

Résumé

La notion de solvabilité au sein des assurances est primordiale, vu la distinction de l'activité de l'assurance des autres activités par l'inversion du cycle de production (l'assureur connaît d'avance ses recettes avant de savoir ce qu'il va céder). Ainsi, l'assureur doit toujours constituer assez de provisions pour pouvoir respecter ses engagements envers ses clients, et faire face aux imprévus.

Afin de préserver l'impact social de l'assurance et son rôle dans le financement de l'économie, le régulateur impose un cadre réglementaire à respecter pour les compagnies d'assurance, il contient des règles pour évaluer les provisions techniques et les placements et déterminer les éléments constitutifs du calcul de la marge de solvabilité.

Or le cadre réglementaire actuel présente des insuffisances du fait qu'il est basé sur des éléments comptables et non économique, et ne prend pas en compte la diversité des risques et de leurs spécificités et n'intègre pas de normes en matière de gouvernance. C'est à ce titre que l'Autorité de Contrôle des Assurances et de la Prévoyance Sociale (ACAPS) a élaboré le projet de circulaire « Solvabilité Basée sur les Risques » (SBR) qui décrit un nouveau référentiel réglementaire pour évaluer la solvabilité des compagnies d'assurances et de réassurance, ce projet définit les règles de détermination du bilan prudentiel et du capital de solvabilité requis (SCR), l'exigence de capital supplémentaire et du niveau des fonds propres prudentiels. Cette réglementation s'inspire de la réglementation européenne **Solvabilité II**, mais sa version définitive n'existe pas encore.

Ceci dit, le sujet de ce projet de fin d'étude portera sur l'application de ces normes européenne sur le cas de notre organisme, AXA Assurance Maroc, afin de pouvoir les adapter au contexte marocain.

Mots-clés : Solvabilité II, Solvabilité basée sur les Risques, Capital de Solvabilité Requis, Risque marché, Risque de souscription non vie, Risque de souscription vie.

Abstract

The notion of solvency within insurance is essential, given the distinction of the insurance activity from other activities by reversing the production cycle (the insurer knows its revenue in advance before knowing what he will give). Thus, the insurer must always make enough provisions to be able to meet its commitments to its customers, and face the unforeseen.

In order to preserve the social impact of insurance and its role in financing the economy, the regulator imposes a regulatory framework to be respected for insurance companies, it contains rules for valuing technical provisions and investments and determining the constituent elements the calculation of the solvency margin.

However, the current regulatory framework is deficient in that it is based on accounting and not economic elements, and does not take into account the diversity of risks and their specificities and does not integrate governance standards. It is in this capacity that the Authority Control of Insurance and Social Welfare (ACAPS) has drawn up the draft circular “Risk-Based Solvency” (SBR) which describes a new regulatory framework to assess the solvency of companies insurance and reinsurance, this project defines the rules of determination the prudential balance sheet and the solvency capital requirement (SCR), the requirement of additional capital and the level of prudential capital. This regulation is inspired by the European Solvency II regulation, but its final version does not yet exist.

That said, the subject of this end of study project will be the application of these European standards in the case of our organization, AXA Assurance Maroc, in order to be able to adapt them to the Moroccan context.

Keywords : Solvency II, Risk Based Solvency, Solvency Capital Requirement, Market Risk, Non Life Underwriting Risk, Life Underwriting Risk.

Remerciements

C'est avec un grand plaisir que je réserve ces lignes en signe de gratitude et de reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

En premier lieu, nous souhaitons remercier M. BOUMASSAOUD Mohammed qui nous a offert l'opportunité de réaliser ce stage.

On adresse notre profonde gratitude à notre encadrant interne M. KHALIL Saïd d'avoir accepté de diriger ce travail, on tient aussi à lui être reconnaissant pour ses précieux conseils. Je tiens à exprimer ma gratitude au Professeur A. OUAZZA qui nous a honoré en acceptant de juger notre travail.

Nous tenons à exprimer nos profonds sentiments de gratitude envers notre encadrant M. OUAZZANI-CHAHDI Hamza, pour sa disponibilité, ses précieux conseils et son formidable encadrement tout au long de ce stage.

Enfin, nous tenons à remercier aussi l'équipe Risk Management d'AXA Assurance Maroc, notamment M. DAOUDI Yassine, Mme KHERRAZ Fatima Ezzahra, Mme BENZINEB Mariam et M. ABARKAN Marouane pour le partage de leur expertise qui nous a aidé lors de la réalisation de notre projet.

Grand merci à vous.

Dédicace de Ismail

A mes très chers parents,

Qui n'ont jamais cessé de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler dans tous ce que j'entreprends. Quoique je puisse dire ou faire, je ne saurai vous remercier comme il se doit.

A ma sœur,

Qui a toujours su être présente pour m'aider, m'épauler et me conseiller.

A ma famille, mes proches et mes amis.

Dédicace de Rayane

Je dédie ce travail, comme preuve de gratitude et respect à :

- Mes chers parents, pour tous leurs sacrifices et leur soutien tout au long de mes études.
- Mes deux soeurs, pour leur appui et leur encouragement.
- Tous mes amis et à toute personne ayant cru en moi.

Que ce modeste travail puisse vous exprimer ma profonde gratitude et reconnaissance.

TABLE DES MATIÈRES

Résumé	3
Abstract	4
Remerciements	5
Dédicace de Ismail	6
Dédicace de Rayane	7
Liste des abréveations	14
Introduction	16
1 Cadre général	18
1.1 Présentation de l'organisme	19
1.1.1 AXA Assurance Maroc	19
1.1.2 Historique	19
1.1.3 Chiffres clés	20
1.1.4 Les expertises d'AXA Assurance Maroc	20
1.2 Direction Risk Management	21
1.2.1 Organigramme	22
1.2.2 Fonctionnement	22

2	Contexte et cadre réglementaire : SBR & Solvabilité II	24
2.1	La solvabilité d'une compagnie d'assurance	25
2.2	Contexte de la SBR	25
2.3	Piliers de la SBR	27
2.3.1	Premier pilier : Exigences quantitatives	27
2.3.2	Deuxième pilier : Gouvernance et exigences qualitatives	28
2.3.3	Troisième pilier : Information	28
2.4	Aperçu sur le premier pilier	28
2.4.1	Capital de Solvabilité Requis (SCR)	30
2.5	SCR - Formule standard	32
3	Calcul du SCR selon la formule standard	35
3.1	Risque Marché	36
3.1.1	Risque Interêt	36
3.1.2	Risque Actions	37
3.1.3	Risque Immobilier	38
3.1.4	Risque Spread	38
3.1.5	Risque de change	40
3.1.6	Risque de concentration	40
3.1.7	Aggrégation du risque marché	41
3.2	Risque de souscription non-vie	42
3.2.1	Risque de Prime et de Réserve	42
3.2.2	Risque de Cessation	46
3.2.3	Risque de Catastrophe	46
3.2.4	Aggrégation du risque de souscription non vie	46
3.3	Risque de souscription vie	48
3.3.1	Risque de mortalité	48
3.3.2	Risque de longévité	48
3.3.3	Risque d'invalidité & morbidité	49
3.3.4	Risque de Rachat	49
3.3.5	Risque de dépenses	50
3.3.6	Risque de révision	50
3.3.7	Risque de Catastrophe	50
3.3.8	Aggrégation du risque de souscription vie	51
3.4	Risque Opérationnel	52
3.5	Ajustements techniques	53
3.5.1	Capacité d'absorption de pertes des PT	53
3.5.2	Capacité d'absorption de pertes des ID	53

4	Application sur AXA Assurance Maroc	54
4.1	Risque marché	55
4.1.1	Risque Actions	56
4.1.2	Risque Spread	60
4.1.3	SCR Immobilier	61
4.1.4	Risque de concentration	62
4.1.5	Risque de Taux	65
4.1.6	Risque de change	67
4.1.7	Aggrégation du risque marché	68
4.2	Risque de souscription non vie	70
4.2.1	Risque de primes et de réserves.	71
4.2.2	Risque de cessation	73
4.2.3	Risque de catastrophe	73
4.2.4	Aggrégation du risque de souscription non vie	74
4.3	Risque de souscription vie	75
4.3.1	Risque de mortalité	76
4.3.2	Risque de longévité	77
4.3.3	Risque de Rachat	78
4.3.4	Risque de dépenses	79
4.3.5	Aggrégation du risque de souscription vie	81
4.4	Basic SCR	82
4.5	Risque opérationnel	83
4.6	Solvency Capital Requirement	84
	Conclusion	85
	Annexe	86

TABLE DES FIGURES

1.1	Chiffre d'affaires et Résultat net 2017 / 2018	20
1.2	Répartition du CA d'AXA Assurance Maroc	20
1.3	Organigramme de la direction Risk Management	22
1.4	Risques couverts par la direction RM	23
2.1	Processus de mise en œuvre de la SBR (Source : ACAPS)	27
2.2	Les trois piliers de la SBR	27
2.3	Les modifications dans le bilan d'une entreprise d'assurance et de réassurance dans le cadre de la SBR	29
2.4	Modules de risques retenus pour le calcul du SCR	31
2.5	Différents niveaux de modélisation du SCR	32
2.6	Structure de la formule standard	33
2.7	Matrice de corrélation entre les modules de risques en Solva- bilité II	34
3.1	Aperçu des des sous-modules du Risque Marché	36
3.2	IR : chocs à appliquer	37
3.3	Taux d'intérêts choqués pour différentes maturités	37
3.4	Chocs à appliquer sur les actions type 1 et type 2	38
3.5	Facteurs de risque $stress_i$ en fonction de la notation et de la duration de l'obligation	39
3.6	Facteurs de risque g_i et seuils CT_i en fonction des notations	40
3.7	Facteurs de risque g_i en fonction des ratios de solvabilité	41

3.8	Matrice de corrélation du risque marché en cas d'un upward shock du risque taux	41
3.9	Matrice de corrélation du risque marché en cas d'un downward shock du risque taux	41
3.10	Sous-modules du risque de souscription non-vie	42
3.11	Schéma récapitulatif des éléments de $V_{(prem,s)}$	43
3.12	Valeur des σ par segment	45
3.13	Table de corrélation entre les Lines Of Buisness (LoB)	45
3.14	Matrice de corrélation du risque de souscription non vie)	47
3.15	Sous-modules du risque de souscription vie	48
3.16	Matrice de corrélation des sous-modules des risque de souscription vie	51
4.1	Risque marché	55
4.2	Résultats SCR marché	58
4.3	Distribution des actions selon s'ils sont stratégiques ou non	59
4.4	Distribution des actions selon leurs types	59
4.5	Chocs spread	61
4.6	SCR Immobilier	62
4.7	SCR Concentration	63
4.8	Structure du portefeuille d'actifs d'AXA Maroc	64
4.9	Illustration graphique des deux méthodes de remboursement	66
4.10	Courbes de taux de référence et choquées	66
4.11	Résultats SCR taux	67
4.12	Résultats SCR marché	68
4.13	Risque de souscription non vie - Solvabilité II vs SBR	70
4.14	Mesures de volumes de primes et de réserves	71
4.15	Volumes par LoB	71
4.16	écarts-type par LoB	72
4.17	Calcul des écarts-type	72
4.18	SCR primes et réserves	73
4.19	Sous-modules catastrophe	74
4.20	SCR non vie	74
4.21	Différences entre SBR et Solvabilité II pour le risque de souscription vie	75
4.22	Variation des provisions mathématiques	77
4.23	Variation des provisions mathématiques pour annuités	78
4.24	SCR vie	81
4.25	Matrice de corrélation des modules de risques principaux	82
4.26	Basic SCR	82
4.27	SCR opérationnel	83

4.28	SCR total	84
4.29	Courbe de taux zéro- coupons 2017	86

Liste des abréviations

- ACAPS : Autorité de Contrôle des Assurances et de la Prévoyance Sociale
- Adj : Ajustement
- AFR : Available Financial Ressources
- AI : Average Index
- BOF : Base of Funding
- BSCR : Basic Solvency Capital Requirement
- CA : Chiffre d'affaires
- CD : Credit derivatives
- CI : Current Index
- DIV : Effet de diversification
- EEA : Espace économique européen
- FPP : Fonds propres prudentiels
- IAIS : International Association of Insurance Supervisors
- IBNR : Incurred but not reported
- ICP : Insurance Core Principles
- ID : Impôts différés
- IR : Interest Rates
- DAPS : Direction des Assurances et de la Prévoyance Sociale
- LoB : Line of Buisness
- MASI : Moroccan All Shares Index
- mmCAT : Man Made Catastrophe
- MV : Market Value
- NAV : Net Asset Value
- NL : Non Life
- NP : Non Proportional
- OECD : Organisation de coopération et de développement économiques
- Op : Opérationnel
- OPCVM : Organisme de placement collectif en valeurs mobilières
- PT : Provisions Techniques
- QIS : Quantitative Impact Studies

- RC : Responsabilité Civile
- RCG : Responsabilité Civile Générale
- RM : Risk Margin
- SA : Symmetric Adjustment
- SBR : Solvabilité basée sur les risques
- SCR : Solvency Capital Requirement
- UC : Unité de Compte
- USP : Undertaking Special Parameters

Introduction

Une des principales spécificités du secteur de l'assurance est l'inversion du cycle de production, ce qui rend les organismes assureurs particulièrement sensibles à l'évolution de plusieurs facteurs socioéconomiques. L'autre spécificité bien connue des assurances est qu'elles jouent un rôle essentiel dans le financement de l'économie, que ce soit via l'investissement des cotisations collectées ou en permettant aux assurés d'être créateurs de richesse. Dans ce contexte, les pouvoirs publics accordent une attention particulière aux organismes assureurs, notamment au niveau de leur capacité à honorer leurs engagements.

Les organismes assureurs sont généralement soumis à certaines règles concernant la structure de leur bilan et sont notamment tenus de disposer d'un montant de fonds propres supérieur à un certain montant minimum souhaité. Si Solvabilité 1 présente l'avantage d'être simple à appréhender et à mettre en œuvre, elle admettait par contre d'importantes limites relatives à la prise en compte des différents risques et à la cohérence avec l'application des normes internationales. Solvabilité 2 vient pallier ces problèmes et préparer les assureurs à mieux affronter les risques qui les menacent. Adoptée le 22 mai 2009 par le parlement européen et mise en application Janvier 2016, Solvabilité 2 trace de nouvelles règles réglementaires visant le renforcement de la solidité financière des compagnies d'assurances et de réassurances et l'amélioration de la protection des assurés. En pratique, le principe général des exigences de fonds propres de ce nouveau dispositif consiste à disposer aujourd'hui d'un montant de fonds propres évalué en « valeur de marché » permettant d'avoir dans un an des fonds propres positifs dans 99,5% des cas. À cet effet, une formule standard est proposée pour déterminer le niveau de fonds propres requis aujourd'hui à partir d'hypothèses de mesures et de corrélations des différents risques.

Solvabilité basée sur les risques est la déclinaison retenue pour la nouvelle réglementation prudentielle qui s'imposera sur les entreprises d'assurance et de réassurance marocaines. Les assureurs doivent en effet respecter des règles dites « prudentielles » qui les contraignent notamment à mettre en adéquation leur niveau de fonds propres avec les risques auxquels ils sont confrontés. Ainsi, aujourd'hui, les compagnies doivent justifier d'un Capital de Solvabilité Requis, ce capital est destiné à garantir les engagements vis-à-vis des assurés et à leur permettre de faire face aux aléas inhérents à l'activité d'assurance. Le calibrage de la formule standard du calcul du CSR est fixé de manière à avoir une probabilité de ruine de 0,5% à un horizon de un an.

Le but de ce mémoire est de détailler la méthodologie de calcul de la for-

mule standard selon la norme solvabilité II pour chaque module de risque et de l'appliquer au portefeuille d'AXA ASSURANCE MAROC afin d'analyser les résultats obtenus en les comparant avec ce qui se fait selon la norme SBR. Pour ce faire, on commence tout d'abord par une présentation de l'organisme d'accueil et du contexte et du cadre réglementaire du secteur d'assurance vie au Maroc ainsi que la réglementation européenne. Dans une deuxième partie, nous expliquerons la méthodologie de calcul du SCR selon la formule standard de Solvabilité II. Nous finirons par l'application de la méthodologie présentée au portefeuille d'AXA ASSURANCE MAROC ainsi que l'analyse des résultats trouvés.

