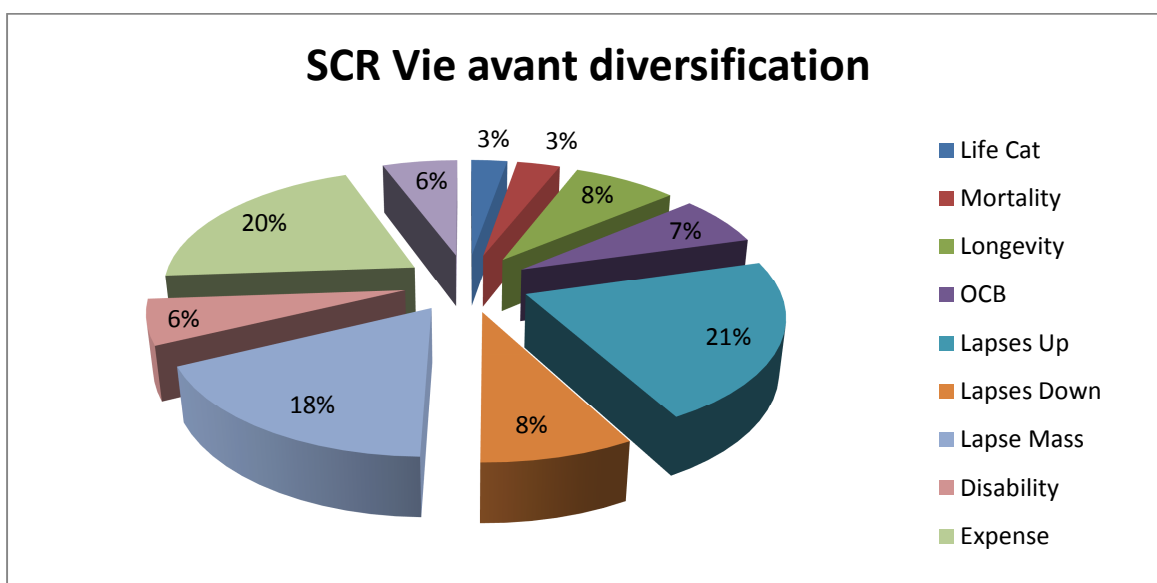


Figure 22 : Décomposition du SCR souscription avant diversification par sous-risque

4.4 Exemple de formulation de l'appétit pour le risque

Afin de garantir que ses risques sont maîtrisés et encadrés, l'entreprise se fixe un cadre d'appétit au risque à respecter. Il est construit sur quatre indicateurs clés : résultat, valeur, solvabilité, liquidité.

4.4.1 Indicateurs retenus par la fixation des limites

Dans le cadre de ce mémoire, nous traiterons les limites fixées sur les indicateurs résultat et ratio de solvabilité 2.

A fin 2014, le ratio de couverture Solvabilité 2 s'élève à 255%

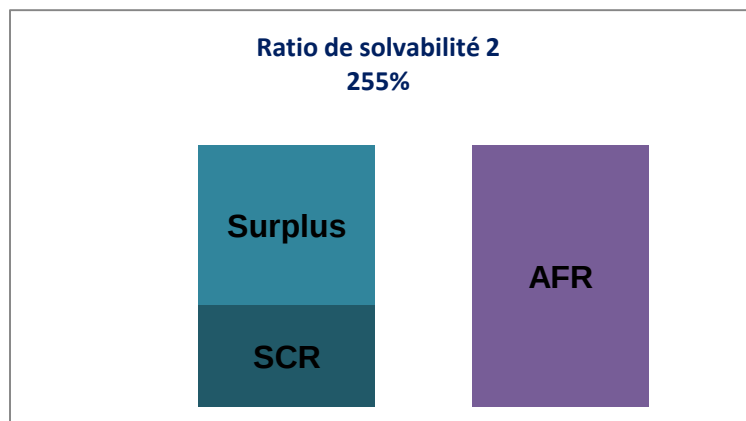


Figure 23 : ratio de solvabilité 2

Le résultat budgété pour 2015 se décompose par branche de la manière suivante :

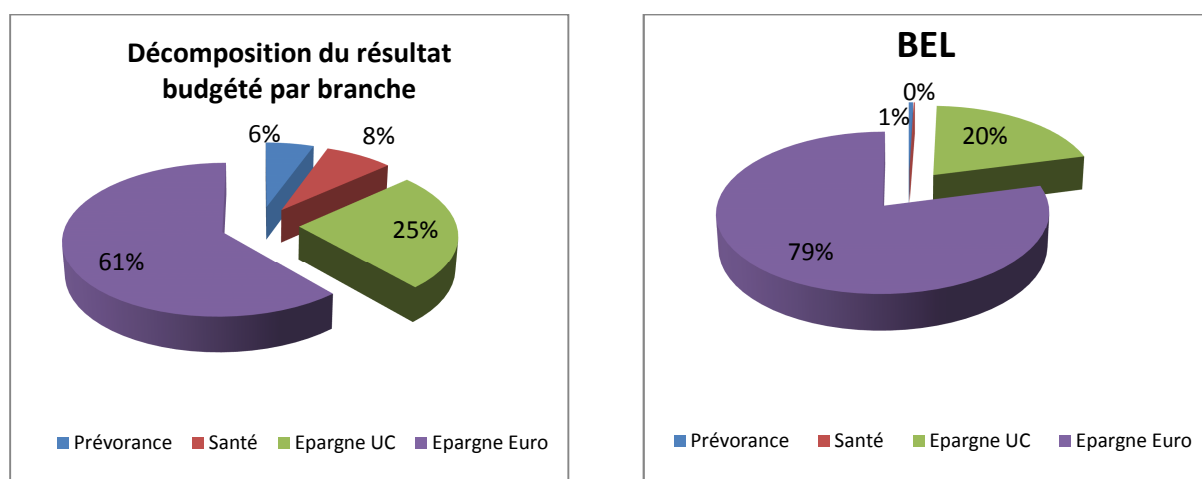


Figure 24 : Décomposition du résultat et du BEL par branche

Nous observons que la prévoyance et santé représentent respectivement 6% et 8% du résultat global et moins de 1% du BEL (Best Estimate Liabilities = provisions économique) total.

L'Epargne euro ne représente que 61% du résultat global alors qu'il constitue 79% du BEL. Enfin l'Epargne en unité de compte représente 25% du résultat total pour 20% du BEL total.

En observant la décomposition du BEL total et du résultat global, nous avons une première indication sur la rentabilité par branche.

Pour confirmer ce constat, nous allons regarder la décomposition de la VIF par branche pour prendre en compte le caractère long terme de l'assurance vie.

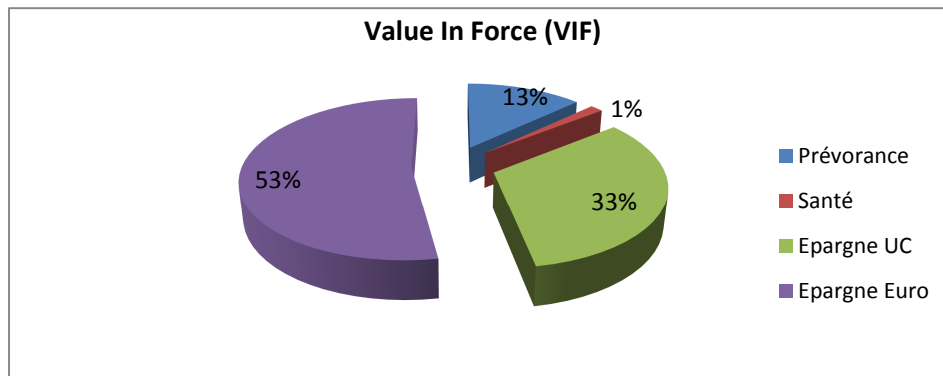


Figure 25 : Décomposition de la VIF par branche

En se basant sur la décomposition de la VIF par branche, nous concluons que les branches Prévoyance et Epargne en unités de compte (UC) sont plus rentables que les autres.

