

MEMOIRE D'ACTUARIAT – CEA

**Appétit pour le Risque**  
**Présentation de la démarche, mise en**  
**place opérationnelle et suivi dans le cadre**  
**d'une société Vie : Barclays Vie**

*Delphine Drouet d'Aubigny*

Directeur de Mémoire : Sophie Rorive

---

MEMOIRE CONFIDENTIEL

## Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Olivier de la Guéronnière pour m'avoir permis, il y a quelques années, de faire mes premiers pas dans le monde de l'assurance et d'avoir convaincu Barclays de m'accompagner dans cette voie là en me permettant de suivre la formation d'actuariat du CEA.

Ensuite, mes plus grands remerciements vont vers mon Directeur de Mémoire, ma responsable hiérarchique depuis presque 5 ans maintenant, Sophie Rorive. Un très grand merci pour tout ce qu'elle m'a apporté depuis que l'on s'est rencontré. Merci pour cette pédagogie, cette écoute, cette transmission de savoir, ces qualités humaines qu'on espère tous trouver dans sa hiérarchie, cette confiance accordée depuis le début. Merci de m'avoir donné l'envie de découvrir le monde de l'assurance et d'avoir réussi à m'y faire m'y épanouir.

Merci à eux deux de m'avoir permis de réaliser ce mémoire à partir des outils sur lesquels on travaille au quotidien, d'utiliser la compagnie comme cas pratique et de libérer un peu de temps pendant toute cette période pourtant déjà bien chargée par une actualité bouillante et une pression qui n'a fait que grandir pour la compagnie.

Merci également au Cabinet Ernst & Young qui accompagne Barclays Vie dans la mise en œuvre du projet Solvabilité II, et en particulier Yi Chen et Nicolas Michel Legrand, pour tous les échanges toujours riches d'enseignement qu'on a pu avoir sur le sujet.

Et enfin, merci à tous ceux qui m'entourent, qui partagent ma vie et qui me soutiennent chaque jour. A ceux que j'appelle « La famille », à ma vraie famille et avec une tendresse particulière à ma moitié, ils se reconnaîtront, je leur adresse une grosse pensée et les remercie de tout mon cœur de m'avoir accompagnée, supportée pendant toute cette période et de m'avoir encouragée sans relâche pour me permettre d'aller jusqu'au bout !

## Résumé

La notion de Risk Appetite est une notion largement répandue et aujourd'hui elle devient même une demande du régulateur pour les entreprises d'assurance et réassurance. En effet au-delà des exigences quantitatives réglementaires en termes de fonds propres, la nouvelle Directive Solvabilité II incite les compagnies à définir, si elles ne l'avaient pas déjà fait, et mettre en place une politique de gestion globale de ses risques, quantitatifs comme qualitatifs, au cœur de laquelle la question de la détermination et de la gestion du Risk Appetite devient centrale. L'ambition peut paraître toute simple : définir quels risques une organisation est prête à prendre pour obtenir les rendements attendus ? En pratique répondre à cette question devient beaucoup plus compliqué, l'écart entre théorie et pratique peut même paraître insurmontable. Néanmoins, lorsque les concepts sont compris, une bonne gestion du Risk Appetite peut et doit devenir un outil puissant non pas seulement pour la gestion des risques mais plus largement pour le pilotage d'une compagnie et la performance globale de l'entreprise.

L'objectif du mémoire est alors double. Tout d'abord il est d'introduire les concepts permettant de construire un cadre de gestion du Risk Appetite pour une compagnie d'assurance vie proposant des produits d'épargne. Et enfin, il est de proposer une méthodologie simplifiée permettant le calcul du profil de risque de la compagnie, première étape nécessaire pour définir un niveau de Risk Appetite, définir des limites et allouer des budgets de risques, et permettant surtout une mise à jour rapide du profil de risque de la compagnie, ce qui constitue un des objectifs majeurs d'un management pour le pilotage de la compagnie, afin de pouvoir garantir un suivi de ses prises de risque entre deux dates d'évaluation de son profil de risque global et être en mesure de pouvoir adapter sa politique de gestion et de prises de risque en cas de décisions stratégiques importantes.

## Abstract

The concept of Risk Appetite is a largely spread concept and today it even becomes a request of the regulator for insurance and reinsurance companies. Indeed beyond the regulatory quantitative requirements in terms of capital, the new Solvency II framework encourages the companies to define, if they had not already done it, and to set up a global risk management policy, for quantitative risks as for qualitative one, and for which the question of the determination and the management of the Risk Appetite becomes essential. The ambition may appear very simple: to define which risks an organisation is ready to take in order to obtain the expected returns? Actually, to answer this question becomes much more complicated, the difference between theory and practical can even appear impossible. Nevertheless, when the concepts are understood, a good management of the Risk Appetite should and must become a powerful tool not only for the risk management but principally for the company steering and its overall performance.

The objective of this actuarial report is then double. First of all it is to introduce the concepts making it possible to build a framework of Risk Appetite management for a life insurance company proposing of savings products. And finally, it is to propose a simplified methodology allowing the calculation of the risk profile of the company, the first necessary step is to define a level of Risk Appetite, to define limits and to allocate budgets of risks, and especially allowing an immediate update of the risk profile of the company, that constitutes one of the most important targets of a management for the company steering, in order to be able to guaranty a follow-up of its takings risk between two dates and to be able to adapt its policy of management and takings risk in the event of important strategic decisions.

# Sommaire

<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>2</b>
<b>RÉSUMÉ .....</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>7</b>
<b>I. RAPPEL DU DISPOSITIF SII : CONSTRUCTION D'UN BILAN ÉCONOMIQUE ET CALCUL DU CAPITAL ÉCONOMIQUE .....</b>	<b>9</b>
I.1 RAPPEL DU DISPOSITIF SOLVABILITÉ II.....	9
I.2 CONSTRUCTION DU BILAN ÉCONOMIQUE SII.....	12
I.3 CALCUL DU SCR.....	13
I.4 FOCUS SUR L'ORSA .....	16
<b>II. DÉFINITION D'UN CADRE DE TOLÉRANCE AUX RISQUES .....</b>	<b>17</b>
II.1 LE RISK APPETITE.....	17
II.2 PROCESSUS DE LA GESTION DU PROFIL DE RISQUE .....	18
II.3 IDENTIFICATION DES RISQUES NON PRISES EN COMPTE DANS LA FORMULE STANDARD .....	20
II.4 CHOIX D'UNE MESURE .....	21
II.5 CHOIX D'UNE MÉTRIQUE .....	23
II.6 CHOIX DE LA SEGMENTATION .....	23
II.7 CHOIX D'UN NIVEAU DE RISQUE .....	24
II.8 AGRÉGATION DES RISQUES.....	25
II.9 CALCUL D'UN PROFIL DE RISQUE.....	26
II.10 DÉFINITION DU RISK APPETITE.....	26
II.11 DE LA DÉCLARATION DU RISK APPETITE À LA DÉFINITION DE LIMITES OPÉRATIONNELLES .....	27
II.12 DE L'ALLOCATION DE CAPITAL À LA DÉFINITION D'INDICATEURS DE RENTABILITÉ .....	30
<b>III. APPLICATION À BARCLAYS VIE : EVALUATION DES BESOINS EN CAPITAUX DE LA COMPAGNIE ET DE SA SOLVABILITÉ.....</b>	<b>32</b>
III.1 MODÉLISATION DU BE.....	32
III.1.1 Structure général du modèle ALM .....	32
III.1.2 Modélisation de l'actif .....	33
III.1.3 Modélisation du passif.....	34
III.1.4 Management actions .....	34
III.1.5 Le générateur de scénarios économiques .....	37
III.2 CONSTRUCTION DU BILAN ÉCONOMIQUE .....	42
III.2.1 Matrice de passage SI – SII et principaux retraitements.....	42
III.2.2 Calcul de la marge pour risques .....	43
III.2.3 Calcul des Impôts Différés .....	43
III.3 CALCUL DU SCR ET ANALYSE DE LA SOLVABILITÉ .....	44
III.3.1 Méthodologie générale.....	44
III.3.2 SCR brut et SCR Net .....	45
III.3.3 Calcul des différents modules de risque .....	46
III.3.4 Agrégation des risques.....	60
III.3.5 Analyse des résultats et de la couverture de la marge .....	62
<b>IV. APPLICATION À BARCLAYS VIE : CALCUL &amp; SUIVI DES MÉTRIQUES.....</b>	<b>68</b>

IV.1	DÉMARCHE.....	68
IV.2	CALIBRATION DES CHOCS À 95%.....	69
IV.3	CALCUL DES MÉTRIQUES ET DE LEUR DÉVIATION .....	73
IV.3.1	<i>Estimation de la NAV</i> .....	75
IV.3.2	<i>Evaluation de la métrique – Ratio de Couverture du SCR</i> .....	79
IV.3.3	<i>Profil de risque Global</i> .....	87
IV.4	SUIVI DES MÉTRIQUES DANS LE TEMPS DANS LE CADRE DU PILOTAGE D’UNE ACTIVITÉ.....	91
IV.4.1	<i>Evolution des données et ajustement de la NAV anticipée</i> .....	91
IV.4.2	<i>Mise à jour du profil de risque pour la NAV</i> .....	102
IV.4.3	<i>Evolution des données et ajustement du niveau anticipé du ratio de couverture du SCR</i> .....	115
IV.4.4	<i>Mise à jour du profil de risque pour le ratio de couverture du SCR</i> .....	117
IV.4.5	<i>Synthèse des résultats</i> .....	119
IV.5	CONTRIBUTION AU RISQUE ET ALLOCATION DE CAPITAL.....	120
IV.5.1	<i>Méthode Proportionnelle</i> .....	121
IV.5.2	<i>Méthode Marginale</i> .....	122
IV.5.3	<i>Méthode de Shapley</i> .....	122
IV.5.4	<i>Présentation des résultats</i> .....	129
IV.6	EN ROUTE VERS L’ORSA .....	131
<b>CONCLUSION .....</b>		<b>134</b>
<b>ANNEXES 1 – TESTS DE MARKET CONSISTENCY .....</b>		<b>136</b>
TEST SUR LES DÉFLATEURS .....		136
TEST SUR LES ACTIONS .....		136
TEST SUR LES TAUX D’INTÉRÊT .....		136
<b>ANNEXE 2 – MATRICE DE PONDÉRATION DE MOODY’S.....</b>		<b>137</b>
<b>TABLE DES FIGURES .....</b>		<b>138</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>		<b>139</b>

## Introduction

Le nouveau régime prudentiel Solvabilité II, entrant en vigueur à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2014, propose aux compagnies d'assurance et réassurance une nouvelle définition de la solvabilité et les incite à une plus grande intégration de la gestion des risques au cœur des décisions stratégiques du management.

D'une part la Directive exige de la part des compagnies d'adopter une vision économique de leur bilan et en particulier de son passif. Les compagnies d'assurance sont déjà habituées à évaluer un actif en valeur de marché, mais l'évaluation d'un passif d'assurance devient plus complexe, en particulier en épargne où interviennent des clauses de participation aux bénéfices futurs de l'assureur. Le poste fonds propres devient également plus volatil. De plus, elle propose une nouvelle définition des besoins de capitaux réglementaires minimum à détenir pour pouvoir être solvable. Les fonds propres minimum requis pour assurer une activité d'assurance correspondent alors à un montant de capital économique calculé comme une VaR à 99.5% horizon 1 an, i.e. le montant de fonds propres à détenir doit être supérieur à la perte à laquelle pourrait faire face un assureur une fois tous les 200 ans pour ne pas être en ruine. L'approche retenue pour le calcul du capital requis est basée sur la quantification des risques, risques supportés par la compagnie. Le calcul peut être effectué par un modèle interne ou bien par une formule standard. La Directive décrit la liste des risques à prendre en compte dans la formule standard parmi les risques de marché, les risques de souscription, le risque opérationnel et le risque de contrepartie. Le montant de capital requis devient alors fonction de l'impact de scénarios de stress sur les facteurs de risque de chacune des classes de risque impactant une compagnie et de la capacité de celle-ci à réagir.

Au-delà des exigences quantitatives, la Directive définit un ensemble d'exigences qualitatives en termes d'organisation, de contrôle, de gouvernance et de gestion des risques quantitatifs et qualitatifs à court et moyen terme, via l'ORSA (Own Risk Solvency Assessment). Solvabilité II place la gestion des risques au cœur du pilotage des compagnies et pousse les compagnies à construire des outils permettant d'avoir une vision globale de ses propres risques, de les suivre et de prendre des décisions stratégiques à partir de l'appréciation de ces risques sur l'horizon de son business plan. Solvabilité II pousse les assureurs à adapter leurs outils de pilotage pour y intégrer de façon plus importante leur propre vision du risque et a minima s'assurer que sur la durée du business plan, ils auront les fonds propres minimum nécessaires pour continuer à pratiquer leur activité d'assurance sans mettre en cause la solvabilité selon Solvabilité II.

Les Directions des compagnies d'assurance travaillent pour cela à la mise en place d'une politique de gestion des risques au sein de laquelle la notion de Risk Appetite, niveau d'appétit pour le risque ou d'aversion au risque d'un management (nous reviendrons en détail sur cette notion dans la première partie du mémoire), trouve toute sa place et son importance. La notion de Risk Appetite est une notion largement répandue et aujourd'hui elle devient donc même une demande du régulateur pour les entreprises d'assurance et réassurance. En effet la nouvelle Directive Solvabilité II encourage les compagnies à définir, si elle ne l'avait pas déjà fait, un niveau de Risk Appetite et une politique de gestion de ce Risk Appetite. L'ambition peut paraître toute simple : leur demander de définir quels risques elles sont prêtes à prendre pour obtenir les rendements attendus ? L'objectif est alors de les pousser à identifier et évaluer l'ensemble des risques auxquels elles peuvent être exposées (ils peuvent être différents de ceux calculés dans la formule standard) afin de dessiner leur profil de risque spécifique et définir une stratégie de prise de risques en fonction de son appétence aux risques : il

s'agit de mettre en place et gérer un cadre de Risk Appetite. Une bonne gestion du Risk Appetite peut et doit devenir un outil puissant non pas seulement pour la gestion des risques mais plus largement pour le pilotage d'une compagnie et la performance globale de l'entreprise.

En pratique répondre à cette question devient beaucoup plus compliqué. L'évaluation et le suivi d'un profil de risque permettant d'aboutir à la définition d'un cadre de Risk Appetite posent un certain nombre de questions : identification et mesure des risques, agrégation des risques, définition d'un niveau d'acceptation des risques, définition de budgets de risques et de limites opérationnelles permettant le suivi de la consommation de ces budgets. Dans le cadre de l'ORSA, la dimension prospective du besoin globale de couverture de sa propre vision des risques complexifie davantage encore les problématiques. L'écart entre théorie et pratique peut alors même paraître insurmontable.

Néanmoins, les compagnies doivent construire un outil de pilotage robuste et pertinent pour une Direction, afin de le rendre opérationnel et utilisé à chaque lancement de produits, lancement d'activité, tension sur les marchés financiers ou acquisition/cession de nouveaux portefeuilles.

L'objectif du mémoire est alors double. Tout d'abord il est d'introduire les concepts permettant de construire un cadre de gestion du Risk Appetite pour une compagnie d'assurance vie proposant des produits d'épargne. Après avoir rappelé les grandes lignes de la nouvelle Directive Solvabilité II, permettant ainsi de placer le cadre dans lequel vont se dérouler les travaux, nous présenterons les différentes étapes nécessaires à la construction d'un cadre de gestion du profil de risque d'un assureur et de la définition de son appétit pour le risque : identification des risques, évaluation des risques, agrégation des risques, traduction en termes de profil de risque et d'appétit pour le risque. La démarche présentée permettra de soulever les différents choix méthodologiques, se traduisant par des choix de modélisation, auxquels se trouve alors confronté le gestionnaire de risques.

Ensuite il est de proposer une méthodologie de mise en œuvre opérationnelle de la démarche, telle quelle a été développée chez Barclays Vie. Le but est de proposer une méthode simple, opérationnelle et de tenter d'y apporter un regard critique quant aux choix effectués. La méthodologie permet donc d'aboutir au calcul du profil de risque d'une compagnie d'assurance-vie proposant des produits classiques d'épargne en euros et unités de compte. Cette première étape est nécessaire pour définir un niveau de Risk Appetite, le traduire en limites opérationnelles et allouer des budgets de risque. Nous verrons ensuite comment il est possible de construire un outil qui a pour objectif une mise à jour rapide du profil de risque de la compagnie, afin de rendre les outils opérationnels. Ceci constitue un des objectifs majeurs d'un management pour le pilotage de la compagnie : pouvoir garantir un suivi de ses prises de risques entre deux dates d'évaluation de son profil de risque global et être en mesure de pouvoir adapter sa politique de gestion et de prise de risques en cas de décision stratégique importante. Enfin, l'exercice de définition d'un niveau de Risk Appetite à partir d'un profil de risque spécifique permet d'avoir une vision globale des risques, l'étape d'agrégation introduit des compensations entre les risques, nous parlerons de bénéfices de diversification. Nous verrons comment il est alors possible de prendre en compte ces bénéfices de diversification dans le calcul de contributions en risque des facteurs de risque, l'enjeu est de pouvoir aboutir à des méthodes d'allocation des budgets de risque et de définition de limites opérationnelles. La question de l'allocation est également importante au sein de l'ORSA.



## I. Rappel du dispositif SII : construction d'un bilan économique et calcul du capital économique

Début des années 2000, suite à la rénovation des règles prudentielles bancaires avec l'entrée en vigueur de Bâle II, s'entament des réflexions sur la pertinence et l'opportunité de mettre en place de nouvelles normes prudentielles dans le secteur de l'assurance. La concurrence mondiale s'accroît et les évolutions techniques financières et actuarielles se sophistiquent (calcul de MCEV, calcul de capital économique, titrisation de risques, etc...). Tout ce contexte pousse les autorités de contrôle européennes à vouloir définir un cadre harmonisé, incitant les entreprises à mieux connaître et gérer leurs risques.

Les objectifs initiaux sont alors de renforcer la protection des assurés et des bénéficiaires, de favoriser la compétitivité des assureurs européens en leur permettant de rester un vecteur de croissance et de stabilité économique, d'assurer une meilleure gouvernance des compagnies en les incitant à prendre en compte les risques dans le calcul du capital et enfin de mettre en place un système de contrôle européen coordonné.

Mai 2001, le projet est lancé et l'entrée en vigueur prévue pour le 1<sup>er</sup> janvier 2013 ! Nous allons dans cette partie présenter de façon succincte les grands principes du projet, le but étant de situer le contexte dans lequel tous les travaux que nous décrirons par la suite trouvent leur place et d'introduire les nouveaux concepts définis par la Directive avec lesquels les assureurs vont désormais travailler.

### I.1 Rappel du dispositif Solvabilité II

L'Union Européenne décide de retenir la même démarche que celle adoptée pour les banques lors de la mise en place de Bâle II. Le projet est structuré selon l'approche Lamfalussy, faisant intervenir différents acteurs au niveau politique (Commission Européenne, Parlement Européen & Conseil européen), au niveau technique (l'EIOPA) et au niveau professionnel (CFO Forum, CRO Forum, les différents Comités européens d'assurance, les associations d'actuaire, etc...).

Niveau 1 : Elaboration de la Législation	Le Conseil et le Parlement européen ont voté et adopté sur proposition de la Commission Européenne le texte donnant les grands principes de la future réglementation : La Directive Cadre	Adoption en Mai 2009
Niveau 2 : Elaboration des mesures d'exécution techniques détaillées	Conception des détails techniques pour la mise en œuvre de la législation par la Commission Européenne et voté par chacun des Etats Membres	En cours Objectif 2012
Niveau 3 : Transposition dans les Etats Membres	L'EIOPA coordonne la déclinaison des textes dans le droit de chacun des Etats Membres	Objectif 2012
Niveau 4 : Entrée en vigueur et évaluation du respect des droits	Entrée en vigueur de la nouvelle réglementation et contrôle par la Commission Européenne de la bonne mise en application par les Etats	1 <sup>er</sup> janvier 2013
Phase transitoire jusqu'à 2014, dont les principes sont définies dans la Directive Omnibus 2		

Solvabilité II naît alors de l'aboutissement d'un long processus de refonte du système de solvabilité avec des échanges bilatéraux sur appels à conseils (Call for Advice) ou sur études quantitatives d'impact (QIS1 à QIS5, ce dernier exercice s'est déroulé à l'automne 2010).

Solvabilité II définit donc un nouveau cadre de référence dans lequel sera évalué le niveau de solvabilité des compagnies d'assurance (ainsi que les mutuelles, IP, fonds de pension et sociétés de réassurance) européennes. Il se traduit par des exigences en termes de :

- Calcul de solvabilité
- Gouvernance et gestion des risques
- Communication d'informations au marché et aux autorités de tutelle (en France l'ACP) leur permettant d'apprécier la situation des entreprises d'assurance (solvabilité et solidité financière, robustesse du système de gestion des risques)
- Niveaux et modalités d'intervention des autorités de tutelle

En effet, comme son nom l'indique, Solvabilité 2 c'est tout d'abord une nouvelle définition/mesure de la solvabilité d'une compagnie, i.e. de sa capacité à faire face à ses engagements sans être en ruine. Comme l'illustre le graphique suivant, la Directive définit deux niveaux de capitaux minimum à détenir afin de ne pas être en ruine, l'un correspond à une VaR à 99.5% et l'autre une VaR à 90%.

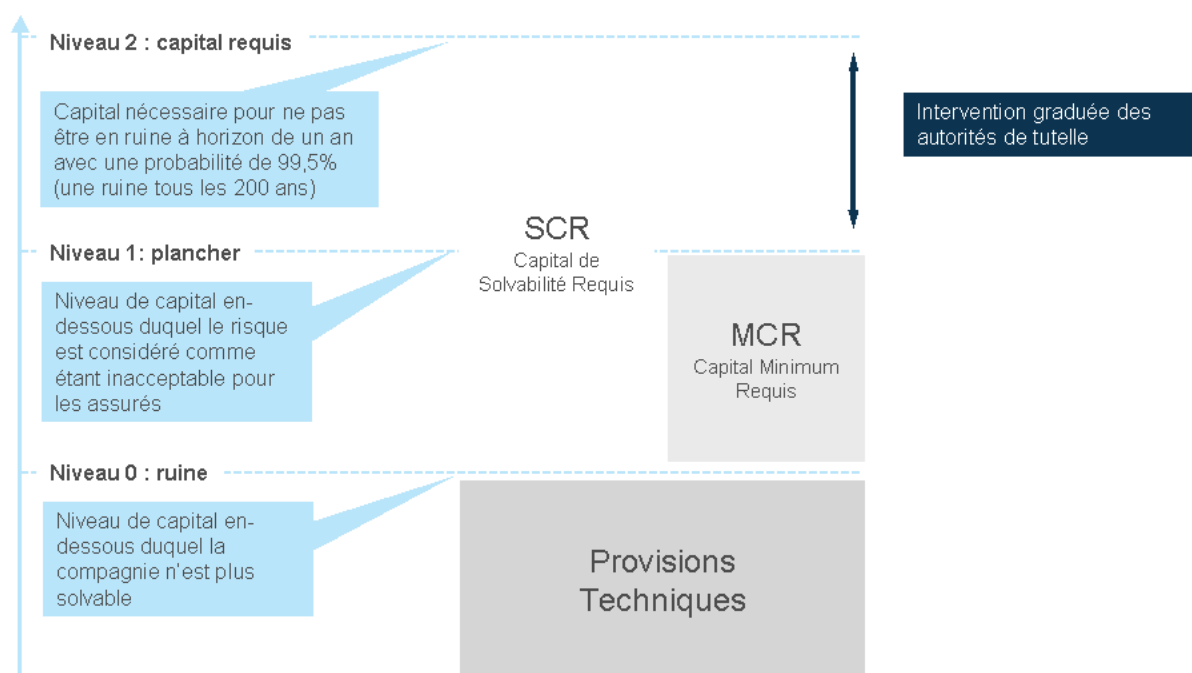


Figure 1 - Définition des nouveaux besoins en capitaux

Solvabilité II introduit donc deux mesures du niveau de solvabilité d'une compagnie :

- Le Solvency Capital Requirement : SCR
- Le Minimum Capital Requirement : MCR

Nous reviendrons dans la section 1.3 sur les méthodes de calculs de ces deux nouvelles notions pour l'assureur.

Notons, que dans la suite, lorsque nous parlerons de capital requis, nous parlerons du SCR.

L'approche adoptée pour déterminer ce montant de capital à détenir pour rester solvable est une approche économique et financière, basée sur l'évaluation des risques. En effet, tandis que Solvabilité I s'appuie sur un bilan en ligne avec les principes de la comptabilité française, Solvabilité II s'appuie sur un bilan en valeur de marché (vision « full fair value ») où le calcul de capital requis intègre des modules de risques. On parle d'approche « risk-based ». La Directive propose une définition des principaux risques subis par une compagnie d'assurance, certains entrent en compte dans le calcul de capital, d'autres sont à étudier dans le cadre de sa gestion globale des risques. Ce calcul, basé sur les risques, pourra être évalué à partir d'un modèle standard sans particularité nationale ou bien par un modèle interne (ou partiel) mis en place par la compagnie et approuvé par les autorités.

Solvabilité 2 incite alors les compagnies à mettre en place un système de gestion des risques efficace, c'est-à-dire qui lui permettra de rester au niveau de capital correspondant à sa propre tolérance aux risques, tout en s'assurant à tout moment de respecter les obligations de minimum de SCR et de MCR. Tout l'enjeu de ce qui va suivre va justement être de voir dans un cadre opérationnel comment l'on peut déterminer sa tolérance aux risques et comment suivre son profil de risque au cours du temps pour s'assurer que la compagnie reste à tout moment en conformité avec les exigences quantitatives minimum réglementaires.

La Directive, votée en mai 2009, détaille tout le dispositif qu'une compagnie doit mettre en place pour exercer son activité dans ce nouveau cadre de référence.

Le dispositif repose alors sur une structure à trois piliers :

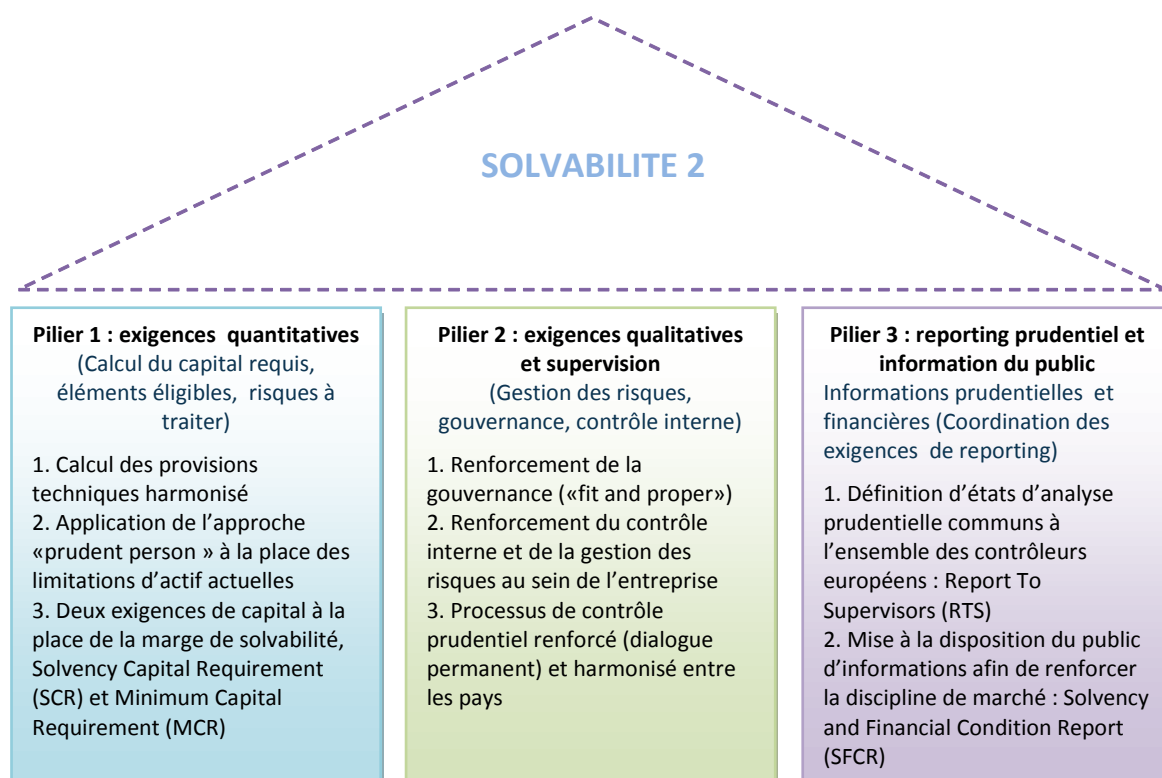


Figure 2 - Les 3 piliers de Solvabilité II

Le pilier 1 définit donc toutes les exigences quantitatives de la nouvelle réglementation auxquelles les compagnies devront à tout moment se conformer : évaluation du bilan prudentiel, détermination des besoins en capitaux (avec deux niveaux de référence) et calcul de fonds propres disponibles pour couvrir ce besoin. Le pilier 2, plus qualitatif, s'intéresse au système de gouvernance, de gestion des risques et de contrôle interne à mettre en place. Le pilier 3 concerne la discipline de marché à adopter.

Nos travaux s'inscriront par la suite à la fois dans le cadre du pilier 1 et du pilier 2. En effet, après avoir rappelé comment se calculent les différents éléments exigibles du pilier 1 (actifs, provisions techniques, fonds propres et marge de solvabilité), nous nous dirigerons vers le pilier 2, qui pousse les compagnies à définir et évaluer leur propre vision du risque et l'inscrire dans le cadre du pilotage de la compagnie en s'assurant qu'à tout moment, elle respecte les exigences du pilier 1.

## I.2 Construction du Bilan économique SII

Sous Solvabilité I, régime actuel, la marge de solvabilité ne prend pas en compte la réalité économique de l'exposition aux risques. Par exemple, deux compagnies ayant une structure de passif identique mais avec des allocations d'actifs différentes (l'une 100% action, l'autre 100% OAT) ont le même besoin de capital. La marge est calculée comme un pourcentage des provisions techniques et des capitaux sous risques (en vie, cela correspond à 4% des PM en euros et 1% des PM UC).

Sous Solvabilité II, comme nous l'avons vu, l'approche change complètement. Nous passons d'une vision comptable à une vision économique où le capital requis est calculé afin de couvrir des risques, risques ayant une probabilité d'occurrence de 0.5%.

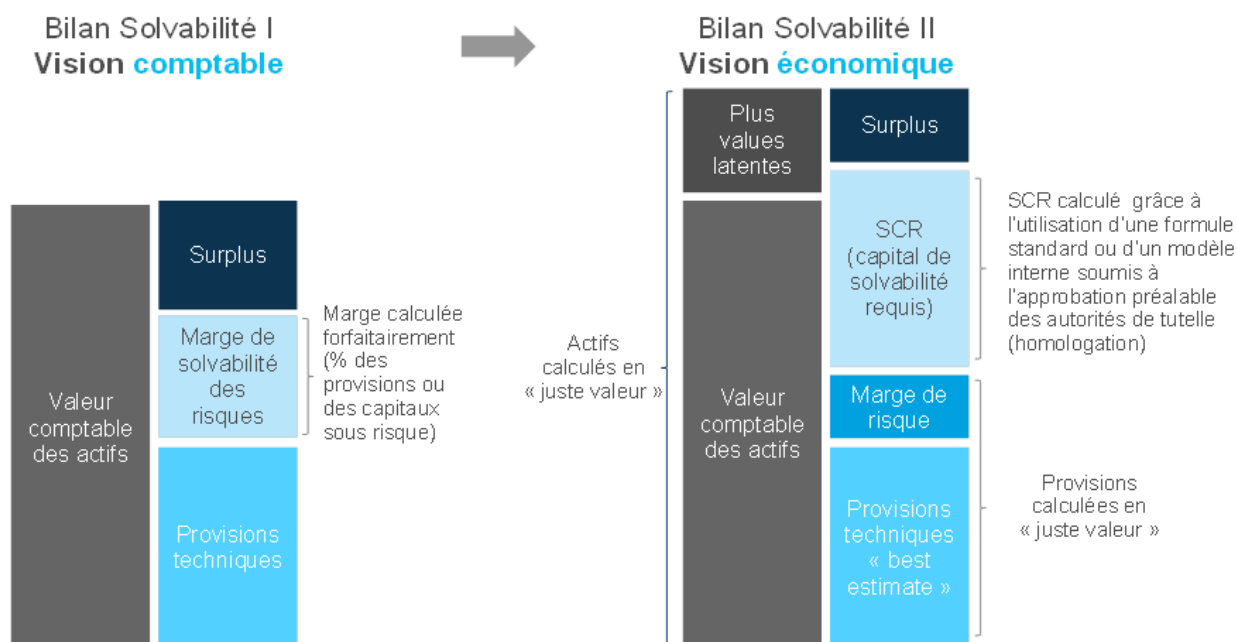


Figure 3 - Passage de Solvabilité I à Solvabilité II

Il s'agit donc d'un changement total de référentiel. Le bilan varie du fait de la valorisation des actifs en valeur de marché, et donc de l'intégration des plus ou moins-values latentes. Au passif, cela entraîne une modification de la modélisation des risques d'assurance : les provisions techniques sont décomposées en deux composantes : le Best Estimate (BE) et la Risk Margin (RM).

Le BE est l'estimation des flux de trésorerie futurs des contrats d'assurance (primes périodiques, sinistres, intérêts et participations aux bénéfices (PB) versées, frais) pondérés par leur probabilité d'occurrence et actualisés. Il intègre des PB futures au passif (implicitement il intègre la stratégie d'investissement et la politique de PB de la compagnie). Nous pouvons noter qu'une provision égale à la valeur de rachat n'est pas compatible avec le principe de « best-estimate market-consistent ». Le calcul de BE implique des calculs prospectifs, souvent stochastiques pour prendre en compte la valeur des options et des garanties des polices. Le calcul de BE nécessite l'utilisation d'un modèle ALM, modèle prospectif permettant de modéliser de façon dynamique les interactions actif-passif (par la loi de participation aux bénéfices (PB) et la prise en compte de rachats dynamiques), alimenté par des scénarios économiques. Nous reviendrons par la suite sur la façon dont Barclays Vie a implémenté son modèle et calibré des scénarios économiques.

La RM correspond au montant qu'un repreneur éventuel du passif d'assurance exigerait, au-delà du BE. Elle est évaluée suivant la méthode du coût du capital : 6% des SCR futurs; le 6% étant identique pour toutes les compagnies, équivalent à un assureur BBB.

Le poste fonds propres évolue considérablement également du fait de l'intégration de la part des actionnaires dans les plus ou moins-values latentes, de l'apparition des profits futurs dans les fonds propres et de l'impact des impôts différés.

Le bilan devient donc plus volatile, tous les éléments du bilan le deviennent et en particulier nous nous intéresserons tout particulièrement par la suite au poste fonds propres. Tout l'enjeu pour une Direction sera de piloter et anticiper ses besoins de marge de solvabilité afin de s'assurer de les couvrir à tout moment par des fonds propres, volatiles. Nous étudierons donc comment se fixer des niveaux de déviation à anticiper.

Nous allons auparavant revenir sur les notions de SCR et MCR, besoins de capitaux requis, à couvrir par des fonds propres pour pouvoir exercer une activité d'assurance.

### 1.3 Calcul du SCR

Le premier niveau de capital requis, le SCR, sert à absorber les pertes imprévues et à offrir une sécurité raisonnable aux assurés. En cas de non-respect, une information sera rendue publique et un plan d'action approuvé par l'ACP doit être mis en place.

Il correspond théoriquement à une VaR à 99.5% à 1 an, soit une probabilité pour la compagnie d'être en ruine au pire une fois tous les 200ans.

Il peut être calculé par une formule standard ou un modèle interne (les compagnies peuvent également avoir recours à des modèles internes partiels, ou certains modules de risques deviennent entity specific, i.e. propres à la compagnie, c'est un mixte entre une approche simulatoire de type modèle interne et une approche de type formule standard).

L'utilisation d'un modèle interne nécessite la projection de tous les risques simultanément à horizon un an et d'en déduire une distribution de fonds propres dans un an associée à cet ensemble de risques. Un quantile à 99.5% peut donc être estimé à partir de cette distribution afin d'en déduire un montant de capital économique.

Dans la formule standard, les chocs sur le bilan sont instantanés, effectués choc par choc, ce qui permet d'en déterminer des besoins de capitaux élémentaires, puis agrégés par une matrice de corrélation, puis entrent en jeu des mécanismes d'absorption des pertes par la PB et par les impôts différés. Dans la suite, lorsque nous ne parlerons de Capital Economique, ce sera exclusivement celui issu de la formule standard pour le calcul de SCR. Nous ne discuterons pas de la calibration des chocs ni de leur agrégation, mais de l'utilisation du niveau de capital requis dans le cadre de la mise en place d'un cadre de tolérance aux risques pour le pilotage d'une compagnie, et de son suivi.

Le SCR est calculé par modules de risques, présentés couramment de la façon suivante :

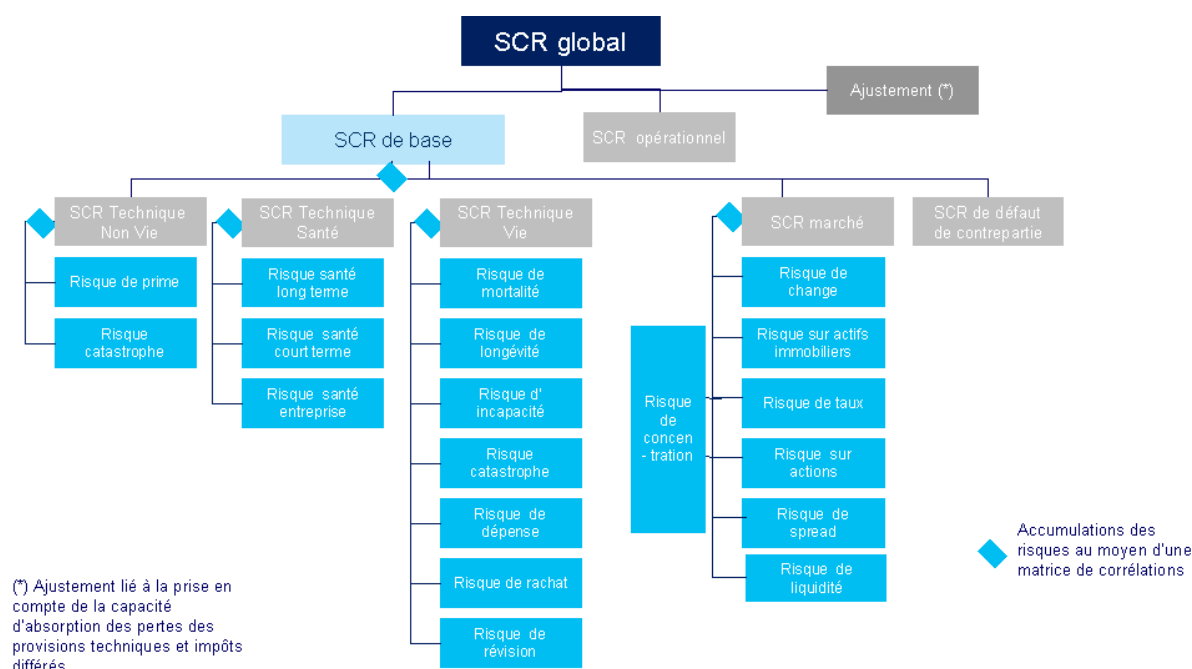


Figure 4 – Modules de risque de la Formule Standard

$$\text{SCR} = \text{BSCR} - \text{AdjFDB} - \text{AdjDT} + \text{SCRop}$$

Où :

- Le BSCR (Basic Solvency Capital Requirement) correspond au SCR de base, c'est-à-dire celui obtenu en faisant la somme pondérée par les corrélations de chacun des modules de risques concernant la compagnie.
- L'AdjFDB (Future Discretionary Benefits) correspond à la partie du risque que l'on peut transférer aux assurés par réduction des bénéfices futurs discrétionnaires (modulation du taux servi dans des contrats d'épargne avec PB).
- L'AdjDT (Deferred Taxation) correspond à l'absorption des pertes par les impôts différés, c'est-à-dire les impôts futurs que l'on ne paiera pas suite aux pertes/baisses de profits futurs consécutives aux chocs.
- Le SCRop (Operational Solvency Capital Requirement) correspond au risque opérationnel, il s'ajoute aux autres risques (pas de bénéfices de diversification), s'obtient par une formule fermée et est capé à 30% du BSCR

Les QIS ont pour objectif d'ajuster (calibrer) les paramètres de ces calculs : facteurs de risques à considérer, matrice de corrélation, niveau des chocs, etc ...

Les besoins de capitaux élémentaires, calculés pour chaque module de risque, s'obtiennent soit par une approche facteur, soit pas une approche scénario.

Les SCR calculés par approche facteur reposent sur des formules fermées. C'est le cas pour le risque opérationnel, le risque de contrepartie et le risque sur les actifs intangibles.

Les risques financiers et les risques de souscription Vie sont traités principalement par une approche scénario. Le besoin en capital est évalué en mesurant l'impact d'un choc sur l'Actif Net. Il correspond à la différence en  $t=0$  entre la valeur centrale de l'Actif Net et la valeur après choc de l'Actif Net. Nous rappelons que l'Actif Net correspond à la valeur de marché des actifs moins la valeur économique des passifs (BE).

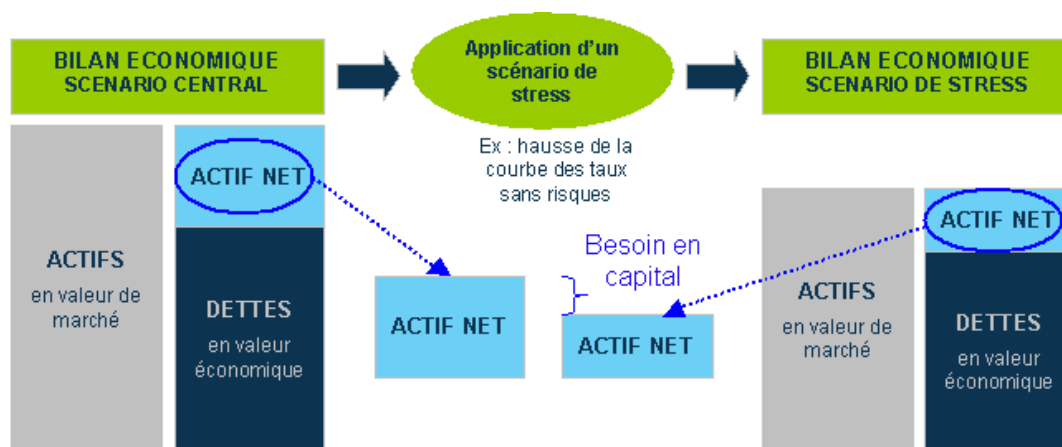


Figure 5 - Approche "Delta NAV"

Le recours au modèle ALM est alors nécessaire dans chaque scénario, pour évaluer après chaque choc sur le bilan initial (choc sur les actifs d'une hausse des taux, d'une baisse des marchés actions, ou bien suite à une vague de rachats massifs, ...) la valeur du BE et des fonds propres, tous deux dépendants des richesses initiales et de la situation économique de départ.

Le MCR, quant à lui, correspond au montant minimum de fonds propres à détenir pour pouvoir exercer une activité d'assurance. En cas de non-respect, il y aura retrait d'agrément. Il correspond théoriquement à une VaR à 90% à 1 an. Son calcul doit être simple (fonction linéaire des provisions, primes, capitaux sous risques, dépenses administratives et impôts différés), pas de modèles internes autorisés et il se situe dans un corridor de [25% SCR ; 45% SCR].

Dans la suite, lorsque nous parlerons de capital requis en parlant du SCR, nous supposons donc implicitement que le MCR est couvert.

## I.4 Focus sur l'ORSA

Au-delà des exigences quantitatives réglementaires, le pilier 2 pousse à aller plus loin en demandant aux compagnies de définir leur propre besoin global de solvabilité, i.e. le capital que la compagnie juge elle-même nécessaire pour couvrir ses propres risques. Il s'agit de l'ORSA (Own Risk Solvency Assesment).

L'article 45 de la Directive indique que dans le cadre de sa gestion des risques, chaque compagnie doit procéder à une évaluation interne de ses propres risques et de sa solvabilité. Cette évaluation porte au moins sur les éléments suivants :

- Le besoin global de solvabilité, compte tenu du profil de risque spécifique, des limites approuvées de tolérance aux risques et de la stratégie commerciale de l'entreprise
- Le respect permanent des exigences de fonds propres et des exigences concernant les provisions techniques
- La mesure dans laquelle le profil de risque de l'entreprise s'écarte sensiblement des hypothèses qui sous-tendent le calcul du SCR

Elle correspond à une évaluation à moyen et long terme des besoins de fonds propres de la compagnie et de son financement. Cette évaluation doit avoir lieu au minimum annuellement et ponctuellement si l'environnement change de manière significative (événements extérieurs ou décisions internes).

Elle repose sur une identification exhaustive des risques endogènes et exogènes de la compagnie, qui découle sur une politique de gestion de ces risques, des mesures quantitatives et/ou qualitatives, d'un dispositif de contrôle permanent qui s'appuie lui-même sur la définition par le Conseil d'Administration d'une appétence aux risques ainsi que de limites de tolérance à ces mêmes risques.

On pourrait donc dire que l'idée de départ pour définir un capital ORSA, est de généraliser la démarche pour le calcul de capital SCR. En effet, la question n'est plus « quel capital dois-je détenir pour ne pas être en situation de ruine économique d'ici 1 an avec une probabilité de 99.5% ? » mais :

- l'on change d'horizon : on se place sur l'horizon d'un business plan
- l'on change de quantile : en effet, l'ORSA nous pousse à définir notre propre appétence aux risques, i.e. quelle est notre propre vision du risque
- l'on change de périmètres de risques : ajout du risque sur la production nouvelle à intégrer, ajout de risques identifiés par l'exercice de cartographie mené en amont et ajout des risques qualitatifs

Le capital ORSA pourra donc être vu comme du capital économique à détenir pour ne pas être en ruine économique au bout de N années (N étant l'horizon de projection du business plan de la compagnie).

Nous nous attacherons par la suite du mémoire à décrire comment, de façon opérationnelle, une compagnie peut définir et suivre un cadre d'appétence aux risques, première étape vers l'ORSA dont nous donnerons quelques pistes pour la mise en place. Nous allons donc dans la partie suivante introduire les notions de Risk Appetite et de Risk Profile et voir comment suivre la déformation de ce profil de risque dans le temps.



## II. Définition d'un cadre de tolérance aux risques

L'objectif de ce chapitre est de proposer une définition à la notion de Risk Appetite ainsi qu'aux différents concepts nécessaires à la mise en place d'un cadre et d'un processus de gestion des risques. Ce faisant nous identifierons et détaillerons les principales étapes nécessaires à la construction du profil de risque spécifique d'une compagnie. La démarche présentée permettra d'introduire les grandes lignes d'un processus de gestion du profil de risque ainsi que de son utilisation dans le cadre du pilotage d'une compagnie.

### II.1 Le Risk Appetite

Aussi simplement qu'on puisse l'expliciter le Risk Appetite correspond au montant de risque qu'une compagnie est prête à prendre pour poursuivre les objectifs stratégiques de son activité. Quel est le montant de risque que mon entreprise a besoin de prendre pour atteindre des rendements appropriés ? Répondre à cette question n'est pas simple, mais les efforts produits pour peuvent être créateurs de valeur et permettre en tout cas de mieux aligner les prises de décisions avec les risques pris.

Aujourd'hui les risques sont pilotés par silo (les outils de pilotage des risques existent mais sont souvent développés de façon indépendante par rapport aux risques et aux types de produits...). L'objectif de se doter d'un cadre de Risk Appetite est de piloter de manière coordonnée les risques, avec une stratégie de prise de risque globale et prospective, pilotée par la Direction.

L'objectif est donc d'aligner de façon globale la gestion des risques avec les objectifs de performance de la compagnie.

Dans un schéma à terme, la Direction Générale fournira simultanément :

- des objectifs de développement matérialisés dans le budget
- des objectifs de risques dans des budgets limités par type de risque

Ceci sera possible en liant exercice budgétaire et exercice de Risk Appetite, i.e. en adoptant une stratégie de prise de risque prospective et globale, qui couvre les risques de souscription, les risques financiers, les risques opérationnels, etc.... Ainsi, ce pilotage coordonné des risques par la Direction Générale permettra non seulement d'être en ligne avec la Directive mais également une appropriation de la dimension risque par tous les opérationnels.

L'agence de notation S&P a publié un document en mars 2010 traitant des problématiques de Risk Appetite comme le cadre que les compagnies d'assurance doivent mettre en place afin d'établir les risques qu'elles souhaitent acquérir, éviter, retenir ou bien éliminer. Elle ajoute au concept de Risk Appetite d'autres concepts qui vont devoir devenir du vocabulaire courant pour les assurances : les notions de « Risk Tolerance », « Risk Profile », « Risk Limits »....

Dans la suite du mémoire nous utiliserons les définitions suivantes :

- La notion de « Risk Appetite » qui correspond au niveau de risque agrégé que la compagnie peut supporter et piloter avec succès sur une certaine période de temps.
- La notion de « Risk Profile » qui correspond à la mesure du niveau du risque actuel auquel la compagnie est exposée.

- La notion de « Risk Tolerance » qui correspond à la limite maximale de risques qui peuvent être pris sur un ensemble spécifique. Elle peut être calculée avec les mêmes outils que le Risk Appetite ou le Risk Profile.
- La notion de « Risk Limits » qui correspond à la déclinaison opérationnelle des Risk Tolerances pour chaque business, classe de risques, afin de piloter la compagnie au quotidien, i.e. s'assurer que le « Risk Profile » reste en permanence dans le cadre de « Risk Appetite » définit.

Le Risk Appetite sera donc défini par la suite comme le montant de pertes totales probables qu'une compagnie sera prête à subir selon son appréciation du risque, selon son horizon stratégique et suivant des mesures qu'elle choisit de suivre.

Pour cela, elle doit auparavant déterminer quel est son profil de risque actuel pour pouvoir décider à quels risques elle est prête à s'exposer plus ou moins, à quelle hauteur elle souhaite s'exposer ou réduire son exposition à ces risques, quelles mesures, quels outils, quelles limites et quels contrôles elle peut mettre en place pour suivre son exposition aux risques, quel impact cela aura sur son profil de risque et donc quelles décisions en termes de gestion des risques devra-t-elle prendre pour adapter son profil de risque suite aux évolutions. C'est à toutes ces questions que la mise en place d'un cadre de Risk Appetite va répondre et plus généralement, la mise en place d'un processus de gestion du profil de risque va permettre de faire vivre ces outils indispensables au pilotage d'une compagnie sous un régime risk-based.