CHAPITRE

1

CADRE GÉNÉRAL

1.1 Présentation de l'organisme

1.1.1 AXA Assurance Maroc

Le groupe AXA ASSURANCE est réputé pour être un des leaders mondiaux dans le domaine des assurances et de la protection financière. Ce groupe est notamment présent un peu partout dans le monde et renforce considérablement sa position au Maroc sous le nom d'AXA ASSURANCE MAROC.

AXA Assurance Maroc est née en 2000 de la fusion entre AXA Al Amane et la compagnie africaine d'assurances et se place en seconde position sur le marché marocain des assurances. Le métier d'AXA Assurance Maroc est la protection financière qui consiste à accompagner leurs clients, particuliers, petites, moyennes et grandes entreprises tout au long de leur vie, en proposant des solutions adaptées à leurs besoins.

1.1.2 Historique

- **1996** : Axa débute ses activités au Maroc par le rachat de "Assurance Al Amane" ⇒ la naissance de AXA Al Amane.
- **1999** : Accord de partenariat entre AXA et ONA, "Axa Al Amane " devient Axa-ONA.
- **2000** : Création d'Axa Assurance Maroc par fusion entre Axa Al Amane et la compagnie Africaine d'Assurance.
- **2006** : Axa Assurance Maroc devient filiale à 100% du Groupe AXA.
- **2012** : Axa Assurance Maroc lance sa nouvelle signature pour accompagner le projet "Ambition 2012 ".

1.1.3 Chiffres clés

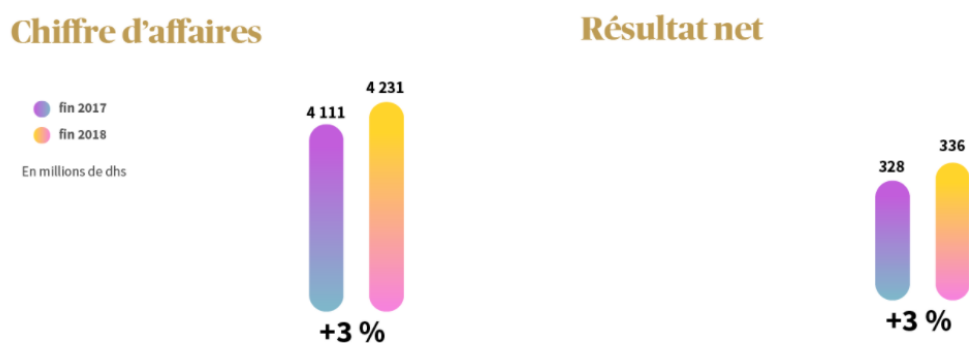


FIGURE 1.1 – Chiffre d'affaires et Résultat net 2017 / 2018

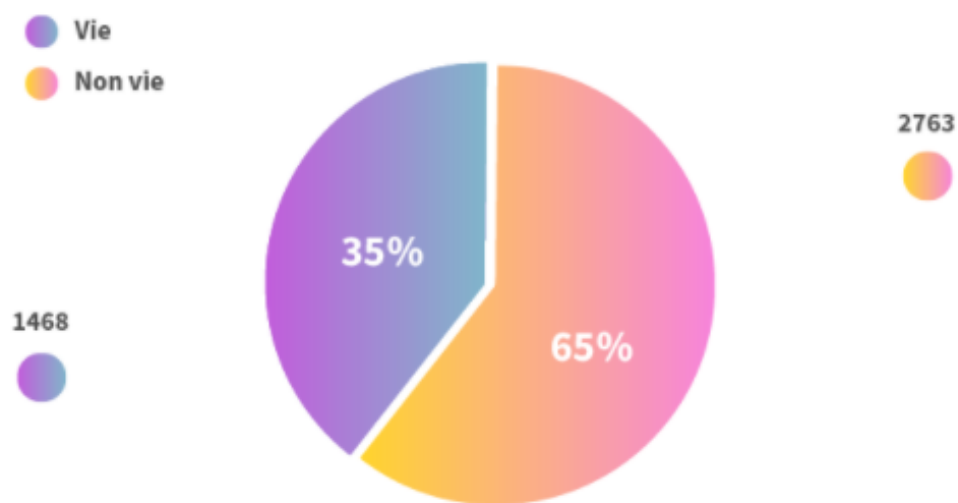


FIGURE 1.2 – Répartition du CA d'AXA Assurance Maroc

1.1.4 Les expertises d'AXA Assurance Maroc

L'objectif d'AXA Assurance Maroc est de protéger ses clients, particuliers et entreprises, grâce à ces deux expertises :

- **Assurance vie, épargne, retraite**

Les contrats d'assurance vie, individuels et collectifs, offrent une protection de santé (gestion et remboursement des frais médicaux), de prévoyance (décès et invalidité) et une gestion de l'épargne.

L'aspect de protection de santé et de prévoyance répond aux risques qui portent atteinte à la personne, quant à la gestion d'épargne, elle permet de financer un projet, une retraite ou un patrimoine.

- **Assurance dommage**

Les contrats d'assurance dommage protègent contre les dommages aux biens (par exemple automobile et habitation) et couvre la responsabilité tant civile que professionnelle.

1.2 Direction Risk Management

La direction de Risque Management est la direction responsable de la mise en place d'un environnement favorable de la gestion des risques. Il s'assure de la définition et du suivi de l'Appétit au Risque sur les risques assurantiels (vie et Non Vie), financiers et opérationnels selon quatre dimensions : résultat, valeur, solvabilité et liquidité.

1.2.1 Organigramme

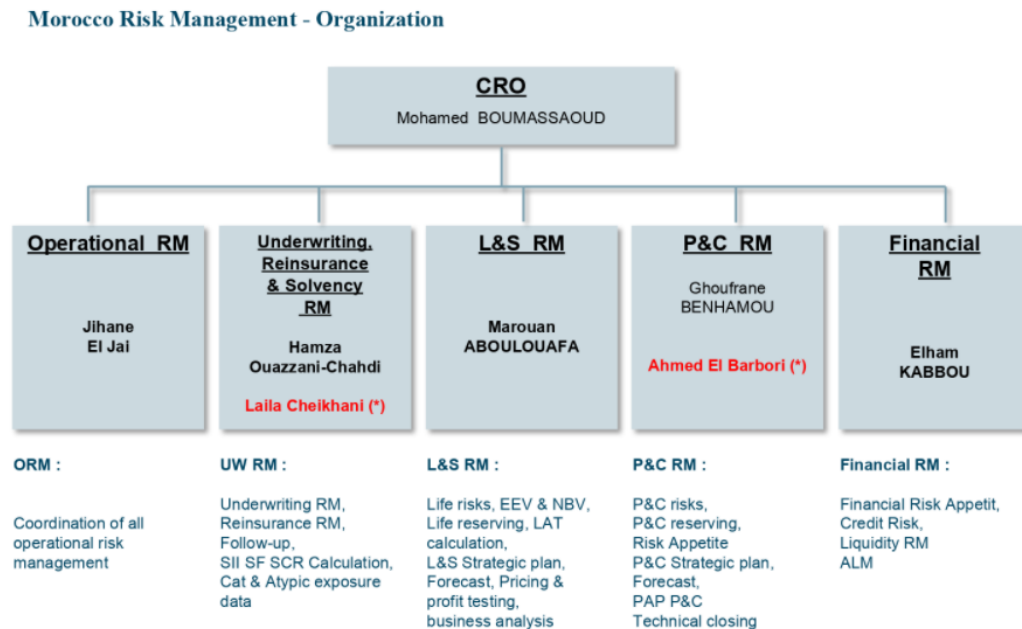


FIGURE 1.3 – Organigramme de la direction Risk Management

1.2.2 Fonctionnement

La direction de Risque Management diffuse la culture risque au sein de l'entreprise sur son périmètre d'activité. Il vérifie que les risques pris sont conformes aux politiques et limites définies par le Groupe et les entités de son périmètre.

L'ensemble des risques couverts par la direction RM est organisé selon quatre natures de risques :

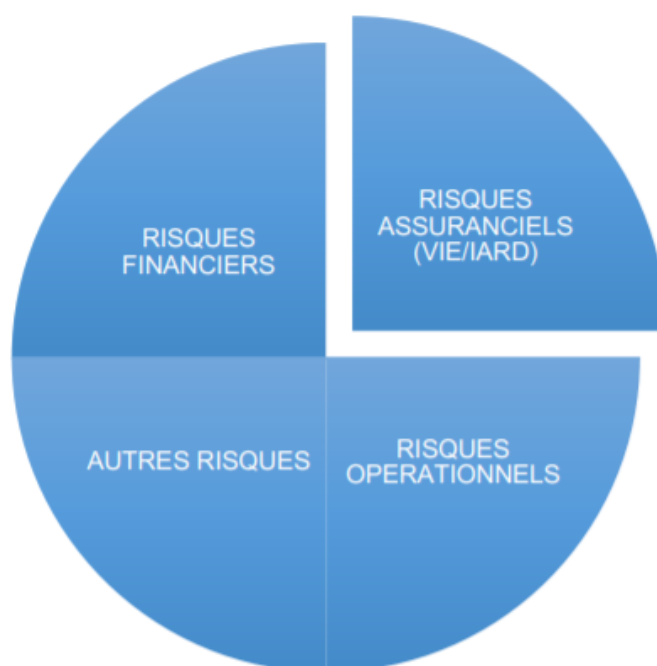


FIGURE 1.4 – Risques couverts par la direction RM

La Direction Risk Management :

- S’assure de la définition et du suivi de l’Appétit au Risque sur les risques techniques, financiers et opérationnels.
- Evalue les risques (techniques, financiers et opérationnels, . . .) auxquels la compagnie est
- Gère et suit les incidents financiers et techniques remontés par les entités opérationnelles ;
- Applique et diffuse les standards et méthodes du Groupe AXA en matière de Risk Management ;
- Exprime une 2ème opinion quant à l’adéquation/suffisance des réserves Vie & Non Vie conformément aux standards.
- Exprime une 2ème opinion concernant les différents périmètres conformément aux standards.
- Evalue et surveille l’évolution de la marge de solvabilité

CHAPITRE

2

**CONTEXTE ET CADRE
RÉGLEMENTAIRE : SBR &
SOLVABILITÉ II**

2.1 La solvabilité d'une compagnie d'assurance

La notion de solvabilité est essentielle dans l'exercice de l'activité d'assurance. Pour protéger les intérêts des assurés, les autorités de contrôle exercent une surveillance régulière de la solvabilité des assureurs.

Par solvabilité, nous entendons la capacité d'une compagnie d'assurance à respecter à tout instant ses engagements envers ses assurés et ses créanciers. Elle est mesurée par la différence entre les actifs et les engagements pris par l'assureur. Le montant du capital disponible en plus des engagements réglementés, est appelé la « marge de solvabilité », dont le but est d'amortir les impacts d'éventuelles variations économiques défavorables (i.e. grâce à la marge de solvabilité, l'assureur est capable de supporter une perte plus importante).

2.2 Contexte de la SBR

L'Autorité de Contrôle des Assurances et de la Prévoyance Sociale, créée en 2014 et venant remplacer la Direction des Assurances et de la Prévoyance Sociale (DAPS), a institué le contrôle comptable et financier afin de garantir la santé financière des compagnies d'assurances et de réassurance, et par la suite, garantir la solvabilité et protéger les droits des assurés et des bénéficiaires des contrats d'assurance. En effet, les sociétés d'assurance et de réassurance doivent rester en mesure d'honorer les engagements pris à l'égard des assurés et des bénéficiaires de contrats et ce en se basant sur 4 volets :

- **Règles d'évaluation** des provisions techniques et des placements afin d'évaluer prudemment les engagements.
- **Règles d'investissement** permettant d'avoir des actifs de bonne qualité en représentation de ces engagements.
- **Règles de calcul de la Marge de Solvabilité.**
- **Règles de détermination** des éléments constitutifs de la marge de solvabilité permettant de procurer les ressources qui couvriront cette marge de solvabilité même en présence d'évènements défavorables ou imprévus.

L'objectif de ces règles prudentielles et des exigences réglementaires qui en découlent est d'assurer des provisions suffisantes et prudentes pour le règlement intégral des engagements en utilisant des taux prudents et des tables de mortalité prudentes surestimant la mortalité. Toutefois, le régime actuel de surveillance de la solvabilité des entreprises d'assurance présente des **insuffisances** et connaît un certain nombre de faiblesses comme :

- Cadre basé sur des éléments comptables et non économiques.
- Quasi-absence des normes en matière de gouvernance.
- Non prise en compte de la diversité des risques auxquelles est confrontée chaque entreprise d'assurance.
- Pas de prise en compte de la réalité de structure et du fonctionnement actuel auquel appartient l'entreprise d'assurance.
- Manque de transparence.
- Réglementation non cohérente avec la réglementation bancaire Bâle III
- Non-conformité par rapport aux principes de bases de l'assurance (ICP) dictés par l'IAIS

En plus de ces insuffisances, Le marché marocain, des assurances est confronté aujourd'hui à des mutations profondes qui affectent aussi bien sa structure que son fonctionnement et exposent ses acteurs à de nouveaux risques et enjeux, ce qui rend la prise en compte des risques un élément incontournable.

C'est dans cette perspective donc, et dans l'objectif de suivre les standards internationaux et franchir un grand pas vers la modernisation du secteur, que l'ACAPS prépare un projet réglementaire qui est connu sous le nom de « Solvabilité Basée sur les Risques » ou SBR afin d'instaurer un marché crédible, stable et fonctionnant sur des bases solides dans l'intérêt des assurés mais aussi des assureurs pour les protéger contre tous les risques de solvabilité et de défaillance. Cette nouvelle réglementation est censée être mise en vigueur à partir de Janvier 2019, selon l'ACAPS.

Ce projet dont la dernière version est celle de Mars 2018, et dont l'équivalent en Europe est Solvabilité 2, est né d'une volonté de :

- Renforcer la résilience du secteur des assurances face aux risques encourus ;
- Renforcer les systèmes de gouvernance ;
- Renforcer la culture de gestion des risques ;
- Renforcer la protection des assurés dans un environnement instable et plus risqué.

Cette nouvelle réglementation a été mise en place selon plusieurs étapes, qui sont détaillées dans l'illustration suivante :

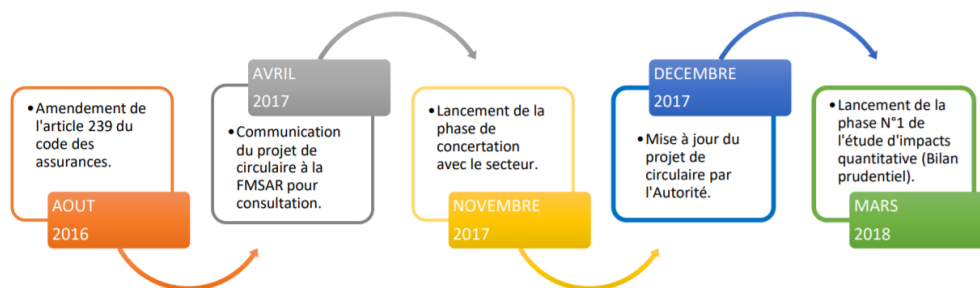


FIGURE 2.1 – Processus de mise en œuvre de la SBR (Source : ACAPS)

2.3 Piliers de la SBR

La réforme dite « Solvabilité Basée sur les Risques » comporte trois piliers regroupés dans la figure suivante :

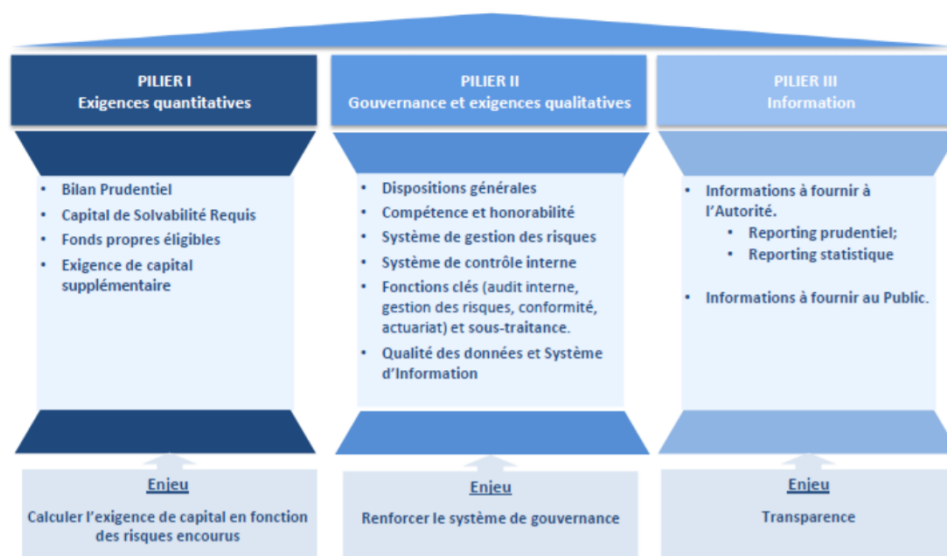


FIGURE 2.2 – Les trois piliers de la SBR

2.3.1 Premier pilier : Exigences quantitatives

Ce pilier a pour objectif de revoir la manière avec laquelle les fonds propres minimums exigés d'une compagnie d'assurance sont calculés. Nous nous attarderons plus tard sur ce pilier qui nous intéresse dans ce rapport.