Nous avons là une première indication sur la déclinaison de l'appétit au risque par branche (c'est-à-dire qu'il faut attribuer plus d'appétit au risque aux branches Prévoyance et Epargne UC) et nous allons vérifier si les différentes approches d'allocation proposées dans le chapitre 2 confirmeront ce constat.

4.4.2 Fixation des limites et déclinaison par nature de risque

Le Comité Exécutif valide l'appétit global de l'entreprise et sa déclinaison par nature de risque (assurantiel, financier, opérationnel).

La compagnie se fixe un seuil maximal de risque qu'elle s'autorise de prendre.

Deux mesures permettent de fixer ces limites :

- La compagnie s'autorise à perdre 60% de son résultat budgété dans le cadre d'un choc dont la période de retour est estimée à 20 ans et pas de limite spécifiée sur le résultat après un choc bicentenaire.
- En termes de ratio de solvabilité 2, la compagnie se fixe un ratio de solvabilité minimum de 140% après un choc vingtenaire et un ratio minimum de 125% après un choc bicentenaire.

En plus de la limite absolue, un seuil d'alerte est défini. Il est fixé de manière forfaitaire à 85% de la limite absolue.

Les limites sont ensuite déclinées par nature de risque (risques financiers, risques assurantiels et risques opérationnels)

Choc Modéré			Choc Sévère
Résultat net		Ratio de solvabilité 2	Ratio de solvabilité 2
Entreprise	Perte de 60%	ratio minimum de 140% en cas de choc	ratio minimum de 125% en cas de choc
Risques assurantiels	Perte de 45%	consommation de 60% de l'excédent de couverture	consommation de 60% de l'excédent de couverture
Risques financiers	Perte de 40%	consommation de 65% de l'excédent de couverture	consommation de 65% de l'excédent de couverture
Risques opérationnels	Perte de 10%	consommation de 8% de l'excédent de couverture	consommation de 8% de l'excédent de couverture

A travers le modèle interne, nous allons mesurer les impacts du choc modéré (choc avec période de retour de 20 ans) et du choc sévère (choc avec période de retour de 200 ans) sur les indicateurs résultat et ratio de solvabilité 2.

Les impacts du choc modéré sont obtenus en prenant le 95^{ème} quantile de la distribution des pertes pour les risques financiers à l'aide des portefeuilles répliquants et un jeu de 11 000 scénarios (l'impact correspond à la 550^{ème} plus petite valeur de la marge).

L'impact des risques techniques correspond pour chaque risque, à la différence entre l'AFR « best estimate » et l'AFR recalculé avec les hypothèses stressées (choc correspondant au 95^{ème} centile) pour l'impact sur le ratio de solvabilité 2 et la différence entre le résultat « best estimate » et le résultat recalculé avec les hypothèses stressées (choc correspondant au 95^{ème} centile) pour l'impact sur le résultat.

4.4.2.1 Impact du choc modéré

Les résultats obtenus sont illustrés dans les tableaux ci-dessous :

Impact du choc modéré 1/20 ans	Impact sur le résultat		
	Impact risque observé à fin2014	limite fixé	seuil d'alerte
Perte du résultat après choc	35%	60%	51%
Risques assurantiels	20%	45%	38%
Risques financiers	27%	40%	34%
Risques opérationnels	7%	10%	9%

Figure 26 : Impact du choc modéré sur le résultat

Les risques assurantiels, financiers et opérationnels ont été agrégés avec un coefficient de corrélation de 0 et le seuil d'alerte correspond à une consommation de 85% du budget de l'appétit au risque (ici le budget de risque est de 60% du résultat de l'année 2015).

En cas de survenance d'un choc modéré en 2015, les risques auxquels la compagnie est exposée généreront une perte de 35% du résultat budgété pour 2015.

La limite et le seuil d'alerte ont été fixés respectivement à une perte de 60% et 51% du résultat.

La société se trouve dans la zone de confort sur la dimension « impact résultat » et peut donc prendre encore plus de risque.

L'impact résultat est estimé à 27% de perte sur le résultat en cas de choc financier et 20% en cas de choc technique.

Les pertes suite à des chocs modérés sur les risques financiers, assurantiels et opérationnels sont inférieures aux limites et seuils d'alerte fixés par nature de risque.

A ce stade, nous pouvons émettre deux critiques :

- La compagnie se trouve dans la zone de confort mais la vision « impact sur le résultat » est une vision à très court terme et doit être complétée par une vision « impact valeur : EEV) ou « impact solvabilité : SCR) pour prendre en compte le caractère long terme de l'activité de la compagnie.
- L'impact des chocs techniques ne reflète pas le pire scénario qui peut survenir en cours d'année car un choc modéré sur les rachats a très peu d'impact sur le résultat (choc progressif sur la durée de projections des contrats) et d'un autre côté, les risques techniques (mortalité, longévité, rachat,...) ont été agrégé avec la matrice de corrélation utilisée pour le SCR_{vie} .

Les résultats du choc modéré sur la solvabilité sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Impact du choc modéré 1/20 ans	Impact sur le ratio de solvabilité 2		
	Impact risque observé à fin2014	limite fixé	seuil d'alerte
ratio solvabilité 2 après choc	207%	140%	157%
Exédent de couverture		115%	98%
Risques assurantiels	28%	69%	59%
Risques financiers	39%	75%	64%
Risques opérationnels	2%	9%	8%

Figure 27 : Impact du choc modéré sur le ratio de solvabilité 2

Les risques assurantiels, financiers et opérationnels ont été agrégés via la même matrice d'agrégation utilisée pour le SCR.

La limite pour chaque risque est obtenue en multipliant l'excédent de couverture (ici l'excédent de couverture est obtenu par : le ratio solvabilité 2 – limite $\rightarrow 255\% - 140\% = 115\%$) par le pourcentage maximum de consommation de l'excédent (cf tableau page 64).
Par exemple pour les risques assurantiels :

$$\text{La limite de } 69\% = 115\% * 60\%$$

Le seuil d'alerte correspond à 85% de la limite fixée.

A travers l'impact du choc modéré sur le ratio de solvabilité 2, nous observons qu'au global nous sommes dans la zone de confort car le ratio de solvabilité 2 après choc est de 207% alors que le ratio limite et le seuil d'alerte ont été fixés respectivement à 140% et 157%.

Le ratio de solvabilité après un choc modéré sur les risques techniques perd 28pts alors que la limite a été fixée à 69pts et le seuil d'alerte à 59pts.

Le ratio de solvabilité après un choc modéré sur les risques financiers perd 39pts alors que la limite a été fixée à 75pts et le seuil d'alerte à 64pts.

Le ratio de solvabilité après un choc modéré sur les risques opérationnels perd 2pts alors que la limite a été fixée à 9pts et le seuil d'alerte à 8pts.

Au global nous nous retrouvons dans la zone de confort après un choc modéré et nous concluons que les risques auxquels la compagnie est exposée sont conformes à ce que l'entreprise est prête à assumer en terme de perte de résultat et de ratio de solvabilité 2 en cas de choc modéré.

4.4.2.2 Impact du choc sévère

Les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

Impact du choc sévère 1/200 ans	Impact sur le ratio de solvabilité 2		
	Impact risque observé à fin2014	limite fixé	seuil d'alerte
ratio solvabilité 2 après choc	155%	125%	145%
<i>Excédent de couverture</i>		130%	111%
Risques assurantiels	47%	78%	66%
Risques financiers	74%	85%	72%
Risques opérationnels	7%	10%	9%

Figure 28 : Impact du choc sévère sur le ratio de solvabilité 2

La limite pour chaque risque est obtenue en multipliant l'excédent de couverture (ici l'excédent de couverture est obtenu par : le ratio solvabilité 2 – limite → 255% - 125% = 130%) par le pourcentage maximum de consommation de l'excédent (cf tableau page 64). Par exemple pour les risques assurantiels :

$$\text{La limite de 78\%} = 130\% * 60\%$$

Le seuil d'alerte correspond à 85% de la limite fixée.