## II.2 Processus de la gestion du profil de risque

Le profil de risque d'une compagnie représente l'ensemble des informations disponibles permettant d'apprécier le niveau de risque actuel de la compagnie : définition de l'ensemble des risques, expositions, probabilité d'occurrence... Il s'agit d'une vision globale des risques. En effet, jusque récemment, les différents risques impactant une compagnie faisaient l'objet d'études et de limites individuelles (sur la sinistralité, sur le risque crédit, risque action ...). Les risques étaient pilotés par silo. Demain, les risques devront être pilotés de manière coordonnée. La stratégie de prise de risques devra être pilotée par la Direction de façon agrégée et globale (tous les risques devront être considérés de façon globale). Dans la suite lorsque nous parlerons de profil de risque nous parlerons essentiellement de l'exposition à l'ensemble des risques impactant la compagnie.

L'objectif alors du processus de gestion du profil de risque est donc d'obtenir un cadre dans lequel les risques que la compagnie souhaite prendre, éviter, retenir et/ou déplacer sont décrits. Ce cadre doit être en ligne avec la prise de décision en termes de gestion des risques de la compagnie à travers la stratégie et une politique de gestion des risques globales pilotée par un Comité adéquat qui fixe à un niveau consolidé les limites acceptables de risque. La mesure du profil de risque n'est qu'une étape dans le processus de gestion du profil de risque de la compagnie et un élément clé pour communiquer sur le niveau d'exposition aux risques.

Le calcul d'un profil de risque rentre en compte dans la démarche plus globale de gestion des risques d'une compagnie, on parle de démarche ERM : Enterprise Risk Management. La démarche ERM consiste à se doter d'un cadre dans lequel les risques sont identifiés, évalués et inclus dans la gestion globale des risques de la compagnie grâce à la déclinaison en limites opérationnelles. Elle

aborde chaque risque significatif pour la compagnie. Le calcul du profil de risque n'est qu'un outil permettant d'aider le management à piloter la compagnie :

- En déterminant le niveau de risque pris par la compagnie pour chaque type de risque et sur une période de temps à fixer
- En s'assurant de la cohérence des actions spécifiques prises pour réduire certaines expositions aux risques pendant la période passée et la définition d'un nouveau cadre de tolérance aux risques pour la période à venir.

Le processus de gestion du profil de risque est un processus global et itératif qui se déroule en plusieurs étapes qui se répètent :

1. Evaluation globale du Risk Appetite par le top management : la Direction doit déclarer son niveau de risque maximal acceptable à un niveau global pour être cohérent avec ses objectifs de développement et de performance.
2. Traduction en termes de limites opérationnelles et communication à chaque niveau de la compagnie : par la suite l'entreprise doit traduire de façon quantitative et qualitative son niveau de tolérance aux risques en le déclinant en limites opérationnelles à chaque niveau de risques individuels et chaque entité qui gère les risques individuels. C'est l'étape d'allocation des risques.
3. Intégration, mesure, contrôle de ces limites par rapport aux profils de risques réels, suivi dans le temps : l'étape suivante pour l'entreprise est d'intégrer à chaque niveau opérationnel les limites de risques fixées dans la gestion de leur activité et de les suivre dans le temps afin de contrôler que les risques pris et réalisés restent bien dans les limites fixées afin d'anticiper toutes mesures permettant de rester dans le cadre de Risk Appetite.
4. Reporting et ajustement des limites : la dernière étape permet de fermer la boucle du processus itératif. Chaque niveau opérationnel rapporte à la Direction la mesure des risques individuels et les déviations observées par rapport au cadre de Risk Appetite afin que la Direction puisse réajuster les limites et définir un nouveau cadre de Risk Appetite pour la période suivante à partir de la nouvelle situation.

Le processus de gestion du profil de risque comme nous pouvons le voir dans la figure ci-dessous est un processus itératif. A partir de l'identification, l'évaluation des risques et la consolidation à un niveau global, le profil de risque actuel de la compagnie est mesuré, construit et analysé. Le Top Management, en charge de la stratégie décide et déclare son appétence au risque, ou Risk Appetite, global pour l'activité de la compagnie pour lequel il alloue un budget de risque global. Ce Risk Appetite est ensuite décliné en Risk Tolerances par segments, traduites en limites opérationnelles pour la gestion et le suivi des risques individuels, limites intégrées dans les décisions de gestion des risques individuels. Ces risques et ces limites sont alors suivis régulièrement. Les opérationnels produisent des indicateurs d'exposition et de suivi des risques, ces indicateurs sont ensuite agrégés et analysés à chaque niveau d'agrégation afin de mesurer la déformation du profil de risque afin que la mise à jour du profil de risque soit transmise au top management afin d'ajuster les objectifs et budgets de risque si la déviation est trop importante, que des limites sont approchées voire dépassées.

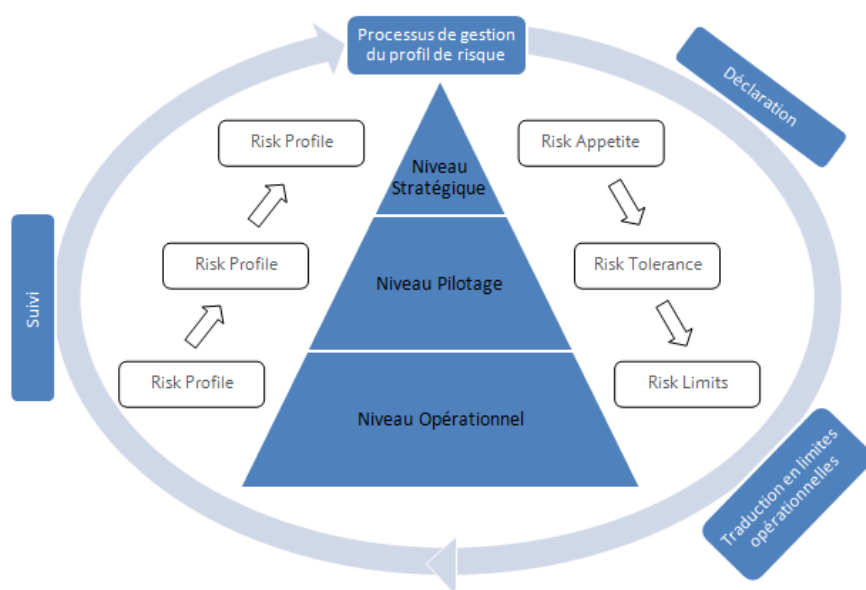


Figure 6 - Processus de Gestion du Profil de Risque

La mise en place d'un cadre de Risk Appetite et donc l'estimation à un niveau global de l'exposition aux risques d'une compagnie nécessite donc de définir :

- Les risques impactant la compagnie
- Une mesure permettant d'évaluer les risques
- Le niveau de granularité auquel la compagnie souhaite décliner les limites de risque
- Un outil d'agrégation afin de pouvoir traiter de façon globale les risques spécifiques en intégrant les effets de diversification des risques

### II.3 Identification des risques non prises en compte dans la formule standard

La Directive définit une liste exhaustive des risques quantifiables et non quantifiables qu'une compagnie doit prendre en compte dans le cadre de la gestion de ses risques. Et en particulier elle dresse la liste des risques quantifiables qui doivent être mesurés et pris en compte dans le calcul d'exigence de capital. Cependant, elle ne couvre pas de façon exhaustive l'ensemble des risques qui peuvent toucher une compagnie. Par définition, une méthode standard est un standard, ce qui signifie qu'elle ne prend pas en compte les spécificités d'un acteur en particulier.

Dans le cadre de l'exercice de définition d'un cadre de Risk Appetite et de l'évaluation d'un profil de risque propre à la compagnie, la question ne se pose pas de la même façon. Et c'est tout à fait ce que l'ORSA nous pousse à faire, et c'est bien pour cette raison que nous dirons que l'exercice de définition d'un cadre de Risk Appetite n'est qu'une étape vers la mise en place de l'ORSA. L'objectif ici est de définir un niveau de risque global supportable par la compagnie. Le but est donc de prendre en compte aussi des risques qui ne sont pas pris en compte dans la formule standard mais qui peuvent avoir un impact significatif sur la santé de la compagnie.

Une des premières étapes dans le processus de mise en place d'un dispositif de gestion des risques et dans la définition d'un cadre d'appétence aux risques est donc une première phase d'identification des risques, puis de leur évaluation. Cette première étape va permettre de balayer l'ensemble des risques qui peuvent toucher une compagnie d'assurance et de retenir ceux qui impactent notre compagnie.

Elle va permettre ensuite de classer les risques en risques mesurables et quantifiables ou en risques pour lesquels seules des études qualitatives pourront être menées. Pour ces derniers, ces études figureront également dans le rapport ORSA mais ils ne peuvent être intégrés dans la quantification du profil de risque d'une compagnie. Les risques quantifiables doivent donc quant à eux être mesurés afin d'anticiper quel pourrait être l'impact de la réalisation avec une certaine probabilité et sous un certain horizon de temps de chacun de ces risques sur la compagnie.

L'entité doit donc par cet exercice définir quels sont ses propres risques, en particulier les risques qui ne sont pas déjà identifiés dans la formule standard.

Nous pouvons déjà citer par exemple le risque souverain. En effet, la crise actuelle montre bien que tous les assureurs souffrent de par leurs expositions aux risques souverains. L'activité d'épargne en assurance-vie est d'ailleurs née de l'existence d'un marché obligataire avec des émetteurs considérés comme sans risque (les souverains AAA pour lesquels il n'existe pas de risque devise) et d'obligations considérées comme plus risquées et moins liquides dans lesquels les assureurs pouvaient investir afin de diversifier leurs risques et permettre d'offrir un rendement supplémentaire à leurs assurés tout en démontrant qu'ils avaient la capacité à détenir ces actifs moins liquides jusqu'à leur échéance et en gardant une partie suffisante d'actifs sans risque afin de ne pas mettre en danger le capital.

La crise actuelle touche donc au cœur même les assureurs qui font de l'épargne, car c'est leur raison même d'exister qui est attaquée. Or la formule standard ne prend pas en compte ce risque-là. En effet que ce soit dans le module de risque spreads, de risque de concentration, de risque de contrepartie, lorsque la contrepartie est un Etat de la zone Euro, le risque d'une dégradation de la qualité d'un émetteur souverain voire son défaut est exclu. En poussant à l'extrême, un assureur ne pourrait détenir que de la dette grecque, aux yeux de Solvabilité II, aucun capital réglementaire ne serait à détenir en face du module de risque de marché alors même que tous les assureurs ont déprécié leurs titres dans les comptes, i.e. ont considéré le risque comme avéré et qu'un défaut s'est ensuite réalisé.

Dans le cadre de la définition de sa propre évaluation du risque, la même entreprise ayant déprécié, reconnaît bien matériellement et réellement un risque. Elle se doit donc de l'intégrer dans l'appréciation globale des risques auxquels elle est exposée.

Toute compagnie doit donc de manière exhaustive identifier et quantifier les risques qui peuvent matériellement l'impacter par un exercice de cartographie des risques. Cette étape d'identification s'accompagne d'une volonté d'évaluation et de mesure afin de quantifier et prévenir la fréquence et le coût de chacun des risques.

## **II.4 Choix d'une mesure**

Une fois l'exercice de cartographie des risques réalisé, il faut pouvoir les caractériser, les mesurer. Se pose donc assez rapidement la question de « Qu'est-ce qu'une mesure de risque ? ». Et déjà qu'est-ce qu'un risque ? En gestion des risques, il peut être formalisé par trois concepts : le facteur de risque, la probabilité d'occurrence et par le montant des pertes induites.

Les mesures de risque sont au cœur de la définition d'un profil de risque puisque qu'elles sont l'outil permettant de quantifier les risques individuels avant les phases d'agrégation. Les besoins de capitaux requis sont en effet définis à partir d'une mesure de risque. Cependant, une mesure de risque peut être

différente de celle utilisée pour mesurer les capitaux réglementaires de la formule standard. Nous définirons ici ce que doit être une mesure de risque.

Nous avons évoqué dans la partie précédente la mesure de risque  $VaR$ , implicite au calcul du capital économique Solvabilité II.

Nous présentons dans cette partie quelques éléments fondamentaux sur les mesures de risque. Nous commençons par définir la notion de mesure de risque cohérente, pour ensuite étudier les spécificités de chacune des mesures de risque d'intérêt : la mesure de risque écart-type, la mesure de risque  $VaR$  et la mesure de risque  $TVaR$ .

Artzner, Delbaen, Eber et Heath ont introduit une caractérisation des mesures de risque, permettant de définir le concept de mesure de risque cohérente. Une mesure de risque  $\rho$  est cohérente si elle est :

- monotone :  $\forall X, Y \text{ tel que } X \leq Y \text{ alors } \rho(X) \leq \rho(Y)$
- homogène-positive :  $\forall h > 0, \rho(h * X) = h * \rho(X)$
- invariante par translation :  $\forall n \in \mathbb{R}, \rho(X + n) = \rho(X) + n$
- sous-additive :  $\rho(X + Y) \leq \rho(X) + \rho(Y)$

La monotonie traduit l'idée qu'un segment plus risqué qu'un autre a un besoin en capital plus élevé. La seconde caractéristique représente le fait qu'un changement d'échelle n'induit pas de risque supplémentaire. De la même manière, la mesure du risque sur la variable  $X + n$  ne crée pas de risque additionnel si ce n'est l'ajout du montant certain  $n$ , comme explicité par la troisième caractéristique. Enfin, une mesure de risque sous-additive diversifie nécessairement des risques agrégés ; autrement dit, le capital requis global est inférieur à la somme des besoins en capitaux individuels.

Il existe différentes mesures de risques. Les plus couramment utilisées sont l'écart-type, la  $VaR$  ou la  $TVaR$ . L'écart-type mesure la volatilité de la variable sous-jacente, plus une variable est volatile, plus elle présente un risque élevé. Cependant la mesure écart-type n'est ni monotone ni invariante par translation, elle n'est donc pas cohérente. La  $VaR$  au niveau  $\alpha$  est le quantile d'ordre  $\alpha$  de la distribution du facteur de risque  $X$  considéré :  $VaR_\alpha(X) = F_X^{-1}(\alpha)$ . La  $VaR$  n'est pas une mesure cohérente non plus, la condition de sous-additivité n'est pas toujours respectée. Elle l'est dans le cas où les variables sont comonotones, i.e. leurs risques évoluent dans le même sens. La  $VaR$  ne donne pas non plus d'information sur les queues de distribution. C'est pourquoi, une mesure beaucoup utilisée également est la  $TVaR$  (Tail  $VaR$ ) défini par la perte attendue au-delà de la  $VaR$  :  $TVaR_\alpha(X) = E(X|X > VaR_\alpha(X))$ . Cette mesure remplit toutes les bonnes propriétés mathématiques, elle est cohérente et est donc très utilisée.

Notons qu'au seuil de confiance de 99.5%, la  $VaR$  correspond à la mesure utilisée dans la formule standard, c'est donc celle que nous utiliserons par la suite pour les calculs de capitaux, même si cette mesure ne remplit pas toutes les propriétés d'une mesure cohérente, le but étant d'obtenir une méthodologie très proche de la formule standard pour assurer la permanence de la couverture des besoins réglementaires. Cependant dans un exercice de calcul de profil de risque ou bien dans une approche ORSA et plus généralement dans sa gestion globale des risques, une compagnie peut être

amenée à se poser la question de quelle mesure du risque utiliser et choisir une mesure différente de la formule standard.

## II.5 Choix d'une métrique

Le Risk Appetite définit le risque ou plutôt la volatilité acceptée de la performance de l'entreprise. Après s'être doté d'un outil (une mesure), il faut donc définir quels indicateurs vont nous permettre d'évaluer la situation financière de l'entreprise dans l'environnement Solvabilité II. Nous appellerons métrique les variables qui nous permettront d'apprécier cela et tenterons donc d'identifier quelles métriques allons-nous mesurer, quantifier pour juger de la santé et de la rentabilité d'une compagnie d'assurance ? En général, il y a trois dimensions qui peuvent être prises en compte pour cela :

- La valeur de l'entreprise : un des premiers indicateurs intéressant l'actionnaire est la valeur de son patrimoine et quelle volatilité est-il prêt à accepter sur la valeur de ce patrimoine ? Quelle est l'exposition aux risques sur ce patrimoine ? La métrique à retenir pour répondre à ces questions sera alors le niveau de fonds propres dans le nouveau référentiel SII. Nous appellerons NAV, au sens NAV SII, cette métrique.
- La solvabilité : afin de pouvoir s'assurer d'être toujours en mesure d'être solvable et d'avoir les capitaux nécessaires pour couvrir les risques pris et respecter les engagements envers les assurés, une compagnie d'assurance doit s'assurer de respecter à tout moment la couverture de son ratio de solvabilité et doit pouvoir répondre à la question quel est le risque d'une insuffisance de couverture du SCR ? La métrique à retenir sera alors le ratio de couverture SII.
- Le résultat : L'actionnaire pourra être intéressé par la volatilité du rendement de son investissement. Il pourra vouloir répondre à la question : quelle est l'exposition aux risques sur le résultat à court terme ? La métrique à retenir dans ce cas-là sera alors le résultat (social ou IFRS).

Nous parlerons même parfois de métrique sous risque lorsque nous nous intéresserons à la déviation de ces métriques à un certain niveau de confiance, i.e. la part de ces métriques qui risque de ne pas se réaliser par rapport à ce que l'on anticipait sous une certaine probabilité prédéfinie. Les intérêts des parties prenantes concernant l'optimisation de chacune de ces métriques ne sont pas toujours les mêmes. Un gestionnaire des risques aura pour priorité de limiter la prise de risques afin de sauvegarder la pérennité de l'entreprise. Un actionnaire souhaitera plutôt optimiser le rendement de son investissement. L'objectif donc de la mise en place d'un cadre de Risk Appetite sera donc de concilier les intérêts divergents en définissant un cadre dans lequel les métriques que l'entreprise souhaitera piloter pourront évoluer. L'exercice de calcul du profil de risque à une date donnée permettra d'avoir une photographie des risques auxquels est exposée la compagnie. Elle pourra alors définir un cadre de Risk Appetite - niveau maximum de déviation des métriques accepté – qu'elle déclinera en limites opérationnelles pour la gestion continue de ses risques.

## II.6 Choix de la segmentation

L'objectif de la définition du Risk Appetite étant de le décliner en un budget global de risques dans un but de pilotage de la compagnie (et si l'on pousse plus loin le sujet, en la définition d'indicateur de rentabilité « SII »), on peut décider de le décliner par produits, par types de risques ou en fonction du

stock vs new business. Nous montrerons dans la suite comment le choix de tel ou tel « segment » permet de définir des contributions aux risques de façon plus ou moins directe.

## II.7 Choix d'un niveau de risque

Dans le cadre du pilier I, les chocs sont calibrés pour refléter un événement qui se produit une fois tous les 200 ans (VaR @ 99.5%). Dans le cadre de la définition d'un profil de risque, la compagnie doit définir quel est son niveau de risque acceptable et donc répondre à la question « Quel est le niveau de risque agrégé que je suis prêt à prendre pour assurer la pérennité et le développement de mon activité ? » : un risque récurrent tous les 4 ans ? Un risque significatif tous les 10 ans ? Un risque extrême tous les 100 ans ?

Le Risk Appetite définit une déviation acceptée selon une fréquence donnée.

Il est donc nécessaire de se donner un niveau de confiance et un horizon de temps. Se pose alors la question de « comment calibrer des chocs à ce niveau de confiance là ? ».

L'idée étant de conserver une approche similaire dans le cadre du Risk Appetite, servant à calculer des indicateurs servant au pilotage de la compagnie et celle de la formule standard servant à calculer les besoins de capitaux réglementaires. Une méthodologie proposée est d'utiliser la même méthodologie que celle des « calibration paper » ayant servis lors du QIS 5 afin de passer d'une VaR à 99.5% à une VaR à 95% par exemple, quand celles-ci sont suffisamment explicites. Lorsque la méthode proposée aboutie à des chocs différents de ceux finaux à 99.5%, nous utiliserons un facteur d'échelle, que nous utiliserons de la même façon pour les chocs à 95%.

Pour cela, il faut tout d'abord supposer une distribution sous-jacente des facteurs de risque. Dans la plupart des cas, nous avons supposé que les paramètres sous-jacents suivaient une loi gaussienne. Après avoir estimé la moyenne et l'écart-type de la distribution, il est alors possible de reconstituer la loi de distribution et de calculer des quantiles à tout niveau de confiance.

L'objectif de ce chapitre est donc de proposer une méthodologie opérationnelle facile à mettre en œuvre en supposant que les variables sous-jacentes sont gaussiennes. En particulier lorsque l'on s'intéresse à des queues de distribution, cette hypothèse peut être critiquée. Cependant, le but de ce chapitre est de proposer une méthode facilement implémentable et nous avons préféré une approche pragmatique plutôt que des calculs complexes pour recalibrer des chocs. Nous considérerons donc qu'à 95%, cette hypothèse peut être retenue.

Voici donc la méthode générale, nous reviendrons par la suite aux résultats choc par choc.

Notons  $X$  la variable représentant le risque sous-jacent (facteur de risque), notons  $\bar{X}$  sa moyenne et  $\sigma$  son écart-type tel que  $X \sim N(\bar{X}, \sigma)$ . Notons  $X_0$  la variable considérée à la date de valorisation (variable connue) et  $X_1$  la valeur de la même variable 1 an plus tard (variable choquée puisque Solvabilité II nous pousse à modéliser des chocs à 1an),  $X_1 \sim N(\bar{X}_1, \sigma_1)$ .

Le choc appliqué est donc lui aussi gaussien :  $choc = \frac{X_1 - X_0}{X_0} \sim N(\mu, \sigma)$ .

La Value at Risk à 99.5% (VaR@99.5%) est définie ainsi :



$$\begin{aligned}
P(\text{choc} < VaR(99.5\%)) &= 0.5\% \Rightarrow P(\text{choc} - \mu < VaR(99.5\%) - \mu) = 0.5\% \\
&\Rightarrow P\left(\frac{\text{choc} - \mu}{\sigma} < \frac{VaR(99.5\%) - \mu}{\sigma}\right) = 0.5\% \\
&\Rightarrow \frac{VaR(99.5\%) - \mu}{\sigma} = \phi^{-1}(0.5\%)
\end{aligned}$$

Avec la méthodologie nous pouvons écrire :

$$P(\text{choc} < VaR(95\%)) = 5\% \Rightarrow \frac{VaR(95\%) - \mu}{\sigma} = \phi^{-1}(5\%)$$

Nous pouvons donc calculer le nouveau choc à 95% simplement par la formule suivante :

$$VaR(95\%) = \mu + \frac{\phi^{-1}(5\%)}{\phi^{-1}(0.5\%)} \times (VaR(99.5\%) - \mu)$$

Dans la plupart des cas, les variables sont centrées ( $\mu = 0$ ) ce qui simplifie la formule précédente.

Une critique à la méthode proposée qui peut être faite est l'hypothèse de normalité. En effet, lorsque l'on étudie des queues de distribution, cette hypothèse est trop contraignante. Supposons que l'entreprise s'intéresse à des événements plus rares, il faudra envisager d'autres modélisations. Nous supposons qu'à 95%, événement moins rare que la formule standard, la méthodologie peut tout de même s'appliquer. Cela permet de construire un outil pratique et facilement implémentable, ce qui est l'objectif initial. Cependant conscients des limites, les résultats sont à considérer avec prudence et plutôt en variation qu'en montant absolu. L'idée est d'obtenir des ordres de grandeur et de fixer un cadre et des limites opérationnelles nécessaires au pilotage de la compagnie.

## II.8 Agrégation des risques

Une fois que les risques peuvent être mesurés individuellement, il faut choisir un outil d'agrégation pour pouvoir aboutir à un niveau de capital global. Il existe de multiples façons de modéliser des dépendances : coefficient de corrélation ou utilisation de la théorie des copules. Et une fois l'outil choisi, il faut être en mesure de calibrer ces outils à partir de données historiques propres à la compagnie.

Toujours dans un souci de cohérence avec la formule standard, les mêmes méthodes d'agrégation intra-modulaires et inter-modulaires ont été adoptées : utilisation des matrices des corrélations linéaires QIS5. La question de l'agrégation des risques supplémentaires identifiés se pose. Par prudence, le risque new business a été ajouté sans corrélation avec les autres risques, le risque souverain inclus dans le risque spread.

Dans une approche ORSA, la question de l'agrégation et de sa propre vision de la dépendance à utiliser entre les facteurs de risque devra être à nouveau soulevée et justifiée, car les matrices de corrélations de QIS5 ne tiennent pas compte des spécificités de l'entreprise et surtout de leur stabilité en cas de stress, i.e. dans les queues de distributions.

## II.9 Calcul d'un profil de risque

Le profil de risque mesure donc le niveau d'exposition actuel aux risques de la compagnie, exprimés comme l'impact financier de chocs sur les facteurs de risque. L'exposition est mesurée en termes de déviation potentielle des métriques suite à des événements adverses sur une période d'un an et sous une probabilité spécifique.

- Nous avons vu auparavant comment il est possible de définir des métriques dans le but de suivre l'évolution du profil de risque d'une compagnie.
- Ce que nous appelons événements adverses correspond aux déviations possibles des métriques suite à des chocs sur les facteurs de risque majeurs sur un horizon de 1 an.
- Nous avons également aussi vu auparavant comment choisir un niveau de probabilité spécifique, un niveau de confiance. Dans la partie de mise en application nous retiendrons un niveau de choc correspondant à un événement qui se produit tous les 20 ans, ce qui représente donc un niveau de confiance à 95%.

## II.10 Définition du Risk Appetite

Le Risk Appetite définit donc la déviation acceptée d'une de ses métriques selon une fréquence donnée. En fonction donc des différents montants de pertes que l'entreprise est prête à supporter, et donc d'une déviation donnée sur une métrique qu'elle est prête à accepter (et des conséquences que cela peut avoir vis-à-vis de l'actionnaire), la Direction doit donc choisir quel point de la courbe devra représenter le niveau maximal de risque acceptable, i.e. qu'elle est prête à prendre, pour poursuivre le bon développement de son activité.

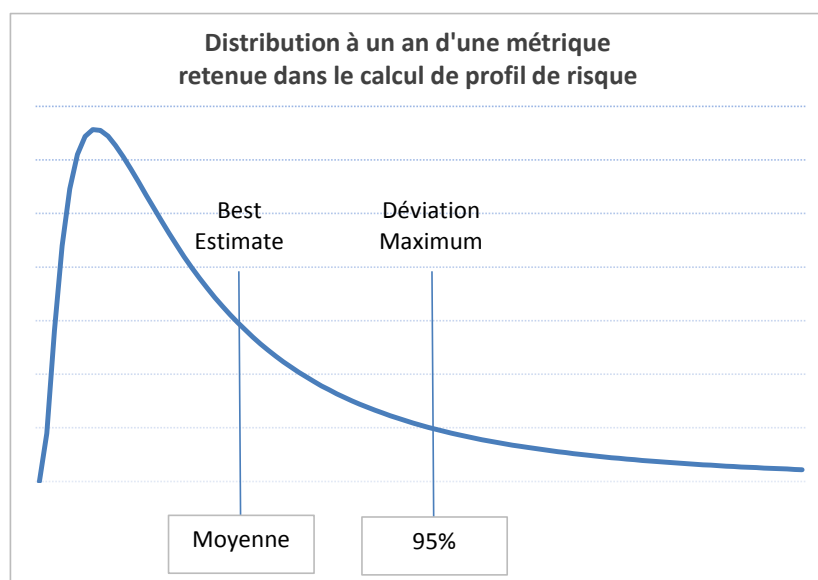
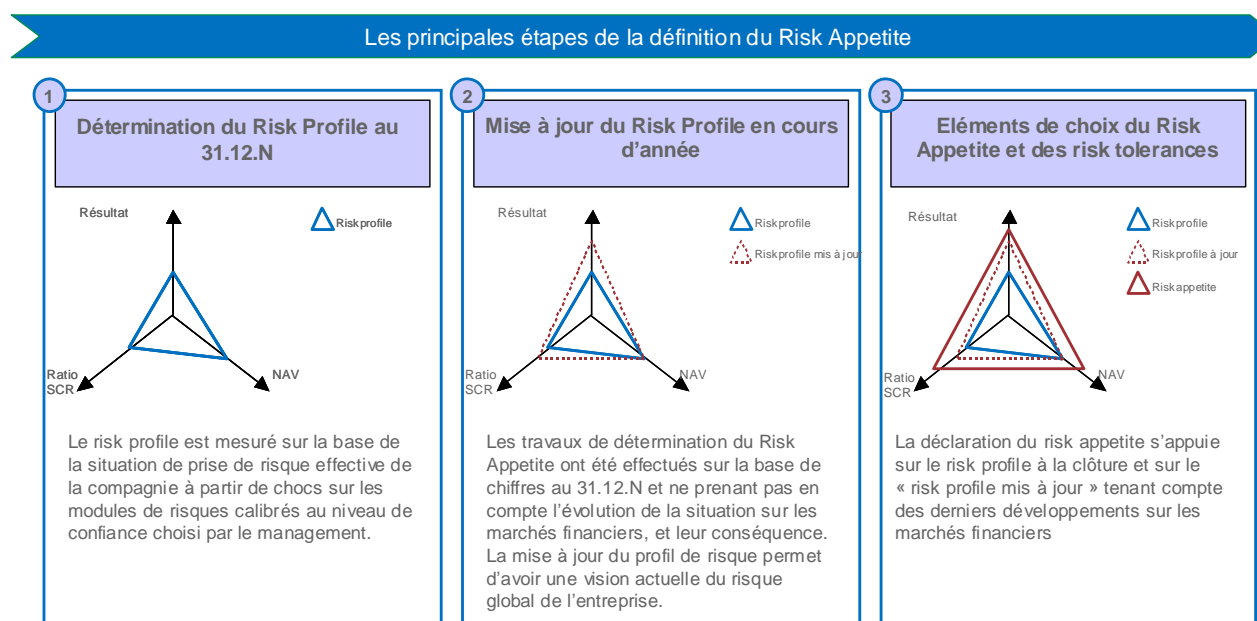


Figure 7 - Distribution à un an d'une métrique

Le Risk Appetite représente donc le niveau de risque agrégé qu'une entreprise accepte de prendre afin de mener à bien son objectif de développement pérenne et rentable de son activité.

Plusieurs étapes sont nécessaires à la définition de son niveau d'appétence aux risques à une date donnée. La déclaration du Risk Appetite par un organe de Direction est un événement posteriori. En effet, la première étape est le constat : l'évaluation de la situation actuelle en termes d'exposition aux

risques par rapport aux différentes métriques retenues de la compagnie par la mesure de son profil de risque à une date donnée. Cet exercice arrivant après les calculs des exigences du pilier I, une mise à jour de ce profil de risque en fonction des différents événements de marché est nécessaire. La seconde étape est donc la prise en compte de l'évolution des facteurs de risque entre la date d'observation et la date de construction. La dernière étape est alors la définition de son niveau d'appétence au risque, la fixation et la déclaration de son Risk Appetite. Le top management va alors fixer le cadre dans lequel il accepte de voir la compagnie prendre des risques, amenant ainsi le profil de risques à évoluer et se déformer, avec pour objectif de ne pas constater une déviation des métriques supérieure à ses anticipations à un niveau de confiance prédéfini. Le schéma ci-dessous synthétise ces principales étapes.



**Figure 8 - Principales étapes de la définition du Risk Appetite**

La mise en place de ces différentes étapes sera détaillée par la suite.

Le profil de risque est donc la photographie à un instant donné de l'exposition aux risques de la compagnie, il est donc le résultat des management actions passées. Le Risk Appetite est le cadre dans lequel ce profil de risque va pouvoir évoluer dans le futur, fixé par rapport à un profil de risque actuel ou cible. La politique de gestion du Risk Appetite fait le lien entre le management et les opérationnels.

## II.11 De la déclaration du Risk Appetite à la définition de limites opérationnelles

Afin de rendre les outils construits précédemment opérationnels et pertinents pour le pilotage de la compagnie, il est nécessaire de décliner la politique d'appétence pour le risque au niveau de chaque catégorie de risque en Risk Tolerances, elles-mêmes traduites en limites opérationnelles de risque. L'organe de Direction va donc décider en fonction de son Risk Appetite un budget de risque global qui sera ensuite décliné et des indicateurs seront à mettre en place afin de s'assurer que ces mêmes budgets sont respectés dans le temps.

La traduction du Risk Appetite est donc une étape importante car elle va permettre d'attribuer une capacité de prise de risque à chaque preneur de risque. Les limites concernent donc directement

l'activité opérationnelle et doivent donc être traduites de manière opérationnelle. Ainsi communiquer sur un montant de SCR ou un niveau de ratio de solvabilité seuil est rarement suffisant. Les déviations maximum des métriques constituent des contraintes, à saturer afin de définir des règles par rapport aux outils et indicateurs opérationnels utilisés par les preneurs de risques, comme par exemple sur l'actif :

- Détermination d'intervalle d'allocation d'actifs
- Contrainte sur la durée du portefeuille
- Exposition Géographique
- Niveau de rating minimum
- Stratégie de couverture des actifs

Les limites doivent refléter la façon dont la compagnie gère les risques, en effet la politique de gestion du Risk Appetite ne peut pas mener à la mise en place de couverture si les managers se sont toujours interdit de faire des dérivés.

Pour définir son Risk Appetite, la Direction doit donc tout d'abord fixer le niveau de déviation maximum qu'elle est prête à accepter. Le raisonnement pour chacune des métriques peut être différent. Par exemple, pour fixer une limite concernant le ratio de couverture, elle peut se fixer un objectif sur le rating de sa compagnie. Elle peut se dire qu'elle a un rating AA qu'elle souhaite conserver. Les méthodologies de scoring des agences prennent en compte le niveau de couverture du SCR dans leur calcul et cela peut mener la Direction à exiger un ratio supérieur à 175% dans 95% des cas par exemple. Concernant la métrique Résultat, le raisonnement serait plutôt de se demander quelle part du résultat son actionnaire serait prêt à perdre une fois tous les x ans : un trimestre de résultat ? Le résultat d'une année entière ?

Une fois ce cadre fixé, ces déviations maximum forment alors des contraintes à saturer en modifiant le profil de risque pour pouvoir les transcrire en Risk Tolerances puis en limites opérationnelles. Le schéma ci-dessous illustre la façon d'opérer

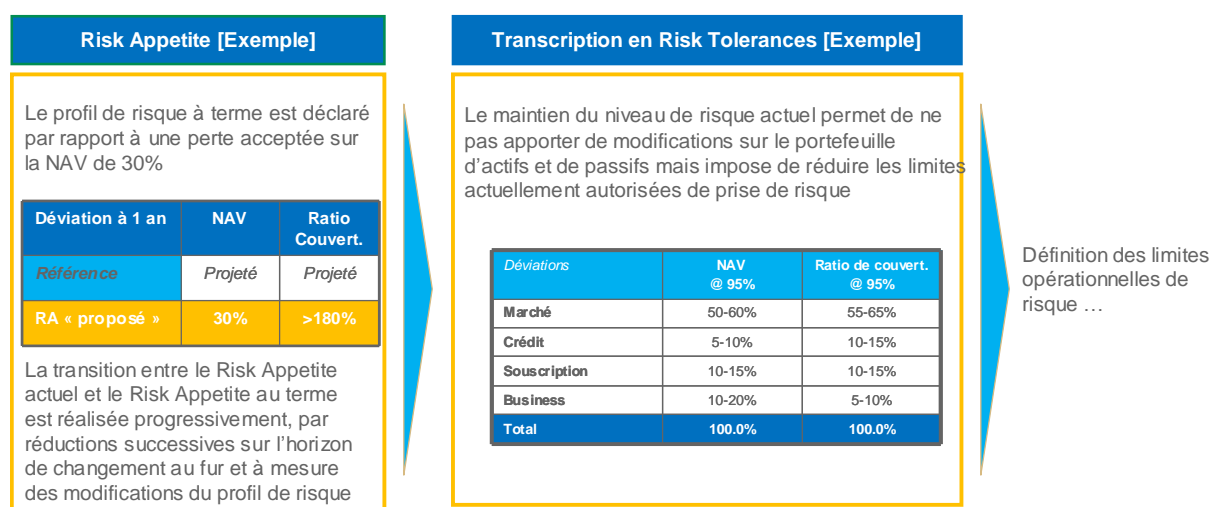


Figure 9 - Transcription du Risk Appetite en limites opérationnelles

Le cadre de Risk Appetite est fixé à la date de calcul du profil de risque. Il est à mettre à jour si des décisions stratégiques sont prises par la compagnie suite par exemple :

- Au lancement d'un nouveau produit
- A la modification d'objectifs commerciaux
- A une opération de cession ou d'acquisition d'un nouveau portefeuille
- A un choc sur les marchés financiers

Suite à une décision stratégique, il est important de mesurer la déformation du profil de risque afin de voir si les nouvelles décisions n'entraînent pas des déviations trop importantes par rapport aux limites fixées, les limites sont-elles encore bonnes ? Des études générales de risque sont alors à mener afin de prendre des mesures correctrices ou mettre à jour la politique de gestion des risques.

Nous donnons ci-dessous quelques exemples.

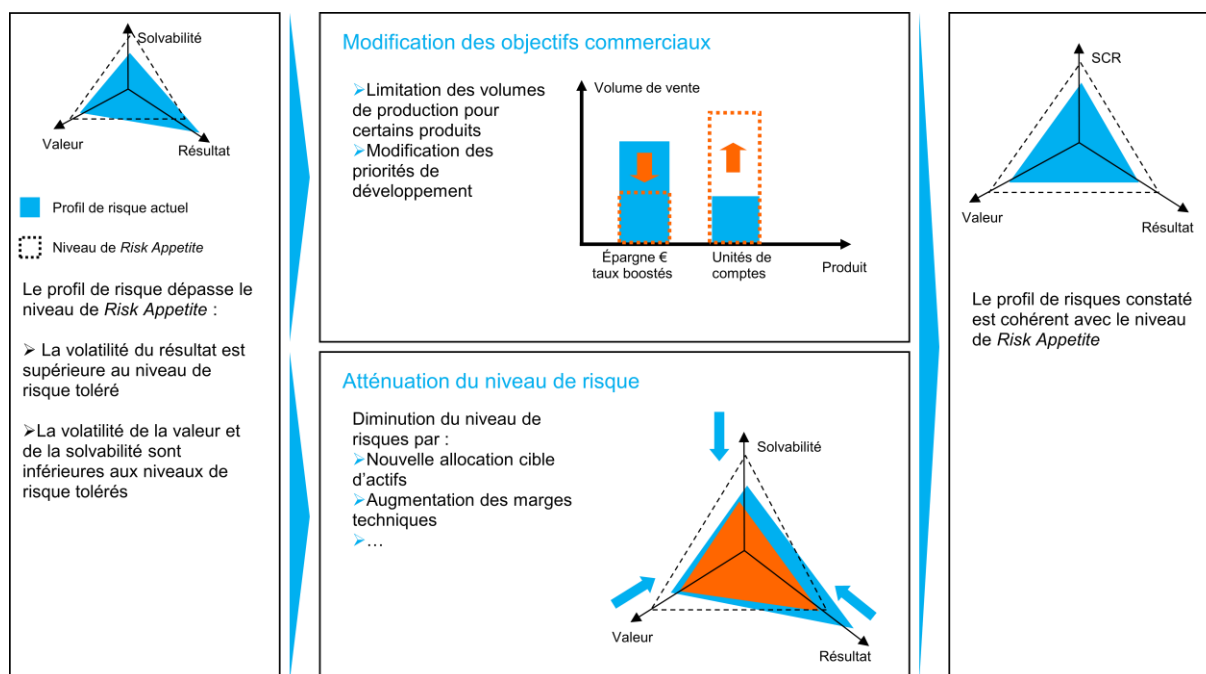


Figure 10 - Exemples de modification du profil de risque (1/2)

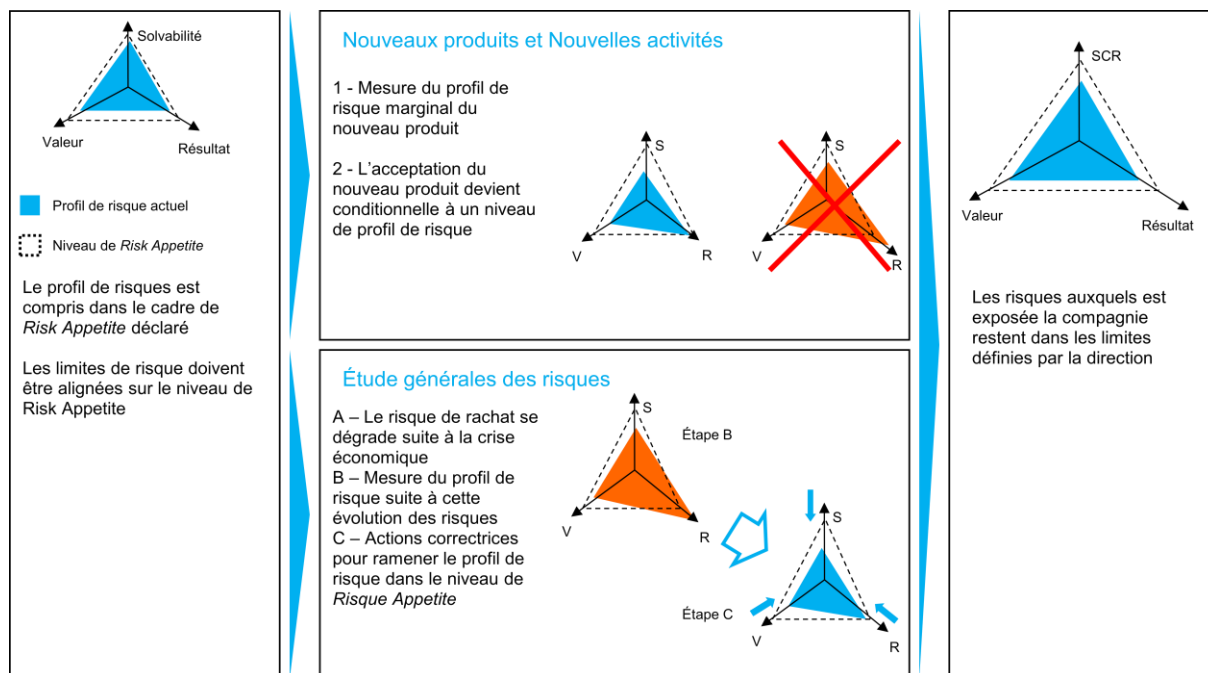


Figure 11 - Exemples de mise à jour du Profil de Risque (2/2)

## II.12 De l'allocation de capital à la définition d'indicateurs de rentabilité

Le cadre de Risk Appetite donne un niveau de risque maximum. Il est souvent aussi à minimiser pour permettre à la compagnie d'assurer une certaine rentabilité. Ainsi l'exercice de Risk Appetite est à mettre en relation avec le niveau de rentabilité attendue par les actionnaires lors de la fixation de seuils. La Direction qui alloue un budget global de risques, qui alloue un capital se pose également la question de la rentabilité de ce capital alloué à l'activité : Quelle est la performance des capitaux mobilisés ? La notion de rentabilité vise à mesurer cette performance, elle est indissociable de la notion de risque. Elle vise à mettre en relation la création de valeur à l'appréciation du risque pris. Ainsi elle est en attente d'indicateurs de rentabilité des produits distribués, d'une nouvelle production ... Afin que le Risk Appetite devienne un réel outil de pilotage, de telles mesures rapportant un indicateur de performance à un indicateur de risque peuvent être définies.

Citons à titre d'exemple les mesures de type ROE (Return On Equity) qui rapporte le résultat de l'année au capital immobilisé pendant la période ou RORAC (Return On Risk Adjusted Capital) qui tient compte des fonds propres futurs mobilisés, mesure complexe à mettre en œuvre car il est difficile de projeter les SCR futurs mais qui prend tout son sens car l'activité d'assurance nécessite de mobiliser des fonds propres tout au long de la vie du contrat. Ces mesures peuvent tout à fait être adaptées sous un univers Solvabilité II.

Comme nous avons pu le voir, la construction du profil de risque est donc une étape importante pour la mise en place de toute la politique de gestion des risques de la compagnie : définition du cadre de Risk Appetite, déclinaison en limites opérationnelles et politique de gestion des risques, pilotage de la compagnie par la mise en place d'indicateurs de suivi du risque et de la performance de l'allocation des budgets alloués. Nous allons donc voir comment mesurer le profil de risque spécifique d'une

compagnie en l'appliquant au cas de Barclays Vie et mettre en place le suivi de ce profil de risque : étape incontournable pour la définition du Risk Appetite et la mise en place de toute la politique de gestion des risques encadrant ainsi la prise de décision (définition des limites, rôles et responsabilités de chacun des acteurs, suivi et contrôles des risques et limites, action en cas d'écart, allocation de capital, mesure de rentabilité).

### **III. Application à Barclays Vie : Evaluation des besoins en capitaux de la compagnie et de sa solvabilité**

Barclays vie est une société anonyme d'assurance vie à conseil d'administration créée en 1992, au capital de 18 millions d'euros, filiale à 100% de Barclays Bank Plc. Ses activités sont la vie-décès et la capitalisation. Sa création a eu pour objectif de répondre aux attentes des clients français pour ce type d'épargne.

L'offre de Barclays Vie s'articule principalement autour du produit BarclaysMoovie, un contrat multisupports, dont le fonds euro et des contrats en unités de compte, lancé en 2007. Pour la distribution de ses produits, la compagnie s'appuie sur un réseau d'agences et de clubs en France de Barclays Bank Plc, et des bureaux de Barclays Patrimoine.

Le service financier s'occupe de la gestion du portefeuille en assurant l'investissement du fonds euros et de la gestion actif/passif du bilan qui permet de déterminer une allocation cible et d'assurer le suivi des risques principaux (risque de marché et souscription ...).

Dans la future organisation qui tiendra place sous le régime solvabilité II, le service ALM sera en charge du calcul du SCR, MCR, du BE, de la marge pour risques et de l'explication de leurs variations. D'autre part, il donne aussi tous les éléments quantitatifs utiles à la fonction Gestion des Risques. Et il s'assure en liaison avec la comptabilité de la qualité/exhaustivité des données sur le portefeuille des actifs.

Dans cette partie, nous tenterons de donner tous les éléments (données, hypothèses, modèle) permettant de décrire la méthodologie adoptée pour évaluer les besoins en capitaux de la compagnie et construire le bilan économique permettant de déterminer la solvabilité de la compagnie.

#### **III.1 Modélisation du BE**

##### **III.1.1 Structure général du modèle ALM**

Le modèle ALM, développé sous MoSes, permet de projeter tous les flux futurs de trésorerie de passifs, d'actifs et donc tous les profits futurs de l'actionnaire par rapport à l'utilisation qu'il fait de ses réserves en tenant compte :

- Des caractéristiques et des hypothèses concernant la nature des actifs et des passifs (composition du portefeuille d'actifs, hypothèses de marché, lois de rachats, lois de mortalité, modélisation des coûts, etc. ...)
- Des interactions entre l'actif et le passif provenant de la loi de participation aux bénéfices ainsi que des rachats conjoncturels modélisés.
- D'autres management actions telle que la stratégie d'investissements

Le modèle permet de modéliser tout le bilan (provisions techniques et fonds propres) en face du portefeuille d'actif général. Les flux de passifs et d'actifs sont effectués au niveau d'un model point, tandis que les interactions actif-passif ainsi que les managements actions s'effectuent à un niveau global. Les projections sont effectuées sur 30ans, en cohérence avec les scénarios économiques utilisés. Le modèle est en pas mensuel. A chaque période, tous les model points de passif et d'actif sont



projetés simultanément et les flux dégagés en début, milieu ou fin de période (primes, prestations, coûts, coupons, dividendes...) viennent accroître ou décroître la trésorerie disponible. Jusqu'à la prochaine période de réinvestissement, la trésorerie est investie au taux de rendement du cash provenant directement du fichier de scénarios économiques.

Les rebalancements de portefeuille (investissements/désinvestissements) se font tous les trimestres. La stratégie d'investissement permet de restructurer la répartition du portefeuille entre les différentes classes d'actif disponibles et va générer des ventes d'actifs préalablement en portefeuille ainsi que des achats de nouveaux actifs selon des profils prédéfinis.

En fin d'année, une stratégie de revalorisation définit le taux à servir au passif pour chaque produit. Pour ce faire un algorithme itératif permet de déterminer le taux maximum qu'il est possible de servir en fonction du taux cible souhaité, du montant de plus ou moins-values réalisables, du montant de PPE disponible et des contraintes de TMG ou de chargements par produit. Le modèle ne permet de modéliser qu'une seule loi de PB.

Les calculs de PB et la stratégie d'investissement s'effectuent à partir des données agrégées issues des modèles d'actif et de passif.

Concernant les autres provisions techniques telles que la PRE, la PPE (et d'autres), elles sont incluses dans le modèle. La PRE initiale est celle dans les comptes à la date de valorisation et est ensuite modélisée par tiers. La PDD, provision financière, n'est pas modélisée dans la mesure où le modèle ne projette pas les actifs R332-20 en ligne à ligne. Dans le cas d'existence de PDD dans les comptes à la date d'évaluation, la PDD sera retraitée et une PRE supplémentaire introduite ou une dépréciation sera effectuée lorsqu'il s'agit d'un défaut avéré (ce qui correspond à l'exemple de la Grèce).

Concernant les contrats en unités de compte, les projections se font indépendamment du fonds euro, aucune interaction n'est modélisée.

Le modèle permet d'effectuer des simulations déterministes ou stochastiques, monde réel ou risque neutre. Cela dépend de ce que l'on souhaite calculer. Dans le cadre d'un calcul de Best Estimate, la modélisation stochastique risque neutre est nécessaire afin de valoriser les options et garanties financières des contrats. Nous reviendrons par la suite sur le générateur de scénarios économiques.

Le taux d'actualisation est lu dans la table de scénarios économiques. La courbe des taux utilisée est celle des taux swap.

### **III.1.2 Modélisation de l'actif**

Les actifs du fonds général sont modélisés ligne à ligne. Le portefeuille est constitué à 72% d'obligations taux fixes, 15% de taux variables, 4.5% d'actions et le reste est placé en monétaire (pas d'immobilier). En risque neutre, tous les actifs évoluent au taux sans risque. Les coupons des obligations sont alors « risque-neutralisés », i.e. recalibrés en début de projection, afin de retraiter du coupon les spreads des obligations. Cette opération permet d'assurer la market consistency (le modèle est cohérent avec les prix de marché observés) dans un monde sans prime de risque. En effet, le modèle pourra en date initiale recalculer la valeur de marché du portefeuille dans un monde sans prime de risque et retomber sur la valeur observée.

Les flux d'actifs (coupons, remboursements, dividendes) alimentent la poche cash jusqu'au rebalancement du portefeuille, celui-ci s'opérant tous les trimestres. Les produits financiers dégagés chaque année de projection viennent alimenter le résultat financier dont une majeure partie sert à revaloriser les contrats des assurés.

### III.1.3 Modélisation du passif

Le portefeuille d'assurance est constitué de près de 48 000 contrats pour un total de 2 785M€ (dont 1 723M€ sur l'euro et 1 062M€ sur l'UC). Le portefeuille est alors résumé en un peu plus de 1 300 model points (800 sur l'euro et 500 sur l'UC). Le modèle fonctionnant indépendamment sur l'euro et sur l'UC, la part euro du multisupport alimente les model points euro et les supports UC les model points UC, le nombre de contrats étant alors décimalisé en attribuant le poids du support dans le multisupport, au prorata des PM, le but étant de conserver le nombre total de contrat réel et de répartir les coûts unitaires sur l'euro ou sur l'UC au prorata des PM.