Ces exigences sont calculées selon trois étapes :

- Calcul du Bilan prudentiel.
- Calcul du Capital de Solvabilité Requis (SCR).
- Calcul du niveau de Fonds Propres Prudentiels (FPP).

Nous nous attarderons plus tard sur ce pilier qui nous intéresse dans ce rapport.

2.3.2 Deuxième pilier : Gouvernance et exigences qualitatives

Si le premier pilier a pour vocation d’apprécier les niveaux de solvabilité des entreprises d’assurances et de réassurance par une approche quantitative en fonction des risques encourus, cela n’a de valeur que si celles-ci disposent en parallèle d’un système de gouvernance approprié.

Ce pilier étoffe le dispositif actuel concernant le contrôle de la gestion de risque et la partie audit interne dans l’objectif d’établir une gouvernance globale appropriée, des politiques clairement définies et de mettre en place des fonctions essentielles suffisamment indépendantes dont le rôle est clairement défini. Ces fonctions clés sont : l’actuariat, l’audit interne, la gestion de risques et la conformité.

2.3.3 Troisième pilier : Information

Le pilier III oblige les opérateurs à communiquer de façon transparente avec l’Autorité et avec le public à travers des états prudentiels et statistiques ainsi que des rapports narratifs.

Cette information doit impérativement respecter les principes de fiabilité, d’intégrité et de pertinence.

2.4 Aperçu sur le premier pilier

Le changement majeur dans ce pilier touche le calcul de la marge de solvabilité – désignée par « Capital de Solvabilité Requis » ou « Fonds Propres », qui devra dorénavant tenir compte de la diversité des risques réels, que peut rencontrer une compagnie d’assurance et qui peuvent entraîner une perte ou un changement défavorable de la situation financière. Actuellement, seul le risque de souscription est pris en considération.

De plus, cette nouvelle directive ne s'appuiera plus sur les comptes sociaux, et imposera aux organismes de préparer un bilan distinct appelé bilan prudentiel qui est valorisé selon les valeurs économiques et non sur des valeurs comptables.

Ce bilan prudentiel sert à déterminer le Capital de Solvabilité Requis et à fixer les Fonds Propres.

La figure qui suit, montre la différence entre le bilan actuel et le bilan prudentiel selon la SBR :

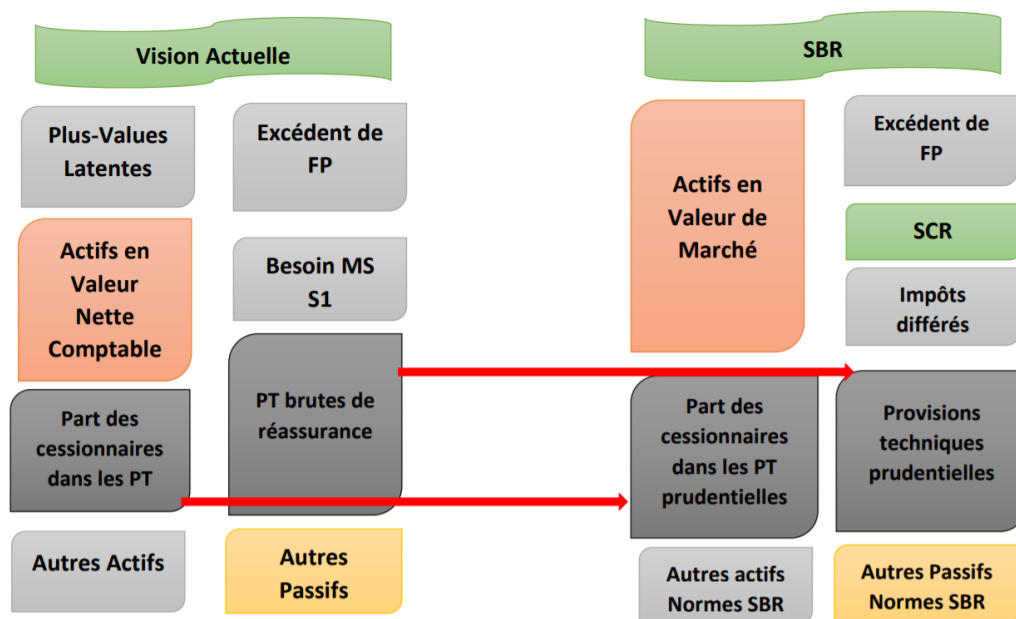


FIGURE 2.3 – Les modifications dans le bilan d’une entreprise d’assurance et de réassurance dans le cadre de la SBR

On remarque que le format du bilan prudentiel est très proche de celui du bilan comptable. Il comprend, outre les rubriques « impôt différé actif », « impôt différé passif » et « Réserve de réconciliation », les mêmes rubriques du bilan comptable. Cependant, les rubriques « provisions techniques brutes » et « part des cessionnaires dans les provisions techniques » sont substituées respectivement par « provisions techniques prudentielles » et « part des cessionnaires dans les provisions techniques prudentielles ».

Ainsi ce pilier concerne :

- La valorisation de l'actif du bilan prudentiel.
- La valorisation du passif hors provisions techniques prudentielles.
- La valorisation des provisions techniques prudentielles.
- Le calcul du Capital de Solvabilité Requis ou SCR.
- La fixation des Fonds Propres (FP).

Nous allons nous focaliser dans tout ce qui suit sur le calcul du Solvency Capital Requirement (SCR) selon la formule standard, élément constituant le sujet de ce présent rapport.

2.4.1 Capital de Solvabilité Requis (SCR)

Le Capital de Solvabilité Requis (CSR) représente le niveau minimum à couvrir pour continuer son intervention directe du superviseur. En effet, il capture la perte inattendue à supporter dans le cas d'un scénario catastrophe avec une probabilité d'occurrence très faible. Il doit fournir d'une part, le niveau du capital qui permet à l'assureur d'absorber des pertes imprévues importantes et d'autre part, limiter le risque (sur une période donnée) que le niveau du capital disponible se dégrade.

Bien entendu, le SCR doit être supérieur au niveau de fonds propres (les FP doivent représenter au minimum 70% du SCR, le cas échéant, par l'exigence de capital supplémentaire).

Le SCR reflète le niveau de capital nécessaire pour que l'assureur puisse tenir de tous ses engagements, il doit ainsi tenir compte de tous les risques, et c'est dans ce cadre que vient la SBR pour remplacer le cadre actuel qui ne prend en considération que le risque de souscription. Toutefois, si au cours de la période prédéfinie le SCR vient à s'user, grâce à la marge de risque l'assureur pourra céder son portefeuille à un autre assureur.

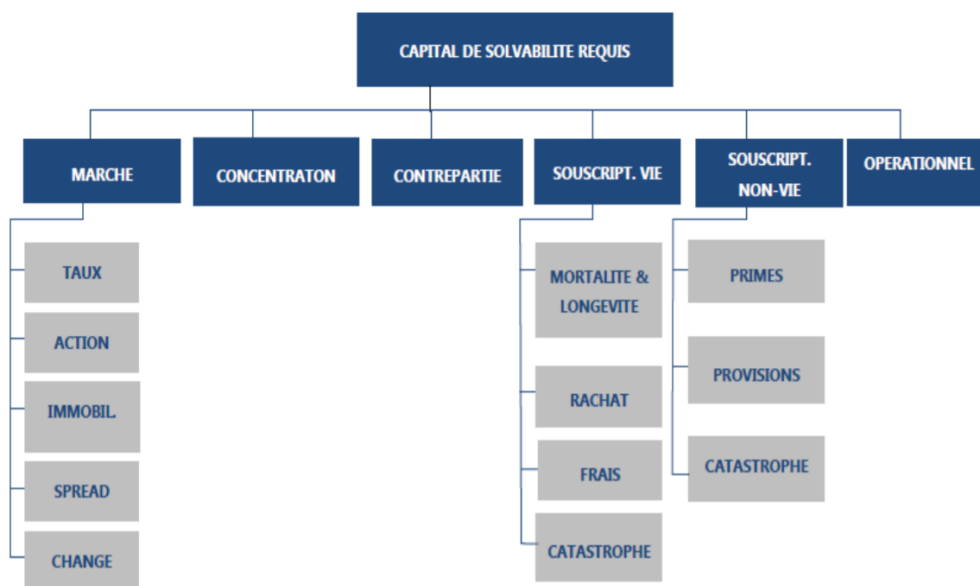


FIGURE 2.4 – Modules de risques retenus pour le calcul du SCR

On remarque que les composantes du SCR présentent les différents risques qui peuvent être encourus par une compagnie d'assurance ou de réassurance. Ainsi, le SCR est constitué de la somme de :

- **L'exigence de capital relative au risque de marché** : qui se traduit par la perte ou de changement défavorable de la situation financière suite à une fluctuation affectant le niveau de la valeur des actifs ou des passifs.
- **L'exigence de capital relative au risque de contrepartie** : provenant d'un défaut de paiement d'une contrepartie ou d'une dégradation de sa qualité de crédit.
- **L'exigence de capital relative au risque de concentration** : correspond à la perte des fonds propres qui résulteraient de la baisse des actifs associés à un ensemble d'émetteurs appartenant au même groupe, par application d'un coefficient en fonction de seuils de concentration.
- **L'exigence de capital relative aux risques de souscription en vie** : correspond au risque de perte ou de changement défavorable de la situation financière en raison d'hypothèses inadéquates en matière de sinistralité, de tarifications et de provisionnement. Cette exigence est déterminée en fonction des exigences de capital relatives au risque de mortalité et de longévité, risque de rachat, risque de frais de gestion et risque de catastrophe.

- **L'exigence de capital relative aux risques de souscription en non-vie** : déterminée en fonction des exigences de capital relatives au risque de primes, au risque de provisions et au risque catastrophe.
- **L'exigence de capital relative au risque opérationnel** : résultant de procédures internes, de membres du personnel, de systèmes inadéquats ou défaillants. Cette exigence correspond à un pourcentage des primes émises au titre de l'exercice inventorié.

Ainsi, le modèle retenu dans le projet SBR pour le calcul du SCR est additif; il est la somme de chaque module de risque, car les facteurs de risque n'ont pas encore été quantifiés par l'Autorité.

Ceci n'est pas le cas pour la réforme Solvabilité II mise en oeuvre par l'EIOPA, où le calcul du CSR est entièrement différent et donné par la formule standard, qui fera objet du paragraphe suivant.

2.5 SCR - Formule standard

Croissante en termes de sensibilité au risque et de complexité, l'échelle de méthodes proposée par Solvabilité II pour le calcul du SCR est la suivante :

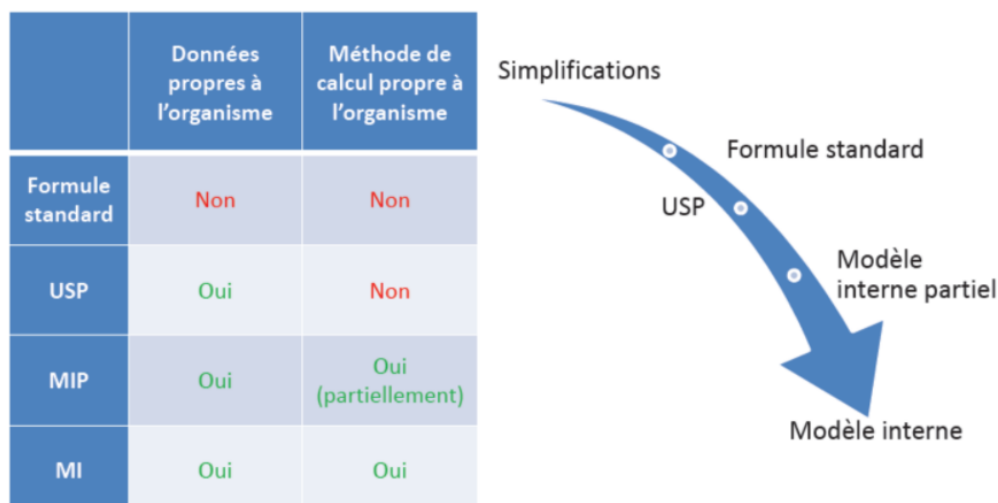


FIGURE 2.5 – Différents niveaux de modélisation du SCR

Le calcul du SCR_{global} selon la formule standard prend en compte plusieurs modules de risques encourus par l'assureur. Cet éventail de risque est illustré par la figure suivante :

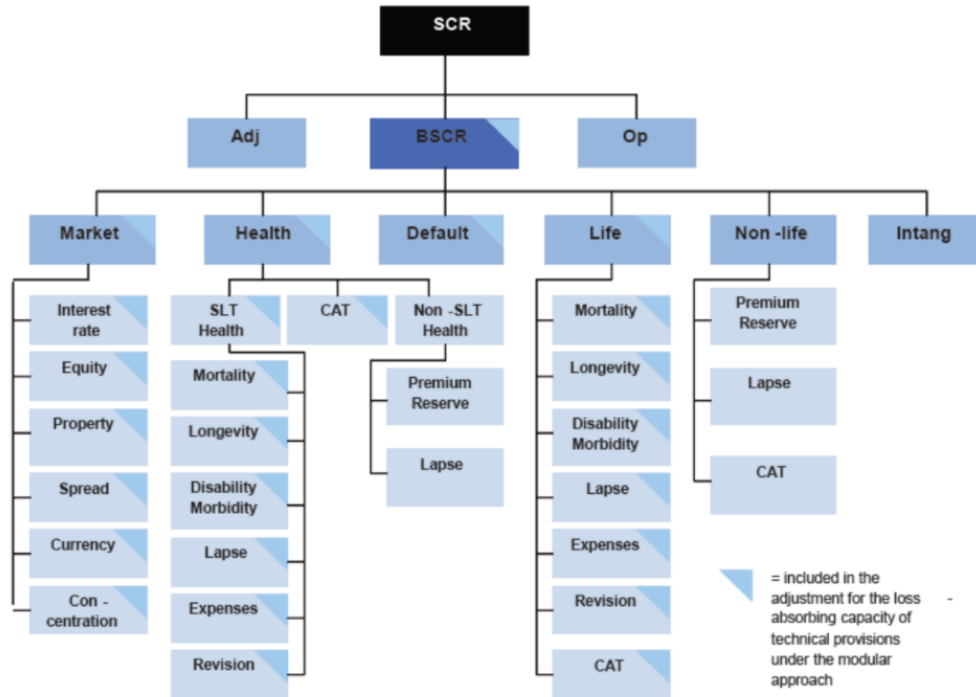


FIGURE 2.6 – Structure de la formule standard

Ainsi, en prenant en référence la formule standard, le besoin en capital SCR_{global} est composé des éléments suivants :

- **BSCR** : représente le Capital de Solvabilité Requis de Base (Basic Solvency Capital Requirement)
- **SCR_{op}** : représente le chargement en capital lié au risque opérationnel ;
- **Adj** : représente les ajustements, liés à la réduction des pertes futures par le biais des impôts différés ou par la participation aux bénéfices futurs à distribuer aux assurés. L'impôt différé est l'imputation de la perte au résultat fiscal, ce qui conduit dans le futur à payer moins d'impôt. La participation aux bénéfices est le transfert d'une partie de la perte aux assurés, ce qui conduit à verser moins de participations aux bénéfices que ce qui était prévu initialement.