A travers l'impact du choc sévère sur le ratio de solvabilité 2, nous observons qu'au global nous sommes dans la zone de confort car le ratio de solvabilité 2 après choc est de 155% alors que le ratio limite et le seuil d'alerte ont été fixés respectivement à 125% et 145%.

Le ratio de solvabilité après un choc sévère sur les risques techniques perd 47pts alors que la limite a été fixée à 78pts et le seuil d'alerte à 66pts.

Le ratio de solvabilité après un choc sévère sur les risques financiers perd 74pts alors que la limite a été fixée à 85pts et le seuil d'alerte à 72pts.

Le ratio de solvabilité après un choc sévère sur les risques opérationnels perd 7pts alors que la limite a été fixée à 10pts et le seuil d'alerte à 9pts.

Même si au global nous nous retrouvons dans la zone de confort, mais sur les risques financiers nous nous retrouvons dans la zone d'alerte et donc il faudrait suivre l'exposition aux risques financiers et le cas échéant la réduire (par exemple réduire la poche action).

Que retenir :

- Globalement, les risques auxquels la compagnie est exposée sont conformes à l'appétit au risque fixé par le management.
- Les risques financiers devront faire l'objet d'un suivi particulier pour s'assurer que les pertes potentielles suite à des chocs ne dépassent pas la limite fixée.

Limite de notre approche :

Pour mesurer l'impact des chocs modéré et sévère sur le ratio de solvabilité, nous avons considéré que :

$$\text{ratio solvabilité } 2_{\text{après choc}} = \frac{AFR - SCR}{SCR}$$

Soit une perte de 100pts sur le ratio de solvabilité 2 après choc alors que nous devrions calculer un nouveau SCR après la survenance du choc, mais au vue de la complexité de ce calcul, nous avons fait le choix de considérer que l'impact d'un choc bicentenaire sur le ratio de solvabilité 2 est de 100pts.

4.4.2.3 Déclinaison de l'appétit aux risques assurantiels par branche

Dans cette partie, nous allons proposer plusieurs approches pour décliner l'appétit aux risques assurantiels par branche.

I. Approche basée sur le couple performance/risque

Nous utiliserons la métrique $\frac{VIF}{(SCR_{vie} + MVM)}$ qui combine à la fois la contribution de la

branche dans la performance et le besoin en capital pour déterminer une allocation de l'appétit au risque par branche.

Nous avons obtenu l'allocation par branche ci-dessous basée sur les chiffres à fin 2014 de la VIF, SCR_{vie} et MVM de chaque branche sans prendre en compte la diversification entre branches.

Impact du choc modéré sur le résultat :

Impact du choc modéré 1/20 ans	Impact sur le résultat			Allocation retenue
	Impact risque observé à fin2014	limite fixé	seuil d'alerte	
Total compagnie	20%	45%	38%	100%
Epargne Euro	2%	10%	8%	22%
Epargne UC	1%	13%	11%	28%
Prévoyance	10%	15%	13%	34%
Santé	6%	7%	6%	16%

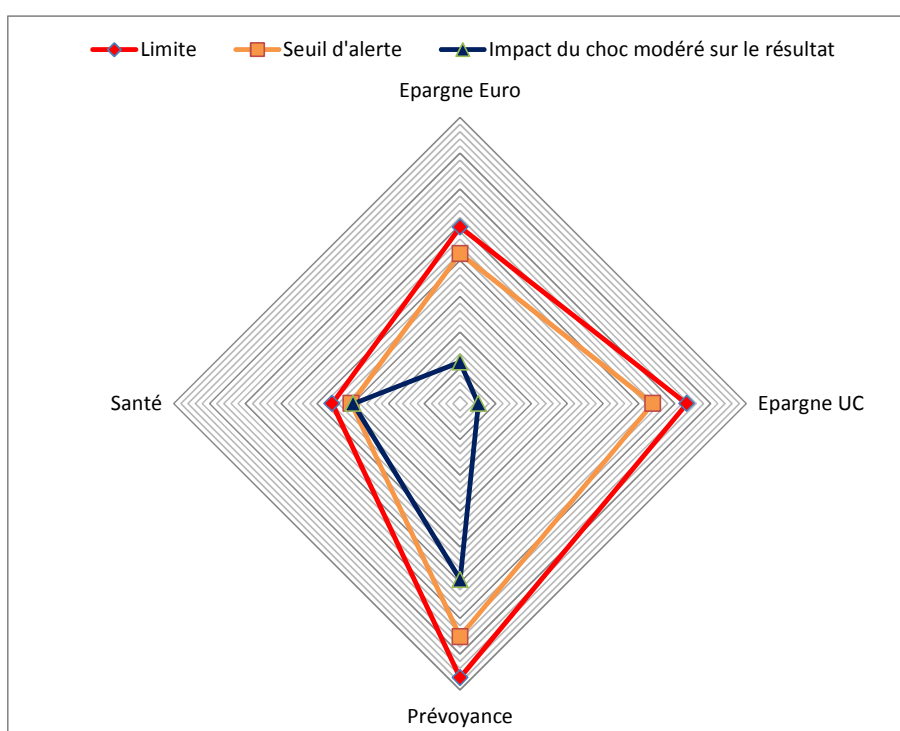


Figure 29 : impact du choc modéré sur le résultat par branche

L'allocation obtenue confirme le constat fait dans le paragraphe 4.4.1 à savoir les branches Prévoyance et Epargne UC optimisent le couple performance/risque (elles ont une meilleure rentabilité que les autres branches).

Cette méthode attribue 22% de la limite fixée pour l'Epargne en euro, 28% pour l'Epargne en UC, 34% pour la prévoyance et 16% pour la santé.

En utilisant cette métrique, nous attribuons plus de budget de risque pour des investissements en UC et en prévoyance.

L'impact du choc modéré sur le résultat pour les branches Epargne euro et Epargne UC est très faible, ceci est expliqué par le faible impact du risque rachat (qui est le risque majeur pour ces branches) sur le résultat.

Pour les branches prévoyance et santé, l'impact intègre la sous-estimation des réserves pour les risques mortalité, incapacité/invalidité et frais de santé et qui impacte fortement le résultat.

Le budget de risque alloué par branche est respecté sur la dimension résultat et on pourrait prendre plus de risque sur les différentes branches.

Impact du choc sévère sur le ratio de solvabilité 2 :

Impact du choc sévère 1/200 ans	Impact sur le ratio de solvabilité 2			Allocation retenue
	Impact risque observé à fin2014	limite fixé	seuil d'alerte	
Vie Ind	47%	78%	66%	100%
Epargne Euro	25%	17%	15%	22%
Epargne UC	16%	22%	19%	28%
Prévoyance	8%	27%	23%	34%
Santé	5%	12%	11%	16%