Les critères pertinents pour la construction des model points sont ceux permettant de construire des groupes dont les caractéristiques techniques et comportementales sont homogènes, afin d'assurer un équilibre entre précision (peu de perte d'information) et efficacité du modèle (le calcul ligne à ligne est trop lourd en termes de contraintes informatiques : temps de calcul, puissance des machines, ...). Les critères retenus sont donc le type de contrat (avec participation aux bénéfices ou pas), le type de produit afin d'appliquer les lois comportementales caractéristiques au produit, l'âge de l'assuré (tranche d'âge de 5 ans) permettant de modéliser les flux de décès, l'ancienneté fiscale du contrat (tranche d'âge d'un an) permettant de modéliser les rachats grâce à des lois par génération, les contraintes de conditions générales permettant de s'assurer dans les modèles que le taux servi est bien supérieur au minimum contractuel, le TMG (taux minimum garanti) ainsi que des chargements propres aux produits.

Les rachats sont modélisés à partir de lois historiques calibrées sur trois ans d'ancienneté. Des rachats conjoncturels supplémentaires sont introduits dans le modèle, la loi de QIS4 étant utilisée (comprise dans l'intervalle proposé dans QIS5). Les décès sont projetés selon la table TF – 00/02 avec décalage d'âge. Les coûts sont répartis en quatre catégories – acquisition, administration, financier et autres – et modélisés en coûts unitaires après analyse analytique par clé de répartition. Les primes modélisées ne correspondent qu'aux versements libres ou réguliers sur les contrats à TMG viager après calibration d'une loi à partir de 3 ans d'historique. La CSG est modélisée avec un taux de 12.30% au 31.12.2010.

Les flux de passifs euro sont alors revalorisés selon la loi de participation aux bénéfices propre à la compagnie qui sera décrite dans la partie suivante, les flux de passif UC (égal à l'actif UC) évoluent au taux sans risque moins les frais de gestion de l'asset manager. Les flux de passifs sont ensuite actualisés selon la courbe des taux de swap augmentée de la prime de liquidité correspondante aux passifs considérés : 100% pour les passifs euro et 50% pour les passifs UC. Et enfin les réserves de fin de projection actualisées sont alors ajoutées aux autres flux entrant le calcul de Best Estimate, ainsi que les richesses restantes à attribuer aux assurés (une part des plus ou moins-values restantes et la provision pour participation aux bénéfices).

### III.1.4 Management actions

Les management actions correspondent aux actions qui peuvent être prises par le management de la compagnie en réponse à différentes situations afin d'optimiser les profits issus de l'activité ou bien de

limiter les pertes. Les principales management actions présentées ici sont la politique de participation aux bénéfices ainsi que la stratégie d'investissement. Dans le modèle les management actions sont modélisées afin de refléter le plus fidèlement possible la façon dont fonctionne la compagnie. Cependant aucun modèle ne pourra refléter parfaitement la réalité, des simplifications et des proxy sont parfois nécessaires afin de réduire la complexité, les temps de calcul et la lisibilité des résultats.

#### **III.1.4.1 Politique de participation aux bénéfices et objectif de marge**

Tous les contrats en euro dont la part euro du multisupport bénéficient de la politique de participation aux bénéfices (PB). Un objectif de marge pour l'assureur est fixé comme un pourcentage des PM début de période. Il est fixé comme la marge de la précédente année écoulée.

La participation aux bénéfices va dépendre de différents facteurs : les conditions des marchés financiers, l'objectif de marge de l'actionnaire, les richesses disponibles, les taux minimum garantis ainsi que les autres obligations contractuelles et réglementaires.

Dans l'objectif d'atteindre le taux cible client à servir (de telle sorte que cela n'engendre pas de rachats conjoncturels), l'assureur peut décider de baisser son objectif de marge. Historiquement par rapport à la gestion de la compagnie, un seuil d'acceptation de 30% a été fixé.

La stratégie de revalorisation des passifs et de pilotage de la marge financière est appliquée à chaque fin d'année.

La PB peut être étalée sur plusieurs années et n'est pas nécessairement créditée aux PM lorsque qu'elle est déterminée. Barclays Vie peut décider d'en différer l'incorporation aux PM et de doter la PPE pour lisser le taux servi au cours des années.

La politique de PB est fondée sur plusieurs éléments :

- (A) La marge financière cible maximum que Barclays Vie souhaite dégager, exprimée en pourcentage des PM de début d'année.
- (B) La marge financière cible minimale que Barclays Vie souhaite dégager, exprimée en pourcentage en dessous de la marge cible maximale.
- (C) Un taux cible de revalorisation des passifs, qui reflète le processus de décision du taux client par le management de Barclays Vie selon les scénarios de marché, le minimum attendu et/ou du contractuellement et réglementairement aux assurés, le lissage que la compagnie souhaite appliquer d'une année à l'autre et à l'évolution des richesses de la compagnie. Le taux client crédité (CredRate) est déterminé comme le taux minimal attendu par les assurés afin de ne pas racheter leur contrat pour aller vers d'autres types de placements plus rémunérateurs. Le taux cible à servir (Target Cred Rate) est lié à un taux référence (RefRate) défini par le taux zéro-coupon 10 ans moins une marge de 0.3%. Le taux cible peut s'exprimer de la façon suivante :
  - Si  $\text{CredRate}_{t-1} - \text{RefRate}_t < 0$  :
$$\text{Target Cred Rate} = \text{CredRate}_{t-1} - (\text{CredRate}_{t-1} - \text{RefRate}_t) / y$$
  - Si  $\text{CredRate}_{t-1} - \text{RefRate}_t \geq 0$  :
$$\text{Target Cred Rate} = \text{CredRate}_{t-1} - (\text{CredRate}_{t-1} - \text{RefRate}_t) / x$$

Où x et y sont des paramètres de lissages fixés de manière historique.

- (D) le taux servi maximum possible qui est celui permettant de réaliser au moins la marge financière minimum (en prenant en compte les produits financiers totaux, la PPE et les plus-values latentes disponibles).

Le taux cible peut être vu comme une estimation du taux servi par les concurrents et est donc calculé comme la somme :

- Du taux servi de l'année précédente, et
- De la différence entre le taux 10 ans et le taux servi de l'année précédente à un facteur de lissage près.

Toutes les contrats en euro (yc la part euro du multisupport) bénéficient de la même politique de PB et donc sont valorisés avec un taux égal au minimum de (C) et de (D).

Les situations suivantes peuvent alors apparaître :

- Le taux cible est inférieur au taux servi maximum possible permettant de réaliser l'objectif de marge financière :
  - o Si les produits financiers sont suffisants pour servir le taux cible et réaliser la marge cible, l'excès alimente alors la PPE (provision pour participation aux bénéfices).
  - o Dans le cas inverse, la PPE et les plus-values latentes disponibles sont utilisées. Des plus-values ne sont réalisées qu'une fois que la PPE a été entièrement consommée pour valoriser les passifs ou lorsque l'objectif de marge financière n'a pas été atteint.
  - o Les assurés voient leur contrat revalorisé avec le taux cible et Barclays Vie réalise une marge supérieure à la cible minimum.
- L'objectif de marge minimum peut être atteint mais avec un taux servi inférieur au taux cible (i.e.  $D < C$ ) :
  - o A moins que les contrats ne puissent être revalorisés à leur TMG avec le taux maximal envisageable, les assurés touchent ce taux maximal inférieur cependant au taux cible et Barclays Vie réalise la marge minimum.
  - o La PPE et les plus-values latentes sont entièrement consommées et des rachats dynamiques apparaissent l'année suivante.

Les règles de PB décrites jusque là sont aussi sujettes à des obligations réglementaires et contractuelles :

- la PB contractuelle totale est calculée à partir du taux de rendement des actifs et de la somme des contraintes de distribution minimale de chacun des contrats.  

$$\text{Max}(\text{TMG}, X\% \text{ taux de rendement financier} - Y\%)$$

Avec :

- le TMG égal au TMG produit par produit
  - X représentant la proportion des produits financiers alloués aux assurés
  - Y représentant le taux de frais de gestion
 X et Y étant définis dans la cartographie produits.
- La PB réglementaire totale est calculée à partir du résultat technique et du résultat financier au niveau de la compagnie. La PB réglementaire est définie par 85% des produits financiers + 90% du résultat technique et administratif si positifs, 100% sinon.

Le maximum entre l'exigence contractuelle et l'exigence réglementaire de PB est alors comparé à la somme de la PB qui serait à allouer avec le taux servi envisageable et du montant que l'on souhaiterait allouer à la PPE. Si ces exigences ne sont pas atteintes, une injection de capital de la part de l'actionnaire est alors utilisée (ie une perte est réalisée) pour combler le gap.

Les assurés rachetant leur contrat en cours d'année voient leur contrat revalorisé avec un taux égal à 90% de celui de l'année précédente (sauf éventuellement la première année où l'on peut donner le taux déterministe réellement distribué et connu au moment de la projection).

Le point de départ de la politique de PB, quelque soit la façon dont le taux servi est calculé la première année, dépend du taux initial servi aux assurés, faisant référence à celui réellement en cours à la date de départ des projections.

#### **III.1.4.2 Stratégie d'investissement**

La stratégie d'investissement est guidée par une allocation cible en termes de valeur bilan. L'allocation d'actifs correspond à celle dans les comptes à la date d'évaluation, à laquelle des ajustements peuvent être apportés en fonction des directives et décisions d'investissements en vigueur. Une allocation fixe sur toute la durée de projection a été retenue.

Le modèle effectue un rebalancement total du portefeuille (mis à part pour les caps et pour les produits structurés, modélisés comme des outils de couverture à conserver sur la durée de projection et non comme des actifs cessibles) une fois par trimestre dans le modèle.

En fin d'année, le rebalancement du portefeuille est effectué avant la revalorisation des polices et chaque gain et/ou perte réalisé(s) suite à ce rebalancement vient alimenter les produits financiers et donc par là-même impacter la stratégie de PB.

Des gains et/ou pertes supplémentaires peuvent être réalisés afin de répondre aux exigences de contraintes minimum en termes de PB réglementaire et contractuelle et en termes de contrainte de marge financière.

La réalisation de potentielles plus-values latentes pouvant intervenir dans le cadre de la stratégie de PB, n'est effectuée que sur des actifs qui n'impactent pas la réserve de capitalisation.

#### **III.1.5 Le générateur de scénarios économiques**

Les scénarios économiques restituent pour chaque simulation les trajectoires de différentes variables. Parmi les choix possibles, nous avons choisi de retenir quatre variables liées aux taux d'intérêt nominaux et à l'indice actions de l'économie :

- L'indice actions en date  $t$  :  $S_t$
- La valeur du dividende versé en date  $t$  :  $Div_t$
- Le taux d'intérêt en date  $t$  pour une maturité  $T$  :  $r_t^T$
- Le déflateur en date  $t$  :  $D_t$

##### **III.1.5.1 Le modèle de taux d'intérêt**

###### **Taux d'intérêt instantané**

Le taux d'intérêt instantané  $r_t$  est modélisé grâce au modèle de Hull & White à un facteur. Un tel modèle est facilement implémentable ; sa calibration sur les données de marché, comme nous le verrons par la suite, se fait par minimisation des écarts quadratiques, estimation par maximum de vraisemblance ou par la méthode des moments.

L'expression de diffusion est :

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

Où les paramètres de retour à la moyenne  $a$  et de volatilité  $\sigma$  sont des paramètres à estimer. La fonction  $\theta(t)$  est calculée à partir de la structure par termes des taux d'intérêt :

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

Où  $f^M(0, t)$  est le taux forward instantané en date  $t$  vu en  $0$ ,  $\frac{\partial}{\partial t} f^M(0, t)$  est sa dérivée par rapport au terme. Ainsi l'avantage du modèle de Hull and White est qu'il reproduit fidèlement la courbe des taux zéro-coupon de marché, propriété intéressante lorsque l'on recherche de la market consistency.

On obtient  $f^M(0, t)$  à partir du prix de marché  $P^M(0, t)$  d'une obligation zéro-coupon, avec la relation suivante :

$$f^M(0, t) = -\frac{\partial \ln P^M(0, t)}{\partial t} \quad (1)$$

Nous poserons par la suite :

$$\alpha_t = f^M(0, t) + \frac{\sigma^2}{2a^2} (1 - e^{-at})^2 \text{ et } x_t = x_0 e^{-a(t-s)} + \sigma \int_s^t e^{-a(t-u)} dW_u$$

La diffusion de  $x_t$  est la suivante :  $dx_t = -ax_t dt + \sigma dW_t$

Nous avons par conséquent la relation suivante :  $r_t = x_t + \alpha_t$

L'inconvénient de ce modèle, comme dans le cas du modèle de Vasicek standard, est que la probabilité d'avoir des taux courts négatifs est non nulle (lié à son caractère gaussien). Or les événements récents ont pu montrer que des taux négatifs pouvaient se produire, cette limite n'est donc pas blocante.

### Courbe des taux

On obtient la courbe des taux à partir du taux instantané grâce à la relation affine suivante :

$$r_t^T = \frac{r_t B(t, T) - \ln A(t, T)}{T - t}$$

Où

$$\begin{cases} A(t, T) = \frac{P^M(0, t=T)}{P^M(0, t)} \exp \left( B(t, T) f^M(0, t) - \frac{\sigma^2}{4a} (1 - e^{-2at}) B(t, T)^2 \right) \\ B(t, T) = \frac{1}{a} (1 - e^{-a(T-t)}) \end{cases}$$

### III.1.5.2 Déflateurs

En modélisation risque neutre, un déflateur correspond au facteur d'actualisation qui rend martingales les prix actualisés. En notant  $P_t$  le prix d'un actif en  $t$  on a :

$$E_t[D_M P_M] = D_t P_t \text{ pour } u \geq t$$

Le déflateur est donné par  $D_t = e^{-\int_0^t r_u du}$  pour  $t \geq 0$  et  $D_0 = 1$ .

### III.1.5.3 Modèle actions

On utilise un mouvement brownien géométrique pour modéliser la valeur de l'action. On considère que le dividende est payé de façon continue au taux  $q$  et que l'action a une volatilité  $\eta$ . Sous la probabilité risque neutre, ce mouvement suit la diffusion suivante :

$$dS_t = (r_t - q)dt + \eta dZ_t$$

### III.1.5.4 Corrélations entre les actifs

Les mouvements browniens de deux équations de diffusions sont corrélés à l'aide du paramètre  $\rho$  de la façon suivante :

$$dW \cdot dZ = \rho \cdot dt$$

### III.1.5.5 Discrétisation

La mise en œuvre de modèles continus nécessite le recours à une discrétisation des relations. Le temps est mesuré en années et on choisit un pas mensuel, le pas de temps infinitésimal s'écrit donc :  $\Delta t = \frac{1}{12}$ .

Le taux forward instantané est obtenu à partir des prix zéro coupon  $P^M(0, t)$  par (1). Une discrétisation de la dérivée partielle est implémentée comme suit :

$$f^t(0, t) = - \frac{\ln(P^M(0, t + \Delta t)) - \ln(P^M(0, t))}{\Delta t}$$

On obtient  $x_t$  par  $x_{t+\Delta t} = x_t(1 - a \cdot \Delta t) + \sigma \cdot \Delta W_t$ , où  $\Delta W_t \sim N(0, \Delta t)$ , i.e.  $\Delta W_t$  suit une loi centrée et d'écart-type  $\sqrt{\Delta t}$ . On prend  $x_0 = 0$ .

L'indice actions en  $t$  s'écrit de la manière suivante :

$$S_{t+\Delta t} = S_t \cdot \exp\left(\left(r_t - q - \frac{\eta^2}{2}\right)\Delta t + \eta \cdot \Delta Z_t\right), \text{ où } \Delta Z_t \sim N(0, \Delta t) \text{ avec } S_0 = 1$$

On utilise la décomposition de Cholesky pour modéliser la corrélation existant entre  $W$  et  $Z$ .

On pose donc :  $\Delta Z_t = \rho \cdot \Delta W_t + \sqrt{1 - \rho^2} \cdot \Delta U_t$ , où  $\Delta U_t \sim N(0, t)$ , avec  $\Delta U_t$  et  $\Delta W_t$  indépendants.

La valeur du dividende est obtenue par :  $Div_t = S_t(e^{q\Delta t} - 1)$ , avec  $Div_0 = 0$

Le déflateur est obtenu à partir du taux instantané par :  $D_{t+\Delta t} = D_t e^{-r_{t+\Delta t} \cdot \Delta t}$ , avec  $D_0 = 1$ .

Les données de marché nécessaires au processus de calibration sont les niveaux implicites de volatilités actions, la courbe de taux swaps et la surface de prix des swaptions.

La courbe des taux swap étant couponnée, il est nécessaire de précéder à un traitement. A partir de la courbe de taux swap, on estime de proche en proche le prix des obligations zéro-coupon  $P^M(0, t)$ .

On calcule  $P^M(0, t)$  en s'appuyant sur la relation :

$$\frac{txswap_n}{2} \sum_{i=1}^{2n} P^M\left(0, \frac{i}{2}\right) + P^M(0, n) = 1$$

Le prix du zéro-coupon 6 mois permet d'initialiser ce calcul itératif et chaque taux swap permet de calculer un prix zéro-coupon supplémentaire (par maturités croissantes). Les paiements des swaps étant semestriels, une approximation linéaire est utilisée pour les taux de mi-année.

Les valeurs de  $P^M(0, t)$  permettent ensuite de déterminer  $f^M(0, t)$ , ainsi que  $A(t, T)$ .

### III.1.5.6 Calibration

Pour déterminer la valeur implicite du coefficient de retour à la moyenne  $\alpha$  et de la volatilité  $\sigma$  on utilise les prix de marché des swaptions. Une swaption est une option sur un swap de taux. Elle donne le droit à son détenteur de conclure un swap à une date future  $T$  déterminée. Ce swap engendrera des échanges de taux d'intérêt aux dates  $t_i$  avec  $i = 1, \dots, n$ . Elle s'analyse le plus souvent comme une option sur un ensemble d'obligations zéro-coupon.

Le prix d'une swaption permettant de payer le taux fixe *strike* est :

$$PS(0, T, t_1, \dots, t_n, Strike) = \sum_{i=1}^n Strike \cdot ZCP(0, T, t_i, X_i) + ZCP(0, T, t_n) \quad (2)$$

Où  $ZCP(0, T, t_i, X_i)$  correspond au prix à la date de valorisation d'une option de vente (put) de strike  $X_i$  et d'échéance  $T$  sur une obligation zéro coupon en  $T$  de maturité  $t_i$ .

$X_i$  est déterminé par le calcul ci-dessous :

$X_i = A(T, t_i) \exp(-B(T, t_i)r^*)$ , avec  $r^*$  la valeur qui satisfait la relation suivante :

$$\sum_{i=1}^n Strike \cdot A(T, t_i) \exp(-B(T, t_i)r^*) + A(T, t_n) \exp(-B(T, t_n)r^*) = 1.$$

Dans le modèle de Hull & White à un facteur, le prix d'une telle option est donné par :

$$ZCP(0, Y, t_i, X_i) = X_i P^M(0, T) \phi(-h + \sigma_P) - P^M(0, t_i) \phi(-h)$$

Où  $h = \frac{1}{\sigma_P} \ln\left(\frac{P^M(0, t_i)}{P^M(0, T) X_i}\right) + \frac{\sigma_P}{2}$ ,  $\sigma_P = \sigma \sqrt{\frac{1 - e^{-2aT}}{2a}}$  et  $\phi$  est la fonction de répartition de la loi normale centrée réduite.

Les paramètres  $a$  et  $\sigma$  sont alors déterminés par minimisation de l'erreur quadratique entre les prix de marché des swaptions et les prix donnés par le modèle de Hull & White.

En notant  $\Gamma$  l'ensemble des swaptions utilisées pour la calibration,  $PS(s)$  le prix de la swaption  $s$  donné par le modèle de Hull & White (équation 2) et  $PS^M(s)$  le prix de marché d'une swaption obtenu par



l'intermédiaire de la formule de Black en utilisant les volatilités de swaptions de marché, le programme de minimisation s'écrit :

$$(a^*, \sigma^*) = \underset{a, \sigma}{\operatorname{argmin}} \left( \sum_{s \in \mathbb{F}} \left( \frac{PS^M(s) - PS(s)}{PS^M(s)} \right)^2 \right)$$

A partir des volatilités implicites des swaptions à la monnaie ( $Strike = s_0$ ), le formule de Black nous permet de convertir ces volatilités en prix de la manière suivante :

$$PS^M(0, T, t_1, \dots, t_n) = (s_0 \phi(d_1) - s_0 \phi(d_2)) \sum_{i=1}^n P(0, t_i)$$

Où  $s_0$  est le taux de swap forward calculé en 0 et  $d_1 = \frac{\sigma\sqrt{T}}{2}$ ,  $d_2 = -\frac{\sigma\sqrt{T}}{2}$ .

Le modèle actions nécessite de paramétrer le taux de dividende  $q$ . On choisit comme taux de dividende le tiers du taux zéro coupon à dix ans. Nous avons donc la relation :

$$q = \ln \left( 1 + \frac{1}{3} \left( (P_{10}^M)^{-\frac{1}{10}} - 1 \right) \right)$$

A partir des volatilités implicites de marché, on obtient les prix Black & Scholes des options correspondantes, en considérant le taux sans risque comme le taux à un an et le taux de dividende nul.

On cherche alors les coefficients  $\eta$  (volatilité de la diffusion de l'indice action) et  $\rho$  (corrélation taux-action) permettant d'égaleriser le prix théorique de ces options européens avec leur prix de marché.

Sous la modélisation retenue, le prix d'un call européen de maturité  $T$ , et de strike  $K$  est donné par :

$$C(t, T, K) = S_t e^{-q(T-t)} \phi \left( \frac{\ln \left( \frac{S_t}{KP^M(t, T)} \right) - q(T-t) + \frac{1}{2} v^2(t, T)}{v(t, T)} \right) - KP^M(t, T) \phi \left( \frac{\ln \left( \frac{S_t}{KP^M(t, T)} \right) - q(T-t) - \frac{1}{2} v^2(t, T)}{v(t, T)} \right)$$

Où  $v^2(t, T) = V(t, T) + \eta^2(T-t) + 2\rho \frac{\sigma\eta}{a} \left[ T-t - \frac{1}{a} (1 - e^{-a(T-t)}) \right]$ ,

Et  $V(T-t) = \frac{\sigma^2}{a^2} \left[ T-t + \frac{2}{a} e^{-a(T-t)} - \frac{1}{2a} e^{-2a(T-t)} - \frac{3}{2a} \right]$

L'ensemble des autres paramètres étant connu, on détermine  $\eta$  et  $\rho$  en minimisant la somme des écarts quadratiques entre les prix théoriques ci-dessus et les prix de marché.

Des jeux de 1000 scénarios économiques sont générés afin d'obtenir un équilibre entre convergence suffisante et consommation raisonnable de temps de calculs. Un jeu de scénario économique n'est retenu que lorsque qu'il répond aux tests de martingalité ([cf. Annexe 1](#)) sur les actions et d'adéquation des prix entre le modélisé et le réalisé pour les taux.

## III.2 Construction du bilan économique

### III.2.1 Matrice de passage SI – SII et principaux retraitements

L'article 75 introduit des normes d'évaluation pour tous les actifs et passifs en Solvabilité II. Il précise que les actifs doivent être 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.

De même les passifs sont valorisés au montant pour lequel ils pourraient être transférés ou réglés dans le cadre d'une transaction conclue, dans des conditions de concurrence normales, entre des parties informées et consentantes. Lors de la valorisation des passifs aucun ajustement visant à tenir compte de la qualité de crédit propre à l'entreprise d'assurance ou de réassurance n'est effectué.

Le principal changement dans la méthode de valorisation est le suivant : les actifs sont valorisés à leur juste valeur en Solvabilité II alors qu'ils sont valorisés à leur valeur nette comptable en normes prudentielles françaises. La notion de la juste valeur ou « fair value » implique la valorisation d'actifs et de passifs sur la base d'une estimation de leur valeur de marché ou de leur valeur d'utilité par actualisation des flux de trésorerie estimés attendus de leur utilisation.

Sous solvabilité I, les fonds propres disponibles en représentation des fonds propres exigibles pour des besoins de solvabilité correspondent aux fonds propres tels qu'établis suivant les principes du Code des Assurances, avec quelques ajustements obligatoires (ex. élimination des actifs incorporels) ou possibles (ex. prise en compte des plus-values latentes).

Sous Solvabilité II, les fonds propres éligibles correspondent à l'excédent d'actif sur la base d'un bilan établi de manière économique (revalorisation des actifs et autres passifs).

Le graphique suivant rappelle cette évolution :

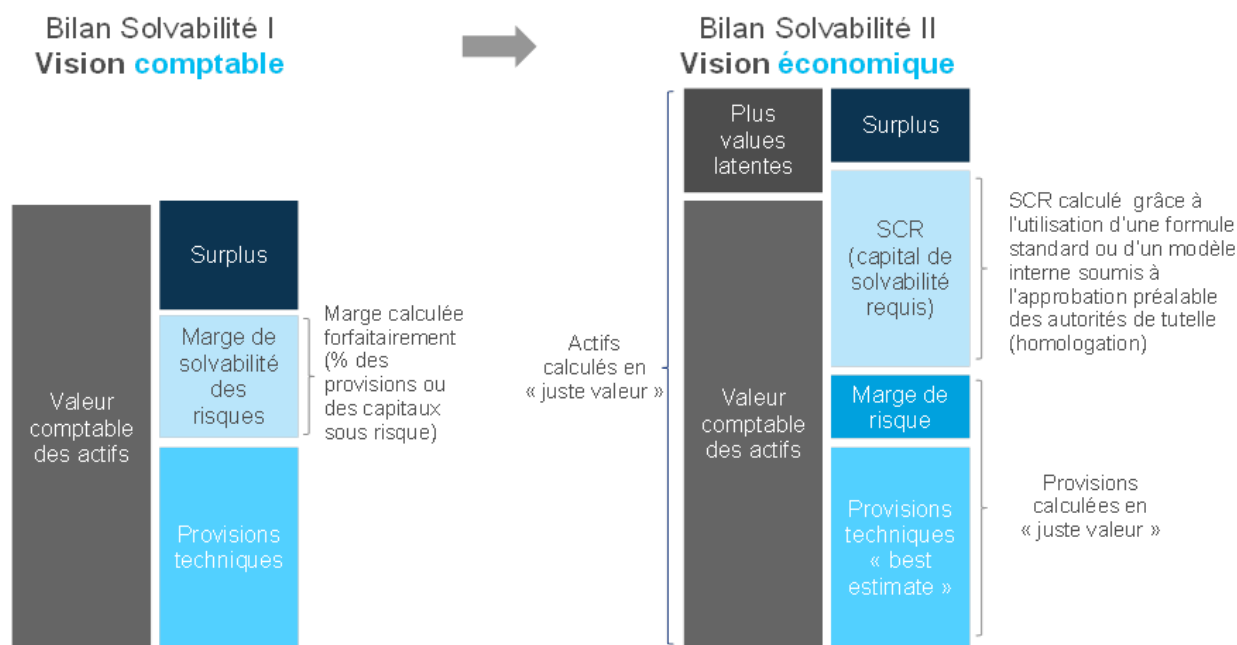


Figure 12 - Passage du Bilan Solvabilité I à Solvabilité II

En assurance Vie, la réserve de capitalisation est projetée dans les cash flows futurs – best estimate – et actualisée. Le « reliquat » non consommé est affecté en « fonds propres ».

La directive SII (articles 76 à 78 de la directive européenne) demande à l'assureur d'être en mesure de donner une valeur économique aux engagements vers les assurés (passifs) et donc d'estimer les provisions techniques à la juste valeur (best estimate : BE). Un BE est donc la valeur actualisée de tous les flux de trésorerie futurs pondérés par leur probabilité d'occurrence (primes, sinistres, frais, CSG....) évaluée de façon stochastique afin de prendre en compte la valeur temps des options et garanties. Le service ALM via Moses établit les projections nécessaires à ce calcul. La détermination du « best estimate » se base sur des hypothèses réalistes. Les provisions sont calculées d'une manière prudente, fiable et objective sur la base d'une vision prospective. Les flux de trésorerie sont actualisés sur la base de la courbe des taux sans risque pertinente à la date d'évaluation. Le « best estimate » doit refléter tous les flux de trésorerie (entrées et sorties de trésorerie) nécessaires pour faire face aux engagements d'assurance et de réassurance.

La provision pour participation aux bénéfices discrétionnaires est annulée entièrement pour être remplacée par une provision best-estimate.

### III.2.2 Calcul de la marge pour risques

La marge pour risques correspond au montant qu'un repreneur éventuel du passif exigerait, au-delà du BE. La marge pour risques concerne les risques non répliquables par des instruments financiers ayant une valeur de marché observable et fiable.

Elle est évaluée selon la méthode du coût du capital, coût de mobilisation d'un montant des fonds propres éligibles au SCR nécessaire pour faire face aux engagements d'assurance sur toute la durée de vie de ceux-ci, calculé avec un coefficient de 6%, fixé initialement comme le rendement attendu pour un investissement dans une activité d'assurance BBB.

$$RM = 6\% \cdot \sum_{t \geq 0} \frac{SCR_t}{(1 + r_t)^t}$$

Où  $SCR_t$  est le SCR à la date t pour les risques de souscription, risques de marché inévitables, risque de contrepartie et risque opérationnel et  $r_t$  le taux d'actualisation sans prime de liquidité.

La capacité d'absorption des pertes par la PB doit être prise en compte dans le modèle mais pas celle d'absorption des pertes par les impôts différés.

Le calcul de la marge pour risque étant très complexe (l'évaluation d'un SCR à chaque date de projection est très fastidieuse), des méthodes de simplification sont proposées dans les spécifications techniques du QIS5. Nous avons choisi la méthode consistant à approximer les SCR futurs de façon proportionnelle, en utilisant la même cadence de liquidation que les BE (i.e., on projette les BE futurs et on considère que les SCR évoluent comme les BE).

### III.2.3 Calcul des Impôts Différés

Le calcul d'impôts différés naît de l'écart fiscal et comptable entre la comptabilité sociale et SII. Ils servent à rattacher l'impôt sur les bénéfices au même exercice que les opérations comptables auxquelles il se rapporte. Il y a donc des impôts différés à l'actif lorsqu'il existe un avantage fiscal

attendu par rapport au dénouement comptable d'une opération et un impôt différé passif lorsqu'il existe une dette future par rapport au Trésor. L'existence d'un impôt différé tient aux conditions suivantes : il faut que l'opération soit déjà réalisée et que la différence future soit attendue entre le résultat comptable et le résultat fiscal lors du dénouement de l'opération. Entrent en compte dans le calcul d'impôts différés : des écarts de valorisation de certaines provisions, des créances ou dettes d'impôts nées de l'étalement de produits ou bien de charges nées d'opérations financières (étalement de primes de dérivés, de revenus issus de stratégies liées à des dérivés, ...), la prise en compte des plus ou moins-values sur le fonds en euros, la taxe organique et les impôts sur les profits futurs apparaissant dans le poste fonds propre sous SII.

### III.3 Calcul du SCR et analyse de la solvabilité

Comme nous l'avons vu plus haut, le calcul de SCR peut se faire via une modèle interne ou par la formule standard (utilisation possible également d'une modèle interne partiel/entity specific). Barclays Vie a fait le choix d'utiliser la formule standard, qui nécessite comme nous l'avons vu la mise en place et l'utilisation d'un modèle ALM déjà complexe. Pour cela, nous allons tout d'abord détailler le calcul de chacun des modules de risque, résultats qui nous serviront par la suite lorsque nous chercherons à en calculer des déviations anticipées. Nous verrons ensuite comment agréger les résultats de l'approche modulaire, comment calculer les ajustements par la PB et les impôts différés et commenterons un peu les résultats.

#### III.3.1 Méthodologie générale

Le SCR peut s'écrire, comme nous l'avons vu dans la première partie :

$$SCR = BSCR + Adj + SCR_{Op}$$

Où :

- $BSCR$  représente le SCR de base dont nous détaillerons les calculs ci-après
- $Adj$  représente les ajustements dus aux absorptions des chocs par la participation aux bénéfices ou par les impôts différés
- $SCR_{Op}$  le SCR opérationnel qui s'ajoute (pas de coefficient de corrélation à prendre en compte)

Le BSCR (cf. figure 4 de la [section II.3](#)) est l'agrégation des sous-modules :

- $SCR_{mkt}$  représente le capital requis pour le risque de marché
- $SCR_{déf}$  représente le capital requis pour le risque de défaut
- $SCR_{sous}$  représente le capital requis pour le risque de souscription vie
- $SCR_{nl}$  représente le capital requis pour le risque de souscription non vie
- $SCR_{health}$  représente le capital requis pour le risque santé
- $SCR_{intangible}$  représente le capital requis pour le risque sur les actifs intangibles

Barclays Vie concentre son activité uniquement sur de l'épargne, de fait la compagnie n'est concerné que par les modules de risques marché, défaut, souscription vie et actifs intangibles.

Le  $BSCR$  s'écrit alors :

$$BSCR = \sqrt{\sum_{ij} Corr_{ij} * SCR_i * SCR_j} + SCR_{intangible}$$

Où :

- $Corr_{ij}$  représente les coefficients de corrélation inter modulaires
- $SCR_i, SCR_j$  représente les capitaux requis pour les risques individuels i et j
- $SCR_{intangible}$  le SCR concernant les risques intangibles

Avec  $Corr$  la matrice de corrélation inter-modulaire dont voici les coefficients :

Général	Market	Default	Life	Health	Non-Life
Market	100%	25%	25%	25%	25%
Default	25%	100%	25%	25%	50%
Life	25%	25%	100%	25%	0%
Health	25%	25%	25%	100%	0%
Non-Life	25%	50%	0%	0%	100%

Figure 13 - Matrice de Corrélation Inter-modulaire

### III.3.2 SCR brut et SCR Net

Le capital requis pour chaque module de risque provient d'un calcul brut et net d'absorption des chocs par la participation aux bénéfices (PB). En effet, en assurance-vie, pour les contrats bénéficiant d'une clause de participation aux bénéfices, l'assureur peut atténuer les impacts d'un choc sur son bilan en modulant le taux servi futur. Cette option dont dispose l'assureur permet un transfert des risques vers les assurés.

Le calcul brut, i.e. brut d'effet atténuateur des risques grâce à la clause de PB, permet de déterminer le BSCR et d'en déduire la capacité d'absorption des pertes par les provisions techniques. Le résultat du calcul brut permet d'éviter de « double-compter » les effets atténuateurs de chocs de l'approche modulaire mais n'a pas de signification réelle, dans le sens où justement il ignore les bénéfices futurs liés à la PB discrétionnaire.

Le calcul net du SCR doit refléter la capacité de l'assureur à moduler le taux servi à ses assurés en réponse à des chocs prédéfinis, le tout fondé sur des hypothèses raisonnables et réalistes, représentatives des management actions de la compagnie. Il s'obtient par l'approche delta NAV, permettant de prendre en compte la loi de PB dans des scénarios choqués lors de calculs de NAV sur un bilan central et sur un bilan stressé.

De même l'ajustement du SCR par rapport aux impôts différés reflète la capacité dont dispose l'assureur à absorber des pertes de par la baisse d'impôts futurs engendrés. En effet la perte à laquelle fait face l'assureur impacte directement le résultat, grosso modo, un tiers de la perte sera donc amortie par les impôts.

Le BSCR doit être calculé en agrégeant les SCR bruts par la matrice de corrélation inter modulaire (donc avant déduction de l'impact de le PB futur et impact des impôts).

Un BSCR net (nBSCR) doit être calculé en agrégeant les SCR nets en utilisant à nouveau les matrices de corrélation ad-hoc.

La capacité d'absorption des pertes par les provisions techniques (grâce à la PB discrétionnaire) s'obtient alors en comparant le BSCR avec le nBSCR, le montant total ne devant pas excéder la valeur totale de la participation aux bénéfices future possible (FDB). On obtient donc :

$$Adj_{PT} = -\min(BSCR - nBSCR ; FDB)$$

Les ajustements pour la capacité d'absorption des pertes par la PB des provisions techniques dans l'approche modulaire doit doivent être calculés pour les risques suivants pour Barclays Vie :

- Risques de marché
- Risques de souscription
- Risques de défaut

Pour les autres risques auxquels la compagnie est exposée, le capital requis brut et net coïncident.

L'ajustement de la capacité d'absorption des pertes par les impôts différés est égal à la variation de la valeur des impôts futurs qui résulterait d'un choc instantané sur le bilan ( $BSCR + Adj_{PT} + SCR_{Op}$ ).

### III.3.3 Calcul des différents modules de risque

Nous allons présenter brièvement dans cette partie comment a été calculé chacun des SCR modulaires. Comme nous l'avons vu, les capitaux requis pour chaque module de risques peuvent être calculés soit par une approche scénario, soit par une approche facteur. Les modules de risques de marché et de souscription sont estimés principalement par une approche scénario. On parle aussi d'approche delta-NAV, car cela revient à mesurer l'impact sur la NAV d'un choc instantané par différence de NAV avant et après choc.

#### III.3.3.1 Risque de marché

Les besoins de capitaux bruts et nets au titre du risque de marché ( $SCR_{Mkt}$  et  $nSCR_{Mkt}$ ) pour la compagnie sont calculés par agrégation à l'aide de matrices de corrélation, que nous détaillerons juste après, des besoins en capitaux des sous-modules de risques suivants (Ne possédant ni immeubles ni de titres en devises étrangères, Barclays Vie n'est ni soumis au risque immobilier ni au risque de change) :

Sous-modules de risque de marché concernés par Barclays Vie	SCR brut et net	Définitions
Risque de taux d'intérêt	$Mkt_{int}^{Up}, Mkt_{int}^{Down}, nMkt_{int}^{Up}, nMkt_{int}^{Down}$	Risque engendré par la variation de la courbe des taux à la hausse et à la baisse
Risque Actions	$Mkt_{eq}, nMkt_{eq}$	Risque engendré par un choc sur les marchés actions
Risque de spread	$Mkt_{spd}, nMkt_{spd}$	Risque engendré par un écartement des spreads de crédit

Risque de Concentration	$Mkt_{conc}, nMkt_{conc}$	Risque de défaut aggravé par la forte détention d'un émetteur
Risque d'illiquidité	$Mkt_{liq}, nMkt_{liq}$	Risque engendré par la diminution de la prime d'illiquidité

Les SCR brut et net se calculent alors par :

$$SCR_{mkt} = \max\left(\sqrt{\sum_{rc} CorrMktUp_{r,c} * Mkt_{up,r} * Mkt_{up,c}}; \sqrt{\sum_{rc} CorrMktDown_{r,c} * Mkt_{down,r} * Mkt_{down,c}}\right)$$

$$nSCR_{mkt} = \max\left(\sqrt{\sum_{rc} CorrMktUp_{r,c} * nMkt_{up,r} * nMkt_{up,c}}; \sqrt{\sum_{rc} CorrMktDown_{r,c} * nMkt_{down,r} * nMkt_{down,c}}\right)$$

Où :

- $CorrMktUp_{r,c}$ ,  $CorrMktDown_{r,c}$  représentent le coefficient de corrélation de la matrice dans le scénario respectivement à la hausse et à la baisse des taux d'intérêt
- $Mkt_{up,r}$ ,  $Mkt_{up,c}$ ,  $Mkt_{down,r}$ ,  $Mkt_{down,c}$ ,  $nMkt_{up,r}$ ,  $nMkt_{up,c}$ ,  $nMkt_{down,r}$  et  $nMkt_{down,c}$  représentent les capitaux requis respectivement dans les scénarios de hausse et de baisse des taux d'intérêt pour les risques individuels r et c.

Les coefficients de corrélation  $CorrMktUp_{r,c}$  et  $CorrMktDown_{r,c}$  peuvent être lus dans les matrices ci-dessous :

Market Down	Interest	Equity	Property	Spread	Currency	Concentration	Illiquidity P
Interest	100%	50%	50%	50%	25%	0%	0%
Equity	50%	100%	75%	75%	25%	0%	0%
Property	50%	75%	100%	50%	25%	0%	0%
Spread	50%	75%	50%	100%	25%	0%	-50%
Currency	25%	25%	25%	25%	100%	0%	0%
Concentration	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
Illiquidity P	0%	0%	0%	-50%	0%	0%	100%

Market Up	Interest	Equity	Property	Spread	Currency	Concentration	Illiquidity P
Interest	100%	0%	0%	0%	25%	0%	0%
Equity	0%	100%	75%	75%	25%	0%	0%
Property	0%	75%	100%	50%	25%	0%	0%
Spread	0%	75%	50%	100%	25%	0%	-50%
Currency	25%	25%	25%	25%	100%	0%	0%
Concentration	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
Illiquidity P	0%	0%	0%	-50%	0%	0%	100%

Figure 14 - Matrices de corrélation Intra-Modulaire

Dans la section suivante nous reviendrons plus généralement sur les questions d'agrégation des risques.

Le SCR marché est calculé par transposition des OPCVM détenus dans le portefeuille (seulement des OPCVM monétaires à l'intérieur de l'actif général) ou bien dans les supports des unités de compte.

#### III.3.3.1.a) Risque de taux d'intérêt

Le choc de taux d'intérêt, consiste à calculer l'impact d'une hausse ou d'une baisse de la courbe des taux d'intérêt sur le portefeuille et les profits futurs de l'assureur. En effet, la sensibilité peut être à la hausse ou la baisse selon les garanties proposées par les assureurs.

Un choc sur les taux d'intérêt impacte à la fois les actifs et les passifs. Les actifs sont directement sensibles et les passifs via la revalorisation des contrats, dépendant du taux de rendement de l'actif, et l'actualisation. Pour le portefeuille d'actif général, les spreads des obligations ayant été figés dans le scénario central, les actifs choqués s'obtiennent alors immédiatement en recalculant les valeurs de marché des obligations en portefeuille à partir de ces nouvelles courbes de taux d'intérêt. Concernant le portefeuille d'unités de compte, en regardant par transparence et à partir des paramètres de sensibilité de chacune des lignes, nous pouvons calculer un choc sur les supports.

L'impact du choc de taux d'intérêt se mesure donc par une approche scenario en calculant la variation de la NAV entre un bilan central et un bilan choqué à la hausse et à la baisse des taux. Cette nouvelle situation de départ permet alors de mesurer l'impact sur la NAV d'un choc de taux. Et nous pouvons donc écrire :

$$\begin{aligned} - \quad Mkt_{int}^{Up} &= \Delta NAV|_{up} \\ - \quad Mkt_{int}^{Down} &= \Delta NAV|_{down} \end{aligned}$$

Où  $\Delta NAV|_{up}$  et  $\Delta NAV|_{down}$  sont les variations de la NAV suite à des chocs instantanés sur le bilan à la hausse et à la baisse des taux d'intérêt.



Les chocs sur la structure par termes des taux d'intérêt s'obtiennent en multipliant la courbe des taux d'intérêt initial par  $(1 + s^{up})$  et  $(1 + s^{down})$  où les chocs dépendent de la maturité. Les chocs sont donnés dans le tableau suivant et les graphiques illustrent l'impact sur la courbe au 31/12/2010 :

Maturité t (années)	$s^{up}(t)$	$s^{down}(t)$
0,25	70%	-75%
0,5	70%	-75%
1	70%	-75%
2	70%	-65%
3	64%	-56%
4	59%	-50%
5	55%	-46%
6	52%	-42%
7	49%	-39%
8	47%	-36%
9	44%	-33%
10	42%	-31%
11	39%	-30%
12	37%	-29%
13	35%	-28%
14	34%	-28%
15	33%	-27%
16	31%	-28%
17	30%	-28%
18	29%	-28%
19	27%	-29%
20	26%	-29%
21	26%	-29%
22	26%	-30%
23	26%	-30%
24	26%	-30%
25	26%	-30%
26	26%	-30%
27	26%	-30%
28	26%	-30%
29	26%	-30%
30	25%	-30%

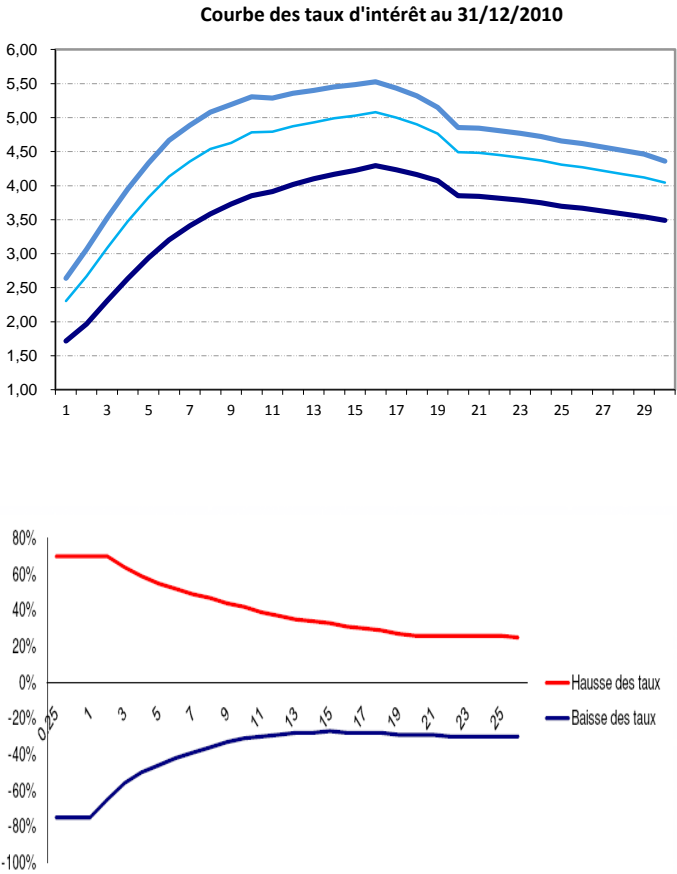


Figure 15 - Choc de taux d'intérêt

Le risque de taux d'intérêt brut ou net est alors égal à la perte maximale sur les profits futurs du choc instantané à la hausse ou à la baisse.

Donc

- si  $nMkt_{int}^{Up} > nMkt_{int}^{Down}$ ,  $nMkt_{int} = \max(nMkt_{int}^{Up}, 0)$  et  $Mkt_{int} = Mkt_{int}^{Up}$  si  $nMkt_{int} > 0$ , 0 sinon.
- si  $nMkt_{int}^{Down} > nMkt_{int}^{Up}$ ,  $nMkt_{int} = \max(nMkt_{int}^{Down}, 0)$  et  $Mkt_{int} = Mkt_{int}^{Down}$  si  $nMkt_{int} > 0$ , 0 sinon.

Barclays Vie, ayant très peu de taux minimum garantis en portefeuille, n'est sensible qu'à la hausse des taux. Le choc  $Mkt_{int}$  à retenir pour le calcul de SCR est donc le choc à la hausse des taux. Cependant dans le cadre de la construction d'outils de suivi du profil de risque par la suite, nous calculerons et retiendrons pour la suite les résultats à la baisse des taux également.

### III.3.3.1.b) Risque Actions

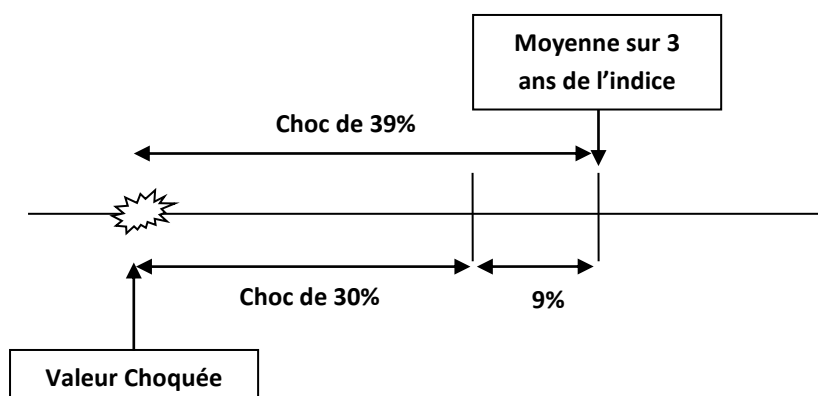
Concernant le risque actions, le choc à modéliser conduit à une baisse de la valeur de marché des actifs. Il consiste à une chute immédiate de la valeur des actions en début de projection en multipliant par  $(1+a+dampener)$  la valeur initiale des actions.

Deux types d'actions sont distingués avec des niveaux de choc  $a$  différents : les actions « globales » (actions cotées des pays de l'OCDE) pour lesquelles  $a = -39\%$  et les actions « others » (les autres actions : pays émergents, private equity, actions non cotées...) pour lesquelles  $a = -49\%$ .

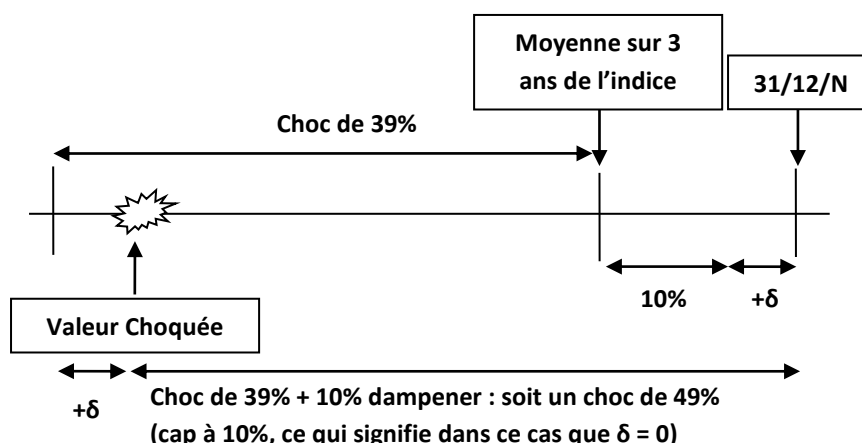
L'effet dampener représente quant à lui, la différence entre le niveau de l'action à la date de valorisation et la valeur moyenne sur 3 ans de l'indice MSCI World, afin de prendre en compte le niveau actuel sur le cycle de l'indice.

Les graphiques suivants permettent de comprendre le fonctionnement de l'effet dampener.

Voici le graphique simplifié de la situation au 31/12/09 (QIS5) :



Voici le graphique simplifié d'une situation au 31/12/N (ressemblant au 31/12/2010) :



Au 31/12/2010, le niveau du dampener était à son maximum, +10% à ajouter au choc initial. Les chocs à simuler sur le portefeuille sont donc de -49% et -59% selon la classification des actions en portefeuille.

Suite à ces chocs, nous obtenons deux portefeuilles d'actifs choqués, permettant de calculer les  $Mkt_{eq}$  (brut et net en tenant compte ou pas de la capacité d'absorption des pertes par la PB) par l'approche delta NAV.

$$Mkt_{eq,i}(\text{ou } nMkt_{eq,i}) = \max(\Delta NAV|_{choc\ action_i}; 0)$$

Où  $choc\ action_i$  représente le choc action relatif à l'exposition action i comme calculé précédemment.

L'agrégation des chocs « global » et « others » se fait ensuite en appliquant un coefficient de corrélation de 75% sur les  $Mkt_{eq}$  obtenus sur chaque classe d'actions après chaque simulation de scénario.

### III.3.3.1.c) Risque de spreads

Le risque de spreads se calcule en appliquant un choc immédiat sur les valeurs de marché des obligations<sup>1</sup> en portefeuille (hors émetteurs souverains).