On a alors :

$$SCR_{global} = BSCR + SCR_{op} - \max(0, Adj)$$

le BSCR agrège six modules de risques comme on peut le voir sur la figure cidessus, à travers la formule suivante :

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

Où :

- **SCR_i** : Représente le SCR du module de risque i ;
- **Corr_{i,j}** : Représente le coefficient de la matrice de corrélation entre les modules de risques i et j ;
- **SCR_{intangibles}** : Représente l'exigence de capital pour les risques liés aux immobilisations incorporelles

	Marché	défaut	santé	vie	Non vie
Marché	1				
défaut	0,25	1			
santé	0,25	0,25	1		
vie	0,25	0,25	0,25	1	
Non vie	0,25	0,5	0	0	1

FIGURE 2.7 – Matrice de corrélation entre les modules de risques en Solvabilité II

CHAPITRE

3

**CALCUL DU SCR SELON LA
FORMULE STANDARD**

Dans le cadre de ce stage, nous nous limiterons aux modules de Risque Marché, Souscription non-vie, Souscription vie et Opérationnel.

3.1 Risque Marché

Le Risque Marché provient des fluctuations des :

- Taux d'intérêts, taux de change, cours d'actions et prix des propriétés.
- Composantes risquées des instruments financiers sensibles aux changements des taux d'intérêts.
- Concentration des risques de portefeuilles.

Ce module consiste des sous-modules de risques suivants :

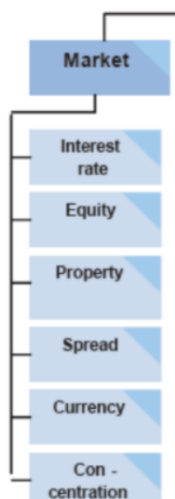


FIGURE 3.1 – Aperçu des des sous-modules du Risque Marché

Les Risque d'intérêt, actions, immobilier et change sont calculé selon l'approche scénario tandis que les risques de Spread (Obligations) et concentration dérivent d'une approche par facteur. L'aggrégation du risque Marché se fait en utilisant la matrice de corrélation des risques marchés présentée ultérieurement.

3.1.1 Risque Interêt

Le SCR pour le risque de fluctuation dans la structure des taux d'intérêt doit être égal à la perte en Fonds propres de base, résultante d'une augmen-

tation ou baisse instantanée des taux sans risque de différentes maturités, en accord avec les chocs spécifiques présentés dans la table suivante :

Maturity	<= 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IR UP	70%	70%	64%	59%	55%	52%	49%	47%	44%	42%	39%
IR DOWN	-75%	-65%	-56%	-50%	-46%	-42%	-39%	-36%	-33%	-31%	-30%

Maturity	12	13	14	15	16	17	18	19	20	>= 90
IR UP	37%	35%	34%	33%	31%	30%	29%	27%	26%	20%
IR DOWN	-29%	-28%	-28%	-27%	-28%	-28%	-28%	-29%	-29%	-20%

FIGURE 3.2 – IR : chocs à appliquer

Pour les maturités manquantes, les chocs sont interpolés linéairement. Pour les maturités supérieures à 90 ans, les stress de $\pm 20\%$ sont maintenus.

La valeur du SCR est égale au capital requis supérieur entre celui obtenu par l'augmentation des taux d'intérêts et celui obtenu par la baisse de ces derniers, selon l'approche *scénario*. Ceci est illustré ainsi :

$$SCR_{int} = \max(0; \sum_{allc} IR_{up}^c; \sum_{allc} IR_{down}^c)$$

Les chocs sont illustrés dans l'exemple suivant :

Initial Rate	Up Shock	Down Sock
1 year: 0,6%	1,6% = 0,6% + max(1% ; 0,6%*70%)	0,15% = 0,6%*(1-75%)
3 years : 1,2%	2,2% = 1,2% + max(1% ; 1,2%*64%)	0,53% = 1,2%*(1-56%)
5 years : 2,2%	3,41% = 2,2% max(1% ; 2,2%*55%)	1,19% = 2,2%*(1-46%)

FIGURE 3.3 – Taux d'intérêts choqués pour différentes maturités

3.1.2 Risque Actions

Le risque actions dérive du niveau de volatilité des cours d'actions, qui peuvent impacter les valeurs des actifs est des passifs de l'entreprise en question.

Pour calculer le $SCR_{actions}$, on effectue la classification suivante :

• **Actions type 1** : sont les actions listés dans les marchés réglementés dans les pays membres de l'EEA ou l'OECD.

• **Actions type 2** : le reste des action (*actions non listées, actions privées, fonds d'investissement ...*)

Le $SCR_{actions}$ est calculé ainsi :

$$SCR_{actions} = \sqrt{SCR_{type1}^2 + 2 * SCR_{type1} * SCR_{type2} + SCR_{type2}^2}$$

Où le SCR_{type1} (resp. SCR_{type2}) est la somme arithmétique des capitaux requis pour :

- Actions standards,
- Actions standards de nature stratégique.

Les chocs à appliquer pour les actions de type 1 et type 2 sont les suivants :

	Type 1	Type 2
Titres non stratégiques	39% + SA	49% + SA
Titres stratégiques	22%	22%

FIGURE 3.4 – Chocs à appliquer sur les actions type 1 et type 2

Où l'ajustement symétrique (SA) est calculé ainsi :

$$SA = \min \left[10\%; \max \left[-10\%; \frac{1}{2} \left(\frac{CI - AI}{AI} - 8\% \right) \right] \right]$$

CI = niveau actuel de l'indice.

AI = moyenne actuelle de l'indice sur 36 mois.

3.1.3 Risque Immobilier

Ce risque dérive de la sensibilité des actifs, passifs et investissements financiers relative au niveau de volatilité des prix de marché des propriétés immobilières.

Le $SCR_{immobilier}$ sera égal à la perte en NAV résultante d'une baisse instantanée de 25% des valeurs des propriétés immobilières.

3.1.4 Risque Spread

Le risque de spread est la part de risque issue des instruments financiers qui est expliquée par la volatilité des spreads de crédit sur la structure de la courbe de taux. C'est la somme de :

- Risque de spread sur les obligations et les prêts,

- Risque de spread sur les titrisations,
- Risque de spread sur les dérivés de crédit.

Ainsi :

$$SCR_{Spread} = SCR_{bonds} + SCR_{securitisation} + SCR_{cd}$$

SCR bonds

Le SCR_{bonds} est calculé en choquant la valeur marché des obligations. Le modèle requiert la valeur marché des actifs, la notation ainsi que la duraton. Il est donc calculé ainsi :

$$SCR_{bonds} = risk_{bonds} + risk_{covered} + risk_{non-EEA} + risk_{ins-not-MCR} + risk_{ins-MCR}$$

Obligations standards Le risque de spread sur ces obligations est obtenu en multipliant la valeur marché de ces dernières par un facteur de risque $stress_i$:

$$risk_{bond} = \sum_{i=bond} MV_i^{bond} * stress_i(rating_i, duration_i)$$

où les facteurs de risques dépendent de la notation ainsi que la duration de l'obligation selon la table suivante :

Credit quality steep		AAA		AA		A	
Duration (dur)	Stress	a_i	b_i	a_i	b_i	a_i	b_i
up to 5	$b_i * dur_i$		0,90%		1,10%		1,40%
[5;10]	$a_i + b_i * (dur_i - 5)$	4,50%	0,50%	5,50%	0,60%	7%	0,70%
[10;15]	$a_i + b_i * (dur_i - 10)$	7%	0,50%	8,40%	0,50%	10,50%	0,50%
[15;20]	$a_i + b_i * (dur_i - 15)$	9,50%	0,50%	10,90%	0,50%	13%	0,50%
>20	$\min[a_i + b_i * (dur_i - 20) ; 1]$	12%	0,50%	13,40%	0,50%	15,50%	0,50%
Credit quality steep		BBB		BB		B and lower	
Duration (dur)	Stress	a_i	b_i	a_i	b_i	a_i	b_i
up to 5	$b_i * dur_i$		2,50%		4,50%		7,50%
[5;10]	$a_i + b_i * (dur_i - 5)$	12,50%	1,50%	22,50%	2,50%	37,50%	4,20%
[10;15]	$a_i + b_i * (dur_i - 10)$	20%	1%	35%	1,80%	58,50%	0,50%
[15;20]	$a_i + b_i * (dur_i - 15)$	25%	1%	44%	1,80%	61%	0,50%
>20	$\min[a_i + b_i * (dur_i - 20) ; 1]$	30%	0,50%	46,60%	0,50%	63,50%	0,50%

FIGURE 3.5 – Facteurs de risque $stress_i$ en fonction de la notation et de la duration de l'obligation

Dans le cadre de notre stage et dans le contexte de l'entreprise, on se limitera seulement à cette composante du SCR_{bonds} .

3.1.5 Risque de change

Ce risque dérive des changements des niveaux ou de volatilité des taux de change.

Un choc (hausse et baisse) de 25% est appliqué sur la valeur de toutes les autres devises par rapport à la devise locale.

Le SCR_{curr} est donc égal à la somme du risque de change pour chaque devise, en utilisant l'approche scénario :

$$SCR_{curr} = \sum_C SCR_{curr}(C)$$

$$SCR_{curr}(C) = \max(\Delta BOF_{curr}^{up}; \Delta BOF_{curr}^{down})$$

3.1.6 Risque de concentration

Ce risque est défini comme étant l'accumulation des expositions sur une seule contrepartie, directes ou indirectes (manque de diversification). Les expositions appartenantes au même groupe ou conglomérat financier doivent être traités comme étant la même contrepartie.

Le SCR_{conc} est calculé en se basant sur le net des expositions E_i , les notations et le montant total des actifs selon les formules suivantes :

$$SCR_{conc} = \sqrt{\sum_i Conc_i^2}$$

Avec :

$$Conc_i = g_i * XS_i$$

$$XS_i = \max(0; E_i - CT_i * Assets)$$

$$E_i = \text{Exposition à l'actif } i$$

$$CT_i = \text{Seuil d'exposition pour l'actif } i$$

Où les facteurs de risque g_i et le seuil CT_i sont donné par la table suivante :

Ratings	AAA-AA	A	BBB	BB	B	CCC or lower	Unrated
Excess Exposure CT	3%	3%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%
Risk factor g_i	12%	21%	27%	73%	73%	73%	73%

FIGURE 3.6 – Facteurs de risque g_i et seuils CT_i en fonction des notations

Les facteurs de risque g_i peuvent aussi dériver des ratios de solvabilité. Si le ratio est compris entre les valeurs présentées dans le tableau suivant, le facteur de risque peut être interpolé linéairement.

Credit quality steep	AA	A	BBB	BB	B and lower
Solvency ratio	196%	175%	122%	95%	75%

FIGURE 3.7 – Facteurs de risque g_i en fonction des ratios de solvabilité

3.1.7 Agrégation du risque marché

L'agrégation du capital requis pour le risque marché se fait en utilisant une matrice de corrélation. Cette matrice varie selon le fait que le risque de taux provient d'un choc de hausse ou de baisse. Ces deux matrices sont les suivantes :

Market risk correlation - upward shock for interest rates						
CorrMkt	Interest	Equity	Property	Spread	Currency	Concentration
Interest	1	0	0	0	0,25	0
Equity	0	1	0,75	0,75	0,25	0
Property	0	0,75	1	0,5	0,25	0
Spread	0	0,75	0,5	1	0,25	0
Currency	0,25	0,25	0,25	0,25	1	0
Concentration	0	0	0	0	0	1

FIGURE 3.8 – Matrice de corrélation du risque marché en cas d'un upward shock du risque taux

Market risk correlation - downward shock for interest rates						
CorrMkt	Interest	Equity	Property	Spread	Currency	Concentration
Interest	1	0,5	0,5	0,5	0,25	0
Equity	0,5	1	0,75	0,75	0,25	0
Property	0,5	0,75	1	0,5	0,25	0
Spread	0,5	0,75	0,5	1	0,25	0
Currency	0,25	0,25	0,25	0,25	1	0
Concentration	0	0	0	0	0	1

FIGURE 3.9 – Matrice de corrélation du risque marché en cas d'un downward shock du risque taux

Le SCR_{market} se calculera ainsi :

$$SCR_{market} = \sqrt{\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 SCR_i * SCR_j * CorrMKT_{(i,j)}}$$

3.2 Risque de souscription non-vie

Le risque de souscription non-vie provient de :

- L'incertitude des temps et des montants de règlements (*risque de réserve*),
- Fluctuations dans les temps et les montants des évènements assurés et la volatilité des frais de paiement (*risque de prime*)
- Fluctuations dans le taux renouvellement et de termination des contrats des assurés (*risque de cessation*),
- Incertitude des hypothèses de tarification et de provisionnement pour les évènements exceptionnels (*risque de catastrophe*).

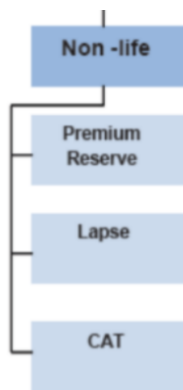


FIGURE 3.10 – Sous-modules du risque de souscription non-vie

3.2.1 Risque de Prime et de Réserve

Les exigences de capital relatives aux risques de primes et de provisions se calculent en un seul module de risque, et passe par le calcul de deux grandeurs :

- σ_{nl} : écart-type du risque de primes et de provisions en non-vie.
- V_{nl} : mesure de volume pour le risque de primes et de provisions en non-vie.

Risque de primes

Ce risque provient des fluctuations dans le temps, la fréquence et la sévérité des réclamations relatives aux risques courants et aux contrats qui vont être souscrit dans les prochains 12 mois.

Volume de prime

$$V_{(prem,s)} = \max(P_s; P_{(last,s)}) + FP_{(existing,s)} + FP_{(future,s)}$$

où :

- P_s : Les primes qui vont être acquises par l'entreprise dans le segment s dans les prochains 12 mois.

- $P_{(r,s)}$: Les primes qui vont être acquises par l'entreprise dans le segment s dans les prochains 12 mois dans le segment r.

Et on a $P_s = \sum_r P_{(r,s)}$

- $P_{(last,r,s)}$: Les primes acquises par la compagnie dans le segment s et dans la région r pendant les 12 derniers mois.

- $FP_{(existing,s)}$: Valeur actuelle attendue des primes qui vont être acquises après les prochains 12 mois pour les contrats **existants**.

- $FP_{(future,s)}$: Valeur actuelle attendue des primes qui vont être acquises après les prochains 12 mois, pour les contrats dont la date d'effet initiale est dans les 12 mois suivant, mais en excluant les primes qui vont être acquises pendant les 12 mois après la date initiale d'effet.