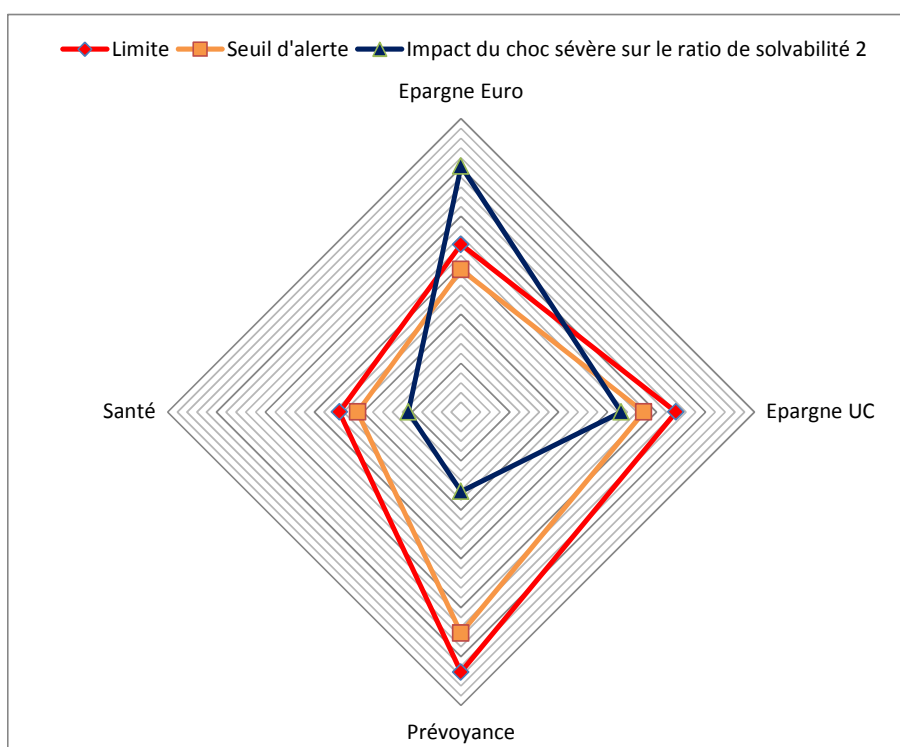


Figure 30 : impact du choc sévère sur le ratio de solvabilité 2 par branche

Pour la branche Epargne euro, l'impact du choc sévère sur le ratio de solvabilité 2 dépasse la limite fixée pour cette branche même si au global l'impact reste inférieur à la limite.

Cette approche pénalise la branche Epargne euro ou les marges financières sont en baisse significative notamment à cause du contexte actuel de baisse des taux d'intérêt,

Par contre cette approche favorise les branches Epargne UC et Prévoyance car elles optimisent le couple rendement/risque.

Limite de l'approche :

Cette approche ne prend pas en compte la diversification en termes de risque que peut amener une branche même si elle ne contribue pas significativement à la rentabilité globale des activités.

II. Approche basée sur diversification du SCR_{vie}

La diversification est une problématique importante au sein du calcul du SCR. En effet, elle peut concerner les liens entre les risques, les branches de produits ou encore la situation géographique.

Dans cette approche, nous nous basons sur la contribution de chaque branche à la diversification du SCR_{vie} pour allouer l'appétit au risque.

Plusieurs méthodes ont été étudiées :

- La méthode proportionnelle vise à allouer à chaque branche la proportion du risque global auquel elle contribue selon la valeur de son besoin de capital stand alone.
- La méthode dite « Incremental contribution » consiste à calculer la différence entre le besoin en capital global et ce même capital sans prise en compte de la branche d'activité évaluée.
- La méthode dite « Euler allocation » consiste à évaluer l'augmentation du besoin en capital au global générée par une augmentation infinitésimale de l'une des branches d'activités.

Les différentes allocations obtenues en se basant sur la diversification du SCR_{vie} des différentes branches étudiées sont données dans le tableau ci-dessous :

Allocation		
Proportionnelle	Incremental	Euler
46%	17%	18%
30%	27%	26%
15%	26%	26%
10%	30%	29%

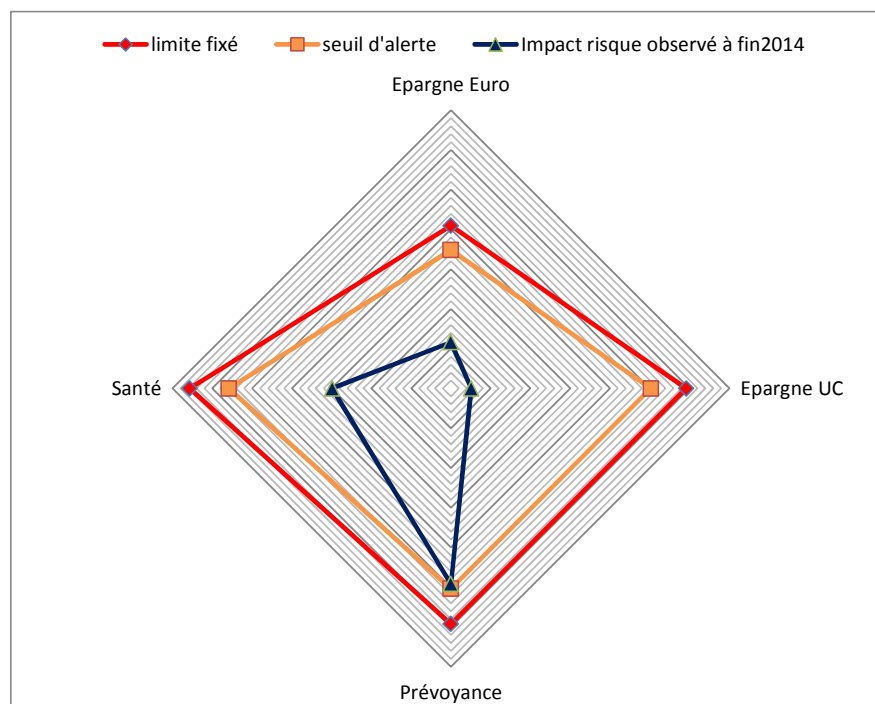
Nous observons que la méthode proportionnelle favorise l'Epargne car cette méthode se base sur le poids du SCR_{vie} de la branche dans le SCR_{vie} total de la compagnie, et comme la branche Epargne représente une grande part des engagements de la compagnie, cette méthode lui attribue plus d'appétit au risque.

Les méthodes « Incremental » et « Euler » favorisent les branches Prévoyance et Santé car elles apportent de la diversification du risque.

Nous avons retenu l'allocation par branche obtenue avec la méthode d'Euler pour la présentation des résultats.

Impact du choc modéré sur le résultat :

Branche	Allocation retenue : Méthode Euler	Impact sur le résultat		
		limite fixé	seuil d'alerte	Impact risque observé à fin2014
Total compagnie	100%	45%	38%	20%
Epargne Euro	18%	8%	7%	2%
Epargne UC	26%	12%	10%	1%
Prévoyance	26%	12%	10%	10%
Santé	29%	13%	11%	6%



Cette méthode attribue 18% de la limite fixée pour l'Epargne en euro, 26% pour l'Epargne en UC, 26% pour la prévoyance et 29% pour la santé.

L'allocation basée sur la diversification du SCR_{vie} avec la méthode « Euler » favorise la santé et prévoyance qui permettent un gain important de diversification du SCR_{vie} .

Le budget de risque alloué par branche est respecté sur la dimension résultat et la compagnie peut prendre plus de risque sur les différentes branches.