Le capital requis pour le risque spreads, brut et net, s'obtient par une approche delta NAV, comme le résultat issu des scénarios de stress prédéfinis sur les actifs et nous pouvons écrire :

$$Mkt_{sp}(\text{ou } nMkt_{sp}) = \max(\Delta NAV|_{choc\ spreads}; 0)$$

Le choc de spreads sur les obligations en portefeuille a un impact immédiat sur la valeur des obligations en portefeuille, et donc sur le bilan et la NAV recalculée. Le choc instantané s'obtient alors en simulant un écartement des spreads sur le portefeuille obligataire par la formule suivante :

<sup>1</sup> Barclays Vie ne disposant pas de structurés de crédit ou de CDS en portefeuille, le choc spreads concerne uniquement les obligations en portefeuille.

$$Choc\ spreads = \sum_i \left( MV_i \times \min(\max(duration_i; duration_{floor}); duration_{cap}) \times F(rating_i) \right)$$

Avec les notations suivantes :

- $MV_i$  est l'exposition au risque de spread de l'obligation i à la date de valorisation (valeur de marché du titre)
- $duration_i$  est la duration de l'obligation i
- $rating_i$  est le rating de l'obligation i (deuxième meilleur rating fourni par les agences de notation)
- $duration_{floor}$  et  $duration_{cap}$  sont les durations minimum et maximum à utiliser comme bornes.
- La fonction F() représente le quantile à 99.5%. Il dépend du niveau du rating.

Le tableau ci-dessous donne les différentes valeurs de la fonction F() en fonction des différents ratings, en notant qu'un cas particulier est réservé aux covered bonds (défini dans l'Article 22(4) de la Directive UCITS 85/611/EEC) notés AAA :

Rating	F(rating) @99.5%	$Duration_{floor}$	$Duration_{cap}$
AAA	0.90%	1	36
AA	1.10%	1	29
A	1.40%	1	23
BBB	2.50%	1	13
BB	4.50%	1	10
B or lower	7.50%	1	8
Unrated	3%	1	12
Covered bonds	0.60%	1	53

#### III.3.3.1.d) Risque de concentration

Le risque de concentration ne s'obtient pas par une approche delta NAV. La méthodologie utilisée pour calculer le risque de concentration est longuement décrite dans les calibration paper du QIS 5 (p82-87). Le SCR représente en fait la VaR additionnelle impliquée par la concentration comparée à une VaR sur un portefeuille diversifié. La logique de la calibration est la suivante (détaillée pour la pondération d'un AAA mais la méthode peut être dupliquée telle quelle pour les autres ratings) :

- Un portefeuille bien diversifié (obligations et actions comprises) est retenu avec une VaR à 99.5%
- Le poids des instruments AAA est augmenté % par %
- On obtient à chaque étape une courbe de VaR que l'on peut interpoler linéairement
- Le coefficient g permettant de calculer les chocs en représente la pente et peut être défini ainsi :

$$g_{99.5\%} = \frac{VaR_{99.5\%}(ptf\ avec\ x\% \ de\ plus\ de\ AAA) - VaR_{99.5\%}(ptf\ diversifié)}{x\%}$$

Pour chaque Groupe i auquel est exposée la compagnie, la charge en capital liée au risque de concentration se calcule de la façon suivante :

$$Conc_i = Actifs \times \max\left(0; \frac{E_i}{Actifs} - CT(rating_i)\right) \times g(rating_i)$$

Avec les notations suivantes :

- $E_i$  est l'exposition en cas de défaut à la contrepartie i
- $Actifs$  est le montant total d'actifs considérés dans ce sous-module de risque
- $rating_i$  est le deuxième meilleur rating du Groupe donné par une agence externe de notation
- $CT()$  est une fonction seuil de concentration, seuil à partir duquel on considère que la compagnie est en excès en termes d'exposition. Il dépend du rating

La table suivante donne les seuils servant à déterminer s'il y a concentration sur un Groupe ou pas :

Rating	Seuil de Concentration	$g(rating)@99.5\%$
AAA	3%	12%
AA	3%	12%
A	3%	21%
BBB	1.50%	27%
BB or lower	1.50%	73%

La charge de capital en face du risque de concentration total concernant toutes les contreparties i s'obtient ensuite alors par :

$$Mkt_{conc} = \sqrt{\sum_i (Conc^i)}$$

Par simplification nous ne calculerons pas de  $nMkt_{conc}$  est donc la majorerons pas le besoin brut  $Mkt_{conc}$ , ce qui est pénalisant.

#### III.3.3.1.e) Risque d'illiquidité

Le risque d'illiquidité provient d'une hausse du montant des provisions techniques provenant d'une baisse de la prime d'illiquidité ajoutée à la courbe d'actualisation. L'impact mesuré est celui d'une baisse immédiate en début de projection de cette prime impliquant une baisse de la NAV. Le choc consiste à multiplier par un facteur  $(1+a)$  le niveau de prime d'illiquidité initiale, où  $a$  est calibré à -65% dans la formule standard.

Le capital requis pour le risque de prime d'illiquidité, brut et net, s'obtient par une approche delta NAV, comme le résultat issu de scénarios de stress prédéfinis sur les actifs et nous pouvons écrire :

$$Mkt_{liq}(\text{ou } nMkt_{liq}) = \max(\Delta NAV|_{\text{choc liquidité}}; 0)$$

### III.3.3.2 Risque de souscription

Le besoin de capital au titre du risque de souscription, brut ou net ( $SCR_{life}$  ou  $nSCR_{life}$ ), risque de voir les provisions techniques augmentées à cause de risques techniques, est calculé par agrégation à l'aide d'une matrice de corrélation des besoins en capitaux des sous-modules de risques suivants :

Sous-modules de risque de marché concernés par Barclays Vie	SCR brut et net	Définition
Risque de mortalité	$Life_{mort}, nLife_{mort}$	Risque d'augmentation du taux de mortalité
Risque de rachat	$Life_{lapse}, nLife_{lapse}$	Risque de variation des taux de rachats
Risque de frais	$Life_{exp}, nLife_{exp}$	Risque d'augmentation des coûts de l'activité d'assurance
Risque catastrophe	$Life_{cat}, nLife_{cat}$	Risque engendré par des événements extrêmes non capturés dans les risques précédents

Les risques de souscription viennent impacter les flux futurs utilisés pour l'estimation d'un best estimate. Un choc sur l'une de ces variables aura donc un impact sur le BE et donc sur le bilan économique, donc la NAV. Chaque sous-module de risque s'obtient donc par une approche delta NAV.

Dans le module des risques Souscription Vie de la formule standard, figurent également les risques de révision, concernant la révision du montant des rentes, d'incapacité, invalidité et de longévité, concernant le risque d'augmentation des provisions dû à une baisse de la mortalité. Barclays Vie n'est concerné ni par l'un ni par l'autre de par les garanties que la compagnie propose.

Les besoins de capitaux, brut et net, s'obtiennent donc en agrégeant les risques à l'aide d'une matrice de corrélation intra-modulaire que nous détaillerons par la suite :

$$SCR_{life} = \sqrt{\sum_{r,c} CorrLife_{r,c} * Life_r * Life_c}$$

$$nSCR_{life} = \sqrt{\sum_{r,c} CorrLife_{r,c} * nLife_r * nLife_c}$$

Où :

- $CorrLife_{r,c}$  représente le coefficient de corrélation intra-modulaire Souscription Vie
- $Life_r, Life_c, nLife_r$  et  $nLife_c$  représentent les besoins de capitaux bruts et nets pour les sous-modules de risques individuels r et c du module de risque de souscription vie

Les coefficients de corrélation intra-modulaires Souscription Vie peuvent être lus dans la matrice  $CorrLife$  suivante :

Life	Mortality	Longevity	Disability	Lapse	Expenses	Revision	CAT
Mortality	100%	-25%	25%	0%	25%	0%	25%
Longevity	-25%	100%	0%	25%	25%	25%	0%
Disability	25%	0%	100%	0%	50%	0%	25%
Lapse	0%	25%	0%	100%	50%	0%	25%
Expenses	25%	25%	50%	50%	100%	50%	25%
Revision	0%	25%	0%	0%	50%	100%	0%
CAT	25%	0%	25%	25%	25%	0%	100%

Figure 16 - Matrice de Corrélation Intra-modulaire Souscription Vie

Les calculs pour chaque sous-module de risque doivent être effectués à un niveau d'agrégation homogène, d'où l'importance de choisir des critères de regroupement pertinents lors de l'étape de construction des model points.

### III.3.3.2.a) Risque de mortalité

Le risque de mortalité est associé aux garanties données par les compagnie d'assurance-vie contraintes à effectuer un ou une série de règlements en cas de décès d'un assuré pendant la durée de vie de son contrat. Ainsi une augmentation de la mortalité entraîne une augmentation des prestations, ce qui impacte le bilan économique.

Le capital requis pour le risque d'augmentation de la mortalité se calcule par une approche delta NAV, en mesurant l'impact sur le bilan d'une augmentation permanente des taux de décès utilisés pour l'estimation du Best Estimate, et donc la variation de NAV associée.

Il se calcule donc ainsi :

$$Life_{mort} (ou nLife_{mort}) = (\Delta NAV|_{choc\ mortalité})$$

Où *choc mortalité* se calcule par une augmentation permanente sur l'horizon de projection de 15% des taux de décès pour chaque âge et chaque assuré.

D'une part, le choc de mortalité doit être calculé sous la condition qu'il n'impacte pas le montant de participation reversée aux assurés, cela donne le besoin de capital brut.

D'autre part, le résultat de ce scénario doit être déterminé sous la condition que l'assureur peut adapter sa participation et moduler le taux servi futur en réponse au choc testé. Ceci permet alors d'obtenir le besoin de capital net.

Le risque de longévité se calculerait de la même façon, en simulant des scénarios de baisse permanente des taux de décès anticipés. Barclays Vie n'est pas exposé à ce risque-là, nous ne le détaillerons donc pas, mais dans le cadre de la construction d'un outil de suivi du profil de risque, nous le calculerons et le garderons de côté, il pourrait servir si l'on observe une baisse des prestations décès en cours d'année.

### III.3.3.2.b) Risque de rachat

Le risque de rachat représente l'impact sur le bilan économique d'une variation des taux de rachat par rapport aux taux de rachat anticipés dans le scénario central (scénario lié à l'exercice anticipé de l'option de rachat dont disposent les assurés).

Le module prend en compte les différents scénarios pouvant changer significativement la valeur des flux futurs. Parmi les options de rachat dont disposent les assurés figurent les rachats totaux et les rachats partiels. Ce sont ceux-là auxquels nous nous intéressons.

Le besoin en capital pour le risque de rachat s'obtient alors en prenant le pire de trois scénarios et peut s'écrire ainsi :

$$Life_{lapse} = \max(Lapse_{down}, Lapse_{up}, Lapse_{mass})$$

Où :

- $Lapse_{down}$  est le capital requis en cas de baisse permanente sur l'horizon de projection des taux de rachat utilisés pour calculer le BE.
- $Lapse_{up}$  le capital requis dans un scénario de hausse permanente des taux de rachat
- $Lapse_{mass}$  le capital requis pour le risque d'un événement de rachats massifs la première année.

Le capital requis dans les trois scénarios s'obtient alors en comparant les valeurs de rachat des contrats aux montants de BE issus des différentes projections et donc finalement l'impact sur la NAV.

On peut donc écrire :

$$\begin{cases} Lapse_{down} = \Delta NAV|_{choc \text{ à la baisse}} \\ Lapse_{up} = \Delta NAV|_{choc \text{ à la hausse}} \\ Lapse_{mass} = \Delta NAV|_{choc \text{ massif}} \end{cases}$$

Où :

- Le choc à la baisse équivaut à une diminution de 50% des taux de rachat utilisés dans le scénario central pour toutes les polices. Le choc ne doit pas conduire à réduire le taux en valeur absolue de plus de 20% :  $R_{down}(R) = \min(50\%R; R - 20\%)$ .
- Le choc à la hausse équivaut à une augmentation de 50% des taux de rachat utilisés pendant toute la durée de projection et pour toutes les polices. Le choc ne devant pas mener à des taux de rachat excédant 100% :  $R_{up}(R) = \min(150\%R; 100\%)$ .
- Le choc de rachat massif équivaut à un rachat massif de 30% simulé la première année et les taux de rachat du scénario central les années suivantes.

Où  $R, R_{up}, R_{down}$  représentent les taux de rachat avant et après choc.

D'une part, les scénarios de rachats doivent être calculés sous la condition que cela ne change pas la distribution de PB future, cela permet d'obtenir le montant de capital requis brut  $Life_{lapse}$ .

D'autre part, le calcul doit être fait en prenant en compte la capacité que l'assureur a à moduler les taux servis futurs pour faire face à la réalisation de tels chocs. Cela permet d'obtenir le besoin de capital net  $nLife_{lapse}$ .



### III.3.3.2.c) Risque de frais

Le risque de frais arrive lorsque l'on observe une dérive des coûts. Le besoin de capital s'obtient par une approche delta NAV et peut être déterminé ainsi :

$$Life_{exp} = \Delta NAV|_{choc\ coûts}$$

Où le choc sur les coûts représente une augmentation de 10% des frais futurs comparés à ceux utilisés pour calculer le BE et une augmentation de 1% par an de l'inflation de ces coûts, comparés également aux anticipations prises en compte dans le scénario central (tous les coûts sont concernés : administratif, frais d'acquisition, frais de gestion, frais financiers et autres coûts).

D'une part, les scénarios de stress sur les coûts doivent être calculés sans changer la participation aux bénéfices future modélisée entre le scénario central et le scénario stressé. Cela permet de calculer le besoin de capital brut  $Life_{exp}$ .

D'autre part, le besoin de capital net,  $nLife_{exp}$ , doit être calculé en prenant en compte la capacité de l'assureur à moduler le taux servi aux assurés en réponse au choc testé.

### III.3.3.2.d) Risque catastrophe

Le risque catastrophe est lié au risque de mortalité et doit être calculé lorsque qu'un choc catastrophe entraîne une augmentation des provisions techniques. Il provient d'événements extrêmes qui ne sont pas suffisamment capturés dans les autres sous-modules de risque du module de risques de Souscription Vie comme par exemple le risque d'épidémie, le risque d'accident nucléaire, etc...

Le capital requis pour le risque catastrophe se calcule par une approche delta NAV. Il s'obtient donc ainsi :

$$Life_{Cat} = \Delta NAV|_{choc\ CAT}$$

Où le choc CAT se calcule par une augmentation des taux de décès de 1.5‰.

Le calcul doit s'effectuer en modifiant la loi de PB ou pas par rapport au scénario central afin de calculer les besoins de capitaux bruts et nets :  $Life_{Cat}$  et  $nLife_{Cat}$ .

Ce risque n'est vraiment pas matériel au niveau de Barclays Vie.

### III.3.3.3 Risque de défaut d'une contrepartie

Le risque de défaut d'une contrepartie représente la perte potentielle due à un défaut inattendu ou à la détérioration du crédit d'une contrepartie ou d'un tiers qui a des dettes envers la compagnie (réassureurs, banque, assurés (avances)). Le risque de défaut d'une contrepartie concerne l'exposition totale de la compagnie à ces tiers.

La charge de capital en face du risque de contrepartie s'obtient par une approche facteur, donnée dans les spécifications techniques de QIS5 par la formule fermée suivante :

$$SCR_{déf} = \sqrt{SCR_{déf,1}^2 + 1.5 \times SCR_{déf,1} \times SCR_{déf,2} + SCR_{déf,2}^2}$$

Avec les notations suivantes :

- $SCR_{def,1}$  représentant le capital requis pour le risque de contrepartie de type 1
- $SCR_{def,2}$  représentant le capital requis pour le risque de contrepartie de type 2

Selon la définition de l'EIOPA, les expositions aux risques de contrepartie de type 1, risques dits diversifiables, consistent principalement aux expositions en relation avec :

- Les réassureurs
- Les contreparties de produits dérivés
- La banque où est déposé le compte courant
- Les assurés (avances)

Le capital requis pour le risque de défaut de type 1 est donné par la formule suivante :

$$SCR_{def,1} = \min \left( \sum_i LGD_i; q\sqrt{V} \right)$$

Où :

- $LGD_i$  est la perte en cas de défaut de la contrepartie  $i$
- $q$  le quantile à 99.5%
- $V$  la variance des expositions de type 1

La perte en cas de défaut  $LGD_i$  se calcule ainsi :

$$LGD_i = \max((1 - RR) \times (marketvalue_i - collateral_i); 0)$$

Où :

- $RR$  est le taux de recouvrement
- $marketvalue_i$  est la valeur économique de l'exposition à la contrepartie  $i$
- $collateral_i$  est la partie du risque couvert par du collatéral

La variance des expositions de type 1 est calculée comme suit :

Notons pour chaque classe de rating  $j$ ,  $y_j$  et  $z_j$  les grandeurs :

$$y_j = \sum_i LGD_i$$

$$z_j = \sum_i LGD_i^2$$

Où les sommes se font sur toutes les contreparties  $i$  de la classe de rating  $j$ .

La variance  $V$  de la distribution de pertes pour les expositions de type 1 s'obtient par :

$$V = \sum_i \sum_k (u_{jk} \times y_j \times y_k) + \sum_j (v_j \times z_j)$$

Où  $j$  et  $k$  dans la somme sont des indices représentant l'ensemble des classes de rating sur lesquelles court la somme et  $u_{jk}$  et  $v_j$  sont des paramètres fixes qui dépendent de la probabilité de défaut associé à chaque rating tel que :

$$u_{jk} = \frac{p_i(1-p_i)p_j(1-p_j)}{(1+\gamma)(p_i+p_j)-p_ip_j}$$

$$v_j = \frac{(1-2\gamma)p_j(1-p_j)}{2+2\gamma-p_j}$$

Avec  $\gamma = 0.25$  et où les  $p$  désigne la probabilité de défaut donné dans les spécifications techniques de QIS5 par :

Rating	$p_i$
AAA	0.002%
AA	0.01%
A	0.05%
BBB	0.24%
BB	1.20%
B	6.04%
CCC or lower	30.41%

Barclays Vie n'étant pas exposé au risque de contrepartie de niveau 2, nous n'explicitons pas les calculs.

#### III.3.3.4 Risque opérationnel

Le risque opérationnel se définit, d'après le Comité de Bâle initialement puis la définition a été reprise dans Solvabilité II, « comme le risque de pertes dues à une inadéquation ou à une défaillance des procédures, personnels, de systèmes internes ou à des événements extérieurs ». Les risques opérationnels doivent inclure le risque légal et exclure les risques stratégiques et réputationnels, risques qui seront étudiés de façon qualitative dans l'ORSA.

Nous ne nous intéresserons ici qu'au risque opérationnel touchant les compagnies d'assurance-vie.

Le capital requis pour le risque opérationnel se calcule alors par formule fermée de la façon suivante :

$$SCR_{Op} = \min(30\% * BSCR; Op_{hors UC}) + 25\% * Exp_{UC}$$

Où :

- $BSCR$  est le basic SCR
- $Op_{hors UC}$  représente la charge en capital pour le risque opérationnel brut hors unités de compte
- $Exp_{UC}$  représente le montant total des coûts administratifs annuels concernant les unités de comptes.

$Op_{hors UC}$  se détermine donc à partir des provisions techniques des contrats euro par :

$$Op_{hors UC} = \max(Op_{premiums}; Op_{provisions})$$

Où :

$$Op_{premiums} = 4\% * (Earn Premiums_n - UL Earn Premiums_n) + \max(0; 4\% * (Earn Premiums_n - 1.1 * Earn Premiums_{n-1} - (UL Earn Premiums_n - 1.1 * UL Earn Premiums_{n-1})))$$

Et

$$Op_{provisions} = 0.45\% * \max(0; TP_{life} - TP_{UL})$$

Avec :

- $Earn Premiums_n$ ,  $Earn Premiums_{n-1}$  les montants de primes euro touchées au titre de l'année n et n-1
- $UL Earn Premiums_n$ ,  $UL Earn Premiums_{n-1}$ , les montants de primes UC touchées au titre de l'année n et n-1
- $TP_{life}$  le montant de provisions techniques euro (hors marge pour risques)
- $TP_{UL}$  le montant total de provisions techniques UC (hors marge pour risques)

L'idée est de calculer la charge de capital sur les UC par rapport à une dérive des coûts et sur les euros, de taxer une partie du chiffre d'affaires, et d'autant plus pour les compagnies en fort développement sur les euros (charge en capital sur la croissance du chiffre d'affaires au-delà de 10%).

### III.3.3.5 Risque concernant les actifs incorporels

Ce risque concerne l'immobilisation et l'amortissement des coûts des projets pour la compagnie. Le risque pour ces actifs là serait une dérive des coûts de projets venant impacter les montants immobilisés. Le risque se calcule ainsi :

$$SCR_{intangible} = 80\% * Valeur de marché des actifs intangibles$$

### III.3.4 Agrégation des risques

L'étape d'agrégation des risques permet de consolider les besoins de capitaux élémentaires calculés précédemment pour disposer d'un capital consolidé pour l'ensemble des risques auxquels la compagnie est exposée. Ce capital global tient alors compte des phénomènes de dépendances entre les risques.

Lorsque l'on parle d'agrégation des risques, il s'agit certes d'agréger les besoins de capitaux relatifs aux risques individuels d'un même périmètre de passif, mais également d'agréger les besoins en capitaux pour des périmètres de passif différents. La notion d'agrégation des risques doit donc s'appréhender selon ces deux dimensions. Ce point aura toute son importance lors de la construction du profil de risque et de la définition du Risk Appetite pour la déclinaison en limites opérationnelles notamment, ou bien lors de la construction du capital ORSA, où il faudra se poser la question de conserver les dépendances proposées dans la formule standard ou d'ajuster les niveaux de dépendance aux risques à l'expérience de l'entreprise.

Lorsque que le besoin de capital requis agrégé pour un module de risques (ou pour plusieurs segments) est inférieur à la somme des besoins de capitaux individuels, il y a un bénéfice lié à la diversification des risques. Dans le cas contraire, il y a contagion entre les risques.

Dans le cas de la formule standard, la méthodologie d'agrégation est explicitée dans les spécifications techniques et consiste à employer des matrices de corrélation a posteriori : les risques sont corrélés par des coefficients de corrélation linéaires après avoir été quantifiés un à un. Cette approche assure donc une diversification entre les risques.

Dans des approches simulatoires, il peut exister d'autres méthodes dites d'intégration des risques consistant à faire évoluer conjointement des facteurs de risque dans une projection et obtenir dans la distribution des fonds propres à un an la diversification ainsi mécaniquement prise en compte. Le besoin de capital relatif aux risques projetés est alors simplement calculé à partir du quantile extrême de la distribution de Fonds Propres.

En réalité, la méthodologie d'agrégation des risques employée pour déterminer le besoin de capital agrégé ne correspond pas toujours à l'application directe d'une de ces méthodes, dans la mesure où certains modèles reposent sur un usage conjoint des approches de type Formule Standard et simulatoires (dans des approches par modèles internes partiels ou dans des travaux liés à l'ORSA où l'assureur doit évaluer sa situation nette sur l'horizon d'un business plan). L'étape d'agrégation des risques est alors rendue plus délicate.

Dans notre cadre du calcul de SCR par la formule standard, nous allons donc décrire la méthodologie d'agrégation des risques pour lesquels nous avons décrit dans la partie précédente le calcul de besoin élémentaire.

Comme nous l'avons vu précédemment, les risques individuels sont regroupés de par leur nature par module de risques. La formule standard propose alors d'agréger les besoins de capitaux individuels à partir de matrices de coefficients de corrélation linéaires, mettant ainsi en évidence la dépendance linéaire entre ces différents capitaux. Deux étapes d'agrégation sont réalisées : l'agrégation intra-modulaire, effectuée au sein de chaque module de risque, puis l'agrégation inter-modulaire. L'agrégation des risques pour la formule standard est donc une approche « bottom-up » en deux étapes :

- 1<sup>ère</sup> étape : l'agrégation intra-modulaire : les besoins de capitaux individuels d'un même module de risques sont agrégés, prenant ainsi en compte la diversification existante au sein d'un même module de risques.
- 2<sup>ème</sup> étape : l'agrégation inter-modulaire : les sous-capitaux agrégés issus de l'étape 1 sont ensuite agrégés entre eux afin d'obtenir le capital *BSCR*. Cette étape permet de tenir compte de la diversification entre modules de risques.

Le *SCR* est ensuite obtenu après intégration du risque opérationnel et prise en compte des ajustements. Nous avons dans les parties précédentes explicité les matrices de corrélation retenues.

Concernant l'agrégation des risques sur des périmètres de passifs différents (fonds euro et supports en unités de compte par exemple dans notre cas), supposons que nous sommes dans un cas mono-factoriel pour lequel un seul sens du risque prévaut pour l'ensemble des périmètres (par exemple hausse des taux, élargissement des spreads ou baisse des marchés actions). Le capital requis pour l'ensemble des périmètres au titre du risque *i* est calculé comme la somme des capitaux de chaque périmètre, au titre de ce risque. La propriété d'additivité de la *VaR* est alors vérifiée. Il s'agit dans ce cas

de dépendance parfaite. Nous sommes alors dans un cas très simplifié où le besoin de capital consolidé est obtenu par somme des besoins de capitaux individuels pour chaque segment, soit une agrégation avec un coefficient de corrélation égal à 1. Néanmoins, certains risques peuvent avoir un impact inverse selon le périmètre de passif ; il n'est alors pas possible de procéder de la même façon. Dans ce cas, nous retiendrons comme besoin de capital consolidé entre périmètres, le besoin de capital le plus important, selon le sens du risque qui prédomine au global.

A noter que de la façon dont nous choisissons d'agréger les risques dépend la façon dont nous pourrions allouer du capital à chaque risque. En effet le calcul de besoin de capital global consiste en une approche bottom-up : nous partons du calcul de chaque besoin de capitaux individuels pour aboutir à un besoin de capital global. L'opération d'allocation de capital, consistera donc en une opération inverse, partir d'un niveau de capital global maximal à décliner sur chaque segment (risque et/ou produit).

### **III.3.5 Analyse des résultats et de la couverture de la marge**

Les méthodologies de calcul de besoins de capitaux intra et inter-modulaires, ainsi que des méthodes d'agrégation nous permettent donc d'arriver aux résultats suivants :

Les tableaux ci-dessous donnent les résultats du SCR net :

### Calcul SCR

BSCR	183 688 692
SCR Opérationnel	18 293 383
Ajustement - Provisions Techniques	122 338 882
Ajustement - Impôts Différés	18 628 299
SCR	61 014 894

FDB	399 240 698
-----	-------------

SCR Hors Risque de marché	42 332 343
---------------------------	------------

RM	21 550 279
----	------------

### Net SCR Modulaire

	Euro + FP	UC	Total
SCR intangible			55 634
Market	24 480 413	27 273 032	50 004 110
Default	4 622 641	-	4 622 641
Life	7 149 399	16 420 948	22 483 674
Health	-	-	-
Non-Life	-	-	-
<b>SCR</b>	<b>28 851 171</b>	<b>35 176 560</b>	<b>61 349 810</b>

### Net Market SCR

	Euro + FP		UC		Total	
	Hausse	Baisse	Hausse	Baisse	Hausse	Baisse
Interest Rate	8 775 514	-	686 735	743 179	9 462 248	-
Equity	13 696 394	13 696 394	26 829 323	26 829 323	40 516 010	40 516 010
Property	-	-	-	-	-	-
Spread	11 041 741	11 041 741	-	-	11 041 741	11 041 741
Currency	-	-	-	-	-	-
Concentration	2 058 267	2 058 267	-	-	2 058 267	2 058 267
Illiquidity	2 033 005	2 033 005	1 874 673	1 874 673	3 907 678	3 907 678
<b>SCR</b>	<b>24 480 413</b>	<b>22 853 467</b>	<b>26 903 505</b>	<b>27 273 032</b>	<b>50 004 110</b>	<b>49 100 681</b>

### Net Life SCR

	Euro + FP	UC	Total
Mortality	198 076	1 082 390	1 280 466
Longevity	-	-	-
Disability	-	-	-
Lapse	3 226 850	14 476 653	17 106 664
Expenses	4 927 010	3 228 227	8 155 237
Revision	-	-	-
CAT	-	-	-
<b>SCR</b>	<b>7 149 399</b>	<b>16 420 948</b>	<b>22 483 674</b>

Figure 17 - Résultats du calcul de SCR Net

Nous pouvons donc faire quelques commentaires qui serviront dans la gestion de notre profil de risque par la suite.

Tout d'abord nous pouvons remarquer que la somme des lignes ou la somme des colonnes n'est pas égale à leur total. Nous mettons donc ainsi en évidence l'effet de bénéfice de diversification des risques intra et inter-modulaire (somme d'une colonne) ou sur des périmètres de passifs différents (somme d'une ligne).

Nous pouvons également remarquer la prédominance du module de risques de marché, une contribution au risque total de presque deux tiers après absorption des pertes par les provisions techniques. En effet, cela n'est pas vraiment surprenant, en assurance-vie et en particulier en épargne, ce résultat est largement partagé, les plus gros risques pour les assureurs vie sont les risques liés à leur activité de marché.

Mais l'autre tiers provient du module de risque souscription, principalement porté par le risque de rachat. Notons que ces risques sont plutôt subis par l'assureur. L'assureur ne peut pas vraiment changer sa gestion des risques pour prendre moins de risque sur ces expositions-là. A part suivre des indicateurs, former ses réseaux de distribution et adapter les campagnes marketing, le risque de rachat par exemple est entièrement dépendant de l'assuré et subi par l'assureur.

De plus, nous pouvons constater qu'une large partie du SCR provient des UC. Cependant la couverture du SCR sur ce segment est « autofinancée » car on reconnaît immédiatement en fonds propres les marges futures. Mais notons surtout que ce risque-là, non plus, n'est pas à la main de l'assureur. Il dépend complètement des choix que l'assuré fait quant à l'allocation de son épargne sur les supports d'unités de compte (à nouveau l'assureur peut suivre des indicateurs, lancer des actions commerciales, etc ... mais au final l'exposition au risque dépend des choix de l'assuré).

Un des seuls risques sur lequel peut intervenir l'assureur est le risque de marché hors UC, de par son allocation d'actif, la duration de son portefeuille et la diversification de son portefeuille. Ce constat sera important pour réfléchir à la déclinaison du Risk Appetite en limites de risque opérationnelles.

Penchons-nous quelques instants sur les risques individuels du module marché hors UC. Nous pouvons observer que le risque prédominant est le risque action. Cela peut paraître surprenant car l'allocation action de la compagnie est relativement faible (5% de bilan) et concentrée sur des risques « Global », donc moins chargés en capital. La raison provient d'une part du choc maximal appliqué sur la poche actions au 31.12.10 – le dampener était à son niveau maximal de +10% - et d'autre part de la faiblesse relativement à cela du choc taux et spreads de crédit. Commençons par le choc de taux d'intérêt ? Il correspond à un choc à la hausse des taux. Ce choc est, comme nous l'avons vu, un choc multiplicatif. La courbe des taux d'intérêt étant à un niveau historiquement bas, le choc simulé est largement supportable pour l'assureur. Cependant si les taux d'intérêt augmentent significativement dans le futur, les chocs seront mécaniquement beaucoup plus importants et donc leur poids dans le SCR augmentera significativement par la même mécanique. Regardons à présent le choc spreads. Le choc spreads est très important dans le module, 2<sup>ème</sup> plus gros contributeur. Cela s'explique par la dégradation observée au cours de l'année 2010 sur le crédit et donc sur les spreads des obligations corporate (2011 sera plus marquée par les dégradations des notations des expositions souveraines ou bénéficiant d'une garantie des Etats). Le choc sur les spreads s'en retrouve d'autant plus important (en effet le choc est d'autant plus important que le rating de la ligne conservée est faible). Donc le poids du risque spread dans le module augmente d'année en année et devrait encore augmenter. Notons de plus que le risque souverain est exclu du calcul, dans une approche ORSA, nous verrons que le fait d'introduire ce risque rend le poids du risque spreads et le poids du risque actions comparables.

Etudions à présent la solvabilité de notre compagnie et comparons là au référentiel réglementaire SI. Pour cela, intéressons-nous aux fonds propres Solvabilité II, fonds propres économiques. En effet, nous avons vu que tout le bilan devait à présent être évalué à sa valeur de marché, ce qui implique de donner également aux fonds propres une valeur de marché. Le schéma suivant synthétise les différents facteurs expliquant la différence entre l'évaluation des fonds propres dans le référentiel actuel et son évaluation économique.



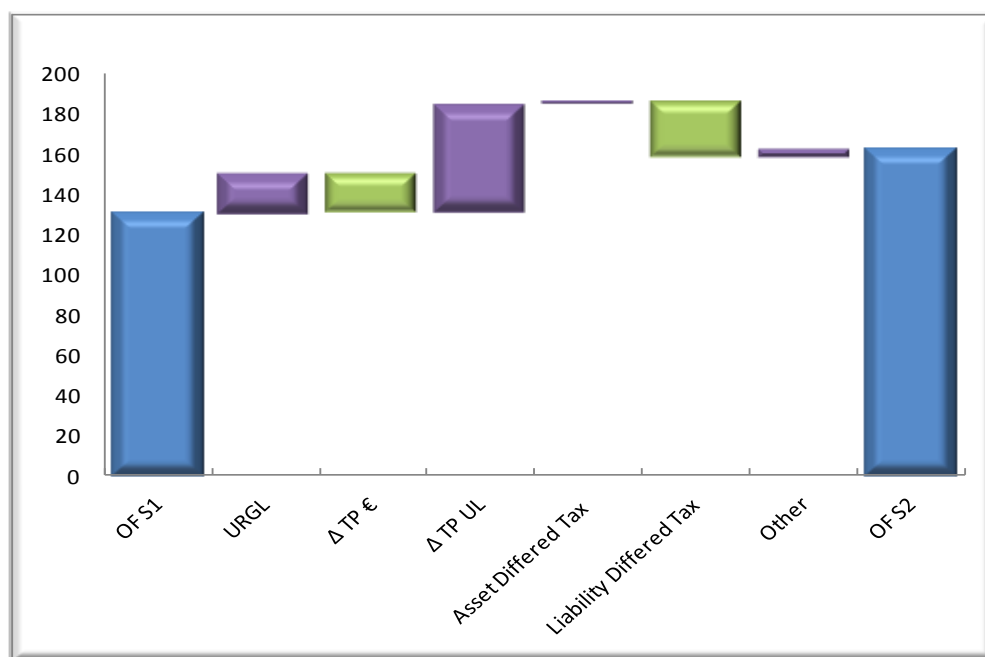


Figure 18 - décomposition de la variation de Fonds Propres

Où

- OF SI représente le montant de fonds propres évalué sous SI
- URGL : le montant de plus ou moins-value en face des actifs en représentation des fonds propres
- $\Delta TP \text{ €}$  : l'écart de valorisation entre les provisions techniques € sous SI et sous SII
- $\Delta TP \text{ UL}$  : l'écart de valorisation des provisions techniques UC entre SI et SII (impact positif important car on reconnaît toute la marge future sur les UC)
- Asset Differed Tax : impact des impôts différés actif
- Liability Differed Tax : impact des impôts différés passif
- Other représente d'autres impacts mineurs pouvant intervenir (écart d'évaluation sur d'autres provisions par ex ...)

Dans l'exemple de notre compagnie, le passage à SII conduit à un poste fonds propres plus important au 31.12.10, phénomène principalement lié à la situation de plus-values latentes initiale sur le portefeuille et à la reconnaissance directe des marges futures sur les unités de compte, périmètre de passif important pour nous.

Remarquons alors que les fonds propres SII seront beaucoup plus volatiles que ceux utilisés dans l'environnement SI, de par l'intégration des plus ou moins-values latentes, l'impact des impôts différés et l'évaluation économique des provisions techniques. Par la suite, lors de la construction d'un cadre de suivi du Risk Appetite, nous reviendrons sur la métrique fonds propres, que nous appellerons NAV au sens SII, afin de caractériser la sensibilité de cette métrique et d'appréhender sa déviation potentielle en fonction de l'évolution des facteurs de risque et de limites fixées par rapport à un niveau de confiance par la compagnie.

Nous nous sommes donc intéressés au calcul de SCR, nouveau besoin de capital dans l'environnement SII, puis à l'évaluation du montant de fonds propres économiques dans cet environnement SII. Il ne manque donc plus qu'à construire le bilan économique et calculer le ratio de solvabilité de la compagnie.

Voici donc deux bilans simplifiés, SI et SII, que nous avons construits à partir des données du 31.12.10 et des besoins de capitaux économiques évalués par rapport à notre portefeuille en choquant le bilan initial :

	Solvency I	
	ASSET	LIABILITY
Book Value	3056M€	
URGL	19M€	
WP Technical Provision		1 794M€
UL Technical Provision		1 060M€
Other Debts		71M€
Own Funds		130M€
Margin Requirement		83M€
Ratio MR/ TP		2.9%
Solvency Ratio		1.58

	Solvency II	
	ASSET	LIABILITY
Market Value	3 076M€	
WP BE		1 801M€
UL BE		998M€
Risk Margin		21M€
Other Debts		93M€
Own Funds		168M€
SCR		61M€
Ratio SCR/ TP		2.2%
Solvency Ratio		2.75

Figure 19 - Bilan Solvabilité I et Solvabilité II

Nous pouvons remarquer que le BE € est légèrement supérieur à l'évaluation à leur valeur de rachat des provisions techniques €, que le BE UC est inférieur à la PM UC, ceci est dû à la reconnaissance directe des marges futures en fonds propres, l'augmentation du poste fonds propres, comme nous l'avons explicité précédemment ainsi que de l'apparition du poste Risk Margin.

Notons alors que le besoin de capital sous SII est inférieur au besoin de capital sous SI, passant de 83M€ à 61M€. Rapporté aux provisions techniques, dans chacun des cas ceci représente un ratio aux alentours de 2.5% (2.2% en SI et 2.9% en SII). Cependant le ratio de couverture s'en retrouve nettement amélioré en SII, passant de 1.58 à 2.75. Dans un environnement SII, ce ratio devient alors lui aussi très volatile, car dépend du niveau de SCR et du montant de fonds propres économiques, qui sont, comme nous l'avons vu précédemment deux grandeurs très volatiles.

L'objectif de la suite de ce mémoire sera donc de construire un outil de suivi des risques, permettant de mesurer la sensibilité des métriques retenues aux facteurs de risques, dont la métrique du ratio de couverture SII, afin de pouvoir se fixer un cadre de Risk Appetite et s'assurer qu'en fonction des évolutions de marché, les métriques ne dévient pas plus qu'anticipées et ne sortent pas des limites préfixées suite à la définition de ce cadre de Risk Appetite. Sinon, la compagnie devra soit prendre des mesures correctrices, soit revoir son niveau de Risk Appetite et donc ajuster ou définir un nouveau cadre.

## IV. Application à Barclays Vie : Calcul & suivi des métriques

Dans la première partie, nous avons introduit et défini les concepts structurant puis présenté la démarche à suivre pour mettre en place un cadre de Risk Appetite. Dans cette dernière partie nous montrerons comment nous avons calculé un profil de risque pour Barclays Vie, donc nous le rappelons, son niveau d'exposition global aux risques impactant la compagnie, mesuré comme l'impact financier sur les métriques retenues des chocs sur les facteurs de risques. L'exposition est exprimée en termes de déviation probable des métriques sur un horizon de 1 an avec un niveau de confiance de 95%.

### IV.1 Démarche

La démarche présentée dans la première partie nous a permis d'identifier les étapes suivantes pour la mise en place du calcul du profil de risque de la compagnie :

- Identification des risques supplémentaires
- Choix d'une mesure
- Choix d'une métrique
- Choix d'une segmentation
- Choix d'un niveau de confiance
- Méthode d'agrégation des risques
- Calcul du profil de risque

Avant de rentrer dans le calcul du profil de risque lui-même, précisons quelques choix effectués. La toute première étape commence donc par une cartographie des risques impactant la compagnie afin d'identifier les risques supplémentaires à prendre en compte dans le calcul du profil de risque. Ainsi le risque new business et le risque de spreads sur les obligations souveraines ont été retenus pour la compagnie.

Ensuite, une mesure est à retenir pour évaluer les risques. Comme dans la formule standard, la VaR a été retenue. La volonté a été de se rapprocher au maximum de la formule standard afin d'appréhender au maximum ces nouveaux outils de solvabilité. Ainsi, les méthodes d'agrégation utilisées seront aussi inspirées de la formule standard.

La compagnie a décidé de retenir les trois métriques pour le pilotage de l'activité, mais nous ne détaillerons les résultats que sur les métriques NAV et sur le ratio de couverture du SCR, les principes appliqués pour la métrique NAV étant à dupliquer pour la métrique Résultat.

Concernant la segmentation sur laquelle nous reviendrons par la suite, nous choisirons de présenter les résultats selon la segmentation produits, risques et stock vs new business et nous verrons comment segmenter les résultats en répartissant les effets bénéfiques de diversification.

Le niveau de confiance retenu est celui correspondant à un risque qui se produit tous les 20 ans. Avant de détailler les méthodes de calculs du profil de risque, i.e. des métriques anticipées et de leurs déviations, nous commençons par présenter comment nous changeons de niveau de confiance par rapport à la formule standard, c'est-à-dire comment nous passons d'une incertitude de 0.5% à 5% et donc comment calibrer des chocs sur les facteurs de risque à un niveau de confiance de 95%.

## IV.2 Calibration des chocs à 95%

Comme nous l'avons vu plus haut, le choix du quantile détermine le niveau des chocs sur les différents facteurs de risques. Barclays Vie, dans le cadre de son pilotage d'activités, considère qu'un risque acceptable est un risque qui se produit moins d'une fois tous les 20 ans. Nous cherchons donc à calibrer des chocs à 95% par l'approche pragmatique décrite plus haut. Il est donc nécessaire de recalibrer chaque choc individuel afin qu'il représente une VaR à 95%.

Nous allons détailler ensuite un à un les résultats que nous avons résumés dans le tableau ci-dessous :

Module	Sous-module	Paramètre	Choc	Choc à 99.5% (QIS5)	Choc à 95%
Marché	Actions	Valeur initiale des actions « globales »	Baisse	-39%	-21.28%
		Valeur initiale des actions « others »		-49%	-27.66%
		Dampener		9%	-6.39%
	Taux d'intérêt	Courbe des taux d'intérêt	Hausse Baisse	Voir plus bas	
	Spread	Valeur de marché des obligations	Baisse		
Défaut	Concentration	Exposition à un Groupe	Baisse	Voir plus bas	
	Illiquidité	Prime d'illiquidité initiale	Baisse		
		Exposition à des tiers non pris en compte dans le risque de spread			
Souscription				Voir plus bas	
	Mortalité	Taux de mortalité	Hausse	15%	9.58%
	Rachats	Taux de rachats	Hausse	50%	31.93%
	Dépenses	Coûts unitaires Taux d'inflation des coûts futurs	Hausse	10% 1%	6.39% 0.64%

### IV.2.1.1 Risque de marché

#### IV.2.1.1.a) Risque Actions

Concernant le risque actions, nous rappelons que le choc à modéliser conduit à une baisse de la valeur de marché des actifs, avec deux chocs différents : un pour les actions « globales » et un pour les actions « others ». A 99.5%, le calcul mené à 49% pour les actions « globales » et 59% pour les « others », avec un dampener à 10%.

Dans les calibration papers<sup>2</sup> (p39), le rendement annuel d'une action est supposé suivre une distribution gaussienne avec un trend à 10.04%, ce qui nous permet d'en déduire une Var à 95%. Nous obtenons des chocs à 95% de -21.28% pour les actions « globales » et -27.66% pour les « others ».

Au 31/12/2010, le même calcul de dampener mène à une valeur de -11.52% (capée à 10%). Nous pouvons appliquer la même méthode calibration pour recalibrer le cap à 95% et nous obtenons un cap à 6.39% à ajouter au 31/12/2010 aux chocs initiaux recalibrés.

<sup>2</sup> En réalité, les actions suivent une loi log-normale, ainsi  $\ln\left(\frac{X_1}{X_0}\right) \sim N(\mu, \sigma)$  mais nous utiliserons comme approximation  $\ln\left(\frac{X_1}{X_0}\right) = \frac{(X_1 - X_0)}{X_0}$  et de ce fait, nous pouvons utiliser les formules décrites dans la 2nde partie.

#### IV.2.1.1.b) Risque de Taux d'intérêt

Pour rappel, le choc sur la courbe des taux d'intérêt est un choc multiplicatif, à la hausse et à la baisse, dépendant de la maturité. La courbe des chocs a donc été recalibrée point par point, à la hausse comme à la baisse en utilisant la même méthode fondée sur l'hypothèse que les chocs sont gaussiens.

La table suivante donne les chocs à appliquer sous les différents niveaux de confiance :

Maturité	Choc à 99.5%		Choc à 95%	
	Choc hausse	Choc baisse	Choc hausse	Choc baisse
1	70%	-75%	45%	-48%
2	70%	-65%	45%	-42%
3	64%	-56%	41%	-36%
4	59%	-50%	38%	-32%
5	55%	-46%	35%	-29%
6	52%	-42%	33%	-27%
7	49%	-39%	31%	-25%
8	47%	-36%	30%	-23%
9	44%	-33%	27%	-21%
10	42%	-31%	27%	-20%
11	39%	-30%	25%	-19%
12	37%	-29%	24%	-19%
13	35%	-28%	22%	-18%
14	34%	-28%	22%	-18%
15	33%	-27%	21%	-17%
16	31%	-28%	20%	-18%
17	30%	-28%	19%	-18%
18	29%	-28%	19%	-18%
19	27%	-29%	17%	-19%
20	26%	-29%	17%	-19%
21	26%	-29%	17%	-19%
22	26%	-30%	17%	-19%
23	26%	-30%	17%	-19%
24	26%	-30%	17%	-19%
25	26%	-30%	17%	-19%
26	26%	-30%	16%	-19%
27	26%	-30%	16%	-19%
28	26%	-30%	16%	-19%
29	26%	-30%	16%	-19%
30	25%	-30%	16%	-19%

Figure 20 - Choc des Taux d'intérêts à 99.5% et 95%

#### IV.2.1.1.c) Risque Spreads

Nous supposons là également que les paramètres ont une distribution gaussienne afin de convertir les chocs à 99.5% à 95%. Rappelons que la charge en capital à 99.5% se mesure de par l'impact sur la NAV d'un choc spreads qui s'écrit :

$$Choc\ Spreads = \sum_i \left( MV_i \times \min(\max(duration_i; duration_{floor}); duration_{cap}) \times F(rating_i) \right)$$

Où :

- $MV_i$  est l'exposition au risque de spread de l'obligation  $i$  à la date de valorisation (valeur de marché du titre)
- $duration_i$  est la duration de l'obligation
- $rating_i$  est le rating de l'obligation (deuxième meilleur rating fourni par les agences de notation)
- $duration_{floor}$  et  $duration_{cap}$  sont les durations minimum et maximum à utiliser comme bornes.
- La fonction  $F()$  représente le quantile à 99.5%. Il dépend du niveau du rating.

Nous avons donc recalibré rating par rating les chocs à 95% en considérant à nouveau que ces facteurs étaient gaussiens.

Rating	F(rating) @99.5%	F(rating) @ 95%	$Duration_{floor}$	$Duration_{cap}$
AAA	0.90%	0.57%	1	36
AA	1.10%	0.70%	1	29
A	1.40%	0.89%	1	23
BBB	2.50%	1.60%	1	13
BB	4.50%	2.87%	1	10
B or lower	7.50%	4.79%	1	8
Unrated	3%	1.92%	1	12
Covered bonds	0.60%	0.38%	1	53

#### IV.2.1.1.d) Risque de Concentration

La méthodologie utilisée pour calculer le risque de concentration présentée précédemment ([cf. IV.3.3.1.d.](#)) introduit le risque de concentration comme la VaR additionnelle impliquée par la concentration comparée à une VaR sur un portefeuille diversifié. Son calcul s'appuie sur le coefficient  $g$  :

$$g_{99.5\%} = \frac{VaR_{99.5\%}(ptf \text{ avec } x\% \text{ de plus de AAA}) - VaR_{99.5\%}(ptf \text{ diversifié})}{x\%}$$

On suppose que les portefeuilles (diversifiés ou pas) suivent une distribution gaussienne, ce qui va nous permettre de convertir les chocs de 99.5% à 95%. Nous pouvons donc écrire de la même façon :

$$g_{95\%} = \frac{VaR_{95\%}(ptf \text{ avec } x\% \text{ de plus de AAA}) - VaR_{95\%}(ptf \text{ diversifié})}{x\%}$$

Si l'on suppose de plus que les deux portefeuilles ont le même rendement attendu, nous pouvons écrire grâce à la méthodologie décrite dans la [section III.7.](#) que :

$$g_{95\%}(AAA) = g_{99.5\%}(AAA) \times \frac{\phi^{-1}(5\%)}{\phi^{-1}(0.5\%)}$$

Cette hypothèse peut paraître trop contestable, cependant les coefficients obtenus avec cette simplification sont prudents (supérieurs à ceux obtenus en introduisant des rendements attendus inférieurs pour le portefeuille diversifié). Par contre, dans le cas où l'on surpondère les AAA et AA, les paramètres sont légèrement sous-estimés (en effet on peut s'attendre à ce que les rendements

attendus pour un portefeuille surpondéré en AAA et AA soient inférieurs à ceux d'un portefeuille diversifié plus risqué).

Un calcul complet a été mené pour  $g(AAA)$ , en utilisant l'hypothèse que la  $VaR(99.5\%)$  d'un portefeuille bien diversifié est égal à 17.27% (cf p85 des CP), ce qui permet d'en déduire la  $VaR$  à 99.5% d'un portefeuille dans lequel le poids des AAA a augmenté de 71%. La différence entre les rendements attendus des deux portefeuilles a été supposée égale à 1.5% (par jugement d'expert pour le besoin de la démonstration). Dans ces conditions,  $g_{95\%}(AAA)$  serait de 8.43% à la place de 7.66% si l'on considère que les rendements sont les mêmes.

Le même calcul mené sur  $g_{95\%}(BBB)$  donne 44% au lieu de 46.6% en utilisant cette simplification.

Etant donné le manque d'éléments ayant servi à une calibration, nous considérerons que la simplification consistant à supposer que les rendements attendus des portefeuilles sont strictement les mêmes est une hypothèse raisonnable.

La table suivante donne les seuils servant à déterminer s'il y a concentration sur un Groupe ou pas (ces niveaux sont les mêmes dans un scénario à 99.5% ou à 95%, en effet, ils servent juste à détecter si un investissement doit être considéré comme sujet à un risque de concentration ou pas) ainsi que les fonctions  $g$  correspondants aux quantiles à 99.5% et 95% :

Rating	Seuil de Concentration	$g(rating)@99.5\%$	$g(rating)@95\%$
AAA	3%	12%	7.66%
AA	3%	12%	7.66%
A	3%	21%	13.41%
BBB	1.50%	27%	17.24%
BB or lower	1.50%	73%	46.62%

#### IV.2.1.1.e) Risques d'illiquidité

Dans les spécifications techniques de QIS5, dans un scénario à 99.5%, le choc à appliquer sur la prime d'illiquidité était de -65%. En considérant que le facteur d'illiquidité est également gaussien, nous pouvons de la même façon en déduire un choc à 95% et obtenant un choc égal à -41.51%.