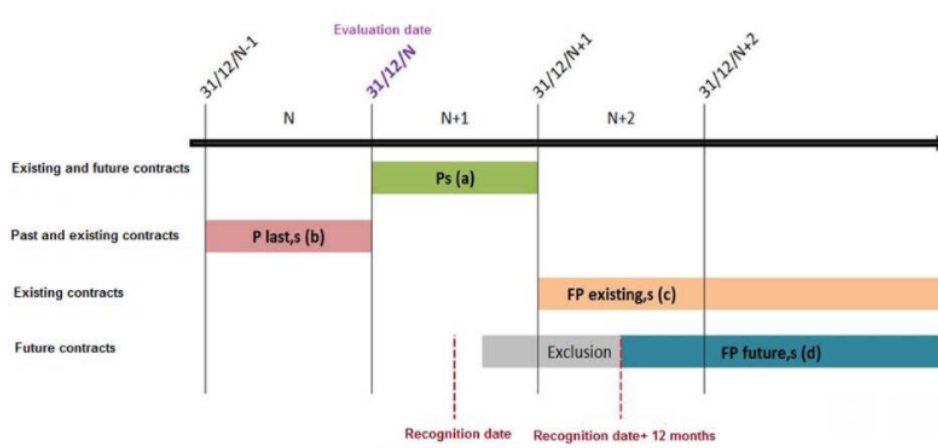


FIGURE 3.11 – Schéma récapitulatif des éléments de $V_{(prem,s)}$

Risque de réserve

Ce risque provient des fluctuations dans les dates et les montants des règlements des sinistres (IBNR inclus). Ainsi on a :

$$\bullet V_{(res,r,s)} = PCO_{(r,s)}$$

avec $PCO_{(r,s)}$ le Best Estimate réserves pour sinistres non réglés dans le segment s et la région r. Donc :

$$V_{(res,s)} = \sum_r V_{(res,r,s)}$$

On a :

$$DIV_s = \frac{\sum_r (V_{(prem,r,s)} + V_{(res,r,s)})^2}{(\sum_r V_{(prem,r,s)} + V_{(res,r,s)})^2}$$

est le facteur de diversification géographique pour un segment s.
Ainsi :

$$V_s = (V_{(prem,s)} + V_{(res,s)})(75\% + 25\% * DIV_s)$$

$$V_{nl} = \sum_s V_s$$

Pour l'écart-type σ_{nl} , on a :

$$\sigma_s = \frac{\sqrt{\sigma_{(prem,s)}^2 \cdot V_{(prem,s)}^2 + \sigma_{(prem,s)} \cdot V_{(prem,s)} \cdot \sigma_{(res,s)} \cdot V_{(res,s)} + \sigma_{(res,s)}^2 \cdot V_{(res,s)}^2}}{V_{(prem,s)} + V_{(res,s)}}$$

$$\sigma_{nl} = \frac{1}{V_{nl}} \sqrt{\sum_{s,t} CorrS_{(t,s)} \cdot \sigma_s \cdot V_s \cdot \sigma_t \cdot V_t}$$

Les σ sont donnés par la table suivante :

Index	Premium stdev	Reserves stdev
1	8%	9%
2	8%	8%
3	15%	11%
4	6,4%	10%
5	11,2%	11%
6	12%	19%
7	7%	12%
8	9%	20%
9	13%	20%
10	17%	20%
11	17%	20%
12	17%	20%

FIGURE 3.12 – Valeur des σ par segment

Et les corrélations entre segments (LoB) sont données par la table suivante :

CorrLob	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1: Motor vehicle liability	1,00	0,50	0,50	0,25	0,50	0,25	0,50	0,25	0,50	0,25	0,25	0,25
2: Other motor	0,50	1,00	0,25	0,25	0,25	0,25	0,50	0,50	0,50	0,25	0,25	0,25
3: MAT	0,50	0,25	1,00	0,25	0,25	0,25	0,25	0,50	0,50	0,25	0,25	0,50
4: Fire	0,25	0,25	0,25	1,00	0,25	0,25	0,25	0,50	0,50	0,50	0,25	0,50
5: 3rd party liability	0,50	0,25	0,25	0,25	1,00	0,50	0,50	0,25	0,50	0,25	0,50	0,25
6: Credit	0,25	0,25	0,25	0,25	0,50	1,00	0,50	0,25	0,50	0,25	0,50	0,25
7: Legal exp.	0,50	0,50	0,25	0,25	0,50	0,50	1,00	0,25	0,50	0,25	0,50	0,25
8: Assistance	0,25	0,50	0,50	0,50	0,25	0,25	0,25	1,00	0,50	0,50	0,25	0,25
9: Miscellaneous.	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	1,00	0,25	0,25	0,50
10: Np reins. (property)	0,25	0,25	0,25	0,50	0,25	0,25	0,25	0,50	0,25	1,00	0,25	0,25
11: Np reins. (casualty)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,50	0,50	0,50	0,25	0,25	0,25	1,00	0,25
12: Np reins. (MAT)	0,25	0,25	0,50	0,50	0,25	0,25	0,25	0,25	0,50	0,25	0,25	1,00

FIGURE 3.13 – Table de corrélation entre les Lines Of Buisness (LoB)

3.2.2 Risque de Cessation

Ce risque provient du fait que les suppositions concernant les renouvellements et les annulations de contrats ne soient pas toujours véridiques.

Le SCR_{lapse} est calculé comme étant la perte en BoF de la compagnie, due à la combinaison de ces 2 chocs :

- Discontinuité de 40% des contrats d'assurance qui vont conduire à une hausse dans les provisions techniques sans la marge de risque.
- Baisse de 40% du nombre de contrats futurs d'assurance et de réassurance, utilisés dans le calcul des provisions techniques.

$$SCR_{nlLapse} = \Delta BoF|_{scenario}$$

Remarque :

- On utilise une approche par scénario.
- Les chocs sont appliqués police par police.

3.2.3 Risque de Catastrophe

Ce risque dérive de la capacité imparfaite du capital non-vie à couvrir les coûts des événements imprévus. Le SCR_{nlCat} se répartit en 4 composantes :

- SCR_{natCat} : Le capital nécessaire requis concernant les catastrophes naturelles pour assurance et réassurance proportionnelle.
- $SCR_{npProperty}$: Le capital requis pour le risque de catastrophe lié à la réassurance non proportionnelle de biens.
- SCR_{mmCat} : Le capital requis pour le risque de catastrophe *man made* (causé par l'homme) pour assurance et réassurance proportionnelles.
- SCR_{other} : Le capital requis pour le reste des risques liés aux catastrophes non vie.

$$SCR_{nlCat} = \sqrt{(SCR_{natCat} + SCR_{npProperty})^2 + SCR_{mmCat}^2 + SCR_{other}^2}$$

3.2.4 Agrégation du risque de souscription non vie

L'agrégation totale des sous-modules du risque de souscription non vie se fait selon la matrice de corrélation suivante :

L'exigence en capital du risque de souscription non vie est donc calculée ainsi :

CorrNL	NLpr	NLlapse	NLCAT
NLpr	1,00	0,00	0,25
NLlapse	0,00	1,00	0,00
NLCAT	0,25	0,00	1,00

FIGURE 3.14 – Matrice de corrélation du risque de souscription non vie)

$$SCR_{non-life} = \sqrt{\sum_{i,j} CorrNL_{(i,j)} \cdot SCR_i \cdot SCR_j}$$

Où :

- $CorrNL_{(i,j)}$ est la corrélation entre les 2 sous-modules i et j.
- SCR_i et SCR_j sont les exigences de capital pour les 2 sous-modules i et j respectivement.

3.3 Risque de souscription vie

Ce module couvre les risques dérivants de la souscription vie.

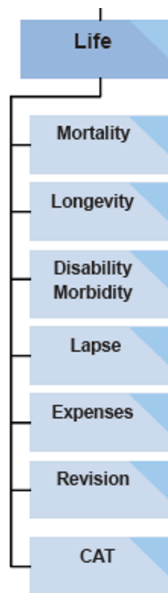


FIGURE 3.15 – Sous-modules du risque de souscription vie

3.3.1 Risque de mortalité

Ce risque dérive du changement de la valeur du passif due à l'augmentation des taux de mortalité. Le SCR_{mort} doit être égal aux pertes en AFR résultantes d'une augmentation proportionnelle de 15% des taux de mortalité.

$$SCR_{mort} = \Delta AFR|_{mort}$$

Ce risque ne s'applique qu'aux contrat d'assurance pour lesquels une hausse des taux de mortalité entraîne une augmentation des Provision Techniques (hors RM).

3.3.2 Risque de longévité

Le risque de longévité est celui pour lequel, pour une population donnée, la durée de vie moyenne de l'ensemble des individus est plus longue que ce qui est attendu. Dans ce cas, une baisse de la mortalité entraîne une hausse des valeurs du passif.

Le SCR_{long} doit être égal aux pertes en AFR dues à la baisse de 20% des taux de mortalité.

$$SCR_{long} = \Delta AFR|_{long}$$

3.3.3 Risque d'invalidité & morbidité

C'est le risque de perte, ou changement défavorable dans la valeurs des passifs d'assurance, résultant du changement dans les taux d'invalidité et de morbidité.

Le capital requis doit être égal à la perte en AFR suite à une combinaison de :

- Hausse permanente et proportionnelle de **35%** des taux de morbidité et d'invalidité durant les 12 premiers mois.
- Hausse permanente et proportionnelle de **25%** des taux de morbidité et d'invalidité après les 12 mois depuis la date de création.
- Baisse permanente et proportionnelle de **20%** des taux de guérison pendant toute la projection.

$$SCR_{disab} = \Delta AFR|_{disab}$$

Les chocs doivent être appliqués sur **les taux**.

3.3.4 Risque de Rachat

Correspond au risque que les assurés rachètent leurs contrats de façon différente de ce qui avait été envisagé dans le scénario central de l'assureur (*concerne les rachats, résiliations, réductions, suspensions*).

Le SCR_{lapse} est égal à la plus élevée des exigences de capital suivantes :

- Hausse soudaine permanente de **50%** des taux de sortie. (max 100%)
- Baisse soudaine permanente de **50%** des taux de sortie. (max -20%)
- Rachat massif de **40%** des encours rachetables la première année. (contrats pour lesquels la cessation entraînerait une augmentation des PT)

Ainsi :

$$SCR_{lapse} = \max \begin{cases} SCR_{lapse-up} = \Delta AFR_{R(up)} \\ SCR_{lapse-down} = \Delta AFR_{R(down)} \\ SCR_{lapse-mass} = \Delta AFR_{R(mass)} \end{cases} \quad (3.1)$$

Où :

- $R_{up}(R) = \min(150\%.R, 100\%)$
- $R_{down}(R) = \max(50\%.R, R - 20\%)$
- $R_{mass}(R) = 40\%$

3.3.5 Risque de dépenses

L'exigence de capital pour risque de dépenses en souscription vie est égale à la perte en AFR résultant de la conjugaison des modifications soudaines permanentes suivantes :

- Une augmentation de 10% du montant des dépenses prises en considération dans le calcul des PT.
- Une majoration des frais de 100bps (1%) par an de l'augmentation des frais anticipés.

En ce qui concerne les engagements de réassurance, les entreprises appliquent ces modifications à leurs propres dépenses et, le cas échéant, aux dépenses des entreprises cédantes.

$$SCR_{exp} = \Delta AFR|_{exp}$$

3.3.6 Risque de révision

Ce risque provient d'une évolution non anticipée du montant du passif d'assurance, due aux changements et à la volatilité des valeurs des rentes causés par un changement dans l'environnement légal ou l'état de santé de la personne assurée.

Le capital requis doit être égal à la perte en AFR résultant d'une hausse de 3% du montant annuel payé pour les rentes exposées au risque de révision.

$$SCR_{rev} = \Delta AFR|_{rev}$$

3.3.7 Risque de Catastrophe

Ce risque exprime le fait qu'il peut y avoir très ponctuellement une forte augmentation des décès pour une raison précise comme une épidémie, un tremblement de terre ... sans que cela ne constitue une dérive à long terme.

Le choc catastrophe est une hausse de la mortalité des assurés de 0.15% durant l'année à venir. (s'applique aux contrats pour lesquels cette hausse entraîne une augmentation des PT)

Simplification autorisée dans S2 :

- 0.15% des capitaux sous risques en cas de décès nets de réassurance.
- Pour le calcul "exact" : prise en compte des traités de réassurance existants.

$$SCR_{CAT} = \Delta AFR|_{CAT}$$

3.3.8 Aggrégation du risque de souscription vie

L'exigence en capital du risque de souscription vie dérive de la combinaison des exigences en capital pour les sous-modules précédents en utilisant la matrice de corrélation suivante :

	CAT	Mortality	Longevity	Revision	Lapses	Disability	Expenses
CAT	1	0,25	0	0	0,25	0,25	0,25
Mortality	0,25	1	-0,25	0	0	0,25	0,25
Longevity	0	-0,25	1	0,25	0,25	0	0,25
Revision	0	0	0,25	1	0	0	0,5
Lapses	0,25	0	0,25	0	1	0	0,5
Disability	0,25	0,25	0	0	0	1	0,5
Expenses	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	1

FIGURE 3.16 – Matrice de corrélation des sous-modules des risques de souscription vie

Ainsi, l'exigence en capital pour le risque de souscription vie est :

$$SCR_{life} = \sqrt{\sum_{r,c} Corr_{Life_{r,c}} \cdot SCR_r \cdot SCR_c}$$

3.4 Risque Opérationnel

Le risque opérationnel est le risque de pertes directes ou indirectes dues à une inadéquation ou à une défaillance des procédures de l'établissement (analyse ou contrôle absent ou incomplet, procédure non sécurisée), de son personnel (erreur, malveillance et fraude), des systèmes internes (panne de l'informatique...), des risques externes (inondation, incendie...) ou émergents.

L'exigence de capital pour ce module vient s'ajouter au BSCR. Elle se calcule comme ainsi :

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

- Exp_{uc} : dépenses encourues au cours des 12 derniers mois en ce qui concerne les contrats d'assurance vie où le risque d'investissement est supporté par les assurés.

- Op : capital requis de base pour risque opérationnel.

$$Op = \max(Op_{primes}; Op_{provisions})$$

- Op_{primes} : Capital requis pour risque opérationnel sur bases des primes acquises.

- $Op_{provisions}$: Capital requis pour risque opérationnel sur base des provisions techniques.

$$Op_{primes} = \begin{cases} 4\% * (PA_{vie} - PA_{uc}) + 3\% * PA_{nvie} + \\ \max(0; 4\% * (PA_{vie} - 1.2 * PPA_{vie} - (PA_{uc} - 1.2\% * PPA_{uc}))) + \\ \max(0; 3\% * (PA_{nvie} - 1.2 * PPA_{nvie})) \end{cases} \quad (3.2)$$

$$Op_{provisions} = 0.45\% * \max(0; PT_{vie} - PT_{uc}) + 3\% * \max(0; PT_{nvie})$$

- PA : Primes acquises brutes au cours des 12 derniers mois (vie, uc, non vie)

- PPA : PA brutes au cours des 12 mois précédant les 12 derniers mois (vie, uc, non vie)

- PT : Provisions techniques brutes n'incluant pas de marge de risque.

3.5 Ajustements techniques

3.5.1 Capacité d'absorption de pertes des PT

$$Adj_{PT} = -\max(0; \min(BSCR - nBSCR); BDF)$$

Avec nBSCR est le BSCR net du passif, calculé avec les modifications suivantes :

- Lorsque le scénario de choc, appliqué à un module / sous-module de risque, peut changer de valeur des prestations discrétionnaires futures incluses dans les PT.
- Pour les modules Vie, Marché et contrepartie, les scénarios de choc impactent les hypothèses relatives aux futures décisions de gestion.

3.5.2 Capacité d'absorption de pertes des ID

$$Adj_{ID} = -\min(ID; Tx_{impts} * (BSCR + SCR_{op}))$$

En cas de survenance des scénarios constituant le SCR, la société connaîtrait une baisse significative des impôts à payer et bénéficierait en plus de crédits d'impôts.

Le calcul de cet ajustement repose sur la fiscalité de la société d'assurance et sa capacité à constituer des crédits d'impôts en cas d'évènements majeurs.

- Une diminution des passifs d'ID ou une augmentation des actifs d'ID doit aboutir à un ajustement négatif.
- Si la variation des impôts différés est positive, l'ajustement est égal à 0.

CHAPITRE

4

**APPLICATION SUR AXA
ASSURANCE MAROC**

Dans ce chapitre, on appliquera les règles et les formules du QIS 5 présentées antérieurement, sur un ensemble de données de la compagnie **AXA Assurance Maroc** à partir des données disponibles.