Impact du choc sévère sur le ratio de solvabilité 2 :

Branche	Allocation retenue : Méthode Euler	Impact sur le ratio de solvabilité 2		
		limite fixé	seuil d'alerte	Impact risque observé à fin2014
Total compagnie	100%	78%	66%	47%
Epargne Euro	18%	14%	12%	25%
Epargne UC	26%	21%	17%	16%
Prévoyance	26%	21%	17%	8%
Santé	29%	23%	19%	5%

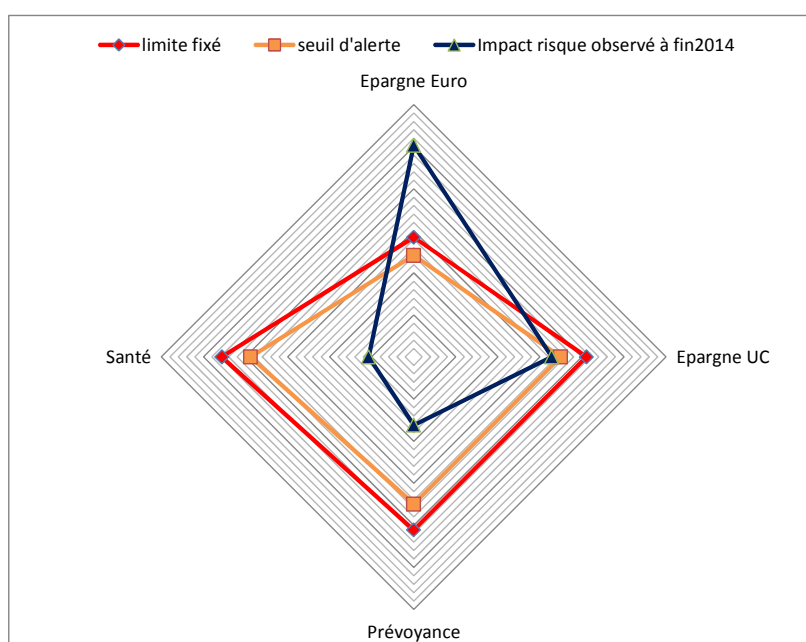


Figure 31 : Diversification par branche

Pour la branche Epargne euro, l'impact du choc sévère sur le ratio de solvabilité 2 dépasse la limite fixée pour cette branche. Cette approche pénalise également la branche Epargne euro ou les marges financières sont en baisse significative notamment à cause du contexte actuel de baisse des taux d'intérêt,

Par contre cette approche favorise les branches Prévoyance et Santé car elles optimisent la diversification du SCR_{vie} .

Limite de l'approche :

A l'inverse, Cette approche ne prend pas en compte la contribution à la rentabilité globale des activités.

III. Approche alternative

Pour pallier aux faiblesses des deux approches précédentes, nous allons nous utiliser

la métrique :
$$\frac{VIF}{(SCR_{vie} + MVM) \text{ après diversification}}$$

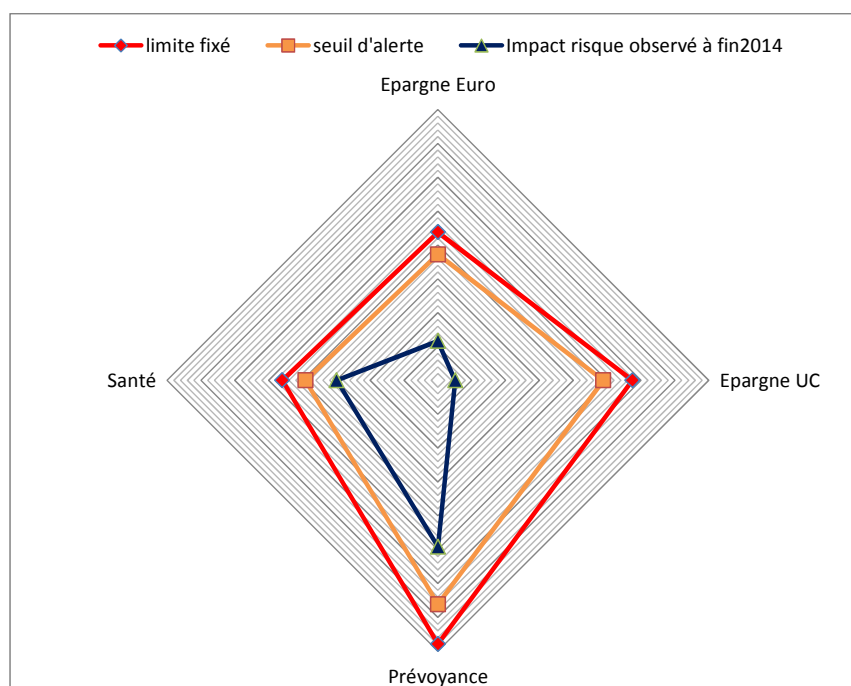
pour allouer l'appétit au risque par branche ce qui permet de prendre en compte à la fois la contribution à la performance et la contribution à la diversification.

Pour la diversification du SCR_{vie} , nous avons retenu la méthode d'Euler.

Nous avons obtenu l'allocation par branche ci-dessous basée sur les chiffres à fin 2014

Impact du choc modéré sur le résultat :

Branche	Allocation retenue	Impact sur le résultat		
		limite fixé	seuil d'alerte	Impact risque observé à fin2014
Total compagnie	100%	45%	38%	20%
Epargne Euro	19%	9%	7%	2%
Epargne UC	26%	11%	10%	1%
Prévoyance	35%	16%	13%	10%
Santé	20%	9%	8%	6%



La première approche utilisée pour allocation de l'appétit au risque assurantiel par branche à savoir $\frac{VIF}{(SCR_{vie} + MVM)}$ favorise les branches Prévoyance et Epargne en UC car ces deux branches optimisent le couple performance / risque.

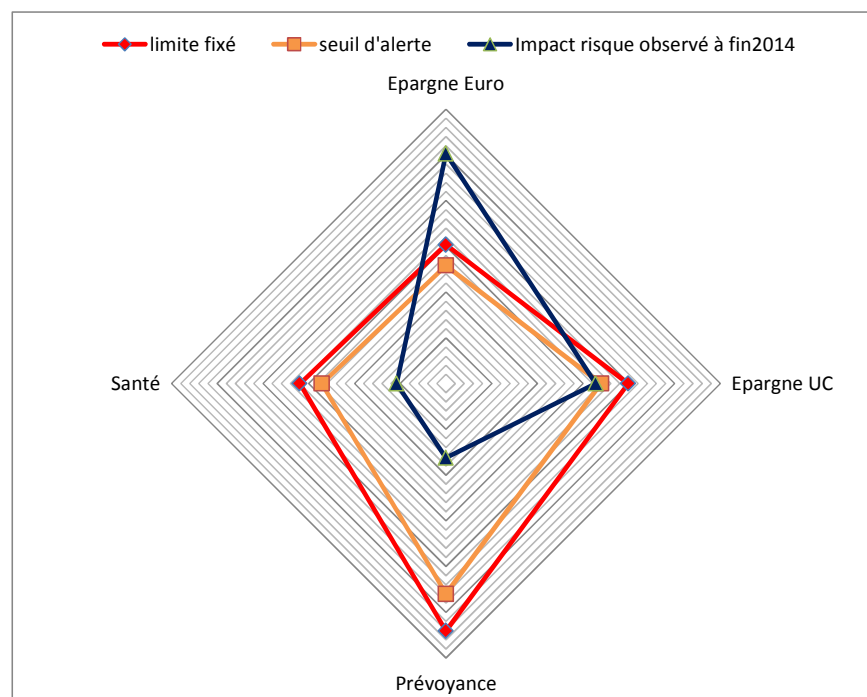
La deuxième approche basée sur la diversification du SCR_{vie} favorise les branches Prévoyance et Santé car ces deux branches optimisent le gain de diversification du SCR_{vie} .

L'approche alternative proposée qui optimise à la fois le couple rendement/risque et gain de diversification du SCR_{vie} favorise la branche prévoyance.

Le budget de risque alloué par branche est respecté sur la dimension résultat et la compagnie peut prendre plus de risque sur les différentes branches.

Impact du choc sévère sur le ratio de solvabilité 2 :

Branche	Allocation retenue : Méthode Euler	Impact sur le ratio de solvabilité 2		
		limite fixé	seuil d'alerte	Impact risque observé à fin2014
Total compagnie	100%	78%	66%	47%
Epargne Euro	19%	15%	13%	25%
Epargne UC	26%	20%	17%	16%
Prévoyance	35%	27%	23%	8%
Santé	20%	16%	14%	5%



Le budget de risque alloué par branche est respecté sur la dimension solvabilité sur l'ensemble des branches à l'exception de la branche Epargne Euro qui est fortement impactée par le contexte actuel de baisse des taux.