#### IV.2.1.2 Risque de défaut

Rappelons que le capital requis pour le risque de défaut se calcule par :

$$SCR_{def,1} = \min \left( \sum_i LGD_i; q\sqrt{V} \right)$$

Où  $q$  représente le quantile qu'il faut recalibrer à 95%. Pour cela nous allons supposer que le facteur est log-normal (il n'y a rien dans la CP sur la calibration de ce paramètre, il s'agit d'un proxy de marché).

On obtient alors :



Rating	Choc @99.5%	Choc @95%
$\sqrt{V \leq 5\% \leq \sum_i LGD_i}$	3	2.02
sinon	5	2.79

#### IV.2.1.3 Risques de souscription

##### IV.2.1.3.a) Mortalité

Le capital requis pour le risque de mortalité est obtenu en multipliant les taux de décès par (1+a). En supposant que la mortalité suit une loi gaussienne, nous obtenons à partir du choc de 15% à un niveau de confiance à 99.5% un choc à 9.58% pour un niveau de confiance de 95%.

##### IV.2.1.3.b) Rachats

Le capital requis pour le risque de rachat est obtenu en multipliant les taux de rachat à la hausse ou à la baisse par (1+a). En supposant que les rachats suivent une loi gaussienne, nous obtenons à partir du choc de +50% et -50% à un niveau de confiance à 99.5% un choc de +/-31.93% pour un niveau de confiance de 95%. Il y a un cap (100%) et un floor (20%) introduits dans les chocs sur les lois de rachat, ceux-ci sont supposés rester constants à 95%.

##### IV.2.1.3.c) Dépenses

Le capital requis pour le risque de dépense est obtenu en multipliant les coûts unitaires par (1+a) et en faisant un choc sur le taux d'inflation futur des coûts. En supposant que les coûts suivent également une loi gaussienne, nous obtenons à partir du choc de 10% sur les coûts unitaires à un niveau de confiance à 99.5% un choc à 6.39% pour un niveau de confiance de 95% et pour l'augmentation de l'inflation le choc passe de 1% à 0.64%.

### IV.3 Calcul des métriques et de leur déviation

Nous rappelons donc que le profil de risque mesure le niveau d'exposition aux risques de la compagnie, mesuré en termes de déviation potentielle des métriques suite à des chocs sur une période d'un an et sous une probabilité spécifique, probabilité que nous avons retenue à 95% et pour laquelle nous savons désormais recalculer des chocs.

Barclays Vie a retenu deux métriques, comme nous l'avons vu dans la seconde partie, il s'agit de mesures du risque :

- La **NAV** (Net Asset Value), calculé comme la différence entre le passif et l'actif dans le référentiel Solvabilité II, représente donc l'impact du risque sur la valeur de la compagnie.
- Le **Ratio de Couverture** représente l'impact des risques sur la solvabilité de la compagnie sous le futur régime prudentiel.

Dimension	Valeur	Solvabilité
Métrique	NAV	Ratio de couverture du SCR
Horizon de temps	1 an	1 an
Niveau de confiance	95%	95%

Nous allons donc tenter de calculer les déviations possibles à 1 an de ces deux métriques sous une probabilité de 95% suite à des chocs sur les facteurs de risque identifiés auparavant.

Comme nous l'avons vu dans la deuxième partie, le profil de risque est calculé/défini à un niveau global, agrégé. Il est intéressant et important dans le cadre d'une analyse et du suivi dans le temps d'un profil de risque de voir comment décliner ce profil de risque sur des segments. Nous choisirons ici les segments produits (fonds propres, Euro ou UC), risques et stock (IF) vs new business (NB).

L'approche générale présentée dans le cas de la NAV, mais le principe est le même pour une autre métrique, est alors la suivante :

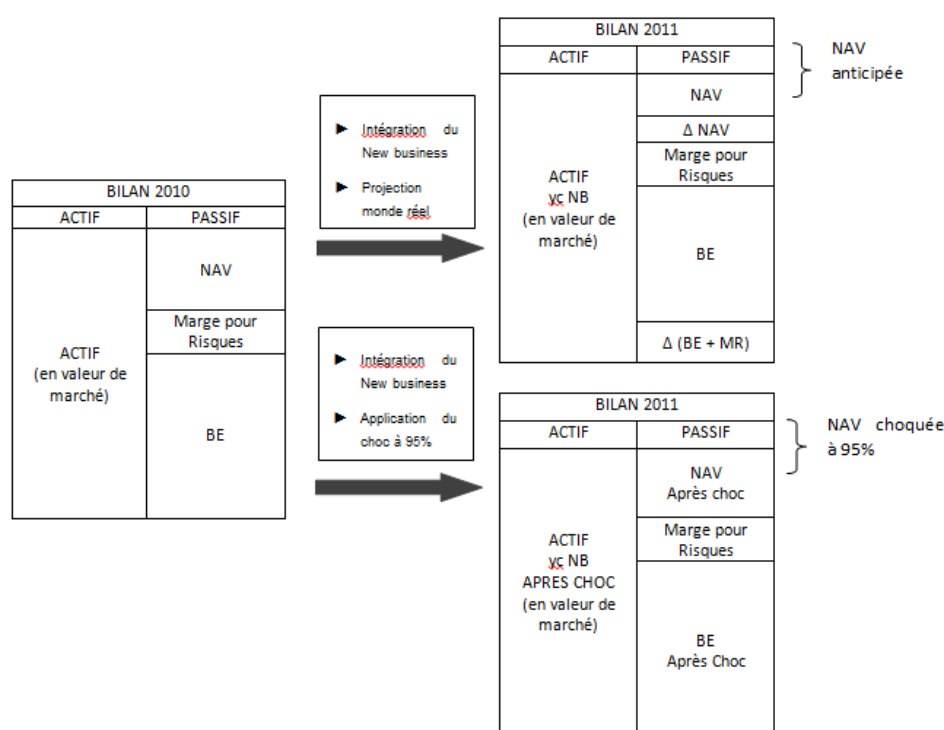


Figure 21 - Démarche pour calculer le profil de risque d'une métrique

Le principe est donc de projeter le bilan de la date d'évaluation un an plus tard en incluant les affaires nouvelles de l'année et ce dans un scénario en monde réel afin d'obtenir une évaluation de la NAV anticipée à un an et de pouvoir calculer une déviation attendue en mesurant l'impact sur cette même NAV anticipée d'un choc à 95% sur les facteurs de risque.

Il faut donc disposer du bilan à la date d'évaluation, des valeurs du portefeuille en stock mais aussi du new business. Pour cela nous avons besoin de prévisions budgétaires sur le montant des primes, leur mix produit ainsi que les caractéristiques des contrats et chargements ainsi qu'une prévision du taux de rendement de l'activité.

Les différentes étapes de calcul sont les suivantes :

- Estimation de la NAV anticipée pour chaque segment (fonds propres, contrats euro en stock, contrat UC en stock, NB euro, NB UC)
- Calibration des chocs à 95% et calcul des capitaux requis pour chacun de ces chocs en incluant le NB

#### IV.3.1 Estimation de la NAV

La NAV considérée représente la valeur économique des fonds propres sous le futur régime prudentiel Solvabilité II. Elle est calculée comme la différence entre la valeur de marché de l'actif et la valeur de marché des passifs (incluant la marge pour risques). On peut la subdiviser de la façon suivante :

- Les fonds propres correspondant au capital social auquel on peut ajouter certains écarts de valorisations en SI et SII
- La valeur des contrats en stock : l'IF (Inforce)
- La valeur du New Business : NB

Nous allons alors détailler le calcul de chacune de ces composantes dans ce qui suit.

La valeur de l'IF correspond à la valeur actualisée des profits futurs du portefeuille à la date d'évaluation (PVFP : Present Value of Future Profit). Elle est calculée sous MoSes, en même temps que le calcul de BE en utilisant des calculs stochastiques pour projeter les flux futurs et en déduire les marges de l'actionnaire. On peut alors calculer la contribution à la NAV des contrats Euro (ou UC) en stock de la façon suivante :

$$\begin{aligned} & \text{Contribution des Euro (ou du portefeuille UC) à la NAV} \\ &= PVFPEuro \text{ (ou UC)} - \text{marge pour risques} * (1 - 34.43\%) \end{aligned}$$

Cette contribution à la NAV doit être projetée dans un an. Un calcul précis, nécessiterait un run MoSes en monde réel cette première année et une estimation en risque neutre à partir de la première année (méthode des simulations dans les simulations). Cependant nous cherchons ici à donner une méthode simple, pratique et opérationnelle. Le but étant de pouvoir calculer le profil de risque et de pouvoir le suivre dans le temps régulièrement pour des besoins de pilotage d'activité par le management. Nous proposons donc une méthode simplificatrice consistant à supposer que cette contribution à la NAV évolue selon un taux de rendement de l'activité qui est budgété, taux de rendement comptable moyen du portefeuille. Dans notre cas nous le supposons égal à 4%. Cette hypothèse est évidemment à mettre à jour régulièrement en fonction de l'évolution de la NAV et des changements de conditions économiques.

Les fonds propres sont calculés par différence entre la NAV et la valeur de l'IF calculé comme ci-dessus. Comme pour l'IF, nous supposons que les fonds propres évoluent également suivant un taux de 4% sur un an de projection.

La valeur du New Business s'obtient comme pour la valeur de l'IF à partir des simulations MoSes dans lesquelles nous avons ajouté des primes la première année. La valeur du NB s'obtient donc par différence de PVFP entre les projections avec et sans primes.

Les chocs ont été recalibrés dans la section précédente à 95%.

Dans le calcul du profil de risque, il a fallu auparavant décidé quels risques devaient être pris en compte. Barclays Vie a alors décidé d'inclure deux risques supplémentaires considérés comme significatifs à la formule standard : le risque de spreads sur les souverains et le risque de new business (i.e. le risque de ne pas réaliser le chiffre d'affaire anticipé et donc qu'il y ait une déviation de la NAV anticipée par surestimation de la contribution du New business à cette NAV anticipée).

Dans le module de risque de spreads explicité dans les spécifications techniques du QIS5, aucun capital n'est exigé en face des émissions souveraines. Mais en réalité tous les assureurs détiennent une grande partie de dettes souveraines dans leur portefeuille, et la crise souveraine actuelle démontre bien que les portefeuilles souffrent, les titres sont dépréciés, les richesses initiales sont donc fortement impactées. Bref le risque se réalise. Nous avons donc décidé de le prendre en compte dans notre construction de cadre de Risk Appetite. Pour cela, nous appliquons la même méthode de calcul de risque que sur les obligations corporate en portefeuille. Nous retenons le deuxième rating de l'émission et appliquons les mêmes chocs que ceux définis pour les obligations Corporate, ce qui revient à simuler un écartement des spreads dépendant du rating de l'émission.

Le risque New business n'est pas présent dans QIS5 puisque la frontière des contrats à prendre en compte pour le calcul de capital réglementaire concerne tous les contrats en stock à la date d'évaluation, et donc ne permet pas de prendre en compte des affaires nouvelles. Dans un exercice budgétaire ou bien dans le cadre d'un exercice de définition de Risk Appetite, le but est de mesurer la situation financière de la compagnie sur l'horizon de l'exercice. Pour cela comme nous l'avons vu, nous cherchons à anticiper la situation nette à un an en tentant de projeter le bilan à un an. De ce fait, une mauvaise anticipation du chiffre d'affaires, implique une mauvaise anticipation de la situation nette à un an. Le risque de New business représente donc le risque que la compagnie ne parvienne pas à réaliser ses objectifs commerciaux. Barclays Vie décide donc d'introduire un nouveau module de risque dans le calcul de son profil de risque, module de risque new business afin de mesurer la déviation de la NAV anticipée probable due à un risque de non réalisation du new business. Le choc a été calibré à partir de données historiques de la compagnie. Il est alors fixé à 20%. C'est un niveau par défaut dû au manque de profondeur d'historique nécessaire pour calibrer proprement un choc en en déterminant un quantile. Ce choc sera à suivre dans le futur afin de le recalibrer lorsque Barclays Vie disposera de suffisamment de données.

#### **IV.3.1.1 Calcul des chocs à 95% pour l'IF et le NB**

Pour l'Inforce Business, le calcul des chocs à 95% est effectué sous MoSes, tout comme nous avons fait dans le chapitre précédent les calculs de SCR à 99.5%. Les calculs des capitaux en risque à 95% sont donc recalculés à partir des chocs recalibrés. Chaque choc modulaire est ensuite agrégé par les mêmes matrices de corrélation que celles fournies dans QIS5.

Pour le NB, un calcul complet sous MoSes serait trop lourd et trop consommateur de temps. Nous utiliserons donc une méthode simplificatrice fondée sur les résultats de l'inforce business. Le ratio suivant sera donc utilisé :

$$Ind_{95,risk} = \frac{Delta\ NAV_{Risk}}{Exposition_{Risk}}$$

Où,

- $\Delta NAV_{Risk}$  représente la perte à 95% sur la NAV lié à un choc sur l'un des facteurs de risque individuel (risque de taux d'intérêt, risque actions, risque de rachats, ...).
- $Exposition_{isk}$  représente l'exposition à chaque risque individuel

Nous trouverons dans la table suivante les expositions utilisées pour chacun des risques considérés dans le calcul du profil de risque :

Risque	Exposition
Risque de Taux d'intérêt	Valeur de marché des produits de taux d'intérêt
Risque Actions « Global »	Valeur de marché des actions classes dans la catégorie "Global"
Risque Actions « Other »	Valeur de marché des actions classées dans la catégorie « other »
Risque Spread	Même exposition que dans le risque de taux d'intérêt
Risque de Concentration	Le total des actifs du fonds euro
Risque d'illiquidité	Best Estimate du passif
Risque de Mortalité	Best Estimate du passif
Risque de Rachat	Best Estimate du passif
Risque de frais	Best Estimate du passif
Risque de défaut	Même exposition que pour le risque actions "global"

Ces ratios ne sont pas nécessairement les mêmes pour le new business et pour l'inforce. Certains chocs dépendent de la duration, c'est l'exemple du choc de taux d'intérêt. Cependant dans le cas de Barclays Vie, les durations du new business et de l'inforce sont presque les mêmes fin 2010. Donc pour le calcul du profil de risque à cette date, nous allons utiliser les mêmes contributions aux risques/ratios. Mais la duration de l'IF et du NB doit être calculée à chaque exercice de calcul de profil de risque afin de revoir cette hypothèse.

Les ratios définis juste ci-dessus peuvent être simplement calculés avec le résultat des chocs à 95% obtenus grâce aux projections des situations choquées à 95% sur MoSes et grâce aux expositions aux risques calculées directement à partir des fichiers en entrée ou des fichiers de sortie (pour le BE) à la date d'évaluation.

Une fois que ces ratios sont calculés, les expositions du new business doivent être calculées.

Les valeurs de marché des différentes classes d'actifs sont calculées comme suit :

$$MV_{Actif_i} = P_{net} * Alloc_i$$

Où

- $P_{net}$  est le montant total de primes de NB (chiffre d'affaire Euro ou UC) nettes de chargement.
- $Alloc_i$  est le % observé d'actif i

Tout comme pour les expositions aux risques pour le NB, un BE incluant le new business doit être estimé :

$$BE = P_{gross} - VNB - AC - RM$$

$$RM = \frac{a}{1 - a} * BE$$

où

- $P_{gross}$  est le montant total de primes de NB (chiffre d'affaire Euro ou UL) brutes de chargement et nettes de commissions.
- VNB est la valeur du new business
- AC représente les coûts d'acquisition
- RM la marge pour risques
- a est le pourcentage de marge pour risques rapportée aux provisions techniques (BE + RM)

L'application des ratios définis ci-dessus pour les expositions pour le New Business donne la variation de NAV relative aux risques individuels. Ces variations de NAV doivent être agrégées en utilisant une matrice de corrélations pour obtenir la déviation de NAV correspondant aux risques apportées par le New Business. La matrice de corrélation utilisée est celle proposée dans les spécifications techniques du QIS5.

#### **IV.3.1.2 Présentation des résultats**

Une fois que l'on a calculé la valeur attendue de la NAV ainsi que les chocs à 95% pour chaque segment, le profil de risque pour la métrique NAV peut être présenté de la façon suivante :

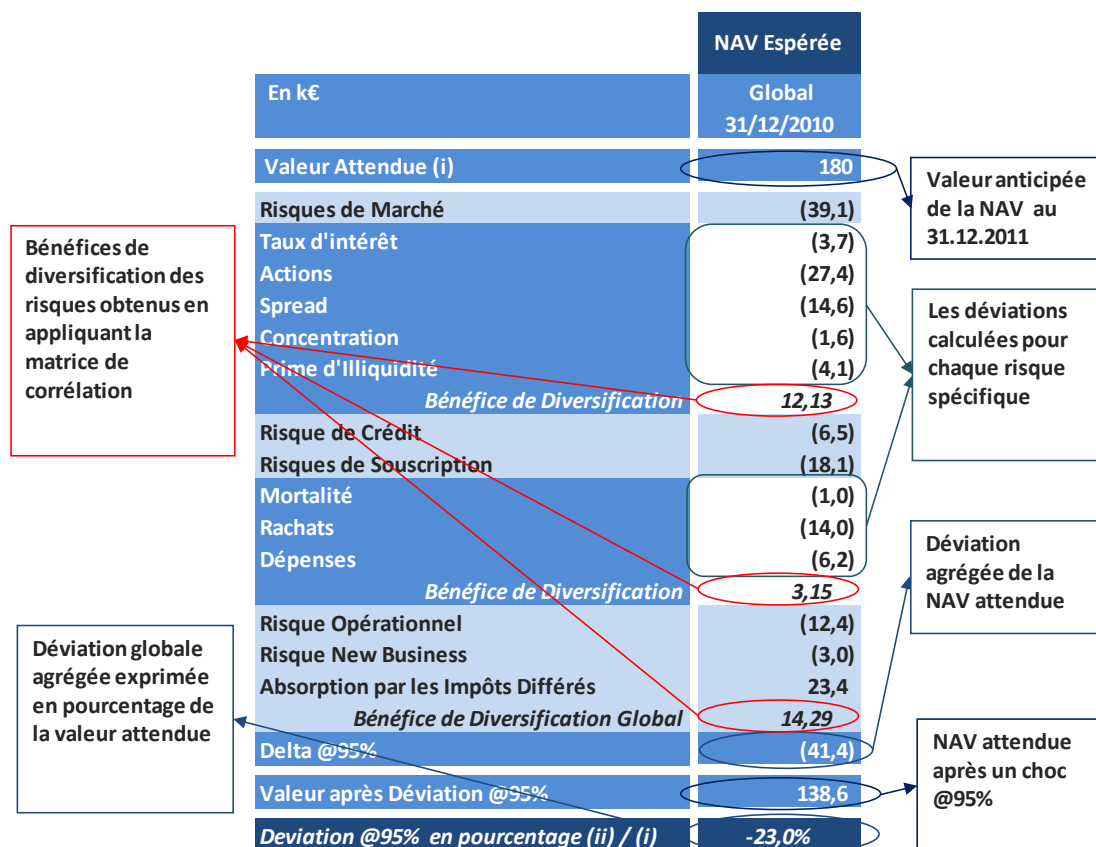


Figure 22 - Profil de Risque pour la métrique NAV

Ainsi, le profil de risque calculé pour la métrique NAV montre à un management comment une valeur anticipée pour la métrique à horizon 1 an, estimée à 180M€, peut être amenée à dévier une fois tous les 20 ans. Les résultats obtenus montrent que le risque marché, et en particulier actions puis spreads, sont les plus gros contributeurs. Côté risque de souscription, le risque de rachats constitue une importante source de volatilité pour la métrique. Le profil de risque montre également quelle partie du risque peut être absorbée grâce aux jeux des corrélations et remarquerons que l'impact est loin d'être négligeable, ce point sera important pour un exercice d'allocation de capital. Enfin la valeur Delta @95% représente le montant agrégé de déviation estimée de la NAV espérée, c'est-à-dire la perte de NAV à laquelle un management peut s'attendre une fois tous les 20 ans, ce qui représente une baisse de 23% de l'anticipation qui peut en être faite. Donc le profil de risque de la compagnie donne au management une vision de la volatilité des anticipations des métriques avec lesquelles il pilote à horizon 1 an et au niveau de confiance qu'il a préfixé. Pour la métrique NAV, le management de la compagnie peut s'attendre à obtenir une volatilité de ses fonds propres Solvabilité II de 23% à 95%.

#### IV.3.2 Evaluation de la métrique – Ratio de Couverture du SCR

La métrique « ratio de couverture » est calculé comme suit :

$$\text{Ratio de Couverture du SCR} = \frac{NAV}{SCR}$$

Où :

- La NAV représente, comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, la valeur économique des fonds propres définis sous Solvabilité II.
- Le SCR représente le capital requis sous Solvabilité II.

Le calcul du profil de risque pour la métrique ratio de couverture consiste alors à :

- déterminer la valeur attendue dans un an du ratio de couverture du SCR
- déterminer la déviation de ce ratio à 95%

La valeur attendue du ratio de couverture est obtenue en calculant une valeur attendue dans un an pour la NAV, comme cela a été fait précédemment pour le calcul de la déviation de la métrique NAV, et une valeur attendue dans un an pour le SCR. Concernant la projection du SCR, le proxy utilisé a été d'évaluer le SCR attendu en utilisant des ratios correspondants au SCR de chaque risque individuel pour chaque module de risque rapporté à l'exposition à chacun de ces risques individuels et de supposer que l'on peut considérer que ces ratios sont constants sur l'année.

A la fin, le dernier proxy utilisé pour obtenir le ratio de couverture attendu dans un an est estimé de la façon suivante :

$$\frac{NAV}{SCR} \Big|_{Attendu} = \frac{NAV_{Attendu}}{SCR_{Attendu}}$$

Où :

- $NAV_{Attendu}$  est la valeur attendue dans un an de la NAV (voir la section précédente pour obtenir la façon dont elle est calculée)
- $SCR_{Attendu}$  est la valeur attendue dans un an du SCR obtenu en appliquant la formule standard avec les paramètres spécifiques du QIS5 sur le bilan projeté (plus de détails seront donnés dans la suite).

La détermination de la déviation du ratio de couverture définie ci-dessus est un peu complexe. Une estimation précise de la déviation à 95% du ratio de couverture aurait consisté en une projection stochastique du ratio de couverture en utilisant des scénarios monde réel la première année et autant de jeux de scénarios et de simulations risque neutre que l'on aura pour chaque trajectoire des scénarios monde réel de situations nettes à un an, qu'il faut alors choquer pour en estimer des SCR...

Cette méthode n'est pas envisageable dans le cadre d'un calcul et d'un suivi de profil de risque de par sa complexité. Par conséquent, une méthode simplifiée est d'estimer la déviation en utilisant le calcul simplifié suivant :

$$\frac{NAV}{SCR} \Big|_{@95\%} \approx \frac{NAV_{@95\%}}{SCR_{BS@95\%}}$$

Où :

- $NAV_{@95\%}$  est la déviation attendue de la NAV dans un scénario choqué à 95%
- $SCR_{BS@95\%}$  est le SCR calculé sur le bilan après un choc à 95%. La déviation du bilan à 95% correspond au bilan obtenu après déviation de la NAV à 95%. Les calculs de SCR



sont menés en se basant sur les spécifications techniques de la formule standard de QIS5.

Les données requises pour le calcul du profil de risque à partir de la métrique ratio de couverture sont :

- Un bilan Solvabilité II à la date d'évaluation
- La valeur de l'inforce du portefeuille à la date d'évaluation (euro et UC considérés)
- Les calculs de SCR à la date d'évaluation (calcul par module, sous-module et capital requis pour chaque risque individuel)
- Concernant la segmentation étudiée, nous avons besoin des SCR spécifiques par sous-module et par segment (euro, UC, fonds propres)
- Des prévisions de New business : chiffre d'affaires et répartition euro-UC
- Des caractéristiques des nouveaux contrats : profil, chargements, coûts

Les étapes suivantes sont nécessaires pour calculer le profil de risque sur la métrique ratio de couverture du SCR :

- Estimation de la NAV attendue dans un an et de sa déviation à 95%
- Estimation du SCR pour chaque périmètre (fonds propres, Euro Inforce, UC Inforce, Euro New Business, UC New Business)
- Estimation de la déviation du SCR calculée sur la NAV choquée à 95%
- Présentation des calculs de profil de risque sur la métrique

La première étape a déjà été étudiée et décrite dans l'étude de la métrique NAV.

#### **IV.3.2.1 Estimation du SCR anticipé**

Le SCR anticipé est le SCR calculé sur un bilan anticipé dans un an. Un calcul complet de la projection du bilan à un an et du calcul du SCR avec la formule standard serait trop lourd en termes de temps de calculs. Par conséquent, une méthode simplifiée fondée sur une approche proportionnelle grâce à l'utilisation des ratios suivants est proposée et utilisée (de façon similaire à la méthode proposée pour le traitement du New Business) :

$$Ind_{99,5,risque} = \frac{Delta\ NAV_{Risque}}{Exposition\ Risque}$$

Où,

- $Delta\ NAV_{Risque}$  représente la perte à 95% relative à un risque individuel (taux d'intérêt, risque actions, risque de rachat)
- $Exposition_{Risque}$  représente l'exposition à un risque individuel (se référer à la section précédente pour la définition des expositions)

Le ratio défini ci-dessus peut simplement être calculé avec les résultats obtenus grâce aux chocs recalibrés à 95% et aux expositions aux risques calculées à la date d'évaluation.

Une fois que nous avons calculé le ratio, l'exposition anticipée dans un an aux différents risques doit être estimée. L'exposition anticipée pour chaque risque individuel peut être déterminée pour l'inforce puis pour le new business.

Pour l'inforce, l'exposition anticipée aux risques de marché (taux d'intérêt, risque action, ...) est directement issue des projections effectuées sous MoSes pour le calcul du SCR. En effet, le modèle ALM permet de projeter les flux de chaque classe d'actifs pour chaque année de projection et donc une projection du bilan avec le détail en valeur de marché de chaque classe d'actif.

L'exposition aux risques de souscription que nous avons déterminée est le montant de Best Estimate (BE). L'estimation du BE projeté est moins immédiate puisque il n'est pas en lecture directe dans la chronologie des flux. Un calcul précis nécessiterait de faire des simulations dans les simulations. Une façon simplifiée consiste à faire l'hypothèse que le BE évolue de la même façon que les provisions mathématiques :

$$BE^{N+1} = BE^N \times \frac{PM^{N+1}}{PM^N}$$

L'exposition aux risques sur le New Business est estimée de la même façon que pour le calcul de la métrique NAV.

L'application du ratio défini ci-dessus pour les expositions aux risques anticipées pour l'inforce et pour le New Business permet de déterminer les variations de NAV relatives à chacun des risques individuels. Ces variations de NAV doivent être agrégées en utilisant une matrice de corrélation afin d'obtenir le SCR anticipé dans un an. La matrice de corrélation utilisée est celle de QIS5.

Le diagramme suivant permet de résumer les différentes étapes dans le calcul du SCR anticipé :

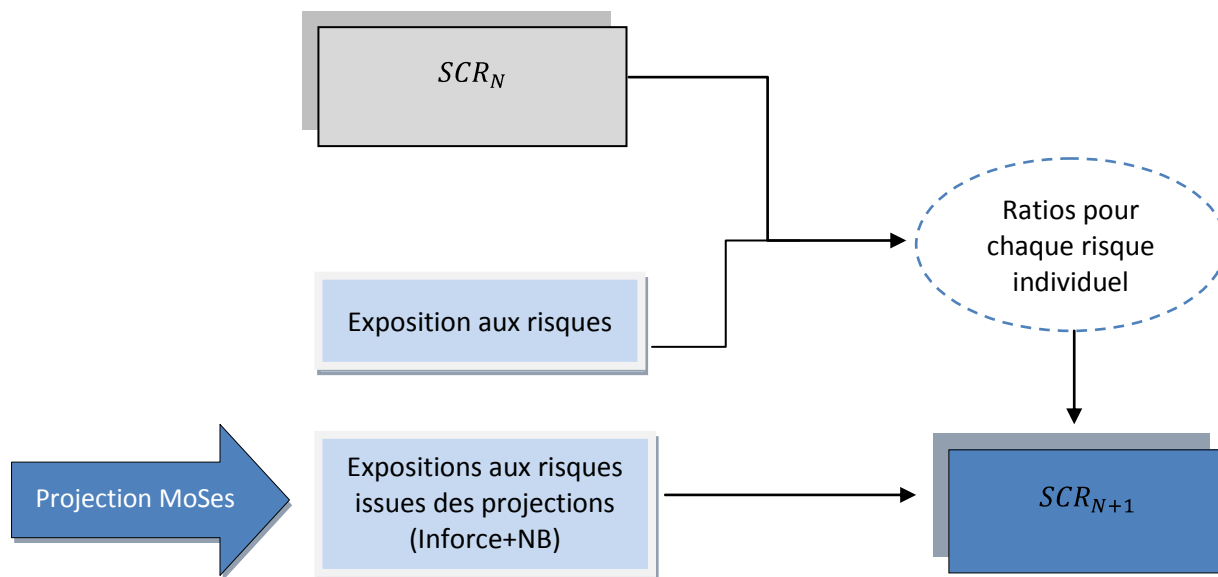


Figure 23 - Etapes de calcul du SCR anticipé

#### IV.3.2.2 Estimation du SCR sur un bilan choqué initial à 95%

Le SCR sur le bilan choqué à 95% doit être estimé comme ainsi :

- Définition d'un bilan (i.e. expositions aux risques individuels) avec une déviation de 95%.

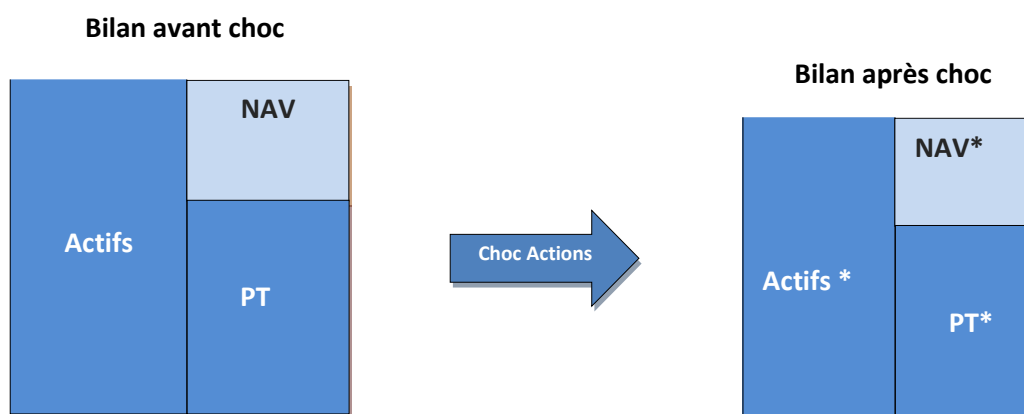
- Estimation du SCR avec les expositions définies ci-dessus et les ratios ( $Ind_{99.5,risk}$ ) ajustés à l'environnement stressé.

La première étape consiste à simuler un environnement stressé équivalent à la situation qui se produirait une fois tous les 20 ans et d'ensuite mesurer l'impact d'un choc sur le bilan de la compagnie. La méthode du scénario équivalent définie dans QIS5 fournit un bon proxy.

Cependant l'implémentation du scénario équivalent rend plus difficile la lecture des résultats, en particulier lorsque l'on cherche à déterminer des contributions aux risques globaux d'un facteur en particulier.

Nous pouvons également utiliser la méthode suivante :

- La première étape est de déterminer le bilan simplifié consécutif à chaque choc à 95% sur les facteurs de risques individuels. Cela signifie qu'il faut établir autant de bilan choqué qu'il n'y a de facteurs de risques à déterminer. Par exemple, le bilan après un choc sur les marchés actions peut être déterminé ainsi :



Où :

$$\text{Actifs}^* = \text{Actifs} - \Delta \text{Actifs}_{\text{choc actions@95\%}}$$

$$\text{PT}^* = \text{PT} - \Delta \text{BE}_{\text{choc actions@95\%}}$$

- Pour chaque bilan choqué, un SCR est calculé en utilisant le ratio ( $Ind_{99.5,risk}$ ). Les ajustements de ces ratios de SCR sont nécessaires pour prendre en compte l'environnement stressé simulé. En effet certains chocs de la formule standard ont une amplitude qui est dépendante des conditions économiques ou des caractéristiques du portefeuille au moment du calcul. Par exemple le risque spreads n'est pas le même dans un environnement déjà stressé. En effet, le choc donné par la formule standard dépend de la duration et du rating des obligations en portefeuille. Après un choc à 95% sur les spreads, le ratio de contribution pour le risque spreads devrait changer parce que le rating des obligations en portefeuille se sera dégradé suite au premier choc à 95%. Et donc nous obtiendrons :

$$Ind_{99.5,spread \text{ ajusté}} = Ind_{99.5,spread} * F_{rating^*} / F_{rating}$$

Où :

- $F_{\text{rating}}$  est le paramètre, donné par la formule standard, pour calculer le risque de spreads à partir des ratings des obligations en portefeuille avant choc.
- $F_{\text{rating}^*}$  est le paramètre, donné par la formule standard, pour calculer le risque de spreads à partir des obligations en portefeuille après choc.

Nous supposons par la suite que le choc à 95% entraîne une dégradation du rating moyen du portefeuille d'AA À A à fin 2010.

Les chocs qui sont proportionnels tels que le choc sur la courbe des taux d'intérêt, le risque de rachat, le risque de dépenses, sont aussi ajustés pour prendre en compte une amplitude plus grande, provoquée de façon automatique par la proportionnalité du choc à la situation observée (par exemple un choc sur les rachats sera d'autant plus grand que les taux de rachats auront déjà augmenté dans une situation choquée, de même pour le calcul de risque de taux à partir d'un bilan anticipé choqué, i.e. où les taux ont déjà augmenté sous une probabilité de 95%, cela entraîne une simulation d'une nouvelle hausse des taux proportionnelle à celle déjà produite, donc plus importante en montant).

De même, pour le calcul du choc actions, le paramètre de cyclicité doit être ajusté.

L'étape précédente génère donc  $n$   $SCR^i$  intermédiaires. Nous calculons ensuite  $n$  variations de ces  $SCR^i$  (Delta  $SCR^i$ ) :

$$\text{Delta } SCR^i = SCR^i - SCR_N$$

Où :

- $SCR^i$  est le SCR obtenu après un choc sur le facteur de risque individuel  $i$
- $SCR_N$  est le SCR avant choc calculé sur tout le portefeuille de contrats en stock en année  $N$  auquel ont été ajoutées les primes de l'année  $N+1$
- Le Delta  $SCR^i$  représente donc l'impact d'un choc à 95% sur le facteur de risque  $i$  sur le SCR à 99.5%.

Le Delta  $SCR^i$  est ensuite réalloué à chaque composante du  $SCR_N^i$

$$SCR_N^i = SCR_N^i + \text{Delta } SCR^i$$

L'agrégation du  $SCR_N^i$  avec la matrice de corrélation du QIS5 donne une valeur estimée du SCR après choc à 95%.

Notons que l'approche décrite ci-dessus est une approche simplifiée permettant de gagner en lisibilité de par l'utilisation de contributions aux risques de chacun des facteurs de risque. Elle a aussi l'avantage de ne pas avoir à simuler à nouveau des runs MoSes toujours très consommateurs de temps. La comparaison des résultats fin 2010 avec l'approche scénario équivalent montre de plus que les résultats sont très proches. Ce type de rapprochement sera à faire sur différents exercices afin de tester la robustesse de la méthode.

Le graphique suivante synthétise les différentes étapes de calcul décrites auparavant :

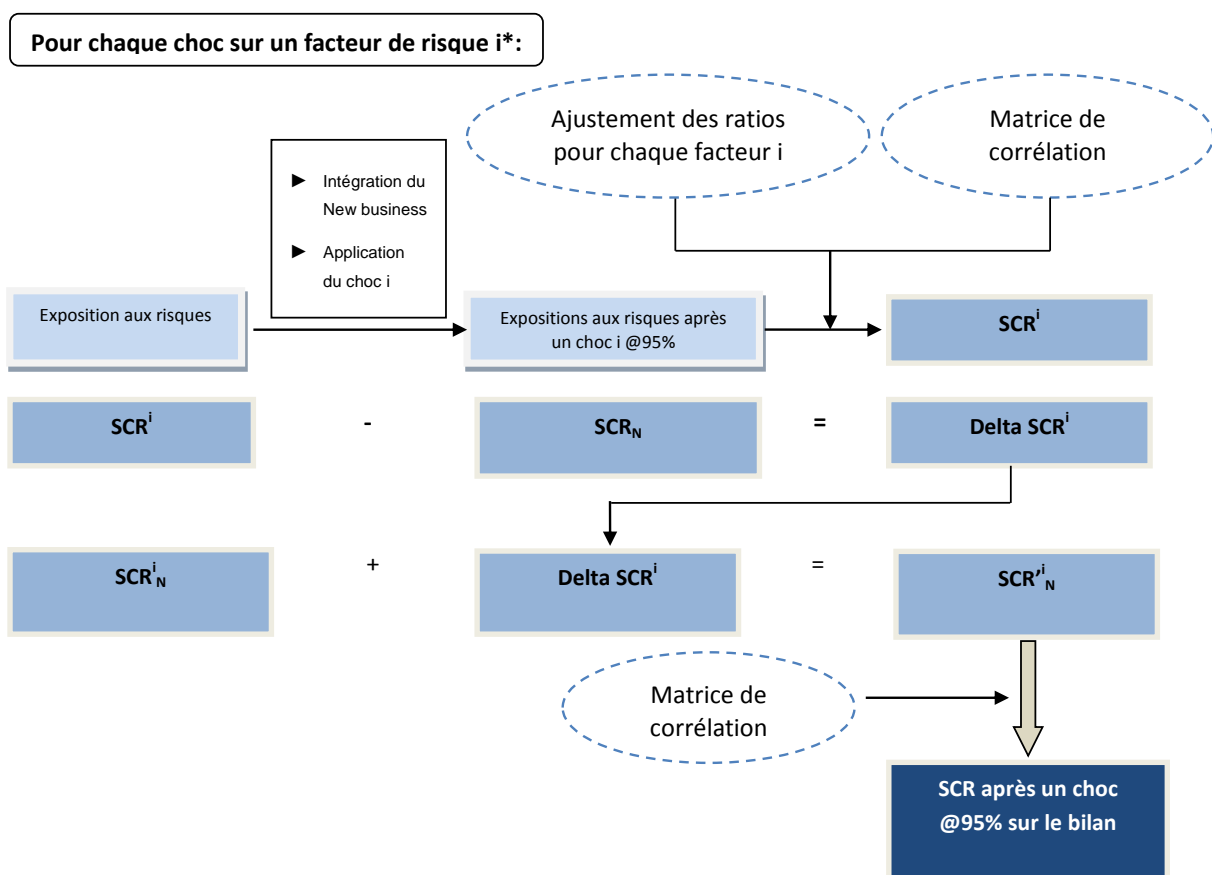


Figure 24 - Calcul du SCR espéré

#### IV.3.2.3 Présentation des résultats

Une fois que nous avons calculé la valeur anticipée du ratio de couverture du SCR et sa déviation, le profil de risque calculé à partir de la métrique couverture du ratio de couverture peut être présenté de la façon suivante :

	En k€	Ratio de couverture	NAV Espérée	SCR Espéré
		Global	Global	Global
		31/12/2010	31/12/2010	31/12/2010
Valeur anticipée du ratio de couverture au 31.12.2011	Valeur Attendue (i)	270%	180	67
	Risques de Marché	-38%	(39,1)	(6,0)
	Taux d'intérêt	-3%	(3,7)	(0,7)
	Actions	-2%	(27,4)	(9,8)
	Spread	-38%	(14,6)	4,5
	Concentration	-3%	(1,6)	0,0
	Prime d'illiquidité	-7%	(4,1)	0,3
	Bénéfice de Diversification	14%	12,13	- 0,33
	Risque de Crédit	-5%	(6,5)	(1,1)
	Risques de Souscription	-46%	(18,1)	5,8
	Mortalité	-2%	(1,0)	0,1
	Rachats	-39%	(14,0)	5,2
	Dépenses	-14%	(6,2)	1,2
	Bénéfice de Diversification	8%	3,15	- 0,69
	Risque Opérationnel	-24%	(12,4)	1,5
	Risque New Business	-1%	(3,0)	(1,0)
	Absorption par les Impôts Différés	33%	23,4	0,4
	Bénéfice de Diversification Global	23%	14,29	- 0,97
La déviation @95% du ratio de couverture est calculé avec les valeurs agrégées de la NAV et du SCR (anticipé et choqué)	Delta @95%	-58%	(41,4)	(1,2)
Valeur du ratio de couverture @95%	Valeur après Déviation @95%	212%	138,6	65,5
	Deviation @95% en pourcentage (ii) / (i)	-21,6%	-23,0%	-1,8%

Figure 25 - Profil de risque pour la métrique Ratio de Couverture

Le calcul du profil de risque pour la métrique ratio de couverture fait apparaître une déviation possible de 58% du ratio de couverture anticipé, soit en pourcentage près de 22%. Ainsi si un management se fixe comme objectif un niveau minimum de couverture de son ratio de solvabilité, il doit prendre en compte le fait qu'une fois tous les 20ans, il peut voir ce ratio diminuer de près de 22% à horizon 1 an.

La contribution spécifique à la déviation du ratio de couverture d'un facteur de risque peut être calculée ainsi :

$$\text{Contribution à la déviation du facteur de risque } i = \frac{NAV_{\text{anticipée}} - \Delta NAV_{\text{risque } i}^{95\%}}{SCR_{\text{anticipé}} - \Delta SCR_{\text{risque } i}^{95\%}} - \frac{NAV_{\text{anticipée}}}{SCR_{\text{anticipé}}}$$

Les calculs de contributions à la déviation des facteurs de risque permettent de mettre en relief les risques qui contribuent le plus à la déviation du ratio. Ainsi le risque spreads et le risque de rachats sont ceux qui contribuent le plus à une dégradation possible de la solvabilité de l'assureur. Le risque actions est beaucoup moins prédominant. En effet, nous pouvons remarquer qu'un risque qui contribue à la déviation des fonds propres SII ne contribue pas de la même façon à la déviation de la solvabilité. En quelques sortes, l'impact au numérateur et au dénominateur se compense plus ou moins. Cela vient du fait que l'estimation des déviations du SCR anticipé prend en compte les chocs déjà observés sur les facteurs de risque. Ainsi la déviation du SCR anticipée liée au choc actions par exemple vient réduire le niveau de SCR anticipée car il représente le fait que si les actions chutent, un choc supplémentaire sera moins important en montant, que le même choc actions en montant avant chute des marchés. Un choc actions vient diminuer le montant de SCR anticipé calculé après choc. Au contraire un choc spreads

vient augmenter le montant de SCR anticipé car la qualité globale du portefeuille s'en trouve réduite et le SCR anticipé devient alors plus important car le risque spreads augmente.

### IV.3.3 Profil de risque Global

Nous présentons à nouveau le profil de risque global afin d'en faire quelques commentaires.

	Ratio de couverture	NAV Espérée	SCR Espéré
En k€	Global 31/12/2010	Global 31/12/2010	Global 31/12/2010
Valeur Attendue (i)	270%	180	67
<b>Risques de Marché</b>	<b>-38%</b>	<b>(39,1)</b>	<b>(6,0)</b>
Taux d'intérêt	-3%	(3,7)	(0,7)
Actions	-2%	(27,4)	(9,8)
Spread	-38%	(14,6)	4,5
Concentration	-3%	(1,6)	0,0
Prime d'Illiquidité	-7%	(4,1)	0,3
<i>Bénéfice de Diversification</i>	<i>14%</i>	<i>12,13</i>	<i>- 0,33</i>
<b>Risque de Crédit</b>	<b>-5%</b>	<b>(6,5)</b>	<b>(1,1)</b>
<b>Risques de Souscription</b>	<b>-46%</b>	<b>(18,1)</b>	<b>5,8</b>
Mortalité	-2%	(1,0)	0,1
Rachats	-39%	(14,0)	5,2
Dépenses	-14%	(6,2)	1,2
<i>Bénéfice de Diversification</i>	<i>8%</i>	<i>3,15</i>	<i>- 0,69</i>
<b>Risque Opérationnel</b>	<b>-24%</b>	<b>(12,4)</b>	<b>1,5</b>
Risque New Business	-1%	(3,0)	(1,0)
Absorption par les Impôts Différés	33%	23,4	0,4
<i>Bénéfice de Diversification Global</i>	<i>23%</i>	<i>14,29</i>	<i>- 0,97</i>
Delta @95%	-58%	(41,4)	(1,2)
Valeur après Déviation @95%	212%	138,6	65,5
Deviation @95% en pourcentage (ii) / (i)	-21,6%	-23,0%	-1,8%

- Risques de Marché
- Risque de Crédit
- Risques de Souscription
- Risque Opérationnel
- Risque New Business

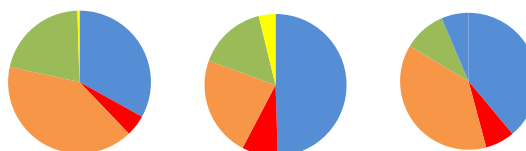


Figure 26 - Profil de Risque Global de la Compagnie

Les résultats montrent que la hiérarchie des risques n'est pas complètement identique pour les deux métriques mais reste cohérente. Elle s'explique comme nous l'avons cité précédemment par l'asymétrie de l'impact de déviations sur les fonds propres SII espérés et sur les SCR espérés.

Les risques financiers sont prédominants dans le profil de risque, ce qui est en ligne avec la nature des activités d'épargne. Le risque actions est le risque principal sur la métrique NAV S2, mais il modifie peu le ratio de couverture du fait de la baisse du SCR actions consécutive à une baisse des actions. Le risque de spread est moindre sur la métrique NAV S2 mais plus important sur le ratio de couverture car une baisse de notation accroît encore l'exposition. Les risques de souscription sont essentiellement des risques de rachats : significatifs sur la métrique NAV, ils sont prépondérants sur l'évolution du ratio de couverture du fait du mode de calcul du SCR.

Les risques opérationnels sont significatifs, mais leur calibration dans le QIS5 semble inadaptée à la situation de la compagnie, une recalibration est menée en interne, mais ne sera pas présentée dans ce mémoire.

Le profil de risque est évalué à un niveau agrégé et aussi à différents niveaux de segmentation. C'est important pour l'analyse du profil de risque global et pour l'utilisation à un niveau opérationnel comme un outil de pilotage pour le management lors du suivi de ce profil de risque. Outre la segmentation risque, les segmentations suivantes, sur des périmètres de passifs différents, ont été choisies :

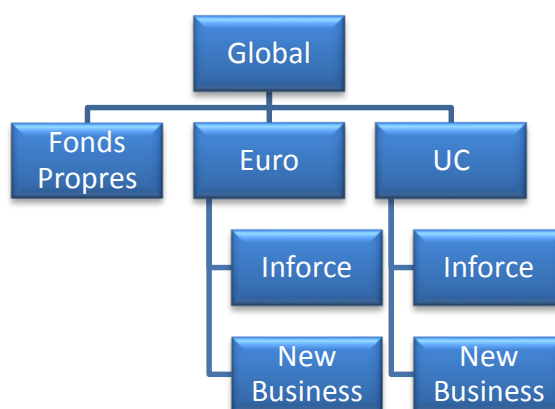


Figure 27 - Segmentation

Nous présenterons donc en parallèle, la segmentation produit et la segmentation risque et sous-module de risques.

Voici les résultats obtenus pour la NAV anticipée détaillés par segment :



	NAV Espérée	NAV Espérée	NAV Espérée	NAV Espérée	NAV Espérée	NAV Espérée
	Global	Fonds Propres	Euro In Force	UC In Force	Euro N.B	UC N. B.
	31.12.2010	31.12.2010	31.12.2010	31.12.2010	31.12.2010	31.12.2010
En M€						
Valeur Attendue (i)	180,0	121,0	5,9	38,0	1,9	13,2
Risques de Marché	(39,1)	(6,9)	(12,2)	(15,3)	(5,1)	(2,3)
Taux d'intérêt	(3,7)	(4,1)	(1,3)	-	(0,5)	-
Actions	(27,4)	(1,4)	(5,8)	(15,2)	(2,9)	(2,2)
Spread	(14,6)	(4,4)	(7,5)	-	(2,6)	-
Concentration	(1,6)	(0,1)	(1,2)	-	(0,3)	-
Prime d'illiquidité	(4,1)	-	(1,6)	(1,6)	(0,6)	(0,3)
Bénéfice de Diversification	12,1	3,1	5,2	1,5	1,7	0,3
Risque de Crédit	(6,5)	(0,3)	(4,1)	-	(2,1)	-
Risques de Souscription	(18,1)	-	(4,5)	(10,7)	(1,3)	(2,0)
Mortalité	(1,0)	-	(0,1)	(0,7)	(0,0)	(0,1)
Rachats	(14,0)	-	(2,1)	(9,5)	(0,7)	(1,8)
Dépenses	(6,2)	-	(3,1)	(2,0)	(0,8)	(0,3)
Bénéfice de Diversification	3,1	-	0,7	1,5	0,2	0,3
Risque Opérationnel	(12,4)	-	(6,5)	(3,6)	(1,7)	(0,5)
Risque Actifs Intangibles	-	-	-	-	-	-
Risque New Business	(3,0)	-	-	-	(0,4)	(2,6)
Absorption par les Impôts Différés	23,4	2,5	8,1	8,8	3,1	2,4
Bénéfice de Diversification Global	14,3	0,2	5,1	5,2	2,0	0,9
Delta NAV @ 95% (ii)	(41,4)	(4,4)	(14,3)	(15,5)	(5,4)	(4,2)
Valeur après Déviation @95%	138,6	116,6	(8,3)	22,5	(3,6)	9,0

Figure 28 - Résultats du Profil de Risque pour la métrique NAV pour chaque segment

Les profils de risque des différents « segments » à savoir « Fonds Propres », « Euros » et « UC » sont extrêmement différents avec des effets de mutualisation (par exemple UC-Euros) :

- les Fonds Propres ont le profil de risque le moins volatil en étant sensibles seulement aux risques financiers et pas aux autres risques : ils ont un effet modérateur du profil de risque global.
- Le fonds Euros présente un profil de risque très volatil au regard de la valeur créée, avec une exposition forte au risque actions et au risque de spread (dont risque souverain)
- L'UC apparaît comme un profil de risque plus équilibré, mais les risques principaux sont générés par le comportement des assurés (choix des supports et rachats)

A noter donc que les risques de la compagnie sont essentiellement des risques non couvrables, du fait du poids des UC, qui ne sont pas à la main de la compagnie et la répartition des investissements entre euro et UC n'est pas à la main de l'assureur, il peut y avoir des incitations commerciales mais le choix reste celui de l'assuré.

Le profil du risque des affaires futures de l'euro, i.e. d'une année complémentaire de souscription, est proche du profil de risque des affaires en stock et accroît le risque uniquement par un effet volume. Cela s'explique essentiellement par la spécificité de la compagnie, présentant des taux de rachat particulièrement élevés qui conduisent à une duration proche du stock de contrats et des nouvelles affaires. Le profil de risque des affaires futures de l'UC, i.e. d'une année complémentaire de souscription, améliore le profil de risque global.