Certes, la nature de ces données implique la mise en place de plusieurs hypothèses ou de calculs supplémentaires afin de calculer les exigences de capital pour tout module de risque, ce qui fera sujet de cette partie.

4.1 Risque marché

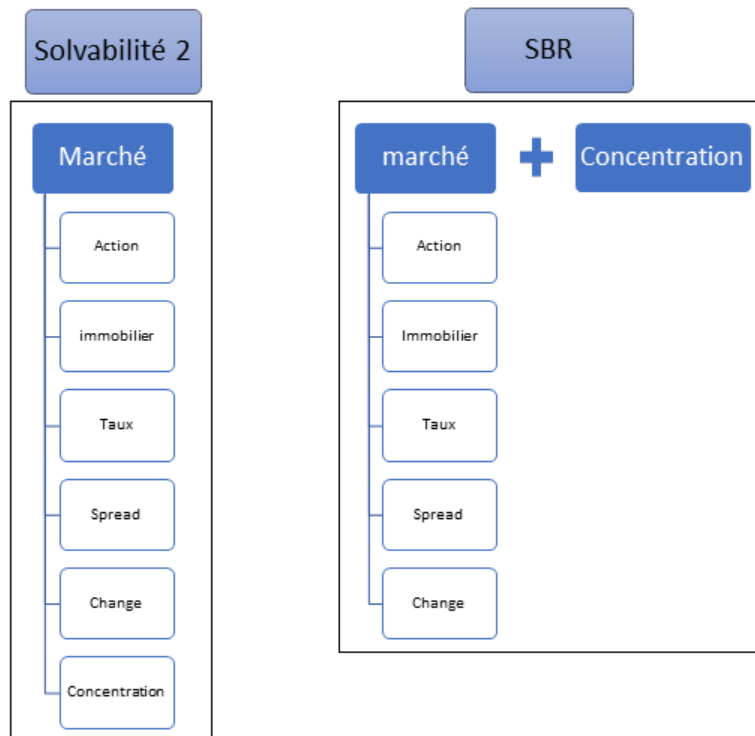


FIGURE 4.1 – Risque marché

Contrairement à SBR où le risque de concentration s'ajoute au risque de marché, sous la norme Solvabilité II le risque de concentration en fait partie. De plus, les sous modules sont corrélés et deux matrices de corrélations entre sous-modules de risque sont prévues. La matrice de corrélation diffère selon si le SCR taux est calculé d'après un choc à la hausse ou du choc à la baisse des taux d'intérêt.

Le calcul du SCR marché peut être décomposé en 4 étapes :

- **Etape 1** : identification des actifs soumis à une exigence de capital de type SCR de marché (actions, obligations, immobilier, prêts...)
- **Etape 2** : classification des actifs ligne à ligne dans les différents sous-modules de risque, un actif pouvant être classé dans une ou plusieurs
- **Etape 3** : calcul de SCR de chacun des sous-modules
- **Etape 4** : diversification intra et inter sous-modules

4.1.1 Risque Actions

Formulation mathématique :

$$SCR_{actions} = \sqrt{SCR_{type1}^2 + 2 * 0.75 * SCR_{type1} * SCR_{type2} + SCR_{type2}^2}$$

Données utilisées :

Afin de calculer besoin en capital pour couvrir le risque action, nous devons d'abord différencier entre les actions de type 1 et celles du type 2, et les actions stratégiques et celles non stratégiques selon la norme Solvabilité II afin de pouvoir déterminer les chocs à appliquer pour chaque émetteur. Pour ce faire on dispose des données suivantes du portefeuille « actions et parts sociales » :

- Classe d'actif (Actions cotées, Actions non cotées, Titres de participation, Actions et parts des autres OPCVM)
- Type d'action (Actions cotées, Actions non cotées)*
- Groupe de l'émetteur
- Infrastructure/Autre
- Valeur marché

De plus on a besoin du niveau de l'indice du MASI le 31/12/2017 et sa moyenne quotidienne sur les 36 mois précédant cette date (car les données utilisées sont de 2017) afin de calculer le facteur d'ajustement symétrique.

Selon le site Inversing.com, on a :

Date ↕	Price ↕	Open ↕	High ↕	Low ↕	Vol. ↕	Change % ↕
Dec 29, 2017	12,388.82	12,337.77	12,410.46	12,307.44	-	0.41%

$$CI = 12388,82$$

Highest: 12,950.84	Lowest: 8,789.89	Difference: 4,160.95	Average: 10,540.91	Change %: 28.56
--------------------	------------------	----------------------	--------------------	-----------------

$$AI = 10540,81$$

Hypothèses de calcul :

Selon solvabilité II, les actions de type 1 sont celles cotées dans des marchés régulés des pays membre de l'EEE ou l'OCDE en plus des actions détenues dans des fonds d'investissement collectifs. Les actions de type 2 sont celles cotées dans des pays hors l'EEE ou l'OCDE en plus des actions non cotées.

De plus les actions stratégiques sont définies comme étant celles qui vérifient certaines conditions comme l'existence d'une stratégie claire et décisive de garder l'action pendant une longue période et que la valeur de l'investissement en actions est susceptible d'être sensiblement moins volatile au cours des 12 mois suivants que la valeur d'autres actions au cours de la même période.

•Hypothèse 1

Vu que les actions dont dispose AXA Maroc sont des actions marocaines on suppose que seul les actions qui vérifient la condition suivante sont de type 1 :

'Classe d'actif = actions cotées'

Les autres actions seront considérées de type 2.

•Hypothèse 2

Pour considérer qu'une action est stratégique, elle doit vérifier la condition suivante :

'Infrastructure/Autre = Infrastructure'

Résultats :

CI	12 388,82	: niveau actuel de l'indice (MASI)	
AI	10 540,91	: moyenne quotidienne de l'indice (MASI) sur 36 mois	
SA	5%	: facteur d'ajustement symétrique	
SCR_type1	1 078 684 143,37		
SCR_type2	362 595 227,66		
SCR_Action:	1 371 759 222,34		
somme des composantes du risque	1 441 279 371,02		
effet de diversification	69 520 148,68	5%	
total valeur marché	3 350 375 822		
rapport	41%		
nombre d'actions	435		
nombre d'actions de type 1	335		
nombre d'actions de type 2	100		
nombre d'actions stratégiques	38		
nombre d'actions non stratégiques	397		

FIGURE 4.2 – Résultats SCR marché

Commentaires :

On remarque que le besoin en capital couvrant le risque action représente 41% du total des valeurs marché du portefeuille actions d'AXA. Ceci peut être expliqué par le peu d'actions dits de type stratégique qui sont les moins choquées à hauteur de 22%.

En effet :

type de l'action	titre strategique	choc
1	Non	43,77%
1	Oui	22,00%
2	Non	53,77%
2	Oui	22,00%



■ nombre d'actions stratégiques ■ nombre d'actions non stratégiques

FIGURE 4.3 – Distribution des actions selon s'ils sont stratégiques ou non

En faisant cela, le législateur encourage les différentes compagnies d'assurance à investir plus dans des actions qui permettent le développement des infrastructures du pays.

De plus on remarque aussi que les actions de type 2 sont plus choquées ce qui s'explique par le fait que des actions non cotées sont plus volatiles et donc représentent un plus grand risque. L'assureur devra donc réduire sa part de ce type d'actions dans son portefeuille. Ceci est assez bien respecté dans le portefeuille d'AXA Maroc.



■ nombre d'actions de type 1 ■ nombre d'actions de type 2

FIGURE 4.4 – Distribution des actions selon leurs types

4.1.2 Risque Spread

Formulation mathématique :

$$SCR_{spread} = SCR_{bonds} + SCR_{securitisation} + SCR_{cd}$$

Dans le cadre de notre stage, on se contentera du calcul du SCR_{bonds} et plus précisément, de l'exigence en capital des obligations "classiques" ($risk_{bonds}$). Ainsi, la formule mathématique du SCR_{spread} devient :

$$SCR_{spread} = \sum_{i=bond} MV_i^{bond} * stress_i(rating_i, duration_i)$$

Données utilisées :

On dispose du portefeuille « obligations, bonds et titres de créance négociables » d'AXA Assurance Maroc, dont on utilisera uniquement les :

- Groupe du groupe de l'émetteur
- Valeur marché
- Duration de l'obligation

Ces données précédentes, couplées avec la table (3.5), nous permettent de calculer d'abord les chocs à appliquer sur chaque obligation, puis la valeur marché choquée comme ainsi :

Calculer les chocs	
Chocs	Valeur après choc
0%	-
18%	10 889 010,00
0%	-
0%	-
0%	-
0%	-
0%	-
0%	-
0%	-
0%	-
14%	950 124,06
14%	1 105 246,35
14%	255 488,62

FIGURE 4.5 – Chocs spread

Ainsi, en sommant ces "valeurs après choc", on obtient le SCR_{spread} :

SCR Spread :	1 813 352 750,31
---------------------	-------------------------

4.1.3 SCR Immobilier

Pour ce sous-module, on applique directement un choc de 25% sur les valeurs des placements immobiliers, sauf pour quelques exceptions :

- SCPI (Société civile de placement immobilier) où le choc sera $25\% * \text{taux d'investissement}$.
- SIIC (société d'investissement immobilier coté) : $39\% + SA$ (*actions type 1*).
- SCI (société civile immobilière) : $25\% * (1 + \text{taux d'endettement})$.
- OPCI (organisme de placement collectif en immobilier) : $49\% + SA$ (*action type 2*).

Données utilisées :

On dispose du portefeuille « placements immobiliers » contenant les données suivantes :

- Classe d'actif
- Affectation
- Valeur marché

Hypothèses de calcul :

Ne disposant pas d'information sur les différents types de sociétés immobilières ainsi que leurs spécificités, on applique le choc unique de 25% sur tout le portefeuille immobilier.

choc à appliquer	valeurs après choc				
25%	1 098 783,00				
25%	13 453 654,50				
25%	5 765 852,00				
25%	9 867 808,00				
25%	6 662 500,00				
25%	1 798 561,00				
25%	633 358,00			SCR Immobilier	237 111 348,75
25%	86 966,75				
25%	-				
25%	2 300 485,00				
25%	606 491,50				
25%	2 231 470,50				
25%	2 568 177,75				

FIGURE 4.6 – SCR Immobilier

4.1.4 Risque de concentration

Données utilisées :

On utilisera dans ce module les portefeuilles «Actions et parts sociales», «Obligations, bons et titres de créance négociables» et «Placements immobiliers». Les données à utiliser sont les suivantes :

- Groupe de l'émetteur
- Rating
- Valeur marché

Résultats :

On rappelle que :

$$SCR_{conc} = \sqrt{\sum_i Conc_i^2}$$

$$Conc_i = g_i \cdot \max(0; E_i - CT_i * Assets)$$

Donc en ne considérant que les $Conc_i$ non nuls, on a les résultats suivants :

SCR concentration	6 717 232 185,62	45%				
Total des actifs	15 024 919 466,63					
type d'actif	groupe de l'emetteur	exposition	rating	CT_i	g_i	Conc_i
action	SNI	592 303 454,78	BB+	1,5%	73,0%	267 858 653,83
action	BNP Paribas	755 246 385,27	BB+	1,5%	73,0%	386 806 993,09
action	ITISSALAT AL MAGHRIB	471 856 354,90	BB+	1,5%	73,0%	179 932 270,92
obligation	Etat Marocain	9 391 662 871,00	BB+	1,5%	73,0%	6 691 391 027,67
obligation	SNI	634 217 814,00	BB+	1,5%	73,0%	298 456 136,06
obligation	BMCE	299 852 405,00	BB+	1,5%	73,0%	54 369 387,49
obligation	CDM	241 420 989,00	BBB+	1,5%	27,0%	4 332 743,19
obligation	CDG	261 615 712,00	BB+	1,5%	73,0%	26 456 601,60

FIGURE 4.7 – SCR Concentration

Commentaires :

On remarque que le besoin en capital pour couvrir le risque de concentration représente 45% du total des actifs de l'entreprise. Ceci met en lumière les problèmes d'incompatibilité que peuvent poser une application en lettre de la norme solvabilité II au contexte marocain.

En effet, dans la norme Solvabilité II, les actifs marocains sont toujours sous-cotés par rapport aux actifs européens. Cela est d'autant plus flagrant quand on considère les obligations émises par l'Etat Marocain qui par définition devrait être plus sûres mais qui n'ont qu'une notation de BB+ selon le modèle de notation européen. Ceci fait que le SCR Concentration est surestimé surtout que les obligations de l'Etat Marocain représentent la majeure partie du portefeuille d'actifs d'AXA Maroc.

4.1.5 Risque de Taux

Données utilisées :

Nous avons vu précédemment que le principe du calcul de l'exigence de capital pour le risque de taux repose sur l'évaluation de la valeur nette actuelle (net asset value) entre la valeur des flux actualisés avec la courbe de taux de référence et la valeur des flux actualisés avec la courbe de taux choquée à la hausse et à la baisse.

Nous devons donc d'abord calculer les flux par années de projection des actifs et des passifs, pour ensuite pouvoir les actualiser par la courbe de taux de référence et celles choquées à la hausse et à la baisse.

Pour ce faire nous disposons des données suivantes :

- Courbe de taux zéro-coupon 2017 (voir annexe)
- Le passif : Total des flux Vie non actualisés par année de projection et le total des flux Non-Vie non actualisés par année de projection.
- L'actif : le portefeuille « Obligations, bons et titres de créance négociables » contenant les données suivantes : le nominal, la quantité, la maturité, la date d'émission, la date d'échéance, taux de coupon et le mode d'amortissement.

Calculs et résultats :

Nous devons d'abord commencer par calculer les flux non actualisés du passif et de l'actif.

Pour le passif, cela revient à sommer les flux Vie et Non-Vie par année de projection.

Pour l'actif cela passe d'abord par le calcul des flux d'amortissement l'actif par année de projection. Pour se faire on deux méthodes à suivre selon le mode d'amortissement :

- **Remboursement in fine** : seul l'intérêt échu est payé à la fin de chaque période. Il est proportionnel à la dette et fonction de la durée et le capital est remboursé à l'échéance. Dans ce cas l'intérêt échu payé à la fin de chaque période est égale au nominal fois la quantité fois le taux coupon.
- **Remboursement par amortissements constants** : un montant constant est payé jusqu'à l'échéance contenant le coupon échu et une partie du nominale proportionnelle à la durée. Dans ce cas le montant payé est égale à :

$$\frac{Q \times N}{1 - (1 + i)^{-n}}$$

Avec $Q \times N$ est le capital (la quantité fois le nominal), i est le taux coupon et n est la durée l'échéance en années (l'année de l'échéance moins l'année de projection)

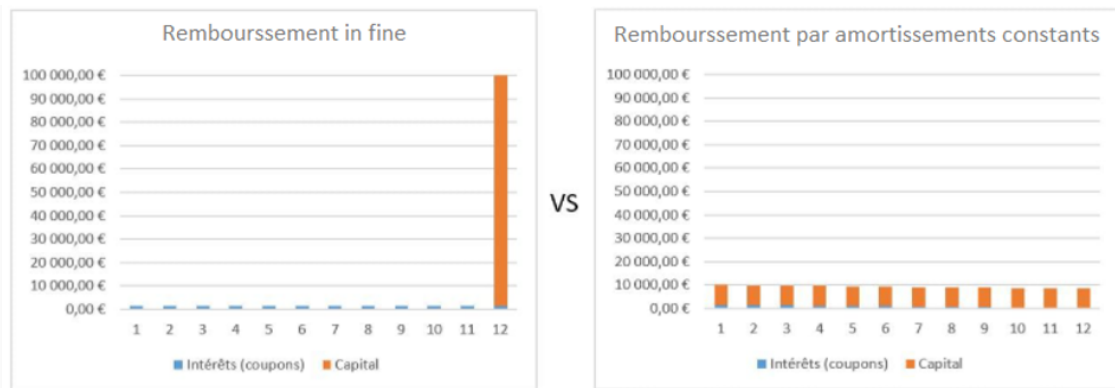


FIGURE 4.9 – Illustration graphique des deux méthodes de remboursement

Une fois les flux de remboursement par année de projection de chaque obligation calculé, on les somme pour obtenir le flux total par année de projection non actualisé de l'actif.