Que retenir :

Les différentes approches proposées convergent vers l'allocation de plus de budget de risque pour la Prévoyance et l'Epargne UC. Dans le contexte actuel de baisse prolongée des taux d'intérêt, les assureurs sont amenés à orienter les clients vers les supports en unité de compte pour éviter la dilution de la richesse des fonds euro et permettre aux clients d'avoir un rendement correct sur leurs contrats d'assurance vie. Il faut noter que les rendements des fonds euro ne cessent de baisser car nous sommes passés d'un taux de rendement de 2.90**% en 2013 à 2.48*% en 2014 et devrait s'établir à 2.25*% pour 2015.

4.4.2.4 Pilotage stratégique

L'étude réalisée dans le cadre de ce mémoire permet de faire le lien entre les orientations stratégiques en termes de développement (Dynamiser la prévoyance, privilégier les UC, réduire la collecte sur les fonds euro...) et répond aux exigences de la réglementation solvabilité 2 et fait partie intégrante du processus ORSA.

Dans le contexte actuel de baisse des taux d'intérêt, les compagnies d'assurance doivent faire face à une baisse significative de leurs marges financières.

Dans ce contexte délicat, les compagnies peuvent être amenées à réorienter les épargnants vers les unités de compte (UC), des supports investis directement dans des actions, voire d'autres classes d'actifs.

La déclinaison par branche proposée dans le cadre de ce mémoire permet de faire le lien entre les orientations stratégiques et l'appétit au risque de la compagnie.

Pour illustrer ce lien, nous supposons que la compagnie a intégré dans son plan stratégique une baisse prolongée des taux d'intérêt et donc elle cherche à limiter les investissements sur les fonds euro et à orienter les épargnants vers les unités de compte (UC).

Hypothèse plan stratégique 2015 – 2020 :

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Part des PM en UC	25%	29%	31%	33%	36%	38%
Part Chiffre d'affaires en UC	36%	39%	41%	42%	44%	46%

Nous observons que la part des PM en UC passe de 25% à 38% à horizon 2020 et pour le chiffre d'affaire, la part en UC passe de 36% en 2015 à 46% en 2020 ce qui reflète la décision de la compagnie.

* : Source L'Argus de l'assurance N°7416

** : source <http://www.argusdelassurance.com/digest/classements/assurance-vie-tous-les-rendements-2013-des-fonds-en-euros.68071>

L'allocation qui sera utilisée pour fixer les limites sur la dimension solvabilité 2 pour la branche Epargne est celle obtenue par la dernière approche étudiée dans le cadre de ce mémoire :

Branche	Allocation retenue : Méthode Euler
Total compagnie	100%
Epargne Euro	19%
Epargne UC	26%
Prévoyance	35%
Santé	20%

Pour mesurer les impacts sur le ratio de solvabilité 2 : $ratio = \frac{AFR}{SCR}$, nous avons besoins de projeter le bilan économique et le SCR pour les années 2015 à 2020 en intégrant les hypothèses de collecte du plan stratégique.

Compte tenu de la complexité des calculs, nous allons utiliser des drivers pour projeter les différents SCR.

Pour chaque risque i , nous avons alors : $SCR_t^i = SCR_{t_0}^i \times \frac{driver_t^i}{driver_{t_0}^i}$

La projection de l'AFR est basée sur des sensibilités intégrant des éléments du Plan stratégique (résultat net, dividendes), de la MVM et de l'impact de l'évolution des conditions de marché sur les actifs et les passifs. La réallocation des actifs n'est pas prise en compte à l'horizon de la projection.

Les projections du SCR Marché sont réalisées en appliquant un effet volume suite aux variations des conditions économiques projetées, ainsi qu'un effet volume correspondant à l'évolution des projections techniques.

Les SCR Crédit sont fondés sur le SCR Crédit 2014 auquel on applique un effet volume cohérent avec les données du plan stratégique (projection des provisions techniques).

Les projections du SCR Vie sont basées sur le SCR Vie 2014, ainsi que sur l'évolution des facteurs de risques utilisés pour le calcul de la MVM. Ces facteurs diffèrent selon la ligne d'activité et le sous-risque concerné.

Le Risque opérationnel est projeté en fonction des évolutions des provisions techniques.

L'ensemble est ensuite agrégé en utilisant la structure de corrélation du modèle interne.

Une fois que SCR et AFR ont été projetés, le ratio de couverture Solvabilité 2 (AFR / SCR) en découle.

Les ratios de couverture solvabilité 2 obtenus avec cette méthode sont donnés dans le tableau ci-dessous :

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ratio de couverture	255%	278%	282%	285%	281%	275%	274%
Limite	125%	125%	125%	125%	125%	125%	125%
Exédent de ccouverture	130%	153%	157%	160%	156%	150%	149%

La limite par nature de risque est obtenue en multipliant l'excédent de couverture de chaque année par le pourcentage maximum de consommation de l'excédent (cf tableau page 64).

Par exemple, pour les risques assurantiels : la limite pour 2015 = 153% * 60% = 92%.

	Pourcentage maximum de consommation de l'excédent	Limite 2015	Limite 2016	Limite 2017	Limite 2018	Limite 2019	Limite 2020
Risque financier	65%	99%	102%	104%	101%	98%	97%
Risque assurantiel	60%	92%	94%	96%	94%	90%	89%
Risque opérationnel	8%	12%	13%	13%	12%	12%	12%

Les impacts du choc sévère sur le ratio de solvabilité 2 pour les risques assurantiels sont donnés dans le tableau ci-dessous :

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Impact choc sévère sur la solvabilité pour les risques assurantiels	52%	50%	49%	47%	46%	45%
Limite	92%	94%	96%	94%	90%	89%

La limite par branche pour les risques assurantiels est obtenue en multipliant pour chaque année la limite ci-dessus par l'allocation retenue :

Branche	Allocation retenue	Limite 2015	Limite 2016	Limite 2017	Limite 2018	Limite 2019	Limite 2020
Total compagnie	100%	92%	94%	96%	94%	90%	89%
Epargne Euro	19%	18%	18%	19%	18%	18%	17%
Epargne UC	26%	23%	24%	24%	24%	23%	23%
Prévoyance	35%	32%	33%	33%	32%	31%	31%
Santé	20%	19%	19%	20%	19%	18%	18%

Par exemple, pour la branche Epargne Euro : la limite 2015 = 92% * 19% = 18%.

A travers l'impact du choc sévère sur le ratio de solvabilité 2, nous observons qu'au global nous sommes dans la zone de confort car le ratio de solvabilité 2 après choc est supérieure au ratio limite et au seuil d'alerte qui ont été fixés respectivement à 125% et 145%.

Les impacts du choc sévère sur le ratio de solvabilité 2 pour les branches Epargne Euro et UC sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Impact choc sévère sur la solvabilité sur les risques assurantiels par branche						
Epargne Euro	26%	23%	21%	19%	17%	16%
Limite	18%	18%	19%	18%	18%	17%
Epargne UC	19%	21%	22%	22%	22%	22%
Limite	23%	24%	24%	24%	23%	23%

L'orientation stratégique qui consiste à développer l'Epargne en UC au dépend de l'Epargne euro respecte l'appétit au risque défini sur l'indicateur de solvabilité car elle permet de réduire l'exposition sur les fonds en euro qui ne sont pas rentables ou peu rentables vu le contexte actuel des taux bas et de développer les investissements en UC.

L'impact sur le résultat étant faible, nous n'avons pas étudié l'impact de la déformation du portefeuille (passage d'un taux UC de 25% à 38%) sur le résultat du plan 2015-2020.

Conclusion

Dans le cadre du processus ORSA, une compagnie d'assurance doit définir son appétit au risque suivant son profil de risque et en cohérence avec ses orientations stratégiques de développement.

L'appétit au risque représente le niveau de risque qu'une compagnie est prête à assumer dans le cadre de la poursuite de ces activités et la réalisation de ces objectifs stratégiques.