Voici les résultats obtenus pour le calcul de SCR anticipé (plus facile à analyser que la métrique du ratio de couverture), détaillés par segment :

	SCR Espéré	SCR Espéré	SCR Espéré	SCR Espéré	SCR Espéré	SCR Espéré
	Global	Fonds Propres	Euro In Force	UC In Force	Euro N.B	UC N. B.
	31.12.2010	31.12.2010	31.12.2010	31.12.2010	31.12.2010	31.12.2010
En M€						
Valeur Attendue (i)	66,7	6,9	24,0	27,5	7,2	4,8
Risques de Marché	(6,0)	1,9	(1,7)	(5,0)	(0,2)	(1,2)
Taux d'intérêt	(0,6)	0,2	0,1	0,1	(0,0)	(0,6)
Actions	(9,8)	(0,3)	(3,0)	(4,7)	(0,6)	(1,1)
Spread	4,5	2,7	1,4	-	0,4	-
Concentration	0,0	(0,1)	0,1	-	(0,0)	-
Prime d'illiquidité	0,3	-	0,2	0,1	0,0	0,0
Bénéfice de Diversification	(0,4)	(0,7)	(0,4)	(0,5)	(0,0)	0,6
Risque de Crédit	(1,1)	(0,1)	(0,8)	-	(0,2)	-
Risques de Souscription	5,8	-	1,1	4,2	0,2	0,5
Mortalité	0,1	-	0,0	0,1	0,0	0,0
Rachats	5,2	-	0,6	3,9	0,1	0,5
Dépenses	1,2	-	0,6	0,5	0,1	0,0
Bénéfice de Diversification	(0,7)	-	(0,2)	(0,3)	(0,0)	(0,0)
Risque Opérationnel	1,5	-	0,8	0,7	0,0	0,0
Risque Actifs Intangibles	-	-	-	-	-	-
Risque New Business	(1,0)	-	-	-	(0,6)	(0,4)
Absorption par les Impôts Différés	0,4	(0,5)	0,1	0,1	0,2	0,2
Bénéfice de Diversification Global	(1,0)	0,1	0,1	(0,4)	0,1	0,1
Delta SCR @ 95% (ii)	(1,2)	1,4	(0,4)	(0,4)	(0,6)	(0,7)
Valeur après Déviation @95%	65,5	8,3	23,6	27,1	6,6	4,2

Figure 29 - résultats du Profil de Risque pour la métrique SCR pour chaque segment

La notion de ratio de couverture pour l'Euro seule ou l'UC seul permet uniquement de comparer les contributions réciproques des deux segments au niveau du ratio de couverture global. L'Euro présente un besoin de fonds propres net, car la valeur générée par les contrats est sensiblement inférieure aux besoins de couverture. L'UC est contributeur net aux fonds propres avec une valeur supérieure aux besoins de couverture. Mais ceci doit être nuancé car les fonds propres des UC ne sont pas de même qualité que les fonds propres durs (ils sont constitués par des marges futures) et des arbitrages massifs entre euros et UC peuvent changer la physionomie du profil de risque.

Les affaires futures de l'Euro sont relativement similaires à celles du stock en termes de besoin de fonds propres : un accroissement des volumes de l'Euro présente donc des effets similaires qu'il s'agisse de moindres rachats, de transferts ou de production future.

Les affaires futures de l'UC contribuent à améliorer le ratio de solvabilité global du fait de l'importante création de valeur dans un référentiel SII par rapport aux besoins de marge de solvabilité additionnels.

Elles pourraient être souscrites sans augmentation de capital de Barclays Vie et en étant même créatrices de capacité de couverture des besoins des autres segments.

Les résultats obtenus sur les deux métriques montrent aussi que les principaux risques ne sont pas à la main de la compagnie dans le court-terme mais à la main des assurés, la société est exposée à des risques essentiellement non couvrables. Les risques financiers sur les UC dépendent du choix de fonds d'investissements par les assurés. Les risques de souscription et principalement le risque de rachat est

à un niveau très élevé. De plus, sur les risques financiers couvrables pouvant faire l'objet d'une gestion propre, la stratégie d'allocation d'actifs est déjà très prudente.

#### **IV.4 Suivi des métriques dans le temps dans le cadre du pilotage d'une activité**

Nous avons vu jusqu'à présent que le profil de risque calculé en début de période sert à être intégré dans le processus global de gestion des risques par la déclinaison en limites opérationnelles. Mais une fois cela effectué, il est important de pouvoir suivre dans le temps l'évolution de ce profil de risque afin de voir si le profil reste dans le cadre prédéfini ou bien s'il s'en écarte sensiblement, cas dans lequel il faudra prendre des mesures correctrices pour diminuer son exposition à certains risques (changement de l'allocation stratégique d'actifs, action commerciale pour limiter les rachats ou arbitrages ...) et ajuster le profil de risque.

Nous allons donc voir comment comparer l'anticipé et le réalisé en cours de période. Nous partirons pour cela de la situation au 30 septembre 2011, afin de voir si avec la politique de risque menée jusque présent et l'évolution des conditions de marché, le profil de risque de la compagnie reste dans le cadre prédéfini, i.e. si pour chacune des métriques étudiées, les déviations réalisées ne s'écartent pas plus que les déviations maximum anticipées en début d'année et nous verrons comment mettre à jour le profil de risque.

Des méthodes de suivi du profil de risque ont été mises en place pour les deux métriques définies. Nous présentons ci-après la méthode adoptée ainsi que les résultats du suivi au 30.09.2011 du profil de risque.

##### **IV.4.1 Evolution des données et ajustement de la NAV anticipée**

Afin de pouvoir utiliser l'outil et le suivre dans le temps afin de prendre des mesures correctives si nécessaire au fil de l'eau, la première étape est de prendre en compte l'évolution des données, des facteurs de risque à la date d'étude souhaitée afin de voir quel impact cela a sur les niveaux des métriques étudiées, la seconde étape permettra de mesurer l'impact sur leurs déviations anticipées.

La première étape permet donc de mettre à jour le niveau anticipé des métriques. Nous allons, pour cela, étudier la situation observée à une date donnée de l'année, nous nous pencherons ci-après sur la situation au 30.09.11, afin de voir comment les différents facteurs de risque ont pu évoluer et quels en sont les impacts sur l'anticipation du niveau des métriques que nous avons effectuée au moment de la construction du profil de risque.

Pour chacun des facteurs de risque, nous allons ensuite constater quelle proportion du risque a été réalisée à la date d'observation du suivi du profil de risque par rapport au profil de risque construit initialement (en début d'année sur la date de clôture) suite aux événements de marché, à la gestion de la compagnie ainsi qu'aux comportements des assurés à la date de suivi retenue.

Descendons donc un par un les facteurs de risque impactant notre compagnie et ayant été retenus dans le calcul du profil de risque.

#### IV.4.1.1 Risques de Marché

##### IV.4.1.1.a) Le Risque Action

Rappelons que le choc, à appliquer initialement, obtenu après calibration à 95% des scénarii de stress était de -27,66% (effet dampener inclus). La calibration initiale des chocs (issue des calibration paper) suppose que les actifs suivent un trend calculé à partir de moyennes historiques. Ainsi, si l'on suppose que le portefeuille actions suit la même évolution que l'indice CAC 40 (benchmark ayant également servi à la calibration des scénarios économiques via les volatilités implicites utilisées) pour comparer le réalisé au 30.09.11 et l'anticipé au 31.12.10 du 31.12.11, nous allons comparer le choc théorique de fin de période initialement anticipé à la nouvelle anticipation du 31.12.11 réévaluée suite à la variation observée du sous-jacent au 30.09.11.

Le CAC 40 au 31.12.10 était à 3805 points. Les calibration paper supposent qu'en situation normale de marché, l'indice suit un trend annuel de moyenne historique égale à 10.04%. La valeur anticipée du CAC 40 en fin de période, soit au 31.12.11, s'obtient donc par :

$$CAC\ 40_{30.12.11} = CAC\ 40_{30.12.10} * (1 + trend)$$

La relation précédente donne donc une valeur espérée du CAC 40 en situation normale de marché égale à 4187 points.

Le choc théorique de fin de période est donc de :

$$Choc_{Théorique\ à\ 95\%-EoP} = \frac{CAC\ 40_{31.12.10} * (1 + choc_{95\%})}{CAC\ 40_{31.12.11\ vu\ au\ 31.12.10}} - 1 = -34.26\%$$

Plaçons-nous alors au 30.09.11 afin de comparer le réalisé avec l'estimation du choc à 95% et de voir quelle part du risque s'est matérialisée. Au 30.09.11, le CAC 40 était à 2982 points.

Si l'on suppose que le CAC 40 suit la même tendance de 10.04% sur le dernier trimestre 2011, la valeur anticipée du CAC 40 en fin de période, soit au 31.12.11, s'obtient donc par :

$$CAC\ 40_{31.12.11} = CAC\ 40_{30.09.11} * (1 + trend)^{3/12}$$

La relation précédente nous donne donc un CAC 40 anticipé à partir de l'observation du 30.09.11 à 3054 points. Le choc théorique de fin de période ajusté de l'observation du 30.09.11 :

$$Choc^*_{Théorique\ à\ 95\%-EoP} = \frac{CAC\ 40_{31.12.10}}{CAC\ 40_{31.12.11\ vu\ au\ 30.09.11}} - 1 = -27.06\%$$

Le choc action réalisé au 30.09.11 est donc moins important que le choc simulé à 95%. L'étape suivante logique est donc de mesurer l'impact sur le niveau anticipé de la NAV au 31.12.11 de la part du choc réalisé au 30.09.11.

Et c'est exactement pour cette raison que nous parlons de part de choc réalisé. En effet, afin d'ajuster le niveau de NAV anticipé, nous allons utiliser les résultats de l'exercice de calcul du profil de risque. Ce dernier nous a permis de quantifier l'impact d'un choc à 95% sur la NAV en utilisant un facteur d'échelle  $\alpha$ .

$$\alpha = \frac{Choc_{Théorique \text{ à } 95\% - EoP}^*}{Choc_{Théorique \text{ à } 95\% - EoP}}$$

La relation précédente nous donne donc un facteur  $\alpha = 79\%$ .

Si l'on reprend le profil de risque obtenu pour la métrique NAV (cf. figure 22), nous avons obtenu une déviation calculée sous un scénario de stress à 95% de 27M€ sur les actions. Nous pouvons donc utiliser cette déviation pour déduire l'impact de la baisse des marchés actions observée au 30.09.11 sur le niveau de NAV au 31.12.11 anticipé au 31.12.10. Le choc réalisé n'est donc pas celui théorique estimé à 95% de 34.26% mais celui estimé à partir de l'observé au 30.09.11 et donc de 27.06%. L'impact sur la NAV ne sera pas celui de 27M€ correspondant à un choc dans un scénario de stress à 95% mais celui que l'on peut déduire grâce au facteur d'échelle de  $\alpha * \text{dévi}ation \text{ anticipée} = 21.2M€$ .

#### IV.4.1.1.b) Le Risque de Taux d'intérêt

Le principe est le même. Nous allons utiliser le niveau de déviation calculée dans le scénario de stress à 95% pour en déduire l'impact du mouvement de la courbe de taux d'intérêt observé au 30.09.11.

Pour cela, nous allons tout d'abord nous placer au 30.09.11 pour voir quelle part du risque a été réalisée et quel en a été l'impact sur l'anticipation de la NAV au 31.12.11. La démarche est donc la même que pour le risque action, nous allons tout d'abord mettre à jour les données de marché observées, mettre à jour le niveau des chocs réalisés (vs ceux dont l'impact sur la NAV a été quantifié) et puis en déduire l'impact sur le niveau anticipé de la NAV.

Afin de pouvoir ajuster le niveau de NAV anticipée au 31.12.11 des mouvements de taux d'intérêt observés au 30.09.11, nous allons raisonner grâce aux taux forward. Nous avons donc besoin de la courbe des taux forward 1 an calculée au 31.12.10 et de la courbe de taux forward 3 mois calculée à partir des données observées au 30.09.11. Nous pouvons ainsi calculer le mouvement de taux anticipé au 31.12.11 vu et ajusté au 30.09.11, mouvement des taux que nous pourrions comparer au choc à 1 an simulé au 31.12.10 dans le scénario de stress à 95%. Le graphique ci-dessous nous donne l'évolution des taux forward au 31.12.2011 calculés au 31.12.10 et au 30.09.11.

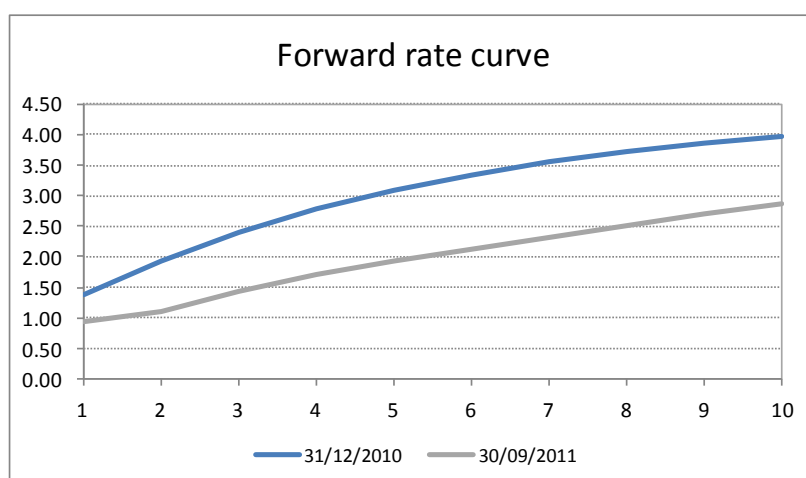


Figure 30 - courbe des Taux Forward

La courbe des taux forward a donc significativement baissé sur la période. Un choc à la baisse des taux est un choc plutôt favorable pour notre société vie. Il n'apparaît pas dans les résultats consolidés du calcul du profil de risque, mais l'impact a été mesuré lors de cet exercice. En effet, le risque de taux d'intérêt a été mesuré comme le pire entre l'impact sur la NAV d'une hausse des taux ou d'une baisse des taux. Si l'on reprend le profil de risque obtenu pour la métrique NAV (cf. figure 22), nous avons obtenu une déviation calculée sous un scénario de stress à 95% de +6M€ pour le scénario de baisse des taux.

De plus, afin de pouvoir déduire le niveau de choc réalisé par rapport au niveau de choc calculé dans l'exercice de profil de risque à 95%, nous avons besoin d'un niveau de taux de référence sur la courbe, nous supposons ensuite que la courbe des taux a translaté, nous ne prendrons pas en compte la déformation de la pente dans le cadre du suivi du profil de risque. Nous retiendrons donc comme niveau de référence pour la courbe de taux d'intérêt le taux d'intérêt correspondant à la duration du passif afin de pouvoir en déduire de façon assez simplifiée une estimation de l'impact sur notre portefeuille. La duration dans un scénario central sur le passif avoisinant les 9 ans, nous retiendrons comme variable de référence pour les calculs de l'impact des taux, le taux d'intérêt 9 ans issus de la courbe des taux swap initiale. Ainsi, le niveau des taux forward 9 ans au 30.12.11 est passé de 3.85% à 2.69%, soit une baisse de -30.08%.

L'étape suivante est donc de comparer ce choc anticipé et mis à jour grâce à l'observé du 30.09.11 avec l'impact du choc quantifié pour l'exercice de calcul du profil de risque, dans un scénario de stress à 95%.

Suite à la calibration des chocs à la baisse des taux dans un scénario de stress à 95%, nous avons obtenu un choc de -21.07% à appliquer sur la courbe des taux pour une maturité de 9 ans.

Le choc à la baisse des taux d'intérêt réalisé au 30.09.11 est donc plus important que le choc simulé à 95%. Mesurons donc l'impact sur le niveau anticipé de la NAV au 31.12.11 de la part du choc réalisé au 30.09.11. Afin d'ajuster le niveau de NAV anticipé, nous allons utiliser les résultats de l'exercice de calcul du profil de risque. Ce dernier nous a permis de quantifier l'impact d'un choc à 95% sur la NAV en utilisant un facteur d'échelle  $\alpha$  égal à

$$\alpha = \frac{Choc_{Théorique \text{ à } 95\% - EoP}^*}{Choc_{Théorique \text{ à } 95\% - EoP}} = 143\%$$

Si l'on reprend le profil de risque obtenu pour la métrique NAV, nous avons donc obtenu une déviation calculée sous un scénario de stress à 95% de 6M€ pour un choc à la baisse des taux. Nous pouvons donc utiliser cette déviation pour déduire l'impact de la baisse des taux d'intérêt observée au 30.09.11 sur le niveau de NAV au 31.12.11 anticipé au 31.12.10. Le choc réalisé n'est donc pas celui théorique estimé à 95% de -21.07% mais celui estimé à partir de l'observé au 30.09.11 et donc de -30.08%. L'impact sur la NAV ne sera pas celui de 6M€ correspondant à un choc dans un scénario de stress à 95% mais celui que l'on peut déduire grâce au facteur d'échelle de  $\alpha * \text{dévi}ation \text{ anticipée} = 8.8M€$ .

#### IV.4.1.1.c) Le Risque de Spread

La démarche est donc la même que précédemment, nous allons tout d'abord mettre à jour les données de marché observées, mettre à jour le niveau des chocs réalisés (vs ceux dont l'impact sur la NAV a été

quantifié) et puis en déduire l'impact sur le niveau anticipé de la NAV. Nous allons utiliser le niveau de déviation calculée dans le scénario de stress à 95% pour en déduire l'impact d'un mouvement sur les spreads obligataires, tel que celui observé au 30.09.11.

Pour cela, plaçons-nous au 30.09.11 afin de mesurer quelle part du risque a été réalisée et quel en a été l'impact sur l'anticipation de la NAV au 31.12.11. Afin de pouvoir ajuster le niveau de NAV anticipé au 31.12.11 des mouvements observés sur les spreads de crédit au 30.09.11, nous allons donc regarder l'évolution du portefeuille entre le 31.12.10 et le 30.09.11. Au 31.12.10, le spread moyen du portefeuille était de 137bps. Au 30.09.11, les spreads se sont globalement écartés, touchant toutes les classes d'actifs et tous les secteurs, le spread moyen du portefeuille a donc évolué pour atteindre 174bps, soit une augmentation de 37bps en moyenne sur le portefeuille.

Afin de comparer cette évolution à la déviation calculée dans le scénario de stress à 95%, nous devons comparer cet écartement de 37bps au choc modélisé. Pour cela, nous allons regarder la composition par rating du portefeuille afin de calculer le choc moyen modélisé dans le choc de spread du scénario de stress à 95%. Nous rappelons également que dans l'exercice de calcul de profil de risque, nous avons décidé d'inclure le risque sur les souverains. Voici donc la composition du portefeuille au 31.12.10 :

Ratings	%
AAA	47.18%
AA+	7.10%
AA	4.62%
AA-	7.59%
A+	15.26%
A	8.80%
A-	5.57%
BBB+	1.58%
BBB	0.58%
BBB-	0.29%
BB+	1.23%
BB	0.20%
BB-	0.00%
B+	0.00%
B	0.00%
B-	0.00%
CCC	0.00%
CC	0.00%
C	0.00%
D	0.00%
Unrated	0.00%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Nous allons ensuite utiliser les matrices de pondération fournies par les agences externes de notation afin de calculer un rating moyen du portefeuille pondéré par le risque. En effet, elles permettent de calculer des scores ajustés au risque, en accordant un poids plus important aux risques les plus probables, i.e. meilleur est le rating, plus faible est son poids dans le score final. Il en existe plusieurs. Celle de S&P est souvent utilisée, en particulier par le Comité de Bâle. Nous allons plutôt utiliser celle

de Moody's (cf. [annexe n°2](#)) qui ajoute en plus la dimension de duration. En effet, la pondération à appliquer à chaque rating, dépend du rating mais également de la duration du portefeuille.

Ainsi, en appliquant chaque pondération à chaque tranche de rating, nous obtenons un score moyen du portefeuille ajusté au risque. A l'intervalle auquel appartient ce score correspond un rating moyen équivalent que l'on peut alors donner au portefeuille. Pour un portefeuille dont la duration est d'environ 6 ans, nous obtenons par ce calcul un score pour le portefeuille au 31.12.10 de 79, correspondant à un rating moyen A+. Le tableau ci-dessous rappelle les chocs calibrés sous un scénario de stress à 95% :

Rating	F(Rating) 95%
AAA	0.57%
AA	0.70%
A	0.89%
BBB	1.60%
BB	2.87%
B or lower	4.79%
Unrated	1.92%
Mortgage covered bonds	0.38%

Le choc à appliquer sur un portefeuille dont le rating moyen est A+ s'obtient à partir du tableau précédent et de la composition de notre portefeuille, et nous obtenons donc un choc moyen pour notre portefeuille de 75bps.

Dans la réalité, l'écartement des spreads moyens sur notre portefeuille, observé au 30.09.11 et calculé précédemment a été de 37bps.

Le choc observé est donc moins important que celui quantifié dans l'exercice de calcul du profil de risque. Mesurons donc l'impact sur le niveau anticipé de la NAV au 31.12.11 de la part du choc réalisé au 30.09.11. Afin d'ajuster le niveau de NAV anticipé, nous allons utiliser les résultats de l'exercice de calcul du profil de risque. Ce dernier nous a permis de quantifier l'impact d'un choc à 95% sur la NAV en utilisant un facteur d'échelle  $\alpha$  égal à :

$$\alpha = \frac{Choc_{Théorique \text{ à } 95\% - EoP}^*}{Choc_{Théorique \text{ à } 95\% - EoP}} = 47\%$$

Si l'on reprend le profil de risque obtenu pour la métrique NAV (cf. figure 22), nous avons donc obtenu une déviation calculée sous un scénario de stress à 95% de -14M€ pour un choc à la baisse des taux. Nous pouvons donc utiliser cette déviation pour déduire l'impact de l'écartement des spreads observé au 30.09.11 sur le niveau de NAV au 31.12.11 anticipé au 31.12.10. Le choc réalisé n'est donc pas celui théorique estimé à 95% d'un écartement moyen sur le portefeuille de 75bps mais celui estimé à partir de l'observé au 30.09.11 et donc de 37bps. L'impact sur la NAV ne sera pas celui de 14M€ correspondant à un choc dans un scénario de stress à 95% mais celui que l'on peut déduire grâce au facteur d'échelle de  $\alpha * \text{déviation anticipée} = 6.8M€$ .



#### IV.4.1.1.d) Risque d'illiquidité

La prime d'illiquidité étant en cours de discussion dans le cadre de l'élaboration des mesures de niveau II afin d'être remplacée par une prime contra-cyclique, nous ne prendrons pas en compte d'évolution de ce facteur de risque susceptible de changer considérablement.

#### IV.4.1.1.e) Risque de Concentration

Le cas du risque de concentration est un peu différent dans le sens où il ne peut pas avoir une partie du risque réalisé ou pas. En effet il y a événement de défaut ou pas. Dans le cas où un défaut est observé sur le portefeuille pour une contrepartie où la compagnie est très exposée, cela constitue un événement majeur nécessitant un nouveau calcul complet du profil de risque. Dans le cas inverse, l'évolution du temps n'a pas d'impact sur le niveau des métriques anticipées.

### IV.4.1.2 *Risques de Souscription*

#### IV.4.1.2.a) Le Risque de Mortalité

Le principe est à nouveau le même. Nous allons utiliser le niveau de déviation calculée dans le scénario de stress à 95% pour en déduire l'impact d'un choc sur les décès ou sur la longévité, tel que celui observé au 30.09.11.

Pour cela, nous allons à nouveau nous placer au 30.09.11 pour voir quelle part du risque a été réalisée et quel en a été l'impact sur l'anticipation de la NAV au 31.12.11. La démarche est donc la même que précédemment, nous allons tout d'abord mettre à jour les données observées, mettre à jour le niveau des chocs réalisés (vs ceux dont l'impact sur la NAV a été quantifié) et puis en déduire l'impact sur le niveau anticipé de la NAV.

Afin de pouvoir ajuster le niveau de NAV anticipée au 31.12.11, nous allons utiliser les taux de décès observés au 30.09.11. Au 30.09.11, nous observons un taux de décès de 1.49%, alors que le taux de décès anticipé au 31.12.10 était de 1.70%. Les assurés sont donc décédés de façon moins importante qu'anticipé, soit une différence de -12.56%. Il ne s'agit donc pas d'un choc de mortalité mais d'un choc de longévité observé sur le portefeuille.

Un choc de longévité est un choc favorable pour notre société vie. Son impact n'apparaît pas dans les résultats consolidés du calcul du profil de risque, mais il a été mesuré lors de cet exercice. En effet, il fait partie des chocs du module de risque de souscription et est intégré au total consolidé dans le cas où celui a un impact négatif sur la NAV (cas où une perte découle d'un tel choc). Si l'on reprend donc le profil de risque obtenu pour la métrique NAV (cf. figure 22) et que nous allons chercher les résultats pour le choc de longévité calculé, nous obtenons une déviation calculée sous un scénario de stress à 95% de +1M€ pour le scénario de longévité.

L'étape suivante est donc de comparer ce choc anticipé de -12.56% et mis à jour grâce à l'observé du 30.09.11 avec l'impact du choc quantifié pour l'exercice de calcul du profil de risque, dans un scénario de stress à 95%.

Suite à la calibration des chocs à la baisse des taux dans un scénario de stress à 95%, nous avons obtenu un choc de -9.58% à appliquer sur l'ensemble de la table de mortalité et donc des taux de décès.

Le choc à la baisse des taux de décès réalisé au 30.09.11 est donc plus important que le choc simulé à 95%. Mesurons donc l'impact sur le niveau anticipé de la NAV au 31.12.11 de la part du choc réalisé au 30.09.11. Afin d'ajuster le niveau de NAV anticipé, nous allons utiliser les résultats de l'exercice de calcul du profil de risque. Ce dernier nous a permis de quantifier l'impact d'un choc à 95% sur la NAV en utilisant un facteur d'échelle  $\alpha$  égal à

$$\alpha = \frac{Choc_{Théorique \text{ à } 95\% - EoP}^*}{Choc_{Théorique \text{ à } 95\% - EoP}} = 131\%$$

Si l'on reprend le profil de risque obtenu pour la métrique NAV (cf. figure 22), nous avons donc obtenu une déviation calculée sous un scénario de stress à 95% de 1M€ pour un choc de longévité. Nous pouvons donc utiliser cette déviation pour déduire l'impact de la baisse des taux de décès observée au 30.09.11 sur le niveau de NAV au 31.12.11 anticipé au 31.12.10. Le choc réalisé n'est donc pas celui théorique estimé à 95% de -9.58% mais celui estimé à partir de l'observé au 30.09.11 et donc de -12.56%. L'impact sur la NAV ne sera pas celui de 1M€ correspondant à un choc dans un scénario de stress à 95% mais celui que l'on peut déduire grâce au facteur d'échelle de  $\alpha * \text{déviation anticipée} = 1.2M€$ .

#### IV.4.1.2.b) Le Risque de Rachats

Le principe est à nouveau le même. Nous allons utiliser le niveau de déviation calculée dans le scénario de stress à 95% pour en déduire l'impact d'un choc sur les rachats, tel que celui observé au 30.09.11.

Pour cela, nous allons à nouveau nous placer au 30.09.11 pour voir quelle part du risque a été réalisée et quel en a été l'impact sur l'anticipation de la NAV au 31.12.11. La démarche est donc la même que précédemment, nous allons tout d'abord mettre à jour les données observées, mettre à jour le niveau des chocs réalisés (vs ceux dont l'impact sur la NAV a été quantifié) et puis en déduire l'impact sur le niveau anticipé de la NAV.

Afin de pouvoir ajuster le niveau de NAV anticipée au 31.12.11, nous allons utiliser les taux de rachats observés au 30.09.11. Au 30.09.11, nous observons un taux de rachat de 11.12% sur 2011, ce qui fait un taux moyen sur 3 ans de 9.41%. Les taux de rachat anticipés au 31.12.10 étaient calculés sur les données de 2008, 2009 et 2010 et permettaient d'aboutir à un taux moyen sur 3 ans de 9%. Les assurés ont donc racheté de façon plus importante qu'anticipé, soit une différence de +4.55%. Nous observons donc bien un choc à la hausse sur les taux de rachat.

Un choc de hausse des rachats n'est pas un scénario favorable pour notre société vie. Son impact apparaît dans les résultats consolidés du calcul du profil de risque, il a été mesuré lors de cet exercice tout comme le choc à la baisse sur les rachats et le choc de rachats massifs. En effet, ils font tous partie des chocs du module de risque de souscription et sont intégrés au total consolidé dans le cas où celui a un impact négatif sur la NAV (cas où une perte découle d'un tel choc). Si l'on reprend donc le profil de risque obtenu pour la métrique NAV (cf. figure 22), nous obtenons une déviation calculée sous un scénario de stress à 95% de -12M€ pour le scénario qui nous pénalise le plus et qui s'est produit, de hausse des rachats.

L'étape suivante est donc de comparer ce choc anticipé de +4.55% et mis à jour grâce à l'observé du 30.09.11 avec l'impact du choc quantifié pour l'exercice de calcul du profil de risque, dans un scénario de stress à 95%.

Suite à la calibration des chocs à la hausse des taux de rachat dans un scénario de stress à 95%, nous avons obtenu un choc de +31.93%% à appliquer sur l'ensemble des générations de la loi de rachat.

Le choc à la hausse des taux de rachat réalisé au 30.09.11 est donc moins important que le choc simulé à 95%. Mesurons donc l'impact sur le niveau anticipé de la NAV au 31.12.11 de la part du choc réalisé au 30.09.11. Afin d'ajuster le niveau de NAV anticipé, nous allons utiliser les résultats de l'exercice de calcul du profil de risque. Ce dernier nous a permis de quantifier l'impact d'un choc à 95% sur la NAV en utilisant un facteur d'échelle  $\alpha$  égal à

$$\alpha = \frac{Choc_{Théorique \text{ à } 95\% - EoP}^*}{Choc_{Théorique \text{ à } 95\% - EoP}} = 14\%$$

Si l'on reprend le profil de risque obtenu pour la métrique NAV (cf. figure 22), nous avons donc obtenu une déviation calculée sous un scénario de stress à 95% de -12M€ pour un choc sur les taux de rachats à la hausse. Nous pouvons donc utiliser cette déviation pour déduire l'impact de la hausse des taux de rachat observée au 30.09.11 sur le niveau de NAV au 31.12.11 anticipé au 31.12.10. Le choc réalisé n'est donc pas celui théorique estimé à 95% de 31.93% mais celui estimé à partir de l'observé au 30.09.11 et donc de 4.55%. L'impact sur la NAV ne sera pas celui de -12M€ correspondant à un choc dans un scénario de stress à 95% mais celui que l'on peut déduire grâce au facteur d'échelle de  $\alpha * \text{déviation anticipée} = 1.6M€$ .

#### IV.4.1.2.c) Le Risque de Dépenses

Nous allons à nouveau adopter le même principe. Nous allons utiliser le niveau de déviation calculée dans le scénario de stress à 95% pour en déduire l'impact d'un choc sur les dépenses, tel que celui observé au 30.09.11.

Pour cela, nous allons à nouveau nous placer au 30.09.11 pour voir quelle part du risque a été réalisée et quel en a été l'impact sur l'anticipation de la NAV au 31.12.11. La démarche est donc la même que précédemment, nous allons tout d'abord mettre à jour les données observées, mettre à jour le niveau des chocs réalisés (vs ceux dont l'impact sur la NAV a été quantifié) et puis en déduire l'impact sur le niveau anticipé de la NAV.

Afin de pouvoir ajuster le niveau de NAV anticipé au 31.12.11, nous allons comparer la croissance des coûts anticipée au 30.09.11. Au 30.09.11, nous observons 1M€ supérieur à ce qui avait été anticipé au 31.12.10, ce qui fait une augmentation de 8.43%.

Un choc de hausse des dépenses n'est pas un scénario favorable pour notre société vie. Son impact apparaît dans les résultats consolidés du calcul du profil de risque, il a été mesuré lors de cet exercice. En effet, il fait partie des chocs du module de risque de souscription et est intégré au total consolidé. Si l'on reprend donc le profil de risque obtenu pour la métrique NAV (cf. figure 22), nous obtenons une déviation calculée sous un scénario de stress à 95% de -6M€ pour le scénario qui nous pénalise et qui s'est produit, de hausse des coûts.

L'étape suivante est donc de comparer ce choc anticipé de +8.43% et mis à jour grâce à l'observé du 30.09.11 avec l'impact du choc quantifié pour l'exercice de calcul du profil de risque, dans un scénario de stress à 95%.

Suite à la calibration des chocs à la hausse des dépenses dans un scénario de stress à 95%, nous avons obtenu un choc de +6.39% à appliquer sur l'ensemble des coûts.

Le choc à la hausse des coûts réalisé au 30.09.11 est donc plus important que le choc simulé à 95%. Mesurons donc l'impact sur le niveau anticipé de la NAV au 31.12.11 de la part du choc réalisé au 30.09.11. Afin d'ajuster le niveau de NAV anticipé, nous allons utiliser les résultats de l'exercice de calcul du profil de risque. Ce dernier nous a permis de quantifier l'impact d'un choc à 95% sur la NAV en utilisant un facteur d'échelle  $\alpha$  égal à

$$\alpha = \frac{Choc_{Théorique \text{ à } 95\% - EoP}^*}{Choc_{Théorique \text{ à } 95\% - EoP}} = 132\%$$

Si l'on reprend le profil de risque obtenu pour la métrique NAV (cf. figure 22), nous avons donc obtenu une déviation calculée sous un scénario de stress à 95% de -6M€ pour un choc sur les coûts. Nous pouvons donc utiliser cette déviation pour déduire l'impact de la hausse des coûts observée au 30.09.11 sur le niveau de NAV au 31.12.11 anticipé au 31.12.10. Le choc réalisé n'est donc pas celui théorique estimé à 95% de 6.39% mais celui estimé à partir de l'observé au 30.09.11 et donc de 8.43%. L'impact sur la NAV ne sera pas celui de -6M€ correspondant à un choc dans un scénario de stress à 95% mais celui que l'on peut déduire grâce au facteur d'échelle de  $\alpha * \text{dévi}ation \text{ anticipée} = -8.1M€$ .

#### IV.4.1.3 Risque de Contrepartie

Le suivi du risque de contrepartie est difficilement mesurable et automatisable. En cas de défaut d'une des contreparties, il conviendra alors de quantifier l'impact, à dire d'experts, sur les métriques observées afin de mettre à jour le profil de risque.

#### IV.4.1.4 Risque Opérationnel

Le suivi du risque opérationnel est également particulier. Un risque opérationnel qui se produit se matérialise par une perte qui pourra directement être impactée sur les niveaux des métriques anticipées.

#### IV.4.1.5 Autres Risques

Comme autre risque identifié dans la mise en place du profil de risque, nous avons identifié le risque business. Pour rappel, dans une approche où l'on cherche à mesurer tous les risques qui peuvent avoir un impact sur le niveau anticipé des métriques qu'une compagnie cherche à anticiper et piloter à un horizon donné, l'assureur doit intégrer la production anticipée sur cet horizon. Cette production va générer du résultat, à prendre en compte dans les différentes métriques que l'on peut suivre : fonds propres, résultat, ratio de couverture.

Une mauvaise anticipation de la production aura donc un impact sur le niveau des métriques anticipées. Dans le cadre de l'exercice de calcul du profil de risque, le risque de non réalisation du business plan a bien été intégré dans ce sens. Un choc de 20% a été fixé.

Nous cherchons ici donc à mesurer l'écart de réalisation de business plan constaté au 30.09.11, écart qui aura un impact sur le niveau de NAV anticipé au 31.12.11.

L'approche est alors à nouveau la même que pour les autres risques sur lesquels nous nous sommes jusqu'à présent penchés. Nous allons constater à quel niveau de réalisation du risque se situe la compagnie à la date d'étude donnée, nous allons rapprocher le choc réalisé du choc modélisé pour en déduire l'impact sur le niveau de NAV anticipé.

Plaçons-nous alors au 30.09.11. Au 30.09.11, seulement 70% du budget initial a été réalisé et la compagnie anticipe aux vues des conditions de marché et des premiers retours des réseaux avertissant la Direction sur un ralentissement de la collecte que ce retard ne pourra pas être rattrapé dans les 3 derniers mois de l'année. Nous pouvons donc considérer que le risque business s'est réalisé à hauteur de -30%.

Comme nous venons de le rappeler, le niveau du choc modélisé dans l'exercice de calcul du profil de risque était de -20%.

Le risque réalisé est donc plus important que celui quantifié et pris en compte dans le calcul du choc dans un scénario de stress à 95%.

Mesurons donc l'impact sur le niveau anticipé de la NAV au 31.12.11 de la part du choc réalisé au 30.09.11. Afin d'ajuster le niveau de NAV anticipé, nous allons utiliser les résultats de l'exercice de calcul du profil de risque. Ce dernier nous a permis de quantifier l'impact d'un choc à 95% sur la NAV en utilisant un facteur d'échelle  $\alpha$  égal à

$$\alpha = \frac{Choc_{Théorique \text{ à } 95\% - EoP}^*}{Choc_{Théorique \text{ à } 95\% - EoP}} = 150\%$$

Si l'on reprend le profil de risque obtenu pour la métrique NAV (cf. figure 22), nous avons donc obtenu une déviation calculée sous un scénario de stress à 95% de -3M€ pour un choc sur le niveau de réalisation du business plan. Nous pouvons donc utiliser cette déviation pour déduire l'impact de l'écart au budget observé au 30.09.11 sur le niveau de NAV au 31.12.11 anticipé au 31.12.10. Le choc réalisé n'est donc pas celui théorique estimé à 95% de -20% mais celui estimé à partir de l'observé au 30.09.11 et donc de -30%. L'impact sur la NAV ne sera pas celui de -3M€ correspondant à un choc dans un scénario de stress à 95% mais celui que l'on peut déduire grâce au facteur d'échelle de  $\alpha * \text{déviation anticipée} = -5M€$ .

#### IV.4.1.6 Impact des impôts différés

Les calculs d'impact de l'évolution des facteurs de risque sur le niveau de NAV anticipé ont été extrapolés des résultats obtenus pour la mise en place du profil de risque. Les niveaux de déviations utilisées correspondent aux impacts des chocs mesurés dans des scénarios nets, i.e. où une partie du choc est transféré à l'assuré par la modulation du taux servi, donc intégrant une absorption des pertes par la participation aux bénéfices. Il convient alors également de prendre en compte l'absorption des pertes par les impôts différés pour pouvoir complètement déduire de l'exercice de calcul du profil de risque les impacts sur les métriques anticipées.

Pour cela, nous pouvons utiliser le taux d'absorption global des chocs par les impôts différés issu du profil de risque et appliquer ce même taux aux impacts précédemment explicités.

#### IV.4.1.7 Agrégation des résultats

L'agrégation s'obtient alors en utilisant les matrices de corrélation intra et inter-modulaires. Le tableau ci-dessous résume alors les variations observées des facteurs de risque au 30.09.11 ainsi que leur impact sur la NAV SII, l'impact agrégé et la part absorbée par les impôts différés. Au 30.09.11, la NAV SII espérée diminue du fait de la baisse des marchés actions et de la hausse des spreads, de l'accroissement des rachats mais bénéficie en partie de la baisse des taux.

Basé sur les chiffres du					
Risque considéré	31/12/2010	30/09/2011	Niveau du choc	Part du risque réalisé	Impact sur la NAV
<b>Risques de marché</b>					<b>19.6</b>
Taux d'intérêt	3.85	2.69	-30.08%	143%	-9.1
Action	4 187	3 054	-27.06%	79%	21.6
Spread Moyen du portefeuille	1.37%	1.74%	0.36%	48%	7.0
<b>Risques de souscription</b>					<b>7.2</b>
Mortalité	1.70%	1.49%	-12.56%	-131%	-1.3
Rachats structurels €	8.24%	8.55%	3.76%	12%	0.3
Rachats structurels UC	10.45%	10.32%	-1.26%	-4%	0.0
Rachats Massifs €	0.00%	0.84%	0.84%	4%	-0.1
Rachats Massifs UC	0.00%	0.10%	0.10%	1%	0.1
Dépenses	7	8	8.43%	132%	8.2
<b>Risque Business</b>					<b>5.6</b>
Business			-37.03%	185%	5.59
<b>Impôts Différés</b>					<b>-11.7</b>
<b>Impact Total sur la NAV</b>					<b>20.65</b>

Figure 31 - Evolution des facteurs de risque

#### IV.4.2 Mise à jour du profil de risque pour la NAV

La seconde étape est donc de mettre à jour le profil de risque calculé en début d'année par rapport à la situation observée au 30.09.11 et la NAV anticipée que nous venons de calculer. En effet, les événements de marché, la gestion de la compagnie ainsi que les comportements des assurés à la date de suivi retenue ont un impact à la fois sur le niveau de la NAV anticipée mais également sur sa volatilité, i.e. les déviations que l'on a calibrées initialement. Nous allons donc voir, pour chacun des facteurs de risque, comment les variations observées, la part réalisée du risque à la date d'observation, a un impact sur les déviations calculées lors de l'exercice de construction du profil de risque initial (construit en début d'année sur la date de clôture).

Les déviations calculées pour le profil de risque initial ont été calibrées pour représenter l'impact d'un choc à 95% sur les métriques anticipées, l'amplitude du choc. Nous avons vu dans la partie précédente comment ajuster la NAV anticipée des observations connues à une date donnée, date de suivi du profil de risque. Nous allons voir comment la mise à jour de ces observations va impacter aussi l'amplitude des chocs à anticiper. A partir de ce moment-là, nous aurons donc la méthode pour, à une date donnée, mettre à jour les niveaux des métriques ainsi que leurs déviations anticipées.

Nous cherchons donc à calculer :

$$D_{i,N+t}^{NAV} = D_{i,N}^{NAV} * (1 + \alpha_i)$$

Où :

- $D_{i,N}^{NAV}$  représente la déviation de la métrique NAV anticipée dans 1 an, calculée au 31/12/N pour le facteur de risque i.
- $D_{i,N+t}^{NAV}$  représente la déviation de la métrique NAV anticipée dans 1 an, calculée en cours d'année N+1 pour le mois t.
- $\alpha_i$  représente l'évolution de la déviation entre les deux dates, paramètre que nous cherchons à déterminer.

Afin de déterminer  $\alpha_i$ , nous avons besoin d'étudier l'évolution du portefeuille sur la période pour identifier quelles variables endogènes ou exogènes peuvent avoir un impact sur l'évolution de la déviation calculée pour le facteur de risque i sur la période. En effet, certaines variables telles que la progression des encours ou l'allocation d'actif auront un impact sur l'évolution du portefeuille assurance et donc les déviations calculées. Mais de plus, l'évolution des facteurs de risque eux-mêmes va avoir un impact sur l'amplitude de l'impact d'une évolution supplémentaire sur les métriques étudiées. C'est pour cette raison que l'on parle de variable endogène, dans le sens où la réalisation même d'une partie du risque à une date donnée a un impact sur le niveau de déviation ajustée à cette même date.

Descendons donc un par un les facteurs de risque impactant notre compagnie et ayant été retenu dans le calcul du profil de risque afin de déterminer tout ce qui peut avoir un impact sur les niveaux de déviations calculées et donc notre profil de risque.

#### IV.4.2.1 Risque de Marché

##### IV.4.2.1.a) Le Risque Action

Nous cherchons donc quels facteurs peuvent impacter l'amplitude d'un choc action sur la métrique NAV anticipée, ajustée des observations connues à une date donnée. Si l'on se place donc à nouveau au 30.09.11, nous cherchons donc à évaluer comment la déviation initialement calculée dans l'exercice de profil de risque mené sur les données du 31.12.10 va évoluer suite aux observations du 30.09.11. Nous cherchons donc  $\alpha_{action}$  :

$$D_{action,30.09.11}^{NAV} = D_{actions,31.12.10}^{NAV} * (1 + \alpha_{action})$$

Comme nous l'avons déjà signalé, nous pouvons supposer que la déviation de la NAV anticipée calculée au 30.09.11 suite à un choc action évolue de la même façon que le portefeuille assurance (prise en compte du new business ainsi que de la sinistralité) et proportionnellement également à l'allocation du portefeuille (exposition au marché action). Nous pouvons donc écrire que :

$$D_{action,30.09.11}^{NAV} = D_{actions,31.12.10}^{NAV} * (1 + \Delta_{Réserves}) * (1 + \Delta_{Alloc}) * (1 + \alpha'_{action})$$

Où :

- $\Delta_{Reserves}$  représente l'évolution du portefeuille assurance, c'est-à-dire la différence entre le montant de provisions techniques anticipées pour le 31.12.11 au 31.12.10 et le montant de provisions techniques anticipées suite à celles observés au 30.09.11.
- $\Delta_{Alloc}$  représente l'évolution de l'allocation action dans le portefeuille d'actifs, allocation en valeur amortie.
- $\alpha'_{action}$  représente l'évolution non encore expliquée.

La part de l'évolution de la déviation non encore expliquée provient de la variation du facteur de risque observée. En effet, la déviation, que nous calculons initialement, mesure l'impact qu'un choc aurait sur les niveaux des métriques anticipées. Lorsque nous nous plaçons à une date donnée, nous avons vu que l'évolution des marchés actions a un impact sur le niveau de NAV anticipée. Mais le niveau des marchés actions a également un impact sur l'amplitude du choc action à simuler pour mesurer une déviation, et cela pour deux raisons :

- Le choc actions simulé est multiplicatif. En effet il s'applique à la valeur de marché des actions en portefeuille. Si à une date donnée, le portefeuille actions a déjà subi un choc, la valeur de marché du portefeuille actions aura donc déjà baissé, la déviation calculée à partir de ce portefeuille déjà dégradé du fait de la baisse du marché actions se calculera donc sur une base plus petite : la valeur de marché plus faible du portefeuille. La NAV anticipée a déjà été ajustée de la baisse des marchés. La déviation attendue de cette NAV ajustée doit prendre en compte le fait qu'un nouveau choc à anticiper serait donc en montant moins important.
- Le niveau du choc action simulé dépend du cycle des marchés actions, nous devons donc ajuster le choc de l'effet dampener. En effet, lors de la calibration des chocs à 95%, nous avons calibré le choc central à -21.28% pour les actions « Global » et -27.66% pour les actions « Others » avec un dampener maximum de -6.39% à appliquer. Il convient à la date de mise à jour du profil de risque, de regarder dans quelle partie du cycle action nous nous situons, afin de voir si le choc action à anticiper afin de mesurer une déviation est toujours le même, en particulier quel dampener utiliser à la date donnée.

Nous rappelons que le dampener se calcule en regardant le niveau actuel de l'indice par rapport à sa moyenne historique sur 3 ans afin de se situer dans le cycle du marché actions. Par rapport à cela, si l'on est en bas de cycle ou en haut de cycle, un ajustement pouvant aller entre -10% et +10% peut être appliqué dans le cas de la formule standard. Lorsque nous avons calibré sous une probabilité à 95% les différents éléments de la formule standard, l'intervalle pour le dampener a également été recalibré, passant de -6.39% à +6.39%. Si l'on se place donc au 30.09.11 et que nous regardons la moyenne sur 3 ans, l'indice est légèrement inférieur à sa moyenne historique sur 3 ans, de -1.07%, compris dans l'intervalle [-6.39% ; 6.39%], il s'agit donc du nouveau dampener à appliquer pour un choc à 95% au 30.09.11. Nous avons la situation suivante pour les actions « Global » :



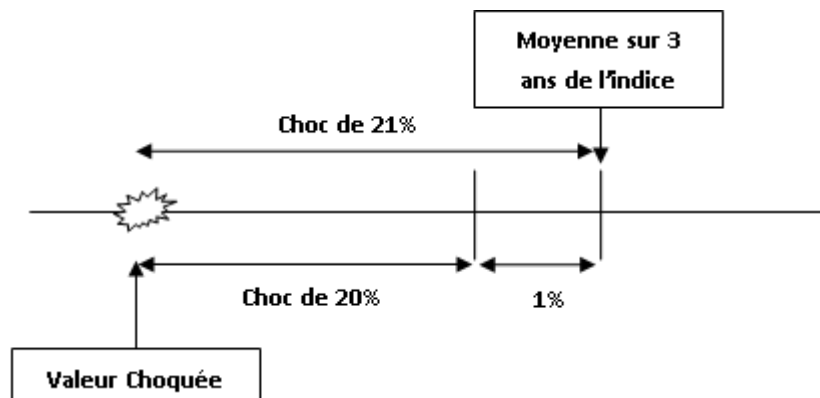


Figure 32 - Dampener

Le choc après effet dampener ajusté à appliquer au 30.09.11 si l'on veut simuler un scénario de stress à un niveau de confiance de 95% est donc de -20.21%.

Si l'on se place donc au 30.09.11 et que nous souhaitons mettre à jour le niveau des déviations calculées dans le profil de risque de la NAV anticipée, nous devons donc pour le risque action prendre en compte l'impact de la baisse du marché action sur le choc, baisse du marché et mise à jour du dampener induite. Nous pouvons donc préciser  $\alpha'_{action}$  et écrire que :

$$D_{action,30.09.11}^{NAV} = D_{actions,31.12.10}^{NAV} * (1 + \Delta_{Réserves}) * (1 + \Delta_{Alloc}) * (1 + \Delta_{Action}) * (1 + \Delta_{Choc@95\%})$$

Où :

- $\Delta_{Action}$  représente la performance du marché actions depuis la date d'évaluation initiale de calcul du profil de risque, i.e. le 31.12.10 dans notre cas.
- $\Delta_{Choc@95\%}$  représente la variation du niveau du choc à appliquer pour un niveau de confiance à 95% lié à la mise à jour du dampener.

Notons que nous n'avons pas distingué les actions « Others », mais le même dampener s'applique. Le choc passe donc de -34.05% à -27.5%.

#### IV.4.2.1.b) Le Risque Taux

Intéressons-nous désormais au risque de taux d'intérêt, à la hausse comme à la baisse. L'idée est donc la même, cherchons dans ce nouveau cas, quels facteurs peuvent impacter l'amplitude d'un choc sur la courbe des taux d'intérêt pour la métrique NAV anticipée, ajustée des observations connues à une date donnée. Si l'on se place donc à nouveau au 30.09.11, nous cherchons donc à évaluer comment la déviation initialement calculée dans l'exercice de profil de risque mené sur les données du 31.12.10 va évoluer suite aux observations du 30.09.11. Nous cherchons donc  $\alpha_{IR}$  :

$$D_{IR,30.09.11}^{NAV} = D_{IR,31.12.10}^{NAV} * (1 + \alpha_{IR})$$

Comme pour tous les autres chocs, nous pouvons également supposer que la déviation de la NAV anticipée calculée au 30.09.11 suite à un choc sur la courbe des taux d'intérêt évolue de la même façon que le portefeuille assurance (prise en compte du new business ainsi que de la sinistralité) et proportionnellement également à l'allocation du portefeuille (exposition au marché des taux). Nous pouvons donc écrire que :

$$D_{IR,30.09.11}^{NAV} = D_{IR,31.12.10}^{NAV} * (1 + \Delta_{Reserves}) * (1 + \Delta_{Alloc}) * (1 + \alpha'_{IR})$$

Où :

- $\Delta_{Reserves}$  représente l'évolution du portefeuille assurance, c'est-à-dire la différence entre le montant de provisions techniques anticipées pour le 31.12.11 au 31.12.10 et le montant de provisions techniques anticipées suite à celles observées au 30.09.11.
- $\Delta_{Alloc}$  représente l'évolution de l'allocation obligataire dans le portefeuille d'actifs, allocation en valeur amortie.
- $\alpha'_{IR}$  représente l'évolution non encore expliquée.