Cela fait, on peut maintenant actualiser les flux d'actif et de passif par la courbe de taux de référence ainsi que les deux courbes de taux choquées à la hausse et à la baisse suivantes :

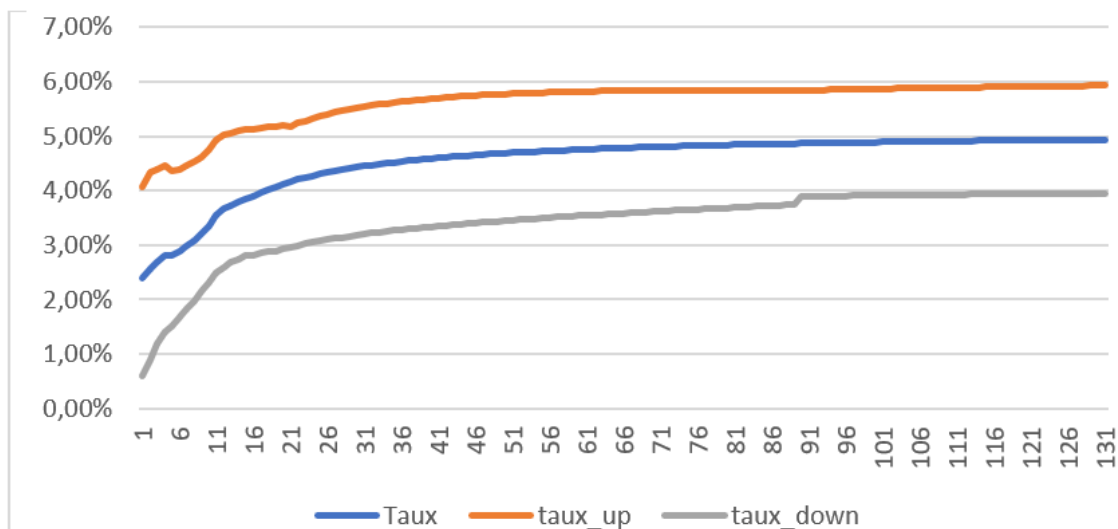


FIGURE 4.10 – Courbes de taux de référence et choquées

Nous obtenons finalement les résultats suivants :

flux choqués			
passif			
Total des flux non actualisés	Actualisation avec taux de référence	actualisation avec taux choqué up	actualisation avec taux choqué down
24 512 449 065,86	14 609 298 110,56	12 951 941 685,99	16 648 355 833,54
actif			
Total des flux non actualisés	Actualisation avec taux de référence	actualisation avec taux choqué up	actualisation avec taux choqué down
19 718 853 760,29	14 942 273 810,54	13 653 549 072,41	16 250 769 873,94
actif - passif			
scénario centrale	scénario choc up	scénario choc down	
332 975 699,98	701 607 386,42	- 397 585 959,60	
SCR_taux	730 561 659,58	down	

FIGURE 4.11 – Résultats SCR taux

Le scénario retenu est celui du choc à la **baisse**.

4.1.6 Risque de change

Le risque de change est estimé nul car le portefeuille d'AXA Assurance Maroc ne contient aucun instrument en devise étrangère.

4.1.7 Aggrégation du risque marché

Nous obtenons finalement le résultat suivant pour le risque marché :

SCR_taux	730 561 659,58	down
SCR_Action	1 371 759 222,34	
SCR_immobilier	237 111 348,75	
SCR Spred	1 813 352 750,31	
SCR_Change	0	
SCR concentration	1 223 776 884,56	
SCR_Marché	3 795 625 083,82	23,73%
somme des risque	5 376 561 865,54	33,61%
effet de diversification	1 580 936 781,72	9,88%
total de la valeur marché de l'actif	15 998 204 567,25	

FIGURE 4.12 – Résultats SCR marché

$$SCR_{market} = 3\,795\,625\,083,82 \text{ Dhs}$$

Ceci représente le capital dont doit disposer la compagnie d'assurance en fonds propres afin de pouvoir couvrir tous les risques liés aux fluctuations des marchés permettant ainsi d'éviter la ruine avec une probabilité de 99,5% sur un horizon d'un an.

Notons que selon la norme Solvabilité II, on utilise une matrice de corrélation lors de l'agrégation des sous modules du risque marché. Cela permet

de prendre en compte les interconnexions qui existent entre ces différents risques et donc avoir une estimation plus proche de la réalité sans devoir surestimer le besoin en capital, contrairement à ce qui se fait selon la norme SBR ou on ne fait que sommer les SCR des différents sous-modules de risque. Cette diversification permet donc à la compagnie d'assurance d'économiser une somme de 1 580 936 781,72 Dhs qui représente presque 10% du total de la valeur marché de l'actif sans que cela ne réduise la qualité de l'estimation, ce qui est assez significatif.

4.2 Risque de souscription non vie

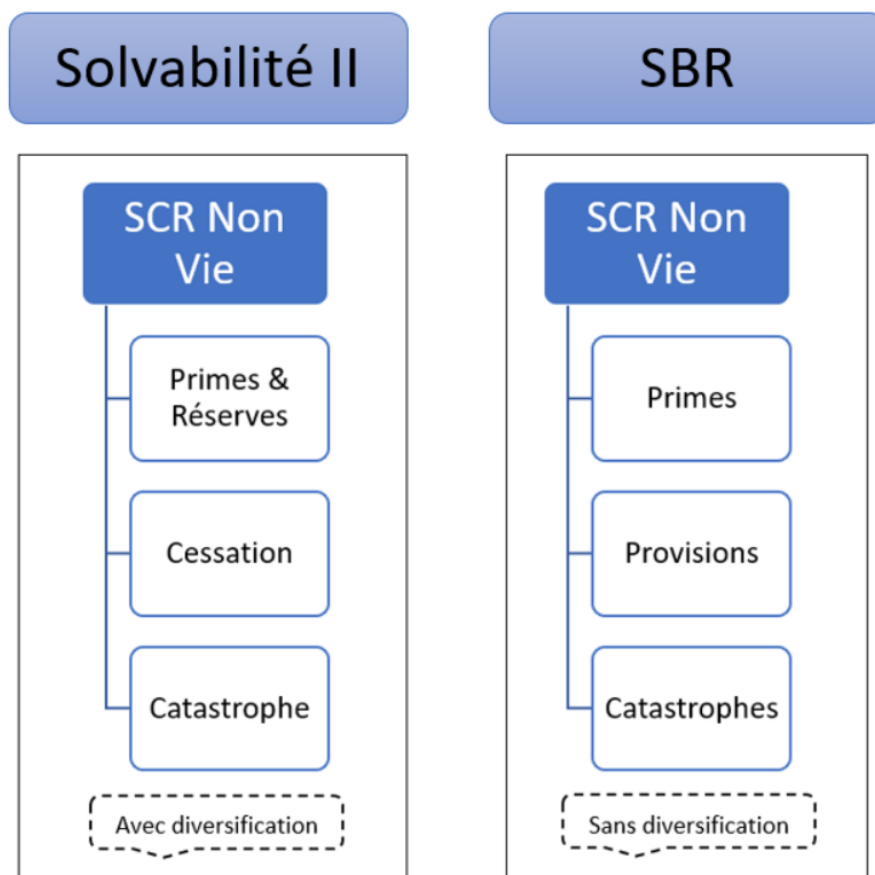


FIGURE 4.13 – Risque de souscription non vie - Solvabilité II vs SBR

La différence entre SBR et Solvabilité II concernant le module de risque de souscription non vie réside dans la séparation des sous-modules de risque de primes et de réserves, qui sont réunis dans un seul sous-module de risque concernant la réglementation européenne, contrairement à la marocaine. On souligne aussi l'absence de l'effet de diversification en ce qui concerne SBR.

Le calcul de l'exigence de capital de ce risque nécessite le calcul des volumes des primes et de réserves pour chaque LoB (*Line of Business*) et leur aggrégation selon les matrices de corrélation nécessaires.

4.2.1 Risque de primes et de réserves.

On commence d'abord par le calcul des volumes de réserves et de primes pour chaque segment V_s :

	Segment	V_prem	V_res	DIV used
1	RC Auto	1 911 129 727,2	1 821 577 348,6	90,50%
2	Autres assurance des véhicules à moteur	25 132 195,8	14 525 311,5	89,20%
3	Assurance maritime, aérienne et transport	91 192 440,6	179 309 518,5	93,00%
4	Incendie & autres dommages aux biens	429 096 070,8	187 075 594,8	88,70%
5	RCG	142 467 439,6	105 999 861,9	89,80%
6	Assurance crédit et cautionnement	-	-	100,00%
7	Assurance de protection juridique	-	-	100,00%
8	Assurance assistance	-	-	100,00%
9	Assurance pertes pécuniaires diverses	-	-	100,00%
10	Réass dommage non propor	-	-	100,00%
11	Réass accidents non propor	-	-	100,00%
12	Réass maritime, aérienne et transport non propor	-	-	100,00%

FIGURE 4.14 – Mesures de volumes de primes et de réserves

En utilisant la formule suivante :

$$V_s = (V_{(prem,s)} + V_{(res,s)}) \times (0.75 + 0.25 \times DIV_s)$$

On obtient les volumes :

V_s
3 644 055 282,75
38 586 754,64
265 768 174,76
598 764 816,11
242 131 385,36
-
-
-
-
-
-
-

FIGURE 4.15 – Volumes par LoB

Ceci nous permettra de calculer les écarts-type correspondants :

	Segment	σ_{prem}	σ_{res}
1	RC Auto	8,00%	9%
2	Autres assurance des véhicules à moteur	8,00%	8%
3	Assurance maritime, aérienne et transport	15,00%	11%
4	Incendie & autres dommages aux biens	6,40%	10%
5	RCG	11,20%	11%
6	Assurance crédit et cautionnement	12,00%	19%
7	Assurance de protection juridique	7,00%	12%
8	Assurance assistance	9,00%	20%
9	Assurance pertes pécuniaires diverses	13,00%	20%
10	Réass dommage non propor	17,00%	20%
11	Réass accidents non propor	17,00%	20%
12	Réass maritime, aérienne et transport non propor	17,00%	20%

FIGURE 4.16 – écarts-type par LoB

Et sachant que :

$$\sigma_s = \frac{\sqrt{\sigma_{(prem,s)}^2 \cdot V_{(prem,s)}^2 + \sigma_{(res,s)} \cdot \sigma_{(prem,s)} \cdot V_{(prem,s)} \cdot V_{(res,s)} + \sigma_{(res,s)}^2 \cdot V_{(res,s)}^2}}{V_{(res,s)} + V_{(prem,s)}}$$

σ_s
0,0735
0,0701
0,1075
0,0653
0,0966
-
-
-
-
-
-
-

FIGURE 4.17 – Calcul des écarts-type

Ainsi, on pourra calculer les grandeurs V_{nl} et σ_{nl} à partir des formules suivantes :

$$V_{nl} = \sum_s V_s$$

$$\sigma_{nl} = \frac{1}{V_{nl}} \sqrt{\sum_{s,t} CorrS_{(s,t)} \cdot \sigma_s \cdot V_s \cdot \sigma_t \cdot V_t}$$

$SCR_{prem,res} = 3 \times \sigma_{nl} \times V_{nl}$

V_nl	4 789 306 413,61
σ_{nl}	0,0647
SCR_prem,res	929 717 567,48

FIGURE 4.18 – SCR primes et réserves

Suite à ces résultats on conclut que le capital de solvabilité requis ; pour le risque de souscription prime et réserves au titre de l'exercice 2017 pour AXA Assurance Maroc est de **929 717 567,48 DH** , et que la volatilité des réserves et primes est de **6,47%**.

4.2.2 Risque de cessation

Le SCR cessation sera estimé nul dans cette étude car concerne essentiellement les contrats pluriannuels. En assurance non-vie, il s'agit majoritairement de contrats annuels. Le risque de résiliation est donc très faible.

4.2.3 Risque de catastrophe

On dispose des données concernant les exigences en capital des 4 sous-catégories du risque de catastrophe. Ainsi :

SCR Catastrophe

Catastrophe naturelle	3 370 164,90
Catastrophe en réassurance dommage non proportionnelle	0
catastrophe d'origine humaine	58 979 499,00
autres risques de catastrophe	0

FIGURE 4.19 – Sous-modules catastrophe

On rappelle la formule du SCR_{nlCAT} :

$$SCR_{nlCat} = \sqrt{(SCR_{natCat} + SCR_{npProperty})^2 + SCR_{mmCat}^2 + SCR_{other}^2}$$

Donc on trouve l'exigence en capital pour le risque de catastrophe en non vie :

SCR_niCAT	59 075 708,32
------------------	----------------------

4.2.4 Aggrégation du risque de souscription non vie

Nous obtenons finalement le résultat suivant pour le risque de souscription non vie :

SCR_prem,res	929 717 567,48
SCR_niCAT	59 075 708,32
SCR_niLAPSE	-

SCR_ni	946 216 971,16
Effet de diversification	42 576 304,64
Somme des sous-modules	988 793 275,80

FIGURE 4.20 – SCR non vie

$$SCR_{nl} = 946\,216\,971,16 \text{ Dhs}$$

4.3 Risque de souscription vie

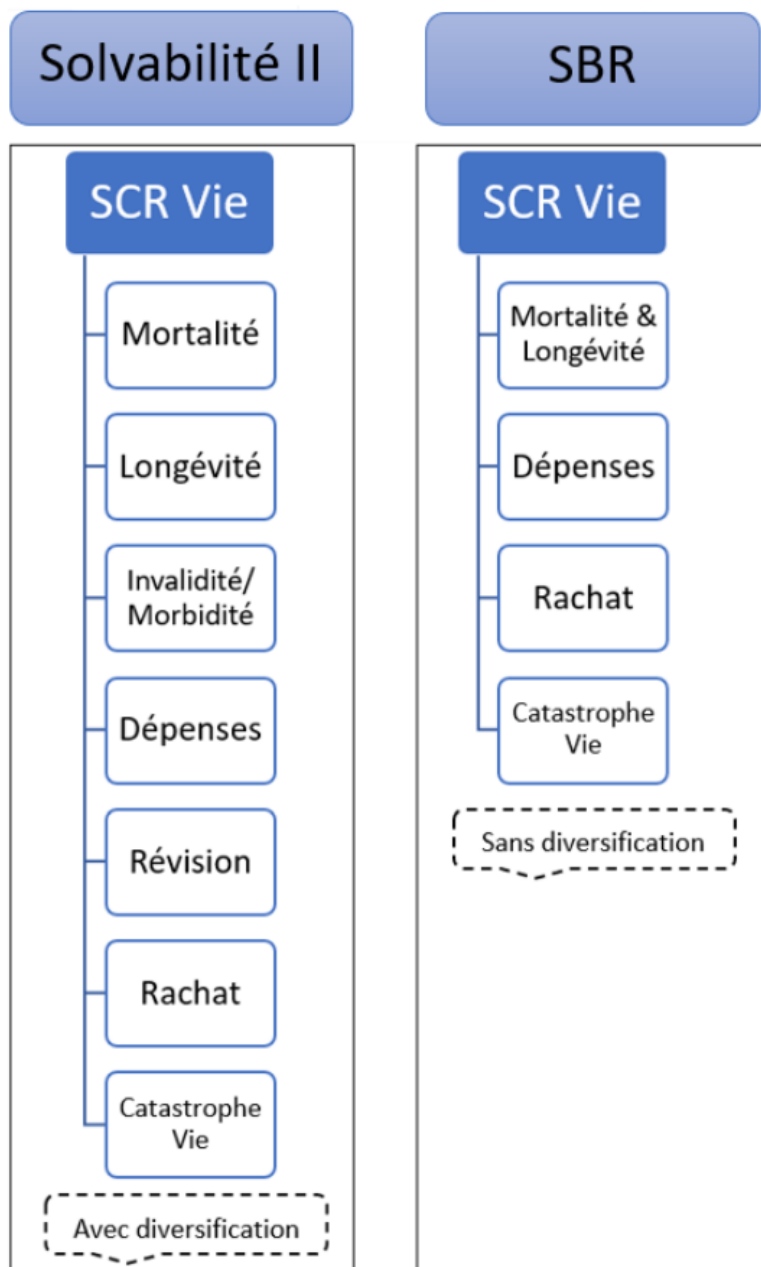


FIGURE 4.21 – Différences entre SBR et Solvabilité II pour le risque de souscription vie

4.3.1 Risque de mortalité

Données utilisées :

Comme nous l'avons décrit précédemment, l'exigence de capital du risque de mortalité représente la perte en AFR à la suite d'une variation de provisions mathématiques pour les produits en cas de décès, causée par une hausse proportionnelle des taux de mortalité. Donc pour calculer le SCR_{mort} nous avons besoin des flux provisions techniques par années de projection, calculés une première fois avec la table de mortalité réglementaire (TD 88-90 au Maroc) représentant le scénario central, et puis une deuxième fois avec cette même table mais choquée avec une hausse des taux de mortalité de 15%. Comme nous l'avons décrit précédemment, l'exigence de capital du risque de mortalité représente la perte en AFR à la suite d'une variation de provisions mathématiques pour les produits en cas de décès, causée par une hausse proportionnelle des taux de mortalité. Donc pour calculer le SCR_{mort} nous avons besoin des flux provisions techniques par années de projection, calculés une première fois avec la table de mortalité réglementaire (TD 88-90 au Maroc) représentant le scénario central, et puis une deuxième fois avec cette même table mais choquée avec une hausse des taux de mortalité de 15%.