Cet appétit au risque est défini selon les impacts sur plusieurs indicateurs :

- Résultat
- Valeur
- Solvabilité
- Liquidité

L'appétit au risque chez AXA est défini au global puis décliné par type de risque en allouant des budgets de risque pour les risques financier, assurantiel et opérationnel.

L'appétit au risque financier est décliné par sous module de risque sous forme de limite d'exposition (action, immobilier, gap de duration).

A travers cette étude, nous avons proposé plusieurs approches pour décliner l'appétit au risque assurantiel par branche puis nous avons cherché à faire le lien entre l'appétit au risque défini par branche et les orientations stratégiques de développement par branche.

Nous nous sommes confrontés à certaines difficultés notamment la compréhension du modèle interne et nous nous sommes également confrontés à des limites lors de notre étude notamment pour allouer l'appétit au risque par branche et pour la projection du SCR ou nous avons utilisé une projection basée sur les drivers de risques (chiffres d'affaire, provisions techniques,...).

L'approche proposée constitue une amélioration du cadre de l'appétit au risque et sa déclinaison pourra être intégrée pour le rendre plus robuste et efficace.

Annexes 1 : Formule Standard pour le calcul du capital de solvabilité requis (SCR)

Calcul du capital de solvabilité requis de base

Le capital de solvabilité requis de base («SCR de base») défini à l'article 104, paragraphe 1 de la directive se calcule comme suit :

$$SCR \text{ de base} = \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{i,j} \times SCR_i \times SCR_j}$$

où SCR_i représente le module de risque i et SCR_j le module de risque j , et où « i,j » indique que la somme des différents termes doit couvrir toutes les combinaisons possibles de i et j .

Dans le calcul, SCR_i et SCR_j sont remplacés par:

- SCR non-vie, qui représente le module «risque de souscription en non-vie»
- SCR vie, qui représente le module «risque de souscription en vie»
- SCR santé, qui représente le module «risque de souscription en santé»
- SCR marché, qui représente le module «risque de marché»
- SCR défaut, qui représente le module «risque de contrepartie».
-

Le facteur $Corr_{i,j}$ représente l'élément figurant dans la ligne i et la colonne j de la matrice de corrélation suivante :

$i \backslash j$	Marché	Défaut	Vie	Santé	Non-vie
Marché	1	0,25	0,25	0,25	0,25
Défaut	0,25	1	0,25	0,25	0,5
Vie	0,25	0,25	1	0,25	0
Santé	0,25	0,25	0,25	1	0
Non-vie	0,25	0,5	0	0	1

Calcul du module «risque de souscription en vie»

Le module «risque de souscription en vie» défini à l'article 105, paragraphe 3 de la directive et il se calcule comme suit :

$$SCR_{vie} = \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{i,j} \times SCR_i \times SCR_j}$$

où SCR_i représente le sous-module i et SCR_j le sous-module j , et où « i,j » indique que la somme des différents termes doit couvrir toutes les combinaisons possibles de i et j . Dans le calcul, SCR_i et SCR_j sont remplacés par :

- SCR mortalité, qui représente le sous-module «risque de mortalité»
- SCR longévité, qui représente le sous-module «risque de longévité»
- SCR invalidité, qui représente le sous-module «risque d'invalidité – de morbidité»
- SCR dépenses vie, qui représente le sous-module «risque de dépenses en vie»
- SCR révision, qui représente le sous-module «risque de révision»
- SCR cessation, qui représente le sous-module «risque de cessation»
- SCR catastrophe vie, qui représente le sous-module «risque de catastrophe en vie».

L'agrégation de ces risques se fait via la matrice de corrélation ci-dessous :

	Mortality	Longevity	Disability	Lapse	Expenses	Revision	CAT
Mortality	1						
Longevity	-0.25	1					
Disability	0.25	0	1				
Lapse	0	0.25	0	1			
Expenses	0.25	0.25	0.5	0.5	1		
Revision	0	0.25	0	0	0.5	1	
CAT	0.25	0	0.25	0.25	0.25	0	1

Calcul du module «risque de marché»

Le module «risque de marché» défini à l'article 105, paragraphe 5 de la directive et se calcule comme suit :

$$SCR_{\text{marché}} = \sqrt{\sum_{i,j} \text{Corr}_{i,j} \times SCR_i \times SCR_j}$$

où SCR_i représente le sous-module i et SCR_j le sous-module j , et où « i,j » indique que la somme des différents termes doit couvrir toutes les combinaisons possibles de i et j . Dans le calcul, SCR_i et SCR_j sont remplacés par:

- SCR taux d'intérêt, représente le sous-module «risque de taux d'intérêt»
- SCR actions, représente le sous-module «risque sur actions»
- SCR actifs immobiliers, représente le sous-module «risque sur actifs immobiliers»
- SCR marge, représente le sous-module «risque lié à la marge»
- SCR concentrations, représente le sous-module «concentrations du risque de marché»
- SCR change, représente le sous-module «risque de change».

Annexes 2 : Exemple de suivi d'indicateur opérationnel

Risque rachat en Epargne :

Chaque année, un seuil d'alerte mensuel sur le volume de rachat global est établi. Le monitoring rachat est lancé lorsque le rachat cumulé observé est supérieur au seuil d'alerte du mois considéré. Le monitoring consiste à identifier la source de la dérive (quels sont les réseaux / clients / produits concernés) et à entamer des consultations auprès des réseaux de distribution concernés afin de préparer des actions.

Ce seuil s'évalue au 31/12/N-1 pour l'année N.

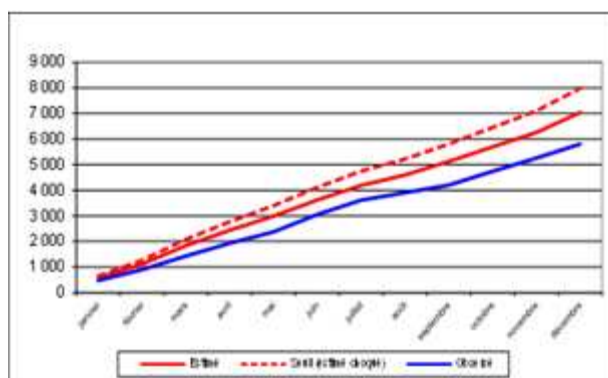
La méthode consiste à établir en premier lieu un seuil annuel. Celui-ci est établi selon la procédure ci-dessous :

- Evaluation du volume de rachat attendu pour l'année N : $Rcht_St_Att(N)$
- Evaluation du choc correspondant au choc à appliquer à la loi de rachat structurel pour l'année N
- Déduction du volume de rachat 'choqué', i.e. du seuil annuel : $Rcht_St_95\%(N)$

Le rachat attendu est évalué par application des taux de rachats structurels totaux partiels et programmés aux PM.

Le niveau de choc sur le taux de rachat correspondant à la VaR à 95% est calibré similairement à celui retenu pour le calcul du ratio de solvabilité (VaR 99.5%).

Ci-dessous un exemple de reporting :



En cas de dépassement d'un de ces seuils, le monitoring rachat sera lancé.