Comme dans le cas actions, la part de l'évolution de la déviation non encore expliquée provient de la variation du facteur de risque observée. En effet, la déviation, que nous calculons initialement, mesure l'impact qu'un choc sur la courbe des taux d'intérêt aurait sur les niveaux des métriques anticipées. Lorsque nous nous plaçons à une date donnée, nous avons déjà montré comment mesurer l'impact d'une variation de la courbe des taux d'intérêt sur le niveau de NAV anticipée. Cependant, un mouvement de taux a également un impact sur l'amplitude du choc de taux d'intérêt à simuler, à la hausse comme à la baisse, pour mesurer une déviation, et cela pour deux raisons :

- Le choc de taux est multiplicatif : en effet le choc de taux s'applique directement à la courbe des taux, il est proportionnel et fonction de la maturité (cf. [section IV.3.3.1.a.](#)). Si la courbe des taux initiale est basse, le choc de taux sera d'autant moins important. Si les taux montent, le choc, multiplicatif, sera d'une ampleur d'autant plus importante. Nous pouvons ainsi remarquer que depuis 2009, les taux d'intérêt n'ont cessé de baisser, la part du choc taux dans les calculs de SCR des compagnies qui font de l'épargne et donc sensibles au risque de remontée des taux d'intérêt est en constante diminution, car les chocs simulés sont de fait de moins en moins importants. Mais il suffirait que les taux montent violemment pour que la part du risque taux devienne à nouveau prépondérante (par exemple si les taux 10ans étaient de 6%, le choc 8 ans à 99.5% correspondrait à une hausse de 282bps sur le portefeuille, choc beaucoup plus difficile à supporter par un assureur que lorsque les taux sont aux alentours de 3%). Donc, si nous nous intéressons à l'évolution du choc à une date donnée, nous devons regarder comment s'est déformée la courbe des taux d'intérêt pour en déduire la variation du niveau de choc à 95% qui s'appliquerait pour ajuster le niveau de déviation à anticiper. La variation du niveau des taux est donc à prendre en compte pour évaluer l'évolution du calcul de la déviation de la NAV. Celle-ci doit prendre en compte le fait que pour des taux plus ou moins hauts, l'amplitude du choc sera plus ou moins grande.
- La duration du portefeuille peut évoluer : en effet, si le niveau du choc à appliquer est multiplicatif, le choc lui-même ne l'est pas. En effet un mouvement sur la courbe des taux d'intérêt n'a pas un impact direct, dans le sens linéaire, sur le portefeuille d'actif et de passif. Il convient de prendre en compte la sensibilité du portefeuille pour évaluer l'impact d'un mouvement de la courbe des taux. Si nous nous plaçons à une date de suivi du profil de risque donnée, il convient donc de prendre en compte l'évolution de la duration de notre portefeuille. Pour cela, nous décidons d'utiliser la duration moyenne entre le portefeuille d'actifs et le portefeuille de contrats afin de refléter

l'impact à la fois sur l'actif et sur le passif. Pour calculer la variation de déviation de la NAV à anticiper, nous prendrons donc ensuite en compte l'évolution de la duration moyenne afin de mesurer l'impact d'un mouvement sur la courbe des taux.

Si l'on se place donc au 30.09.11 et que nous souhaitons mettre à jour le niveau des déviations calculées dans le profil de risque de la NAV anticipée, nous devons donc pour le risque taux prendre en compte l'impact de la baisse des taux d'intérêt sur le niveau du choc ainsi que l'impact de la variation de la sensibilité à un choc de taux du portefeuille. Nous pouvons donc préciser  $\alpha'_{IR}$  et écrire que :

$$D_{IR,30.09.11}^{NAV} = D_{IR,31.12.10}^{NAV} * (1 + \Delta_{Réserves}) * (1 + \Delta_{Alloc}) * (1 + \Delta_{IR}) * (1 + \Delta_{Duration})$$

Où :

- $\Delta_{IR}$  représente la variation de courbe des taux d'intérêt depuis la date d'évaluation initiale de calcul du profil de risque, i.e. le 31.12.10 dans notre cas. Pour cela, comme dans le cas du calcul de l'impact d'un mouvement de taux sur le niveau de NAV anticipée, nous utiliserons comme référence le niveau de taux d'intérêt à 9ans, correspondant à la duration moyenne de notre portefeuille.
- $\Delta_{Duration}$  représente la variation de la duration moyenne du portefeuille, afin de déduire l'impact d'un choc de taux.

#### IV.4.2.1.c) Le Risque de Spread

Intéressons-nous désormais au risque d'écartement de spreads sur le portefeuille. L'idée est donc la même, cherchons dans ce nouveau cas, quels facteurs peuvent impacter l'amplitude d'un choc sur les spreads pour la métrique NAV anticipée, ajustée des observations connues à une date donnée. Si l'on se place à nouveau au 30.09.11, nous cherchons donc à évaluer comment la déviation initialement calculée dans l'exercice de profil de risque mené sur les données du 31.12.10 va évoluer suite aux observations du 30.09.11. Nous cherchons donc  $\alpha_{spd}$  :

$$D_{Spd,30.09.11}^{NAV} = D_{Spd,31.12.10}^{NAV} * (1 + \alpha_{spd})$$

Comme pour tous les autres chocs, nous pouvons également supposer que la déviation de la NAV anticipée calculée au 30.09.11 suite à un choc sur les spreads évolue de la même façon que le portefeuille assurance (prise en compte du new business ainsi que de la sinistralité) et proportionnellement également à l'allocation du portefeuille (exposition au marché des taux, en particulier pourcentage du portefeuille exposé au risque de spreads). Nous pouvons donc écrire que :

$$D_{Spd,30.09.11}^{NAV} = D_{Spd,31.12.10}^{NAV} * (1 + \Delta_{Réserves}) * (1 + \Delta_{Alloc}) * (1 + \alpha'_{Spd})$$

Où :

- $\Delta_{Réserves}$  représente l'évolution du portefeuille assurance, c'est-à-dire la différence entre le montant de provisions techniques anticipées pour le 31.12.11 au 31.12.10 et le montant de provisions techniques anticipées suite à celles observés au 30.09.11.
- $\Delta_{Alloc}$  représente l'évolution de l'allocation obligatoire exposée au risque de spreads dans le portefeuille d'actifs, allocation en valeur amortie.
- $\alpha'_{Spd}$  représente l'évolution non encore expliquée.

Comme dans les cas précédents, la part de l'évolution de la déviation non encore expliquée provient de la variation du facteur de risque observée. En effet, la déviation, que nous calculons initialement, mesure l'impact qu'un choc sur les spreads de crédit aurait sur les niveaux des métriques anticipées. Lorsque nous nous plaçons à une date donnée, nous avons déjà montré comment mesurer l'impact d'un écartement ou d'un resserrement des spreads sur le niveau de NAV anticipée. Cependant, une évolution de la qualité de crédit du portefeuille a également un impact sur l'amplitude du choc de spreads à simuler pour mesurer une déviation, et cela pour deux raisons :

- Le choc sur les spreads dépend de la qualité de crédit du portefeuille. En effet, le choc de spreads se calcule en fonction des ratings des titres exposés à ce risque. Les chocs sont d'autant plus importants que la qualité des titres est moins bonne. Le rating de ces titres peut évoluer dans le temps. Cela aura donc un impact à la fois sur le niveau de NAV anticipée, comme nous l'avons vu, mais également sur le niveau de déviation à anticiper. En effet, si la qualité de crédit du portefeuille s'est dégradée sur la période, il est assez intuitif de concevoir que le risque auquel est exposé le portefeuille s'est accru et que donc la déviation à anticiper est plus grande. Si l'on se place à une date de suivi de profil de risque donnée, il convient donc de prendre en compte la variation du niveau du choc à 95% induite par l'évolution de la qualité crédit du portefeuille. Comme pour le calcul de variation du niveau de NAV anticipée, nous allons donc calculer le rating moyen du portefeuille grâce aux matrices pondérées par le risque fournies par les agences de notations. Ainsi, si nous nous plaçons au 30.09.11, nous observons une dégradation de la qualité de crédit de notre portefeuille, le rating moyen passant de A+ (calculé au 31.12.10) à A. Nous nous attendons donc à ce que la déviation de notre NAV attendue soit plus importante. En effet, le choc à simuler sous une probabilité de 95% se verra donc amplifier, car il est fonction du rating du portefeuille et d'autant plus important que la qualité est moins bonne. En effet, en utilisant la composition du portefeuille au 30.09.11 et les chocs issus de notre calibration à 95%, nous estimons un choc à simuler sous un scénario de stress à 95% 5% plus important. Il convient donc de prendre en compte l'évolution de ce choc à anticiper dans l'estimation de la déviation de la NAV anticipée au 30.09.11.
- Le choc sur les spreads se mesure par rapport à la duration du portefeuille. En effet, le choc de spreads se calcule en simulant un écartement des spreads s'appliquant donc sur la durée de vie moyenne du portefeuille (plus précisément, le risque de spreads s'applique ligne à ligne, et donc l'écartement des spreads se calcule ligne à ligne sur la duration de chacune des lignes exposées au risque de spreads, mais nous rappelons que nous cherchons à faire un outil de suivi global du risque facile et rapide à mettre à jour, nous raisonnerons donc en moyenne et ne rentrerons pas dans des calculs ligne à ligne). Dans la mesure de la variation de la déviation du niveau de NAV anticipée, il convient donc de prendre en compte l'évolution de la duration du portefeuille obligataire exposé au risque de spread, afin de pouvoir mesurer l'impact de la variation de la qualité de crédit du portefeuille.

Si l'on se place au 30.09.11 et que nous souhaitons mettre à jour le niveau des déviations calculées dans le profil de risque de la NAV anticipée, nous devons donc pour le risque taux prendre en compte

l'impact de la baisse des taux d'intérêt sur le niveau du choc ainsi que l'impact de la variation de la sensibilité à un choc de taux du portefeuille. Nous pouvons donc préciser  $\alpha'_{spd}$  et écrire que :

$$D_{Spd,30.09.11}^{NAV} = D_{Spd,31.12.10}^{NAV} * (1 + \Delta_{Réserves}) * (1 + \Delta_{Alloc}) * (1 + \Delta_{Choc @95\%}) * (1 + \Delta_{Duration})$$

Où :

- $\Delta_{Choc @95\%}$  représente la variation du niveau de choc à simuler dans sous un scenario de stress à 95%, lié à l'évolution de la qualité de crédit du portefeuille.
- $\Delta_{Duration}$  représente la variation de la duration moyenne du portefeuille, afin de déduire l'impact d'un mouvement de spread sur le portefeuille obligataire exposé.

#### IV.4.2.1.d) Le Risque d'Illiquidité

Dans la mise à jour du profil de risque, nous ne prendrons à nouveau pas en compte la prime d'illiquidité, considérant que ce paramètre n'est pas définitif, en cours de modification pour devenir la prime contra-cyclique à partir de laquelle nous adapterons nos outils.

#### IV.4.2.1.e) Le Risque de Concentration

Pour le risque de concentration, une méthodologie proche de celle du risque de spread pourrait être adoptée. En effet, les chocs dépendent des ratings des expositions aux contreparties d'un tiers ou d'un groupe. Cependant les chocs ne sont pas linéaires, pas simplement fonction de la duration, et il devient plus complexe d'en déduire directement une approximation de l'impact sur la déviation de la NAV anticipée. De plus, nous ne pouvons plus supposer que la surexposition à un groupe évolue de la même façon que les encours car le seuil de présomption de surexposition dépend de la taille du portefeuille global : par exemple si l'encours du fonds général augmente, la compagnie pourrait en profiter pour diversifier son portefeuille ou bien au contraire si l'encours du fonds diminue, la compagnie pourrait attendre des remboursements et ne pas vendre des lignes en portefeuille et se retrouver en surexposition sur de nouveaux groupes. Donc de nouveaux groupes peuvent apparaître ou au contraire disparaître de la liste des groupes auxquels la compagnie est surexposée et il devient impossible d'écrire :

$$D_{Conc,30.09.11}^{NAV} = D_{Conc,31.12.10}^{NAV} * (1 + \Delta_{Réserves}) * (1 + \alpha_{Conc})$$

Rappelons que le calcul de capital requis, calcul à partir duquel nous sommes partis pour évaluer notre profil de risque en changeant juste les seuils de confiance, se calcule ainsi :

$$SCR_{conc} = \sqrt{\sum_i (Conc^i)}$$

Avec

$$Conc_i = Actifs \times \max\left(0; \frac{E_i}{Actifs} - CT(rating_i)\right) \times g(rating_i)$$

Où

- $E_i$  est l'exposition en cas de défaut à la contrepartie i

- *Actifs* est le montant total d'actifs considérés dans le calcul du risque de concentration
- *rating<sub>i</sub>* est le deuxième meilleur rating du Groupe i donné par une agence externe de notation
- *CT()* est une fonction seuil de concentration, seuil à partir duquel on considère que la compagnie est en excès en termes d'exposition
- *g()* est le coefficient de pondération permettant de calculer les chocs, coefficient que nous avons recalibré précédemment pour chaque niveau de rating.

Dans le cas du choc de concentration, il convient alors essentiellement de regarder si la compagnie est exposée au risque de concentration sur de nouveaux groupes ou au contraire si elle a diversifié ses expositions. Dans le cas où entre la date de construction du profil de risque et la date de suivi du profil de risque, les groupes pour lesquels les expositions apparaissent au-delà du seuil de concentration (fonction du rating également, donc à mettre à jour) restent les mêmes, il convient de prendre en compte l'évolution de l'exposition au-delà du seuil pour ces groupes, ainsi que l'évolution du rating de ces groupes car cela peut impacter la fonction *g()*. Dans le cas où la liste des groupes n'est plus la même, il convient de prendre en compte les nouvelles « surexpositions » dans le calcul de la déviation liée au risque de concentration ou au contraire de prendre en compte les efforts de diversification du risque de la compagnie ayant conduit à une réduction du risque par rapport à certaines de ses expositions et donc de son impact sur les métriques ainsi que sur leurs déviations.

Le calcul de la déviation pour le risque de concentration ne peut donc pas se déduire simplement de la déviation à une date antérieure. Consistant en une formule fermée, il est plus juste et facilement implémentable de mettre à jour le calcul.

#### IV.4.2.2 Risques de Souscription

##### IV.4.2.2.a) Le Risque de Mortalité

Nous cherchons à présent à évaluer l'impact de l'évolution de la mortalité sur la mise à jour de notre profil de risque. Nous avons déjà vu comment mettre à jour le niveau de NAV anticipée, le but est maintenant d'ajuster la déviation à attendre de cette NAV. L'idée est donc la même, nous devons identifier quels facteurs peuvent impacter l'amplitude d'un choc de mortalité pour la métrique NAV anticipée, ajustée des observations connues à une date donnée. Si l'on se place donc à nouveau au 30.09.11, nous cherchons donc à évaluer comment la déviation initialement calculée dans l'exercice de profil de risque mené sur les données du 31.12.10 va évoluer suite aux observations du 30.09.11. Nous cherchons donc  $\alpha_{Mort}$  :

$$D_{Mort,30.09.11}^{NAV} = D_{Mort,31.12.10}^{NAV} * (1 + \alpha_{Mort})$$

Comme pour tous les autres chocs, nous pouvons également supposer que la déviation de la NAV anticipée calculée au 30.09.11 suite à un choc de mortalité évolue de la même façon que le portefeuille assurance (prise en compte du new business ainsi que de la sinistralité). Nous pouvons donc écrire que :

$$D_{Mort,30.09.11}^{NAV} = D_{Mort,31.12.10}^{NAV} * (1 + \Delta_{Réserves}) * (1 + \alpha'_{Mort})$$

Où :

- $\Delta_{Réserves}$  représente l'évolution du portefeuille assurance, c'est-à-dire la différence entre le montant de provisions techniques anticipées pour le 31.12.11 au 31.12.10 et le montant de provisions techniques anticipées suite à celles observés au 30.09.11.
- $\alpha'_{Mort}$  représente l'évolution non encore expliquée.

Pour déterminer  $\alpha'_{Mort}$ , il faut déterminer ce qui peut avoir un impact sur le niveau du choc simulé dans un scénario de stress à 95%, choc nécessaire pour quantifier les déviations de la NAV anticipée figurant dans le profil de risque que nous cherchons à mettre à jour à une date de calcul ultérieure.

Le choc de mortalité est un choc multiplicatif qui s'applique aux probabilités de décès des assurés. Lors de la calibration des chocs à 95%, nous avons obtenu un choc de 9.58% à appliquer à ces probabilités de décès. Le choc reste inchangé. Ce qui peut changer, c'est la structure de notre portefeuille de contrats, en particulier l'âge moyen de nos assurés, les probabilités de décès s'obtenant à partir des tables de mortalité de l'INSEE (nous utilisons la TF 00-02 décalée, le portefeuille étant trop jeune et trop petit pour caler des lois d'expérience, cependant nous en mesurons les écarts) en fonction de l'âge de nos assurés. Il convient donc de prendre en compte le vieillissement (ou rajeunissement éventuellement) de la population pour l'ajustement de la déviation. Ainsi, il suffit de regarder en fonction de la variation des âges des assurés, comment varie la probabilité moyenne de décès de portefeuille.

Nous pouvons donc finalement écrire :

$$D_{Mort,30.09.11}^{NAV} = D_{Mort,31.12.10}^{NAV} * (1 + \Delta_{Réserves}) * (1 + \Delta_{q_x})$$

Où  $\Delta_{q_x}$  représente la variation de la probabilité moyenne de décès du portefeuille assurés sur la période, compte tenu du vieillissement ou du rajeunissement de la population des assurés.

#### IV.4.2.2.b) Le Risque de Rachat

Nous cherchons à présent à évaluer l'impact de l'évolution des rachats sur la mise à jour de notre profil de risque. Nous avons déjà vu comment mettre à jour le niveau de NAV anticipée, le but est maintenant d'ajuster la déviation à attendre de cette NAV. L'idée est donc la même, nous devons identifier quels facteurs peuvent impacter l'amplitude d'un choc sur les rachats pour la métrique NAV anticipée, ajustée des observations connues à une date donnée. Si l'on se place donc à nouveau au 30.09.11, nous cherchons donc à évaluer comment la déviation initialement calculée dans l'exercice de profil de risque mené sur les données du 31.12.10 va évoluer suite aux observations du 30.09.11. Nous cherchons donc  $\alpha_{Rachats}$  :

$$D_{Rachats,30.09.11}^{NAV} = D_{Rachats,31.12.10}^{NAV} * (1 + \alpha_{Rachats})$$

Comme pour tous les autres chocs, nous pouvons également supposer que la déviation de la NAV anticipée calculée au 30.09.11 suite à un choc sur les rachats évolue de la même façon que le portefeuille assurance (prise en compte du new business ainsi que de la sinistralité). Nous pouvons donc écrire que :

$$D_{Rachats,30.09.11}^{NAV} = D_{Rachats,31.12.10}^{NAV} * (1 + \Delta_{Réserves}) * (1 + \alpha'_{Rachats})$$

Où :

- $\Delta_{Réserves}$  représente l'évolution du portefeuille assurance, c'est-à-dire la différence entre le montant de provisions techniques anticipées pour le 31.12.11 au 31.12.10 et le montant de provisions techniques anticipées suite à celles observés au 30.09.11.
- $\alpha'_{Rachats}$  représente l'évolution non encore expliquée.

Pour déterminer  $\alpha'_{Rachats}$ , il faut déterminer ce qui peut avoir un impact sur le niveau du choc simulé dans un scénario de stress à 95%, choc nécessaire pour quantifier les déviations de la NAV anticipée figurant dans le profil de risque que nous cherchons à mettre à jour à une date de calcul ultérieure.

Le choc sur les rachats est un choc multiplicatif qui s'applique sur les taux de rachats utilisés pour la projection. Lors de la calibration des chocs à 95%, nous avons obtenu des chocs à appliquer à la hausse et à la baisse de 31.93%. Le choc de rachats massifs de 19.16% lui n'est pas multiplicatif, il est à appliquer en montant la première année, la déviation calculée ainsi est indépendante de l'évolution des données, il n'y a pas d'impact pour la mise à jour du profil de risque.

Revenons donc au choc à la hausse et à la baisse des rachats, les niveaux des chocs restent inchangés. Ce qui peut changer, ce sont les lois de rachat à partir desquelles le choc est appliqué. Nous devons donc prendre en compte l'évolution des lois de rachat afin de pouvoir en déduire les possibles déviations à la hausse comme à la baisse.

Nous pouvons donc finalement écrire :

$$D_{Rachats,30.09.11}^{NAV} = D_{Rachats,31.12.10}^{NAV} * (1 + \Delta_{Réserves}) * (1 + \Delta_{Rachats})$$

Où  $\Delta_{Rachats}$  représente l'évolution des lois de rachats calibrées au 31.12.10 et au 30.09.11 (moyenne calibrée sur 3 ans glissants).

#### IV.4.2.2.c) Le Risque de Dépenses

Nous cherchons à présent à évaluer l'impact de l'évolution des coûts sur la mise à jour de notre profil de risque. Nous avons déjà vu comment mettre à jour le niveau de NAV anticipée, le but est maintenant d'ajuster la déviation à attendre de cette NAV. L'idée est donc la même, nous devons identifier quels facteurs peuvent impacter l'amplitude d'un choc sur les coûts pour la métrique NAV anticipée, ajustée des observations connues à une date donnée. Si l'on se place donc à nouveau au 30.09.11, nous cherchons donc à évaluer comment la déviation initialement calculée dans l'exercice de profil de risque mené sur les données du 31.12.10 va évoluer suite aux observations du 30.09.11. Nous cherchons donc  $\alpha_{Coûts}$  :

$$D_{Coûts,30.09.11}^{NAV} = D_{Coûts,31.12.10}^{NAV} * (1 + \alpha_{Coûts})$$

Comme pour tous les autres chocs, nous pouvons également supposer que la déviation de la NAV anticipée calculée au 30.09.11 suite à un choc sur les coûts évolue de la même façon que le portefeuille assurance (prise en compte du new business ainsi que de la sinistralité). Nous pouvons donc écrire que :

$$D_{Coûts,30.09.11}^{NAV} = D_{Coûts,31.12.10}^{NAV} * (1 + \Delta_{Réserves}) * (1 + \alpha'_{Coûts})$$

Où :



- $\Delta_{Réserves}$  représente l'évolution du portefeuille assurance, c'est-à-dire la différence entre le montant de provisions techniques anticipées pour le 31.12.11 au 31.12.10 et le montant des provisions techniques anticipées suite à celles observés au 30.09.11.
- $\alpha'_{Coûts}$  représente l'évolution non encore expliquée.

Pour déterminer  $\alpha'_{Coûts}$ , il faut déterminer ce qui peut avoir un impact sur le niveau du choc simulé dans un scénario de stress à 95%, choc nécessaire pour quantifier les déviations de la NAV anticipée figurant dans le profil de risque que nous cherchons à mettre à jour à une date de calcul ultérieure.

Le choc sur les coûts est un choc multiplicatif et inflationniste qui s'applique donc au montant au montant total de coûts projetés. Lors de la calibration des chocs à 95%, nous avons obtenu un choc de 6.39% à appliquer sur l'assiette de coûts projetés et un choc de 0.64% sur l'inflation future des coûts. Les chocs restent inchangés. Ce qui peut changer, c'est l'assiette de coûts à partir de laquelle le choc est appliqué. Nous devons donc prendre en compte l'évolution des coûts afin de pouvoir en déduire sa possible déviation.

Nous pouvons donc finalement écrire :

$$D_{Coûts,30.09.11}^{NAV} = D_{Coûts,31.12.10}^{NAV} * (1 + \Delta_{Réserves}) * (1 + \Delta_{Coûts})$$

Où  $\Delta_{Coûts}$  représente la variation de l'assiette totale des coûts de la compagnie entre la 31.12.10 et le 30.09.11.

#### IV.4.2.3 Risque de Contrepartie

Le calcul de la déviation concernant le risque de contrepartie comme pour le risque de concentration, ne peut pas se déduire linéairement à partir de la déviation estimée lors de l'exercice de calcul du profil de risque. En effet, le risque de défaut se calcule par formule fermée en fonction des contreparties auxquelles la compagnie est exposée, leur type et leur rating. Rappelons que le capital requis s'obtient ainsi :

$$SCR_{def,1} = \min \left( \sum_i LGD_i; q\sqrt{V} \right)$$

Où :

- $LGD_i$  est la perte en cas de défaut de la contrepartie i
- $q$  le quantile à 95%
- $V$  la variance des expositions de type 1

Nous ne pouvons donc pas non plus faire l'hypothèse que la déviation d'une date à l'autre évolue comme l'actif général. Elle dépend du nombre et de la nature des risques pris (qualité de crédit des contreparties ainsi que du type des expositions (type I ou type II)).

Dans le cas où la compagnie décide de s'exposer à de nouveaux groupes, il conviendra alors d'en calculer la LGD et de l'ajouter à l'ensemble des autres contreparties auxquelles la compagnie est exposée. De plus, dans la formule ci-dessus, la variance  $V$  dépend du rating de chacune des

contreparties. Dans la mise à jour du profil de risque, pour le calcul de la déviation, il s'agit également de prendre en compte l'évolution de la qualité de crédit des tiers de la compagnie.

Le calcul de la déviation pour le risque de défaut d'une contrepartie, tout comme la déviation calculée pour le risque de concentration, ne peut donc pas se déduire simplement à partir de la déviation calculée à une date antérieure. Consistant en une formule fermée, il est plus juste et facilement implémentable de mettre à jour le calcul.

#### IV.4.2.4 Risque Opérationnel

Le calcul de déviation concernant le risque opérationnel ne peut pas non plus se déduire simplement et linéairement de la déviation calculée lors de l'exercice de calcul de profil de risque effectué à une date antérieure. Pour mémoire, le risque opérationnel s'obtient par formule fermée par :

$$SCR_{Op} = \min(30\% * BSCR; Ophors UC) + 25\% * Exp_{UC}$$

Où

- *BSCR* représente le Basic SCR calculé par la formule standard
- *Ophors UC* représente un paramètre fonction des provisions mathématiques euro, du chiffre d'affaires ainsi que de la croissance de ce chiffre d'affaires
- *Exp<sub>UC</sub>* représente les coûts administratifs pour les unités de compte

La première partie de la formule dépend des provisions mathématiques euro et du BSCR. Afin de construire un outil de suivi opérationnel, facile et rapide à mettre à jour, l'idée est ne pas avoir à faire un calcul complet de SCR et donc de BSCR. Nous supposons donc que toute la première partie (BSCR inclus) de la formule évolue entre deux dates comme les réserves euro.

La seconde partie de la formule, concernant le risque opérationnel sur les unités de compte, est uniquement fonction des coûts administratifs sur ce type de contrats. Afin de mettre à jour la déviation, nous pouvons donc prendre en compte l'évolution des coûts administratifs sur les UC entre les deux périodes.

Nous pouvons écrire :

$$D_{Op,30.09.11}^{NAV} = (D_{Op,31.12.10}^{NAV} - 25\% * Exp_{UC-31.12.10}) * (1 + \Delta_{Réserves}) + 25\% * Exp_{UC-30.09.11}$$

#### IV.4.2.5 Autres Risques

Comme nous l'avons vu précédemment, une mauvaise anticipation de la production aura un impact sur le niveau des métriques anticipées, risque pris en compte dans le calcul du profil de risque.

L'écart entre le budgété et le réalisé à une date donnée a également un impact sur le niveau des métriques anticipées, nous avons également vu comment le quantifier.

Le calcul de la déviation concernant le risque de New Business est quant à lui également impacté par un écart entre le budgété et le réalisé. En effet, comme le choc sur le New Business se base sur l'observé de l'année précédente. Nous pouvons déjà intégrer le fait qu'à une date donnée on sait déjà que le choc augmentera.

Nous pouvons donc écrire :

$$D_{NB,30.09.11}^{NAV} = D_{NB,31.12.10}^{NAV} * (1 + \Delta_{CA})$$

Où  $\Delta_{CA}$  est l'écart entre le chiffre d'affaires budgété et les primes réellement observées au 30.09.11.

#### IV.4.2.6 Présentation des résultats

Voici donc le profil de risque pour la métrique NAV SII ;

30.09.11 Suivi	NAV Espérée	NAV Espérée	NAV Espérée	NAV Espérée
	Global 30.09.2011	FP 30.09.2011	€ 30.09.2011	UC 30.09.2011
En M€				
Valeur Attendue (i)	157,7	123,7	(3,4)	37,3
Risques de Marché	(31,0)	(5,9)	(14,9)	(12,1)
Taux d'intérêt	(2,8)	(2,8)	(1,3)	0,4
Actions	(18,2)	(0,8)	(5,2)	(12,2)
Spread	(15,6)	(4,5)	(11,1)	-
Concentration	(1,7)	(0,1)	(1,6)	-
Prime d'illiquidité	(4,0)	-	(2,3)	(1,7)
<i>Bénéfice de Diversification</i>	11,3	2,3	6,7	1,4
Risque de Crédit	(6,9)	(0,3)	(6,6)	-
Risques de Souscription	(17,8)	-	(6,3)	(11,9)
Mortalité	(0,9)	-	(0,2)	(0,8)
Rachats	(13,7)	-	(3,1)	(10,6)
Dépenses	(6,2)	-	(4,1)	(2,1)
<i>Bénéfice de Diversification</i>	3,1	-	1,1	1,6
Risque Opérationnel	(12,6)	-	(8,8)	(3,8)
Risque New Business	(2,4)	-	(0,2)	(2,2)
Absorption par les Impôts Différés	20,6	2,1	10,7	9,0
<i>Bénéfice de Diversification Global</i>	13,6	0,2	7,3	5,0
Delta NAV @ 95% (ii)	(36,5)	(3,8)	(18,9)	(15,9)
Valeur après Déviation @95%	121,2	119,9	(22,2)	21,4

Figure 33 - Résultats du suivi du profil de risque pour la métrique NAV

#### IV.4.3 Evolution des données et ajustement du niveau anticipé du ratio de couverture du SCR

Rappelons que la métrique « ratio de couverture » est calculé comme suit :

$$\text{Ratio de Couverture du SCR} = \frac{NAV}{SCR}$$

Pour déterminer le profil de risque, nous avons estimé la valeur attendue dans un an du ratio de couverture du SCR et la déviation de ce ratio à 95%.

La valeur attendue du ratio de couverture se déduit de la valeur attendue dans un an pour la NAV et de la valeur attendue dans un an pour le SCR. Afin d'ajuster la valeur attendue de ce ratio des observations au 30.09.11, nous allons ajuster le numérateur et le dénominateur des observations au 30.09.11, i.e. le niveau de NAV anticipée et le niveau de SCR anticipé.

Nous avons vu précédemment comment ajuster le niveau de NAV anticipé et utiliserons ces mêmes résultats. Afin de calculer le niveau de ratio anticipé, il manque donc la mise à jour du niveau de SCR anticipé liée aux observations du 30.09.11.

Concernant la projection du SCR, le proxy utilisé a été d'évaluer le SCR attendu en utilisant des ratios correspondant au SCR de chaque risque individuel pour chaque module de risque rapporté à l'exposition à chacun de ces risques individuels et de supposer ces ratios constants. Afin de prendre en compte les évolutions de marché et de sinistralité observées au 30.09.11, nous allons donc ajuster les expositions et/ou le niveau des chocs pour chaque risque individuel. De la même façon que pour le calcul de SCR attendu, nous utiliserons alors les mêmes matrices de corrélation afin d'agrégier les résultats et obtenir la mise à jour du niveau de SCR attendu.

L'ajustement de l'exposition aux risques, du niveau et de l'impact des chocs se fait alors de la même façon que pour la mise à jour du profil de risque pour la métrique NAV. Les SCR individuels calculés risque par risque ont été calculés pour représenter l'impact d'un choc à 99.5% sur la NAV anticipée (choc projeté en supposant l'exposition aux risques constants). Nous allons donc, de la même façon que nous avons mis à jour les déviations à 95% du profil de risque de la NAV anticipée, mettre à jour le niveau des SCR individuels calculés et projetés : mise à jour dépendant de l'évolution du portefeuille et de l'évolution des facteurs de risque impactant ainsi le niveau des chocs appliqués. La différence avec la mise à jour des déviations présentées précédemment vient du fait qu'il s'agit du SCR anticipé, i.e. de chocs à 99.5%, et non de déviations à 95%. Il convient alors de prendre en compte, pour les variables éventuellement impactées, la variation du niveau de choc calculé sous une probabilité à 99.5% et non 95%. Prenons l'exemple du risque spread. Nous pouvons alors écrire en reprenant les résultats obtenus dans la mise à jour du profil de risque pour la métrique NAV :

$$SCR_{Spd,30.09.11}^{Espéré} = SCR_{Spd,31.12.10}^{Espéré} * (1 + \Delta_{Réserves}) * (1 + \Delta_{Alloc}) * (1 + \Delta_{Choc @ 99.5\%}) * (1 + \Delta_{Duration})$$

Où

- $SCR_{Spd,30.09.11}^{Espéré}$  représente la mise à jour du niveau de SCR anticipé relatif au risque individuel de spread
- $SCR_{Spd,31.12.10}^{Espéré}$  représente le niveau de SCR anticipé pour le risque individuel de spread calculé lors de l'étape estimation du niveau global de SCR anticipé
- $\Delta_{Réserves}$  représente l'évolution du portefeuille assurance, c'est-à-dire la différence entre le montant de provisions techniques anticipées pour le 31.12.11 au 31.12.10 et le montant de provisions techniques anticipées suite à celles observés au 30.09.11
- $\Delta_{Alloc}$  représente l'évolution de l'allocation obligatoire exposée au risque de spreads dans le portefeuille d'actifs, allocation en valeur amortie.

- $\Delta_{Choc @99.5\%}$  représente l'évolution du niveau du choc à 99.5% lié à l'évolution de l'exposition à chaque classe de rating du portefeuille
- $\Delta_{Duration}$  représente l'évolution de la duration du portefeuille obligataire exposé au risque de spreads, permettant ainsi de mesurer la sensibilité au choc.

A la fin, le dernier même proxy utilisé pour obtenir la mise à jour du ratio de couverture attendu dans un an est estimé de la façon suivante :

$$\frac{NAV}{SCR} \Big|_{Attendu \text{ au } 30.09.11} = \frac{NAV_{Attendu \text{ au } 30.09.11}}{SCR_{Attendu \text{ au } 30.09.11}}$$

Où :

- $NAV_{Attendu \text{ au } 30.09.11}$  est la mise à jour de la valeur attendue dans un an de la NAV au 30.09.11 (cf. la section précédente)
- $SCR_{Attendu \text{ au } 30.09.11}$  est la mise à jour de la valeur attendue dans un an du SCR obtenu en appliquant la formule standard avec les paramètres spécifiques du QIS5 sur le bilan projeté au 30.09.11.

#### IV.4.4 Mise à jour du profil de risque pour le ratio de couverture du SCR

Rappelons que la détermination de la déviation du ratio de couverture étant peu complexe - une estimation précise de la déviation à 95% du ratio de couverture aurait consisté en une projection stochastique du ratio de couverture en utilisant des scénarios monde réel la première année et autant de jeux de scénarios et de simulations risque neutre que l'on aura pour chaque trajectoire des scénarios monde réel de situations nettes à un an, qu'il faut alors choquer pour en estimer des SCR - un proxy a également été utilisé et la méthode simplifiée pour estimer la déviation a été la suivante :

$$\frac{NAV}{SCR} \Big|_{@95\%} \approx \frac{NAV_{@95\%}}{SCR_{BS@95\%}}$$

Où :

- $NAV_{@95\%}$  est la déviation attendue de la NAV dans un scénario choqué à 95%
- $SCR_{BS@95\%}$  est le SCR calculé sur le bilan après un choc à 95%.

Si l'on se place donc au 30.09.11, afin d'anticiper la déviation du ratio de couverture mise à jour des données du 30.09.11, il faut alors mettre à jour le numérateur et le dénominateur, c'est-à-dire le niveau de déviation à 95% attendue de la NAV anticipée et estimée au 30.09.11 ainsi que le niveau de SCR attendu et estimé au 30.09.11 à partir d'un bilan choqué à 95%.

Les étapes suivantes sont nécessaires pour calculer le profil de risque sur la métrique ratio de couverture du SCR :

- Estimation de la déviation à 95% de la NAV attendue dans un an compte tenu des observations du 30.09.11
- Estimation de la déviation à 95% du SCR projeté compte tenu des observations du 30.09.11

La première étape a déjà été étudiée et décrite dans l'étude de la section sur la mise à jour du profil de risque sur la métrique NAV. Nous pouvons utiliser les résultats précédents permettant d'obtenir la déviation de la NAV attendue :  $NAV_{@95\%}$  après calcul de la mise à jour du niveau de NAV attendue et de la mise à jour de la déviation.

La seconde étape s'obtient alors comme pour la mise à jour le niveau de SCR attendu précédemment, mais cette fois-ci nous devons actualiser le calcul de SCR après déviation à 95% utilisé pour le calcul de déviation de la métrique couverture du ratio de couverture lors de la mise en place du profil de risque pour cette même métrique. La méthodologie est donc la même que celle décrite précédemment : les chocs individuels sont mis à jour un par un en fonction de l'évolution du portefeuille et des facteurs de risque. Les chocs réajustés sont alors agrégés en utilisant les matrices de corrélation intra et inter-modulaires. Nous obtenons donc le niveau de déviation à 95% attendu pour le SCR anticipé intégrant les observations du 30.09.11 :  $SCR_{BS@95\%}$ .

Nous présentons ci-après les résultats de mise à jour du profil de risque sur le niveau de SCR anticipée, nécessaire à la mise à jour du profil de risque pour la métrique ratio de couverture, les résultats étant plus faciles à exploiter.

30.09.11 Suivi	SCR Espéré	SCR Espéré	SCR Espéré	SCR Espéré
	Global	FP	€	UC
	30.09.2011	30.09.2011	30.09.2011	30.09.2011
En M€				
Valeur Attendue (i)	58,0	5,4	29,0	26,5
Risques de Marché	(2,8)	2,3	(0,7)	(4,4)
Taux d'intérêt	(0,6)	0,3	(0,3)	(0,3)
Actions	(7,2)	(0,3)	(2,8)	(4,1)
Spread	5,0	2,9	2,1	-
Concentration	0,1	(0,1)	0,1	-
Prime d'illiquidité	0,3	-	0,2	0,1
<i>Bénéfice de Diversification</i>	(0,4)	(0,6)	(0,2)	0,0
Risque de Crédit	(1,1)	(0,1)	(1,1)	-
Risques de Souscription	5,7	-	1,4	4,4
Mortalité	0,1	-	0,0	0,1
Rachats	5,0	-	0,8	4,2
Dépenses	1,2	-	0,7	0,4
<i>Bénéfice de Diversification</i>	(0,7)	-	(0,2)	(0,3)
Risque Opérationnel	1,5	-	0,9	0,6
Risque New Business	(0,7)	-	(0,3)	(0,3)
Absorption par les Impôts Différés	(0,5)	(0,6)	(0,1)	(0,1)
<i>Bénéfice de Diversification Global</i>	(0,7)	0,1	0,1	(0,0)
Delta SCR @ 95% (ii)	1,4	1,7	0,2	0,2
Valeur après Déviation @95%	59,4	7,1	29,2	26,8

Figure 34 - Présentation du suivi du Profil de Risque pour la métrique SCR

Nous présenterons dans la partie suivante les résultats sur le ratio de couverture avec quelques commentaires.

#### IV.4.5 Synthèse des résultats

Après avoir mis à jour les métriques espérées en fonction de l'évolution des facteurs de risque à une date donnée et après en avoir mesuré l'impact sur les déviations anticipées, nous obtenons un profil de risque spécifique de l'a compagnie mis à jour dont voici les résultats.

En k€	Ratio de couverture Espéré		NAV Espérée			SCR Espéré		
	Global 31/12/2010	Global 30/09/2011	Global 31/12/2010	Shapley 31/12/2010	Global 30/09/2011	Global 31/12/2010	Shapley 31/12/2010	Global 30/09/2011
Valeur Attendue (i)	270%	274%	180	180	159	67	67	58
Risques de Marché	-38%	-42%	(39.1)	(34.3)	(31.0)	(6.0)	(6.6)	(2.8)
Taux d'intérêt	-3%	-2%	(3.7)	(0.9)	(2.8)	(0.7)	(0.4)	(0.6)
Hausse	44%	34%	(3.8)	-	(2.8)	(10.5)	-	(7.2)
Baisse	-19%	-16%	6.4	-	4.3	7.5	-	5.3
Actions	-2%	3%	(27.4)	(22.4)	(18.2)	(9.8)	(9.5)	(7.2)
"Global"	0%	4%	(25.9)	-	(17.2)	(9.6)	-	(7.0)
"Other"	-2%	-1%	(1.9)	-	(1.2)	(0.3)	-	(0.2)
Spread	-38%	-47%	(14.6)	(10.2)	(15.6)	4.5	3.3	5.0
Concentration	-3%	-3%	(1.6)	(0.3)	(1.7)	0.0	0.0	0.1
Prime d'illiquidité	-7%	-8%	(4.1)	(0.5)	(4.0)	0.3	(0.1)	0.3
<i>Bénéfice de Diversification</i>	14%	15%	1213%	0%	1128%	(33%)	0%	(44%)
Risque de Crédit	-5%	-7%	(6.5)	(3.2)	(6.9)	(1.1)	(0.6)	(1.1)
Risques de Souscription	-46%	-52%	(18.1)	(11.9)	(17.8)	5.8	5.0	5.7
Mortalité	-2%	-2%	(1.0)	(0.2)	(0.8)	0.1	0.0	0.1
Longévité	0%	0%	-	-	-	-	-	-
Rachats	-39%	-44%	(14.0)	(8.4)	(13.7)	5.2	4.1	5.0
Hausse	-21%	-24%	(14.0)	-	(13.7)	-	-	-
Baisse	0%	0%	-	-	-	-	-	-
Massif	-14%	-14%	(9.1)	-	(8.0)	-	-	-
Dépenses	-14%	-16%	(6.2)	(3.2)	(6.2)	1.2	0.8	1.2
<i>Bénéfice de Diversification</i>	8%	9%	315%	0%	299%	(69%)	0%	(66%)
Risque Opérationnel	-24%	-28%	(12.4)	(12.4)	(12.6)	1.5	1.5	1.5
Risque New Business	-1%	-1%	(3.0)	(3.0)	(2.4)	(1.0)	(1.0)	(0.7)
Absorption par les Impôts Différés	33%	38%	23.4	23.4	20.6	0.4	0.4	(0.5)
<i>Bénéfice de Diversification Global</i>	23%	24%	1429%	0%	1362%	(97%)	0%	(71%)
Delta SCR @95%	-58%	-68%	(41.4)	(41.4)	(36.5)	(1.2)	(1.2)	1.4
Valeur après Déviation @95%	212%	206%	138.6	138.6	122.5	65.5	65.5	59.4
Deviation @95% en pourcentage (ii) / (i)	-21.6%	-24.7%	-23.0%	-23.0%	-22.9%	-1.8%	-1.9%	2.4%

Figure 35 - synthèse des Résultats de Suivi du Profil de Risque

Nous pouvons remarquer que des évolutions très différenciées peuvent être observées sur les métriques de risques.

La NAV SII diminue du fait de la baisse des marchés actions et de la hausse des spreads, de l'accroissement des rachats mais bénéficie en partie de la baisse des taux.

Le ratio de couverture du SCR augmente du fait des éléments suivants :

- la baisse des actions est compensée par une baisse du SCR
- la baisse des taux conduit à une baisse du choc de taux

La mise en place du profil de risque ainsi que la mise en place d'un outil permettant de suivre l'évolution du profil de risque constitue un réel outil de pilotage pour un management, permettant de s'assurer que le profil de risque reste dans le cadre du Risk Appetite décidé et d'anticiper les mesures correctrices si les déviations deviennent trop importantes. De plus nous verrons qu'il est une première étape vers l'outil plus général de calcul d'un capital ORSA.

## IV.5 Contribution au risque et allocation de capital

L'exercice de calcul de profil de risque sert à fixer un cadre d'appétence au risque, issu du calcul de profil de risque à un niveau global. Ce cadre, comme nous l'avons vu, est défini par des mesures, des métriques, des segments et un niveau de confiance. Dans ce cadre, des limites opérationnelles sont fixées afin que les entités opérationnelles puissent gérer des budgets de risque. Une fois le calcul de capital économique déterminé de façon agrégée, globale, la question suivante qui se pose alors est : comment décliner cela à chaque niveau élémentaire de risque ou sur un segment particulier (Euro, UC, fonds propres, NB), comment fixer des limites de risques et donc allouer du capital pour chaque niveau élémentaire.

Effectivement nous avons pu voir dans les parties précédentes que les étapes d'agrégation des risques au niveau modulaire ou au niveau des segments étudiés (périmètres de passif considéré) permettent de compenser et donc diluer certains risques grâce aux jeux de corrélation. On parle donc de bénéfices de diversification. Lorsque l'on fait l'exercice de déclinaison de capital par segment ou par risque, l'interprétation des résultats devient difficile à cause des effets de bénéfices dus à la diversification entre les segments ou entre les risques. En effet il devient compliqué de lire directement des contributions en risque des différents segments au profil de risque global.

Pour cela, il est nécessaire de se doter d'une méthode de réallocation des effets de diversification entre les segments ou entre les risques. Une méthode d'allocation de capital permet donc d'allouer les bénéfices de diversification et ainsi obtenir des capitaux élémentaires dont la somme est égale au besoin de capital total. Cela permet donc de déterminer des contributions en risque telle que la somme des contributions est égale à l'exposition totale au risque. Le capital alloué devient alors un bon indicateur de risque, lisible, et donc utile pour le pilotage d'une activité ou encore pour la définition de limites de risque.

L'étape d'agrégation des risques permet donc de passer des besoins de capitaux élémentaires à un besoin de capital global, de déviation élémentaire à un niveau de déviation globale sur les métriques pilotées. L'étape d'allocation répond à la logique inverse, elle permet quant à elle de partir d'un montant de risque global défini par rapport à une métrique pour le décliner au niveau du segment choisi. Par exemple, un top management d'une compagnie peut prendre une décision par rapport à une métrique comme le pourcentage de résultat qu'il accepte de perdre sur l'année ou bien le niveau en dessous duquel il ne veut pas voir le ratio de couverture du SCR passer. Cela détermine son appétence pour le risque. Cela doit alors être décliné en limites de risques aux niveaux des segments choisis : risques et/ou périmètres de passif.

L'étape d'allocation permet donc de répartir les bénéfices de diversification et donc de décliner des budgets de risque (ou limites ou capitaux) fixés au niveau global tels que la somme des budgets alloués à chaque segment est égale au budget total, ce qui est bien pratique et parlant pour du pilotage.

Une méthode d'allocation permet d'allouer les bénéfices de diversification entre les différents risques, entre les périmètres de passifs retenus ou bien sur une maille risque x risque. Nous appellerons segment la maille retenue : périmètre de passif ou risque selon le cas étudié.

Dans notre cas, si nous nous penchons sur le module risque de marché et les résultats du calcul de profil de risque pour la métrique NAV anticipée et que nous étudions quelques instants les déviations :



NAV Espérée	
Global 31.12.2010	
En M€	
Valeur Attendue (i)	180.0
Risques de Marché	(39.1)
Taux d'intérêt	(3.7)
Hausse	(3.7)
Baisse	6.4
Actions	(27.4)
"Global"	(25.9)
"Other"	(1.9)
Spread	(14.6)
Concentration	(1.6)
Prime d'illiquidité	(4.1)
Bénéfice de Diversification	12.1

Figure 36 - Profil de Risque agrégé pour la NAV

Pendant l'étape d'agrégation, l'application des corrélations, au global, permet de bénéficier de presque 25% d'atténuation du risque global calculé (12.1 de bénéfice de diversification rapporté à la somme des risques individuels). Les risques qui contribuent le plus à la déviation de l'espérance de NAV dans un an sont les risques actions et spreads. Il paraît alors logique dans un exercice d'allocation de budget de risque (ou de mises en place de limites de risques) d'allouer d'autant plus de capital/budget à un segment qui contribue largement à la valeur du capital/risque consolidé.

Il est très important pour une compagnie de pouvoir décliner de façon adéquate des limites de risque par rapport à son profil de risque, d'allouer du capital de façon adéquate par rapport aux besoins de capitaux consommés par chacun des segments. Ainsi une compagnie pourra même en déduire à partir des besoins de capitaux élémentaires des mesures de rentabilité basées sur la consommation en risque de segments.

L'étape d'allocation de budget de risque nécessite donc le calcul au préalable de contribution au risque global de chaque segment. Plusieurs méthodes sont envisageables pour définir des contributions en risque. Nous noterons  $C^i$  la contribution définie par la méthode  $i$ .

#### IV.5.1 Méthode Proportionnelle

La méthode proportionnelle, pour commencer, est une méthode simple, consistant à attribuer comme contribution au risque, la proportion du risque que le segment ou le risque représente par rapport au total des contributions en risque :

$$C^{prop}(X_i) = \frac{C(X_i)}{\sum_{j \in \{1,2,\dots,n\}} C(X_j)} C(X)$$

Aisée à mettre en œuvre, elle ne permet cependant pas de refléter l'impact des bénéfices de diversifications et donc de l'impact marginal de chacun des segments au risque global.

#### IV.5.2 Méthode Marginale

La méthode suivante, la méthode marginale, permet justement de tenir compte de cela. La contribution au risque d'un segment se calcule en utilisant l'impact marginal de chacun des segments :

$$C^{marg}(X_i) = \frac{C(X_i) - C(X_{\{1,2,\dots,n\} \setminus \{i\}})}{\sum_{j \in \{1,2,\dots,n\}} (C(X_j) - C(X_{\{1,2,\dots,n\} \setminus \{j\}}))} C(X)$$

La méthode marginale permet de mesurer alors l'impact d'un segment et donc de répartir le bénéfice de diversification lié à ce segment. Elle vérifie également bien la propriété d'allocation totale des contributions recherchées. Cependant, elle ne permet pas de descendre au niveau d'un sous-groupe. Or dans la formule standard, méthodologie reprise pour le calcul du profil de risque, nous avons plusieurs niveaux d'agrégation pour les risques : intra et inter modulaire.