Avant la demande de rachat

Au moment de la crise

- Communication par les réseaux aux clients et collaborateurs.
Communication externe par communiqué de presse
- Création d'un script formel dès connaissance des éléments de crise
- Business Continuity Plan pour les réseaux propriétaires et AWM (cf slide suivant)

Si la demande de rachat est effectuée

L'agent/partenaire aura les éléments nécessaires pour défendre le rachat

Quatre niveaux de défense :

1. Mise en avant de l'argumentaire réseau et application du script établi
 2. Mise à disposition d'offres alternatives à l'euro
- S'il n'y a pas d'autre solution que de verser la somme demandée au client :**
3. Tentative de transformer le rachat total en rachat partiel pour garder la relation commerciale
 4. Deux schémas peuvent être étudiés pour éviter le rachat :
 - Proposition d'une avance
 - Proposition d'un crédit adossé

Annexes 3 : Drivers utilisés pour la projection du SCR

	Risk Evolution (from Risk Drivers)				
	2 016	2 017	2 018	2 019	2 020
Market					
Interest Rates	110%	121%	133%	144%	155%
Interest rate IV	100%	100%	100%	100%	100%
Corporate spread	110%	121%	133%	144%	155%
Government spread	100%	100%	100%	100%	100%
Equity	116%	132%	151%	171%	192%
Equity IV	100%	100%	100%	100%	100%
FX	110%	121%	133%	145%	157%
Real Estate	118%	139%	164%	191%	220%
Hedge Funds	115%	132%	154%	179%	206%
Private Equity	114%	131%	151%	174%	199%
Inflation	110%	121%	133%	145%	157%
Credit	110%	121%	133%	144%	155%
Life Insurance	110%	121%	133%	145%	157%

Risque	Branches	Driver
Mortalité	Epargne	Provisions Mathématiques
	Prévoyance Individuelle	Chiffre d'affaire et PSAP décès
	Santé Individuelle	
Longevité	Epargne	PM des rentes
	Prévoyance Individuelle	PM décès + PM&PSAP invalidité
	Santé Individuelle	
Hausse des rachats	Epargne	PM des contrats sensibles à la hausse des rachats
	Prévoyance Individuelle	Chiffre d'affaire des contrats sensibles à la hausse des rachats
	Prévoyance Individuelle	Chiffre d'affaire des contrats sensibles à la hausse des rachats
Baisse des rachats	Epargne	PM des contrats sensibles à la baisse des rachats
	Prévoyance Individuelle	Chiffre d'affaire des contrats sensibles à la baisse des rachats
	Santé Individuelle	Chiffre d'affaire des contrats sensibles à la baisse des rachats
Disability	Epargne	
	Prévoyance Individuelle	Chiffre d'affaire et PSAP incapacité/iinvalidité
	Santé Individuelle	
Expense	Epargne	Frais généraux
	Prévoyance Individuelle	Frais généraux
	Santé Individuelle	Frais généraux
Frais santé	Epargne	
	Prévoyance Individuelle	
	Prévoyance Individuelle	PSAP Santé
Rachat massif	Epargne	Provisions Mathématiques
	Prévoyance & Santé Individuelle	Chiffre d'affaire
		Chiffre d'affaire
Catastrophe	Epargne	Provisions Mathématiques
	Prévoyance Individuelle	Chiffre d'affaire décès
	Santé Individuelle	
Autres comportements clients	Epargne	Provisions Mathématiques
	Prévoyance & Santé Individuelle	

Risque	Branches	Driver
Opérationnel	Epargne	Frais généraux
	Prévoyance Individuelle	Frais généraux
	Santé Individuelle	Frais généraux

Liste des illustrations

Figure 1 : Cotisation de l'assurance française en 2014 – source FFSA	9
Figure 2 : Cotisation de l'assurance française en 2014 par type de contrat – source FFSA	10
Figure 3 : Bilan selon solvabilité 2	15
Figure 4 : l'évolution des règles existantes aux nouvelles règles sous Solvabilité II	16
Figure 5 : Structure de la formule standard	16
Figure 6 : Matrice d'agrégation du BSCR	17
Figure 7 : Cadre du contrôle interne	22
Figure 8 : Exemple de tableau de limite par nature de risque	30
Figure 9 : Exemple de déclinaison de l'appétit aux risques financiers	31
Figure 10 : Exemple de tableau de définition d'indicateurs opérationnels	34
Figure 11 : simulation ALM déterministe et stochastique	35
Figure 12 : Décomposition du résultat	39
Figure 13 : Déroulé de calcul de la provision mathématique	40
Figure 14 : Vieillessement d l'actif	43
Figure 15 : résultat par année d'une affaire nouvelle en assurance vie	44
Figure 16 : Obtention de la distribution de fonds propres économiques par la méthode SdS	49
Figure 17 : Economic Capital calculations without and with replicating portfolios Schrager, D. (2008)	51
Figure 18 : Agrégation des risques	54
Figure 19 - Instances de gouvernance de la compagnie	55
Figure 22 : schéma de calcul du SCR total de la compagnie	60
Figure 23 : Décomposition du SCR par module et par branche	60
Figure 24 : Décomposition du SCR souscription avant diversification par sous-risque	61
Figure 25 : ratio de solvabilité 2	62
Figure 26 : Décomposition du résultat par branche	62
Figure 27 : Décomposition de la VIF par branche	63
Figure 28 : Impact du choc modéré sur le résultat	64
Figure 29 : Impact du choc modéré sur le ratio de solvabilité 2	65
Figure 30 : Impact du choc sévère sur le ratio de solvabilité 2	66
Figure 31 : impact du choc modéré sur le résultat par branche	68
Figure 32 : impact du choc sévère sur le ratio de solvabilité 2 par branche	69
Figure 33 : Diversification par branche	72

Bibliographie

Groupe de travail ORSA - Institut des Actuaire

www.institutdesactuaire.com/docs/2014090509_Dcoumentsynthese.pdf

Devineau, L., Loisel, S. (2009), Construction d'un algorithme d'accélération de la méthode des « simulations dans les simulations » pour le calcul du capital économique Solvabilité II, Bulletin Français d'Actuariat (BFA), No. 17, Vol. 10, 188-221.

[http://www.ressources-actuarielles.net/EXT/IA/sitebfa.nsf/0/2EDB5D85EE4655B1C12575CE006AF82F/\\$FILE/DEVINEAU_LOISEL.pdf?OpenElement](http://www.ressources-actuarielles.net/EXT/IA/sitebfa.nsf/0/2EDB5D85EE4655B1C12575CE006AF82F/$FILE/DEVINEAU_LOISEL.pdf?OpenElement)

Schrager, D. (2008), Replicating Portfolios for Insurance Liabilities, Aenorm, no. 59

[http://www.ressources-actuarielles.net/EXT/ISFA/1226.nsf/0/0518872b71bcff4bc12576b00061de71/\\$FILE/59-Schrager.pdf](http://www.ressources-actuarielles.net/EXT/ISFA/1226.nsf/0/0518872b71bcff4bc12576b00061de71/$FILE/59-Schrager.pdf)

Directive 2009/138/CE du Parlement Européen et du conseil du 25 novembre 2009

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0138&from=FR>

L'Analyse de la rentabilité vue par la formule standard

Bulletin Français d'Actuariat, Vol. 11, n°22, juillet - décembre 2011, pp. 83- 104

Allocation de fonds propres en assurance vie

Thèse IAF ENSAE, année 2001, Françoise PERONNET, Benoît SELLAM

Mesure et gestion des risques d'assurance : analyse critique des futurs référentiels prudentiel et d'information financière

Thèse, année 2007, Pierre-Emmanuel THÉRON

Appétence au risque : intégration au pilotage d'une société d'assurance

Manuscrit auteur, publié dans "Assurances et Gestion des Risques 78, 1-2 (2010) 125-144

Année 2010, Pierre Théron, Pierre Valade

Appétence au risque et allocation de capital à partir de critères de performance sous solvabilité 2

Mémoire, Emma GONDRAN et Romain LAGRESLE

Pilotage stratégique et appétence au risque sous Solvabilité 2 – Application dans le cadre d'une société d'Assurance Vie

Mémoire, année 2011, Pauline LAPARRA

Appétit pour le risque et gestion stratégique d'une société d'assurance non-vie – application aux stratégies d'investissements et de réassurance

Mémoire, Xavier AGENOS

Méthodes de prédiction du capital économique en fonction des conditions de marché

Mémoire, Mounta NADJIR,

Modélisation de la marge financière euro dans le cadre du calcul de l'EEV

Mémoire, année 2007, Yossi BOHBOT