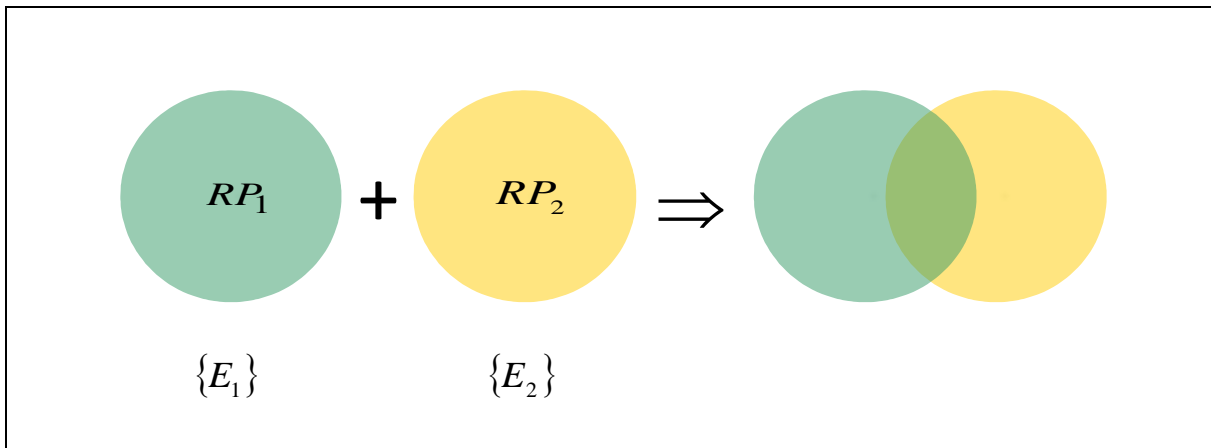
#### IV.5.3 Méthode de Shapley

Une dernière méthode de réallocation des effets de diversification entre les segments ou les risques est présentée ci-dessous permet de prendre en compte cette dernière remarque. La méthode de Shapley, décrite par Lloyd S. Shapley utilise des concepts issus de la théorie des jeux. Dans la suite, nous avons l'intention d'expliquer comment cette théorie peut être appliquée à la déclinaison du profil de risque global en s'intéressant à la segmentation produit : fonds propres, Euro, UC, New business Euro et New Business UC mais aussi à la segmentation risque et sous-modules de risques, pour prendre en compte les effets de corrélation entre les risques et voir comment réallouer les bénéfices de diversification.

La méthode se décline en plusieurs étapes décrites ci-dessous.

##### 1. Consolidation des profils de risque par segment

L'étape de consolidation consiste à regrouper ensemble les segments afin de constituer un groupe. L'objectif, en termes de mesure du profil de risque, est d'estimer le profil de risque (RP) du groupe  $G = \{\cup_{i \in \{1,2,\dots,n\}} E_i\}$ , donc la contribution globale de G :  $C^{Shapley}(G)$  ou GRP (Group Risk Profile).



Dans un tel cas, des effets compensatoires peuvent apparaître, ce qui fait que le GRP peut être moindre que la somme des différents profils de risques de chacun des segments constituant le groupe.

Par exemple, un segment peut être exposé à une hausse des taux d'intérêts en termes de déviation sur les métriques retenues, alors qu'un autre peut être exposé à une baisse des taux d'intérêt mesurée sur la même métrique. Par conséquent, lorsque l'on regroupe ces deux segments ensemble dans le même groupe, les deux conséquences d'une hausse ou d'une baisse des taux se compensent. Donc le groupe a une exposition aux risques plus faibles que les deux segments pris isolément.

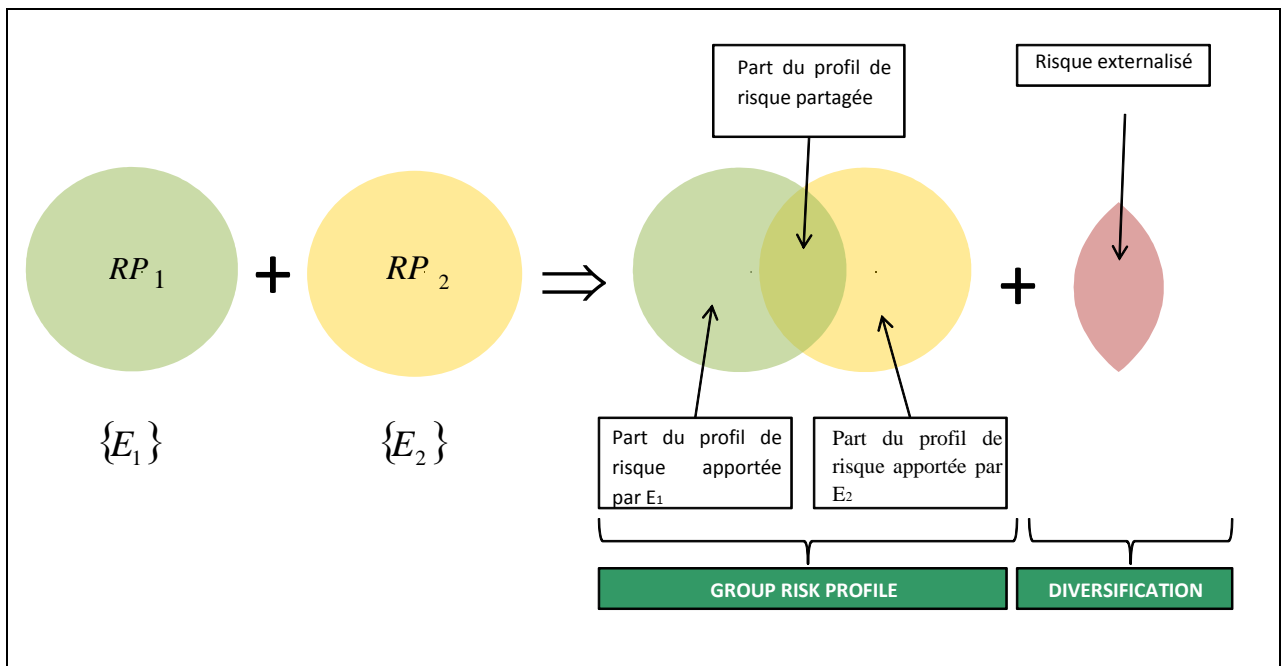
Lorsque l'on regarde un module de risque, par exemple le module de risque de marché, les risques sous-jacents ne sont pas additifs. Il faut introduire l'impact des matrices de corrélation. Donc l'impact simultané des risques actions et taux par exemple est moindre que l'impact du risque taux puis l'impact du risque actions pris isolément.

Mathématiquement parlant, nous avons :

$$C^{Shapley}(G) \leq \sum_{i \in \{1,2,\dots,n\}} RP_i$$

## 2. Group Risk Profile et Diversification

Nous considérons désormais deux segments,  $E_1$  et  $E_2$  qui sont à consolider. Cette consolidation peut être assimilée à une équation chimique avec deux entrées et deux sorties :



Par conséquent, nous pouvons voir avec cet exemple que la consolidation des résultats mène à deux types de sorties :

- **Le Group Risk Profile**  $C(G)$  - nous n'indiquerons plus dans l'exposant par la suite que nous parlons de la contribution au sens Shapley -, qui est donc le profil de risque du groupe vu dans son ensemble, après consolidation et qui sera étudié juste après.
- **La Diversification**  $D(G)$ , qui est la part du risque des deux segments qui peut être externalisé parce qu'il existe des compensations entre les deux profils de risques des segments et les caractéristiques en termes d'exposition au risque des segments, comme par exemple les expositions au risque de taux citées plus haut dont un segment peut être sensible à la hausse et l'autre à la baisse et donc pour lequel le risque du groupe se voit réduit lors de la consolidation.

Cela peut être synthétisé par la formule suivante :

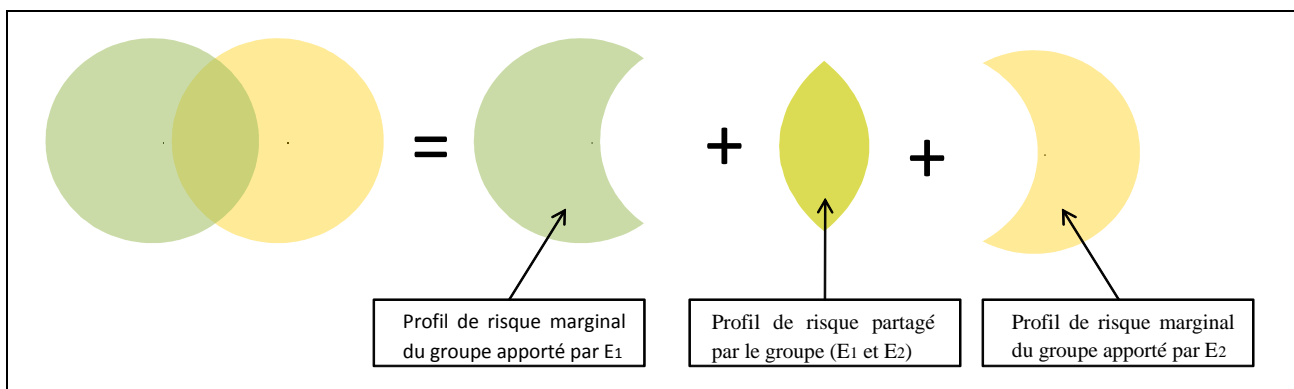
$$\sum_{i \in \{1, 2, \dots, n\}} RP_i = C(G) + D(G)$$

En pratique, connaissant le profil de risque du groupe dans sa globalité et les profils de risque de chacun des segments, c'est l'effet de diversification que nous cherchons à déduire et obtenir par la relation suivante donc :

$$D(G) = \sum_{i \in \{1, 2, \dots, n\}} RP_i - C(G)$$

### 3. Profil de risque marginal et profil de risque partagé

Si l'on regarde donc de plus près le profil de risque du groupe pris dans sa globalité, nous pouvons donc le diviser en plusieurs éléments comme l'illustre le schéma suivant :



Par conséquent, le profil de risque global peut être divisé en deux composantes :

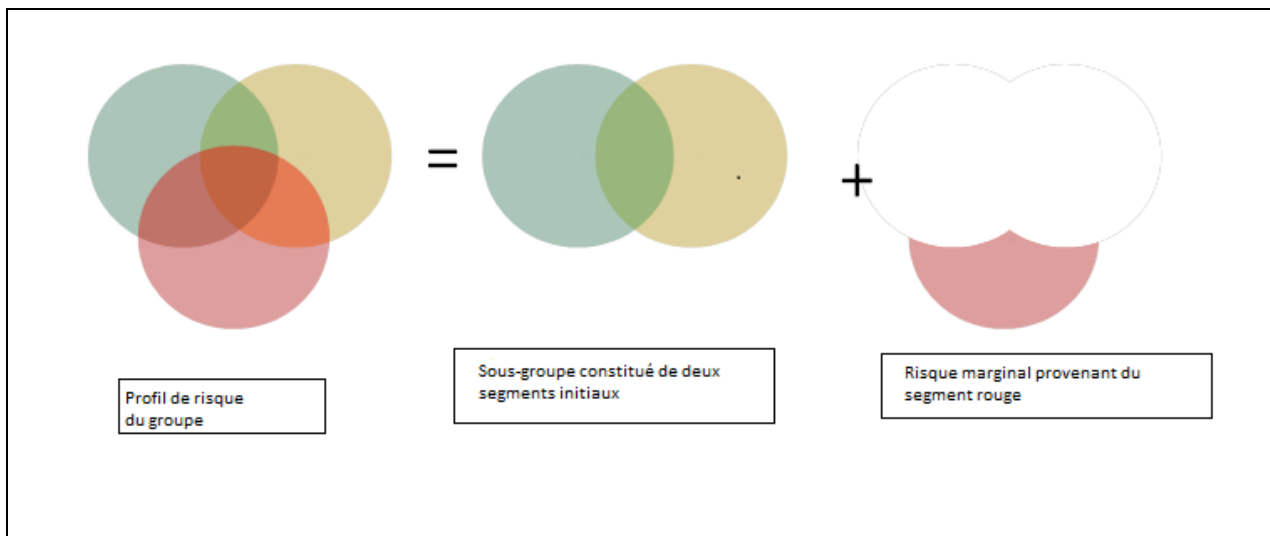
- **Le profil de risque marginal  $MRP(E_i)$**  qui est la part du profil de risque global qui est apporté par le segment  $E_i$  et qui n'est pas partagé par un autre segment. Il peut être considéré comme la part du profil du risque du groupe dont le segment  $E_i$  est l'unique responsable.
- **Le profil de risque partagé  $SRP$**  qui représente la part du profil de risque du groupe qui est partagé par au moins deux sous-ensembles, deux segments, du groupe. Puisque cette part est partagée par au moins deux segments du groupe, on peut considérer que ce  $SRP$  peut être équitablement réparti sur les segments contributeurs, grâce à une méthode d'attribution. Cela mène à estimer le profil de risque partagé pour chaque segment  $E_i$ , noté  $SRP_i$ .

#### 4. Mesure du profil de risque d'un groupe

Lorsqu'un groupe est défini, la mesure du profil de risque peut être menée de la façon dont nous l'avons décrit dans ce mémoire dans le cadre de la définition du Risk Appetite.

#### 5. Mesure du profil de risque marginal

Comme nous venons de le définir, le profil de risque marginal peut être considéré comme l'élément complémentaire du profil de risque du groupe constitué par un sous-groupe, on considère tous les segments sauf celui que l'on étudie précisément. Le profil de risque marginal pourra être déduit grâce à cette propriété :

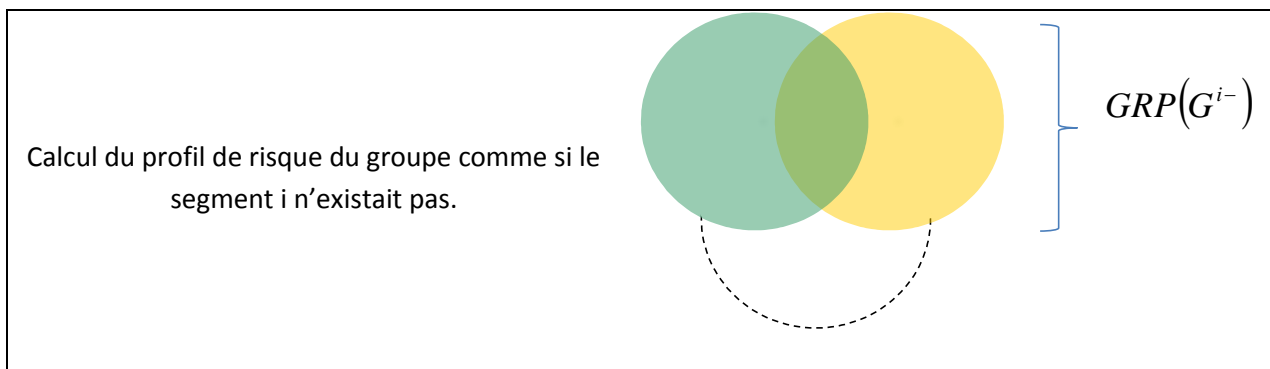


Etape 1 : Calcul du profil de risque du sous-groupe

Pour chaque  $i$ , définissons le sous-groupe  $G^{i-}$  comme le groupe constitué de tous les segments sauf le segment  $i$ , tel que :

$$\forall i \in \{1, 2, \dots, n\} \quad G^{i-} = \left\{ \bigcup_{\substack{j \in \{1, 2, \dots, n\} \\ j \neq i}} E_j \right\}$$

Nous calculons ensuite le profil de risque du sous-groupe  $GRP(G^{i-})$ , comme il peut l'être décrit dans la figure ci-dessous :



$GRP(G^{i-})$  inclut les effets de diversification apportés par tous les segments excepté le segment  $i$ .

Etape 2 : Calcul du profil de risque marginal

Une estimation du profil de risque marginal peut être fait en utilisant la formule suivante :

$$\forall i \in \{1, 2, \dots, n\}, \quad MRP_i = GRP(G) - GRP(G^{i-})$$

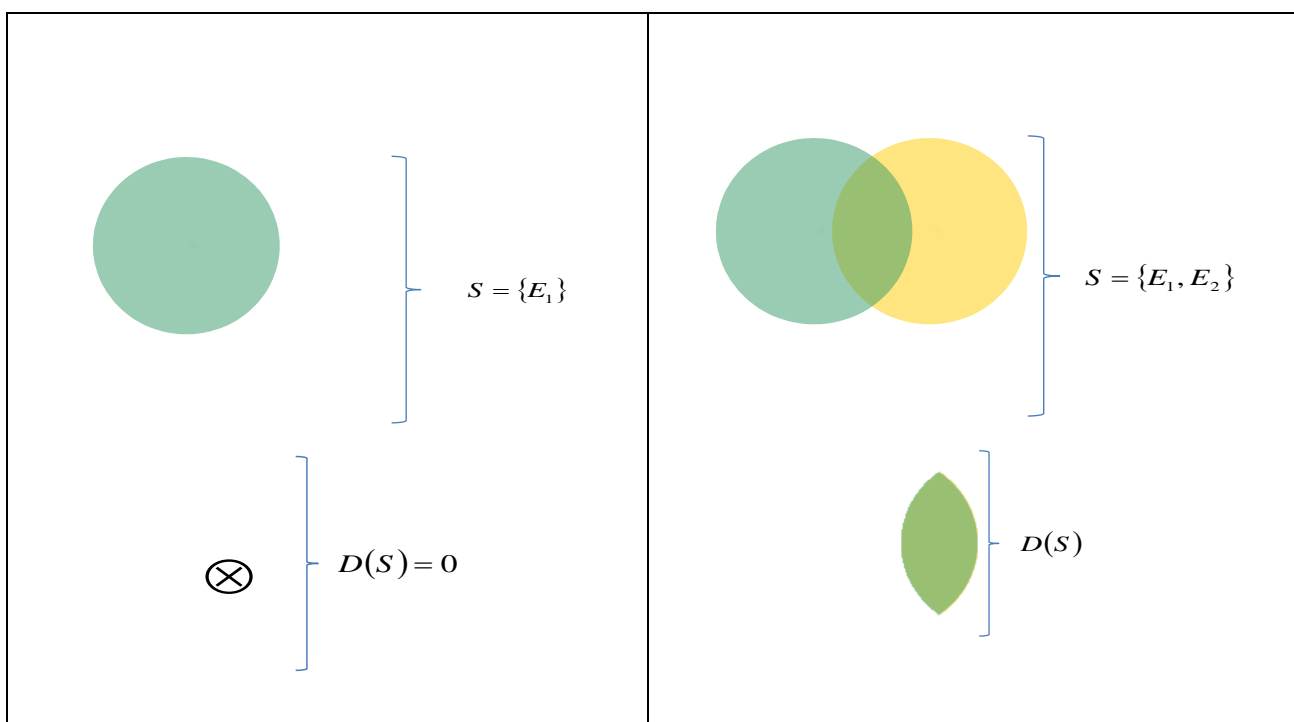
## 6. Mesure de la diversification et du bénéfice (marginal) de diversification

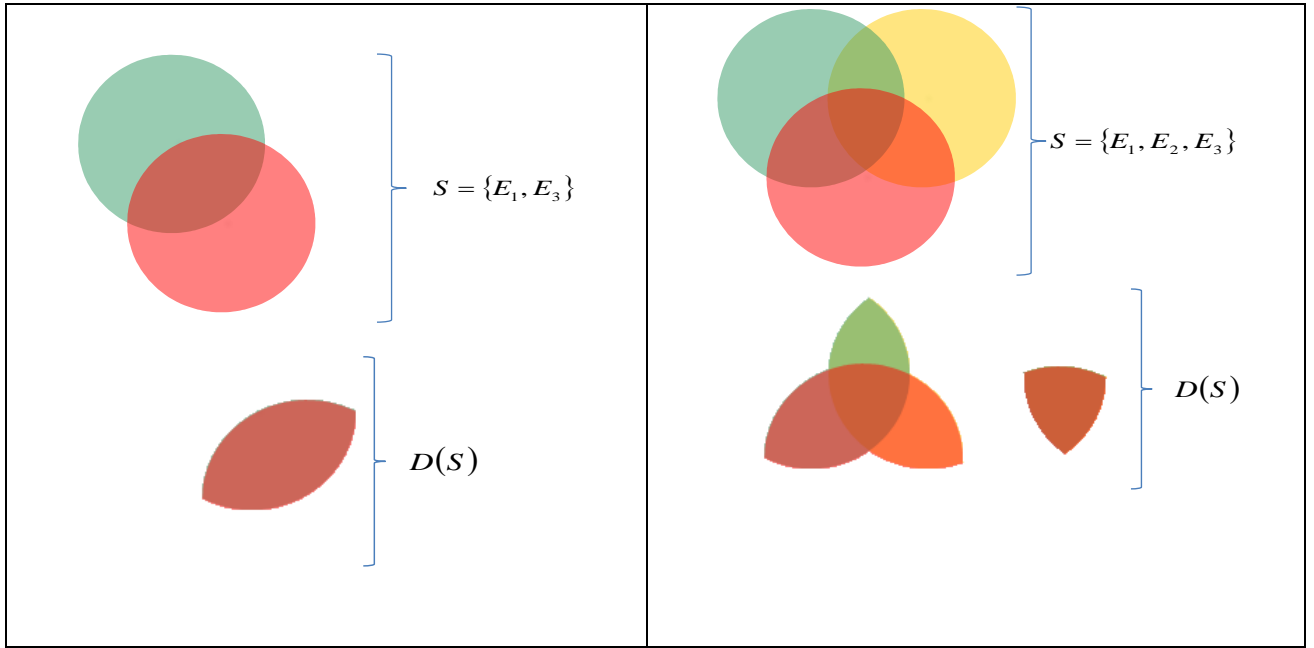
La diversification représente la part du risque des segments qui est externalisé lorsque ces segments deviennent un groupe. Ensuite la diversification peut être répartie entre les segments, selon leur contribution à la réduction du profil de risque du groupe. L'idée est alors de dire que plus l'augmentation de la diversification entraînée par un segment  $i$  donné est importante plus la réallocation de cette diversification au segment  $i$ , est important. Nous noterons  $MD_i$  le bénéfice de diversification réalloué au segment  $i$ .

On définit tout d'abord the éléments suivants :

- $S$  est un sous ensemble de segments, i.e.  $\{E_1, E_2, \dots, E_n\}$  ou  $\{E_2, \dots, E_n\}$  ou  $\{E_1, E_2\}$  etc...
- $D$  est la fonction mesurant la diversification qui est apportée par ce sous-ensemble  $S$ .

Dans les figures ci-dessous, nous donnons quelques exemples de sous-ensemble  $S$  et de la valeur de la fonction de diversification  $D$ .





Il faut se rappeler que la valeur de  $D$  n'est pas exactement la valeur du profil de risque partagé. On peut le voir à travers les exemples choisis et représenté avec l'exemple des trois segments. Cela est dû au fait que  $D$  mesure la part du risque externalisé, alors que le profil de risque partagé mesure la part du risque partagé par le groupe et restant dans le groupe.

La mesure de diversification du sous-ensemble  $S$  peut être vue comme un cas plus général d'une mesure de diversification à l'intérieur d'un profil de risque de groupe. Pour tout sous-ensemble  $S$ , la valeur de  $D$  est :

$$\forall S \in \left\{ \bigcup_{i \in \{1,2,\dots,n\}} E_i \right\}, \quad D(S) = \sum_{T \subset S} RP(T) - GRP(S)$$

Nous pouvons noter que :

- $\forall i \in \{1, \dots, n\}, D(E_i) = 0$ .
- De plus, nous supposons que si  $S = \emptyset$  alors  $D(S) = 0$ .

Avec l'aide de cette formule, nous pouvons évaluer le vecteur de diversification en appliquant la formule à chaque élément des mesures de risque.

Ainsi, le profil de diversification marginal peut être calculé en utilisant la formule suivante :

$$\forall i \in \{1, 2, \dots, n\}, \quad MD_i = \sum_{S \subset \left\{ \bigcup_{j \in \{1,2,\dots,n\}, j \neq i} E_j \right\}} \left[ \frac{(Card(S))! (n - Card(S) - 1)!}{n!} * (D(\{E_i, S\}) - D(S)) \right]$$



Cette valeur s'appelle la valeur de Shapley et représente dans la théorie des jeux la façon dont un gain dans un jeu coopératif peut être distribué entre  $n$  joueurs. La valeur de Shapley est une moyenne pondérée des contributions de chaque joueur au gain.

De la même façon nous cherchons à répartir les bénéfices de diversification aux segments ayant le plus contribué à la réduction du risque et donc au montant total de bénéfice à répartir.

Cette contribution à la diversification présente plusieurs avantages : elle est symétrique, linéaire et répond à l'exigence de totale allocation.

Afin d'en déduire la contribution totale d'un segment au profil de risque global, il convient donc d'ajouter le profil de risque marginal du segment au bénéfice de diversification qu'il a généré et qui lui a été alloué. Cela constitue donc la contribution au profil de risque global pour chaque segment individuel  $i$  brut d'effet de diversification et qui satisfait à l'égalité :

$$C^{Shapley}(G) = GRP(G) = \sum_{i \in \{1, 2, \dots, n\}} C(E_i)$$

Où :  $C(E_i) = MD_i + MRP_i$ .

#### IV.5.4 Présentation des résultats

La méthode de Shapley permet donc de présenter le profil global des risques après redistribution des bénéfices de diversification, offrant ainsi une lecture plus « linéaire » des contributions aux besoins globaux de capitaux des segments : risques individuels ou périmètres de passifs.

Voici donc les résultats des profils de risque pour la métrique NAV ainsi que SCR (résultats plus lisibles que la présentation des résultats pour le ratio de couverture, i.e. après les avoir rapportés à ceux de la métrique NAV).

31.12.10 Après shapley	NAV Espérée	NAV Espérée	NAV Espérée	NAV Espérée	NAV Espérée	NAV Espérée
	Global	Own Fund	Euro In Force	UL In Force	Euro N.B	UL N. B.
	31.12.2010	31.12.2010	31.12.2010	31.12.2010	31.12.2010	31.12.2010
En M€						
Valeur Attendue (i)	180,0	121,0	5,9	38,0	1,9	13,2
Risques de Marché	(39,1)	(5,8)	(12,0)	(14,4)	(4,9)	(2,1)
Taux d'intérêt	(3,8)	(3,9)	(1,1)	1,3	(0,4)	0,2
Hausse	(3,8)	(4,1)	(1,3)	1,8	(0,5)	0,3
Baisse	6,4	5,2	0,4	0,5	0,1	0,1
Actions	(27,4)	(1,4)	(5,8)	(15,2)	(2,8)	(2,2)
"Global"	(25,9)	(1,3)	(5,5)	(15,2)	(1,7)	(2,2)
"Other"	(1,9)	(0,1)	(0,4)	-	(1,4)	-
Spread	(14,6)	(4,4)	(7,5)	-	(2,6)	-
Concentration	(1,6)	(0,1)	(1,2)	-	(0,3)	-
Prime d'illiquidité	(4,1)	-	(1,6)	(1,6)	(0,6)	(0,3)
<i>Bénéfice de Diversification</i>	-	-	-	-	-	-
Risque de Crédit	(6,5)	(0,3)	(4,1)	-	(2,1)	-
Risques de Souscription	(18,1)	-	(4,3)	(10,5)	(1,3)	(1,9)
Mortalité	(1,0)	-	(0,1)	(0,7)	(0,0)	(0,1)
Rachats	(14,0)	-	(2,1)	(9,5)	(0,7)	(1,8)
Hausse	(14,0)	-	(2,1)	(9,5)	(0,7)	(1,8)
Baisse	-	-	-	-	-	-
Massif	(9,1)	-	1,4	(9,2)	0,5	(1,8)
Dépenses	(6,2)	-	(3,1)	(2,0)	(0,8)	(0,3)
<i>Bénéfice de Diversification</i>	-	-	-	-	-	-
Risque Opérationnel	(12,4)	-	(6,5)	(3,6)	(1,7)	(0,5)
Risque Actifs Intangibles	-	-	-	-	-	-
Risque New Business	(3,0)	-	-	-	(0,4)	(2,6)
Absorption par les Impôts Différés	23,4	2,0	7,9	8,3	3,0	2,2
<i>Bénéfice de Diversification Global</i>	-	-	-	-	-	-
Delta NAV @ 95% (ii)	(41,4)	(3,5)	(13,9)	(14,7)	(5,2)	(4,0)
Valeur après Déviation @95%	138,6	117,5	(8,0)	23,3	(3,4)	9,2

31.12.10 Après shapley	SCR Espéré	SCR Espéré	SCR Espéré	SCR Espéré	SCR Espéré	SCR Espéré
	Global	Own Fund	Euro In Force	UL In Force	Euro N.B	UL N. B.
	31.12.2010	31.12.2010	31.12.2010	31.12.2010	31.12.2010	31.12.2010
En M€						
Valeur Attendue (i)	66,7	6,9	24,0	27,5	7,2	4,8
Risques de Marché	(6,0)	(0,4)	(1,3)	(2,1)	(0,9)	(1,2)
Taux d'intérêt	(0,7)	(0,1)	(0,1)	(0,1)	(0,1)	(0,3)
Hausse	(10,5)	(6,2)	(2,6)	(0,7)	(0,9)	(0,2)
Baisse	7,5	5,9	2,6	(0,7)	-	(0,2)
Actions	(9,8)	(1,5)	(2,2)	(2,6)	(1,6)	(1,8)
"Global"	(9,6)	(0,3)	(2,9)	(4,7)	(0,6)	(1,1)
"Other"	(0,3)	(0,0)	(0,2)	-	(0,0)	-
Spread	4,5	2,7	1,4	-	0,4	-
Concentration	0,0	(0,1)	0,1	-	(0,0)	-
Prime d'illiquidité	0,3	-	0,2	0,1	0,0	0,0
<i>Bénéfice de Diversification</i>	-	-	-	-	-	-
Risque de Crédit	(1,1)	(0,1)	(0,8)	-	(0,2)	-
Risques de Souscription	5,8	0,9	1,1	1,9	0,9	1,0
Mortalité	0,1	-	0,0	0,1	0,0	0,0
Rachats	5,2	0,8	0,9	1,8	0,8	0,9
Hausse	-	-	-	-	-	-
Baisse	-	-	-	-	-	-
Massif	-	-	-	-	-	-
Dépenses	1,2	-	0,6	0,5	0,1	0,0
<i>Bénéfice de Diversification</i>	-	-	-	-	-	-
Risque Opérationnel	1,5	-	0,8	0,7	0,0	0,0
Risque Actifs Intangibles	0,0	0,0	-	-	-	-
Risque New Business	(1,0)	-	-	-	(0,6)	(0,4)
Absorption par les Impôts Différés	0,4	(0,0)	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Bénéfice de Diversification Global</i>	-	-	-	-	-	-
Delta SCR @ 95% (ii)	(1,2)	0,1	(0,3)	(0,3)	(0,4)	(0,4)
Valeur après Déviation @95%	65,5	7,0	23,7	27,2	6,8	4,5

Figure 37 - Présentation des Résultats après allocation des Bénéfices de Diversification par Périmètre de Passif

Les résultats peuvent également être présentés sur la maille risque comme ci-après.

Après Shapley	Ratio de couverture	NAV Espérée		SCR Espéré	
En k€	Global 31/12/2010	Global 31/12/2010	Shapley 31/12/2010	Global 31/12/2010	Shapley 31/12/2010
Valeur Attendue (i)	270%	180	180	67	67
Risques de Marché	-38%	(39,1)	(34,3)	(6,0)	(6,6)
Taux d'intérêt	-3%	(3,7)	(0,9)	(0,7)	(0,4)
Hausse	44%	(3,8)	-	(10,5)	-
Baisse	-19%	6,4	-	7,5	-
Actions	-2%	(27,4)	(22,4)	(9,8)	(9,5)
"Global"	0%	(25,9)	-	(9,6)	-
"Other"	-2%	(1,9)	-	(0,3)	-
Spread	-38%	(14,6)	(10,2)	4,5	3,3
Concentration	-3%	(1,6)	(0,3)	0,0	0,0
Prime d'illiquidité	-7%	(4,1)	(0,5)	0,3	(0,1)
<i>Bénéfice de Diversification</i>	14%	1213%	0%	(33%)	0%
Risque de Crédit	-5%	(6,5)	(3,2)	(1,1)	(0,6)
Risques de Souscription	-46%	(18,1)	(11,9)	5,8	5,0
Mortalité	-2%	(1,0)	(0,2)	0,1	0,0
Longévité	0%	-	-	-	-
Rachats	-39%	(14,0)	(8,4)	5,2	4,1
Hausse	-21%	(14,0)	-	-	-
Baisse	0%	-	-	-	-
Massif	-14%	(9,1)	-	-	-
Dépenses	-14%	(6,2)	(3,2)	1,2	0,8
<i>Bénéfice de Diversification</i>	8%	315%	0%	(69%)	0%
Risque Opérationnel	-24%	(12,4)	(12,4)	1,5	1,5
Risque New Business	-1%	(3,0)	(3,0)	(1,0)	(1,0)
Absorption par les Impôts Différés	33%	23,4	23,4	0,4	0,4
<i>Bénéfice de Diversification Global</i>	23%	1429%	0%	(97%)	0%
Delta @95% (ii)	-58%	(41,4)	(41,4)	(1,2)	(1,2)
Valeur après Déviation @95%	212%	138,6	138,6	65,5	65,5
Deviation @95% en pourcentage (iii) / (i)	-21,6%	-23,0%	-23,0%	-1,8%	-1,9%

Figure 38 - Présentation des Résultats Après Allocation des bénéfices de Diversification pour la maille risque

Les résultats agrégés après attribution des bénéfices de diversification permettent donc d'obtenir des contributions en risque qui pourront être utilisées et déclinées dans le cadre de l'allocation d'un capital global.

## IV.6 En route vers l'ORSA

L'Article 45 de la Directive Solvabilité II impose à chaque entreprise d'assurance et de réassurance de procéder à une « évaluation interne des risques et de la solvabilité ». L'ORSA, comme nous l'avons vu Dans la partie I., doit être la représentation globale et propre à l'entreprise de ses besoins de capitaux sur l'horizon de son business plan. Il n'est pas une deuxième SCR mais il correspond à une évaluation à moyen et long terme des besoins de fonds propres de la compagnie et de son financement. L'ORSA est aussi un processus d'évaluation de l'impact des décisions stratégiques sur le profil de risque de la compagnie et ses besoins de fonds propres. L'ORSA s'appuie donc sur le profil de risque spécifique de la compagnie, la définition d'un cadre d'appétence aux risques ainsi que de limites de tolérance à ces mêmes risques approuvées ainsi qu'à la stratégie commerciale de l'entreprise. Ce processus doit amener la compagnie à identifier et évaluer la déviation acceptable par la compagnie des risques auxquels elle est soumise. La politique ORSA doit justement faire le lien entre le profil de risque, les

limites de tolérances aux risques et le besoin global de solvabilité. Elle se donne pour objectif de piloter l'activité de la compagnie en fonction de son appétence et de sa tolérance au risque.

L'exercice de mise en place du profil de risque répond donc à l'un des premiers objectifs de l'ORSA et est une première étape dans l'évaluation globale du besoin de solvabilité.

L'étape suivante est le calcul du capital ORSA, i.e. du besoin global de solvabilité de la compagnie compte tenu du profil de risque spécifique de la compagnie, des limites approuvées et du business plan et du respect permanent des exigences en termes de SCR et MCR du pilier I. Il convient donc de calculer, au-delà du MCR et du SCR, un nouveau niveau de capital, qui réponde à une exigence que la compagnie se fixe elle-même, compte tenu de ses risques et de son appétit pour le risque reposant sur les objectifs fixés par le management et permettant un pilotage de l'activité.

Ainsi ce capital ORSA représente le capital à détenir aujourd'hui pour couvrir en permanence le SCR ainsi que les risques matériels identifiés par la compagnie sur l'horizon du business plan y compris dans des scénarios de stress prédéfinis.

Il implique que :

- l'on change d'horizon : on se place sur l'horizon d'un business plan
- l'on change de quantile : en effet, l'ORSA nous pousse à définir notre propre appétence aux risques, i.e. quel est notre propre vision du risque.
- l'on change de périmètres de risques : ajout du risque sur la production nouvelle à intégrer, ajout de risques identifiés par l'exercice de cartographie mené en amont dont les risques qualitatifs.

Le calcul de besoin global de solvabilité implique donc la projection sur l'horizon du business plan des métriques ayant permis la construction du profil de risque, l'intégration de la nouvelle production et la détermination de scénarios économiques et techniques à moyen/long terme afin de mesurer l'impact en termes de déviations de ces scénarios de stress définis par l'assureur sur son profil de risque et de définir les règles stratégiques en cas de réalisation de ces scénarios. L'exercice ne se limite pas au calcul du besoin global de solvabilité, défini comme le capital permettant d'atteindre un objectif de taux de couverture dans tous les scénarios, central et adverses. L'étude de chaque scénario permettra d'anticiper les décisions à prendre dans diverses situations.

Suite à la construction du profil de risque, les étapes suivantes sont donc :

- La construction d'un outil de projection pluriannuel du bilan, des métriques (dont le SCR) et du capital ORSA ainsi que du profil de risque la compagnie permettant d'intégrer la production nouvelle. Notons que cet outil est un prolongement de l'outil construit dans le cadre du suivi du profil de risque.
- La définition du capital ORSA : justification et calcul du capital ORSA en lien avec le risk appetite de la compagnie. Il peut être défini comme un niveau de couverture du SCR à détenir en permanence par exemple en fonction de son niveau de risk appetite.
- La définition de scénarios de stress économiques et techniques, de leur calibration et de la mesure de l'impact prospectif sur le bilan en termes de déviations des métriques anticipées, sur le SCR et sur le niveau de capital ORSA

- Qualification et description des risques qualitatifs, non prises en compte dans les modèles de quantification mais dont leur suivi doit être intégré au processus global
- Définition de la politique de gestion des risques : définition du processus d'allocation du capital et de la détermination de budgets de risques, détermination de limites de tolérance aux risques et politique de financement de l'exigence en capital à l'horizon commercial de la compagnie.

Le(s) modèle(s) permettant de calculer ce capital ORSA deviendra(ont) ainsi l'élément clé du processus de gestion des risques, dont l'allocation de capital joue donc un rôle fondamental. Il permettra :

- La production d'indicateurs à destination du management, lui permettant une analyse sur laquelle asseoir un certain nombre de décisions stratégiques
- La détermination par le management d'objectifs en termes de solvabilité, risques, politique commerciale et performance. Le pilotage du couple rendement/risque est au cœur du dispositif ORSA qui offre une vision de la solvabilité à plus long terme.
- La déclinaison opérationnelle de ces cibles et contraintes, les objectifs fixés à un niveau agrégé étant diffusés au sein de la compagnie.

L'ORSA est donc le processus permettant d'obtenir l'appréciation interne du profil de risque de la compagnie sur l'horizon de son business plan. Il doit permettre un pilotage de la compagnie en fonction de son niveau d'appétence pour le risque, des limites de tolérance aux risques qu'elle se sera fixée et des budgets de risque qu'elle aura définis par segment. L'exercice de calcul de risk profile joue un rôle clé dans ce processus.

## Conclusion

Tout au long du mémoire nous nous sommes attachés à apporter des réponses opérationnelles à de nouvelles problématiques auxquelles sont confrontés les assureurs dans la mise en conformité de leur compagnie avec la nouvelle Directive Solvabilité II. Nous avons dans un premier temps décrit ces problématiques puis tenté par l'exemple de la mise en application chez Barclays Vie de présenter les solutions opérationnelles qui peuvent être envisagées.

En effet, les compagnies sont amenées à évaluer de nouveaux besoins réglementaires, dans le cadre du pilier I du nouveau régime, dont nous avons pu voir que l'évaluation en épargne constitue déjà un exercice calculatoire long et parfois complexe. De plus, le pilier II les incite à une plus grande intégration de la gestion des risques dans les prises de décisions stratégiques et pour cela à une mise en place d'une politique et un processus de gestion de leur profil de risque spécifique. Nous avons pu détailler les grands principes d'un tel processus en introduisant les concepts clés, la démarche à adopter ainsi que les choix méthodologiques à aborder : identification des risques, choix d'une mesure, choix d'une métrique, choix d'un niveau de confiance, segmentation, agrégation des résultats, optimisation sous contraintes afin de définir des limites et donc un cadre dans lequel évoluera le profil de risque. Pour chacun des choix méthodologiques, nous avons donc exprimé nos motivations nous ayant conduits à de tels choix et les limites associées. Nous avons mis en œuvre cette méthodologie menant en l'appliquant aux métriques « fonds propres SII » et « ratio de couverture SII ». Les profils de risque obtenus nous ont donné l'occasion de faire quelques commentaires sur la façon dont on peut apprécier les déviations obtenues, et les segmentations retenues, produits ou risques, ont mis en lumière qu'une analyse par segment est nécessaire car elle mène à des conclusions différentes.

Les choix méthodologiques sont propres à l'assureur, il ne s'agit plus d'appliquer une formule standard mais de refléter quelle est sa propre vision du risque. En effet, le profil de risque et le cadre d'appétit pour le risque dans lequel il devra évoluer vont devenir des éléments précieux pour un management à partir desquels l'impact de toute décision stratégique devra être mesuré, le but étant de s'assurer d'être en mesure d'avoir les fonds propres requis pour toute nouvelle décision et pourvoir mesurer comment le profil de risque va se déformer.

Afin de rendre ces nouveaux outils fonctionnels, i.e. utilisables et utilisés, pour un management, nous avons montré qu'il est possible de construire des outils pratiques et facilement implémentables de suivi et de mise à jour rapide des profils de risque. L'idée n'est pas d'obtenir un seuil de précision minimum mais plutôt de permettre à un management d'avoir rapidement une vision actualisée de ses prises de risques, des ordres de grandeur, lui donnant des indications pour savoir s'il faut ajuster la stratégie commerciale, revoir l'allocation d'actifs ou au contraire prendre plus de risques. L'application au cas de Barclays Vie nous a par ailleurs montré que suivant les métriques que l'on regarde, agir sur l'un ou l'autre des facteurs de risque n'a pas la même incidence.

Consécutivement à cela, nous nous sommes intéressés à la façon dont on pouvait mesurer la contribution d'un facteur de risque au budget global de risque. Nous avons pu voir qu'il existe des méthodes simples, comme la proportionnalité ou la méthode marginale. Cependant, ces approches ne permettent pas de prendre en compte les bénéfices de diversification liés à l'agrégation. En effet, lorsque l'on agrège les risques, on modélise des dépendances entre les risques et cela a pour impact de refléter une atténuation des risques liée à cette diversification. La méthode de Shapley présentée

permet de répartir cet effet diversification en attribuant aux facteurs y contribuant le plus, la plus grande part. De plus, nous avons pu voir qu'adopter une méthode de calcul des contributions était nécessaire pour passer à l'étape d'allocation de capital. La méthode présentée permet donc d'aboutir à des profils de risque plus « lisibles » sur lesquels il sera plus facile de décliner des tolérances en risque, que l'on pourra traduire en limites opérationnelles.

Enfin, nous avons tenté de montrer que la construction des profils de risque ainsi que des outils de suivi de ces profils de risque sont des étapes importantes dans la construction des outils de calcul d'un capital ORSA, capital à détenir afin de couvrir sa propre évaluation de besoin global de solvabilité sur l'horizon d'un business plan. L'identification des risques préalable peut être mutualisée. L'outil mis en place nous servira donc à projeter les métriques et mesurer l'impact de stress tests sur chacune de ces métriques. Et une étude des risques qualitatifs est à mener pour compléter l'analyse.

## Annexes 1 – Tests de Market Consistency

Lors de la construction des scénarios économiques, afin de sélectionner un jeu de scénarios économiques convergent et cohérent avec les observations de marché, des tests de « Market consistency » sont à mettre en place et à tester (des seuils de tolérance et intervalle de confiance peuvent être décidés afin de vérifier les relations).

Nous reprendrons les notations utilisées dans la partie III.1.5 décrivant le générateur de scénario économique.

### Test sur les déflateurs

Dans un modèle market-consistent la relation suivante doit être satisfaite :

$$E_0[D_t] = P(0, t) = e^{-r_0^t \cdot t}$$

Où  $P(0, t)$  est la valeur en 0 d'une obligation zéro-coupon de maturité  $t$  et  $E_0[.]$  est l'espérance sachant l'information en 0.

### Test sur les actions

Pour que les scénarios actions soient market-consistent, la relation suivante doit être vérifiée :

$$E_0[S_t^B D_t] = S_0 = 1$$

Où  $S_t^B$  est la valeur de l'action brute de dividende, définie par la récurrence ci-dessous :

$$\begin{cases} S_0^B = S_0 = 1 \\ S_t^B = S_{t-1}^B \frac{S_t^N + Div_t}{S_{t-1}^N} \end{cases}$$

### Test sur les taux d'intérêt

La market consistency du taux d'intérêt est donnée par :

$$E_0[P(t, T) D_t] = P(0, t + T)$$



## Annexe 2 – Matrice de pondération de Moody's

S&P's ratings	Moody's ratings	Duration									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AAA	Aaa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AA+	Aa1	11	15	14	12	11	11	10	10	10	10
AA	Aa2	27	40	37	26	23	22	21	20	20	20
AA-	Aa3	59	95	83	56	49	46	44	41	40	40
A+	A1	114	185	165	105	90	83	78	73	70	70
A	A2	214	350	313	192	161	146	137	126	120	120
A-	A3	763	750	508	300	251	228	213	197	185	180
BBB+	Baa1	1768	1400	790	461	378	343	321	298	277	260
BBB	Baa2	3339	2350	1171	667	543	493	463	432	395	360
BBB-	Baa3	8250	5250	2412	1322	1048	925	833	753	679	610
BB+	Ba1	17089	10100	4410	2333	1815	1563	1358	1195	1060	940
BB	Ba2	30643	17345	7305	3778	2891	2443	2058	1767	1543	1350
BB-	Ba3	55196	27545	11099	5438	4077	3373	2812	2380	2038	1766
B+	B1	91929	41900	16331	7694	5541	4473	3679	3065	2590	2220
B	B2	140643	58350	21929	10072	7119	5663	4617	3811	3198	2720
B-	B3	228250	83050	29658	13354	9298	7300	5962	4936	4120	3490
CCC	Caa										
CC	Ca										
C											
D	C										
Unrated	Unrated										

## Table des figures

Figure 1 - Définition des nouveaux besoins en capitaux	10
Figure 2 - Les 3 piliers de Solvabilité II	11
Figure 3 - Passage de Solvabilité I à Solvabilité II	12
Figure 4 - Modules de risque de la Formule Standard	14
Figure 5 - Approche "Delta NAV"	15
Figure 6 - Processus de Gestion du Profil de Risque	20
Figure 7 - Distribution à un an d'une métrique	26
Figure 8 - Principales étapes de la définition du Risk Appetite	27
Figure 9 - Transcription du Risk Appetite en limites opérationnelles	28
Figure 10 - Exemples de modification du profil de risque (1/2)	29
Figure 11 - Exemples de mise à jour du Profil de Risque (2/2)	30
Figure 12 - Passage du Bilan Solvabilité I à Solvabilité II	42
Figure 13 - Matrice de Corrélation Inter-modulaire	45
Figure 14 - Matrices de corrélation Intra-Modulaire	47
Figure 15 - Choc de taux d'intérêt	49
Figure 16 - Matrice de Corrélation Intra-modulaire Souscription Vie	55
Figure 17 - Résultats du calcul de SCR Net	63
Figure 18 - décomposition de la variation de Fonds Propres	65
Figure 19 - Bilan Solvabilité I et Solvabilité II	66
Figure 20 - Choc des Taux d'intérêts à 99.5% et 95%	70
Figure 21 - Démarche pour calculer le profil de risque d'une métrique	74
Figure 22 - Profil de Risque pour la métrique NAV	79
Figure 23 - Etapes de calcul du SCR anticipé	82
Figure 24 - Calcul du SCR espéré	85
Figure 25 - Profil de risque pour la métrique Ratio de Couverture	86
Figure 26 - Profil de Risque Global de la Compagnie	87
Figure 27 - Segmentation	88
Figure 28 - Résultats du Profil de Risque pour la métrique NAV pour chaque segment	89
Figure 29 - résultats du Profil de Risque pour la métrique SCR pour chaque segment	90
Figure 30 - courbe des Taux Forward	93
Figure 31 - Evolution des facteurs de risque	102
Figure 32 - Dampener	105
Figure 33 - Résultats du suivi du profil de risque pour la métrique NAV	115
Figure 34 - Présentation du suivi du Profil de Risque pour la métrique SCR	118
Figure 35 - synthèse des Résultats de Suivi du Profil de Risque	119
Figure 36 - Profil de Risque agrégé pour la NAV	121
Figure 37 - Présentation des Résultats après allocation des Bénéfices de Diversification par Périmètre de Passif	130
Figure 38 - Présentation des Résultats Après Allocation des bénéfices de Diversification pour la maille risque	131

## Bibliographie

*Directive 2009/138/CE du Parlement Européen et du conseil du 25 Novembre 2009*

*QIS 5 Technical Specifications*, 5 juillet 2010

*CEIOPS Calibration Paper Solvency II*, 15 avril 2010

Consultation Paper n°26 : *CEIOPS' Advice for Level 2 Implementing Measures on Solvency II : Technical provisions – Elements on actuarial and statistical methodologies for the calculation of the best estimate* (2009)

Consultation Paper n°39 : *CEIOPS' Advice for Level 2 Implementing Measures on Solvency II : Technical provisions – Article 86a - Actuarial and statistical methodologies for the calculation of the best estimate* (2009)

Consultation Paper n°32 : *CEIOPS' Advice for Level 2 Implementing Measures on Solvency II : Technical provisions – Assumptions about Future Management Actions* (2009)

Consultation Paper n°54 : *CEIOPS' Advice for Level 2 Implementing Measures on Solvency II : SCR Formula – Loss-absorbing capacity of technical provisions and deferred taxes* (2009)

Consultation Paper n°70 : *CEIOPS' Advice for Level 2 Implementing Measures on Solvency II : SCR Formula – Article 111b – Calibration of Market Risk Module* (2010)

Consultation Paper n°74 : *CEIOPS' Advice for Level 2 Implementing Measures on Solvency II : SCR Formula – Article 111d – Correlations* (2010)

*Consultation Paper on the Proposal for Guidelines on Own Risk and Solvency Assessment* (Novembre 2011)

Planchet F., Thérond P., *Mesure et Gestion des risques d'assurance*, Edition Economica (2007)

Planchet F., Thérond P., Kamega A., *Scenarios Economiques en Assurance – Modélisation et Simulation*, Edition Economica (2009)

J. Hull, *Options, Futures et autres actifs dérivés*, 6<sup>ème</sup> édition (2007)

Brigo D., Mercurio F., *Interest Rate Models – Theory and Practice*, Edition Springer (2005)

Artzner P., Delbaen F., Eber J-M, Heath D., *Coherent measures of risk*, Mathematical Finance (1998)

Standard and Poor's, *Refined methodology for assessing an Insurer Risk Appetite* (2010)

L. S. Shapley, *A Value for n-person Games*, dans *Contributions to the Theory of Games*, volume II, par H.W. Kuhn and A.W. Tucker, Princeton University Press (1953)

Winter E., *Handbook of Game Theory with Economic Applications*, "The Shapley Value" (2002)

Décupère S., *Agrégation des Risques et allocation de capital sous Solvabilité II*, Mémoire d'actuariat 2011

Laparra P., *Pilotage stratégique et appétence au risque sous Solvabilité II – Application dans le cadre d'une société d'Assurance Vie*, Mémoire d'actuariat 2011

Présentation Miliman : *Own Risk and Solvency Assessment* (2011)

Présentation AAA : Merle P.A., *Les indicateurs de rentabilité* (2011)

Présentation AAA : Palerm T., *Assurance Vie et rentabilité Solvabilité 2* (2011)

Présentation AAA : Juillard M., *La mise en place d'un processus de gestion des risques* (2011)