Résultats et commentaires :

Tous calculs fait, on obtient les résultats suivants :

année de projection	flux -scénario central	flux - scénario choqués	Variation	taux de variation		
1	109 338 064,47	117 640 958	8 302 893	7,59%	SCR_mort	54 834 355,14
2	97 920 577,96	105 201 767	7 281 189	7,44%		
3	87 213 718,11	93 980 334	6 766 616	7,76%	taux de variation moyen	8,46%
4	77 228 872,75	83 610 482	6 381 609	8,26%		
5	68 622 087,07	73 956 473	5 334 386	7,77%		
6	60 613 912,77	65 203 915	4 590 003	7,57%		
7	52 644 025,77	56 341 272	3 697 246	7,02%		
8	45 666 280,25	48 259 764	2 593 484	5,68%		
9	39 436 886,82	41 493 648	2 056 761	5,22%		
10	34 036 904,42	35 459 309	1 422 405	4,18%		
11	29 397 680,42	30 223 338	825 658	2,81%		
12	25 000 000,00	26 000 000,00	1 000 000,00	4,00%		

Nous remarquons donc que avec une augmentation proportionnelle de 15% des taux de mortalité, nous observons une hausse moyenne de 8,46% des provisions mathématiques. Ainsi l'exigence de capitale qui couvre le risque de mortalité vaut :

$$SCR_{mort} = 54\,834\,355,14 \text{ Dhs}$$

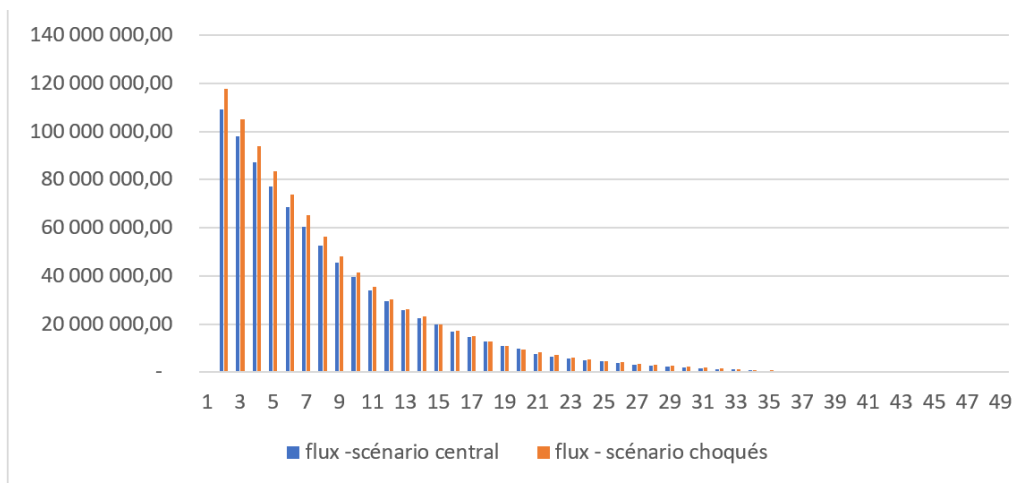


FIGURE 4.22 – Variation des provisions mathématiques

4.3.2 Risque de longévité

Données utilisées :

De façon similaire au risque de mortalité, nous devons ici calculer la perte en AFR suite à une variation des provisions mathématiques des annuités pour les produits en cas de vie, causée par une baisse proportionnelle des taux de mortalité. Donc pour calculer le SCR_{long} nous avons besoin des flux des provisions mathématiques par années de projection, calculés une première fois avec la table de mortalité réglementaire (TV 88-90 au Maroc) représentant le scénario central, et puis une deuxième fois avec cette même table mais choquée avec une baisse des taux de mortalité de 20%.

Résultats et commentaires :

Tous calculs fait, on obtient les résultats suivants :

année de projection	Annuités - scénario central	Annuités - scénario choqué	Variation	taux de variation		
1	19 568 720	19 679 884	111 144	0,57%		
2	13 531 247	13 626 600	95 353	0,70%		
3	14 603 193	14 720 853	117 659	0,81%		
4	15 596 097	15 742 516	146 419	0,94%		
5	17 163 318	17 340 715	177 397	1,03%		
6	11 891 403	12 013 128	121 725	1,02%		
7	12 258 765	12 393 322	134 557	1,10%		
8	11 591 048	11 726 905	135 857	1,17%		
9	12 259 115	12 411 404	152 289	1,24%		
10	24 811 166	25 094 043	282 877	1,14%		
11	11 494 976	11 651 536	156 560	1,36%		
12	11 232 218	11 391 098	158 880	1,41%		
13	10 420 333	10 572 764	152 430	1,46%		
14	8 971 718	9 106 872	135 154	1,51%		
15	8 508 787	8 640 854	132 067	1,55%		
					SCR long	2 823 470,69

$$SCR_{long} = 2\,823\,470.69 \text{ Dhs}$$

Le portefeuille que nous avons utilisé est celui de la CIMR géré par AXA Maroc et qui suppose que seul 5% des contrats versent des annuités à la retraite. Cette hypothèse date de 2002 suite à une décision de la CIMR de payer la part patronale de l'épargne uniquement sous forme d'un capital fixe à la retraite et donc seul la part salariale peut être payée sous forme de capitale ou de rentes jusqu'au décès selon le choix du retraité.

Naturellement, les salaires assez bas accumulés depuis les années soixante-dix donnaient des rentes mensuelles d'à peine quelques centaines de dirhams et donc la majorité des retraités décidaient de prendre leur épargne sous forme d'un capital fixe, d'où l'hypothèse des 5%.

Cependant, aujourd'hui nous observons plutôt un taux de 40%. Cela explique le faible impact observé d'une baisse des taux de mortalité de 20% sur les provisions mathématiques des annuités.

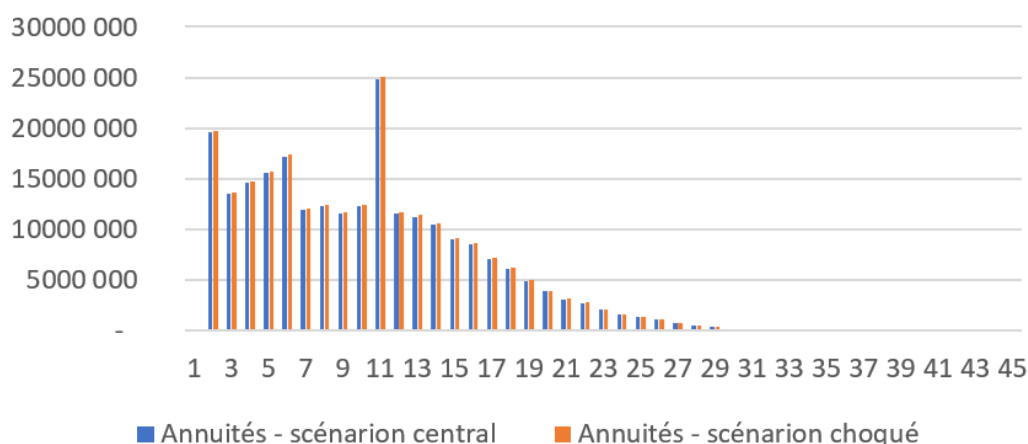


FIGURE 4.23 – Variation des provisions mathématiques pour annuités

4.3.3 Risque de Rachat

Données utilisées :

Comme détaillé dans le chapitre précédent, le risque de rachat traduit le risque que les assurés rachètent leurs contrats de façon différente de ce qui avait été envisagé dans le scénario central de l'assureur. De ce fait et afin d'estimer ce risque, nous avons besoin des flux de projections des rachats selon les différents scénarios suivants :

- Scénario central de l'assureur.
- Hausse soudaine permanente de 50% des taux de sortie. (max 100%)
- Baisse soudaine permanente de 50% des taux de sortie. (max -20%)
- Rachat massif de 40% des encours rachetables la première année. (contrats-pour lesquels la cessation entraînerait une augmentation des PT)

Résultat :

risque de hausse dans les taux de sortie	663 081 735,85
risque de baisse dans les taux de sortie	1 102 879,22
scénario MASS	-
SCR_Lapse	663 081 735,85

Contrairement en souscription non-vie, le risque de rachat en souscription vie le risque le plus important à considérer pour l'assureur.

4.3.4 Risque de dépenses

Données utilisées :

L'exigence de capital pour risque de dépenses en souscription vie est égale à la perte en AFR résultant de la conjugaison des modifications soudaines permanentes suivantes :

- Une augmentation de 10% du montant des dépenses prises en considération dans le calcul des PT.
- Une majoration des frais de 100bps (1%) par an de l'augmentation des frais anticipés.

Nous avons donc besoin des flux de dépenses du scénario central et du scénario choqué pour tous les produits de souscription vie.

Résultat :

Année de projection	flux des dépenses - scénario central	flux des dépenses - scénario choqué	variation			
	-					
1	25 429 584	41 076 887	15 647 303		SCR_exp	226 381 868,08
2	24 058 014	38 736 027	14 678 013			
3	22 764 706	36 920 107	14 155 402			
4	21 533 111	35 171 453	13 638 342			
5	20 371 862	33 418 384	13 046 523			
6	19 255 571	31 597 350	12 341 779			
7	18 115 509	30 101 611	11 986 102			
8	16 997 791	28 402 606	11 404 816			
9	15 972 686	26 981 892	11 009 206			
10	14 989 383	25 530 757	10 541 374			
11	14 052 205	22 986 390	8 934 186			
12	13 216 017	21 616 174	8 400 157			
13	12 414 626	20 276 692	7 862 065			
14	11 657 716	18 960 182	7 302 466			
15	10 940 167	17 714 913	6 774 746			

$$SCR_{exp} = 226\,381\,868,08$$

4.3.5 Agrégation du risque de souscription vie

Nous obtenons finalement le résultat suivant pour le risque de souscription vie :

SCR_CAT	0	
SCR_Mort	54834355,14	
SCR_Long	2823470,693	
SCR_Rev	0	
SCR_Lapse	663081735,8	
SCR_Disab	0	
SCR_Exp	226381868,1	
SCR_Life	807 115 621,60	9,85%
somme des risques	947 121 429,76	11,56%
effet de diversification	140 005 808,16	
total du passif en assurance vie	8 190 229 293,74	

FIGURE 4.24 – SCR vie

Ceci représente le capital dont doit disposer la compagnie d'assurance en fonds propres afin de pouvoir couvrir tous les risques liés à la souscription vie permettant ainsi d'éviter la ruine avec une probabilité de 99,5% sur un horizon d'un an.

Notons que selon la norme Solvabilité II, on utilise une matrice de corrélation lors de l'agrégation des sous modules du risque de souscription vie. Cela permet de prendre en compte les interconnexions qui existent entre ces différents risques et donc avoir une estimation plus proche de la réalité sans devoir surestimer le besoin en capital, contrairement à ce qui se fait selon la norme SBR ou on ne fait que sommer les SCR des différents sous-modules de risque. Cette diversification permet donc à la compagnie d'assurance d'économiser une somme de 140 005 808,16 Dhs.

4.4 Basic SCR

L'agrégation du Basic SCR se fait en utilisant la matrice de corrélation suivante :

	Marché	Default	Vie	santé	Non-Vie
Marché	100%	25%	25%	25%	25%
Default	25%	100%	25%	25%	50%
Vie	25%	25%	100%	25%	0%
santé	25%	25%	25%	100%	0%
Non-Vie	25%	50%	0%	0%	100%

FIGURE 4.25 – Matrice de corrélation des modules de risques principaux

Rappelons la formules du Basic SCR :

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

Tous calculs fait, nous obtenons le résultats suivant :

SCR_Marché	3 795 625 083,82
SCR_Default	634 044 445,09
SCR_Life	807 115 621,60
SCR_Health	1 426 881 783,4
SCR_nl	946 216 971,16
SCR_Intangible	1 823 425,58
BSCR	5 247 229 405,79

FIGURE 4.26 – Basic SCR

4.5 Risque opérationnel

On dispose des données nécessaire pour calculer l'exigence en capital de ce module de risque, qui n'est pas considéré dans le calcul du BSCR.

EARN life	672 084 279,1
EARN UL	-
EARN nl	2 519 969 931,1
pEARN life	622 475 561,6
pEARN UL	-
pEARN nl	2 430 006 672,0
TP life	6 698 897 457,4
TP UL	-
TP nl	5 088 132 262,9
Exp UL	-

Les données concernant les produits en unité de compte sont nuls, car l'entreprise en question est en train de développer ce produit. Ainsi :

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

Op primes	102 482 469,1
Op réserves	182 789 006,45
Op	182 789 006,4
BSCR	5 247 229 405,79
SCR_op	182 789 006,4

FIGURE 4.27 – SCR opérationnel

$$SCR_{op} = 182\,789\,006.4 \text{ Dhs}$$

4.6 Solvency Capital Requirement

Finalement, on dispose de tous les outils nécessaires pour calculer le SCR, en l'occurrence le BSCR, le SCR Opérationnel et l'ajustement technique.

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

BSCR	5 247 229 405,79
SCR_OP	216 127 333,56
Adj	- 787 448 363,54
SCR	4 675 908 375,82

FIGURE 4.28 – SCR total

Conclusion

La Solvabilité Basée sur les Risques vise à moderniser les exigences prudentielles et à harmoniser le cadre Marocain de l'assurance et ceux en s'inspirant de la norme européenne Solvabilité II . L'idée directrice de ce travail est donc de modéliser la formule standard du calcul du SCR selon Solvabilité II et de l'appliquer à un portefeuille marocain, en l'occurrence celui d'AXA ASSURANCE MAROC, afin de challenger les résultats de SBR.

Les deux formules standards de calcul du SCR sont construites autour du même concept de base est qui est une segmentation selon des modules de risques aux quels fait face la compagnie d'assurance et qu'elle doit couvrir afin de garantir sa solvabilité. Cependant, il existe certaine différences entre les deux normes, que ce soit au niveau de la structure des différents modules ou la méthodologie de calcul de chaque sous module de risque.

La première différence majeur que nous notons réside dans le fait que la formule standard de calcul du SCR selon Solvabilité II tient compte des corrélations qui existent entre différents sous modules de risques pour chaque module de risque ainsi que les modules de risques. Sur ce point-là, SBR se contente simplement de sommer les différents risques. Le fait de tenir compte de cet effet de diversification permet de garder la même qualité d'estimation du risque mais avec une exigence de capital moindre, ce qui est moins handicapant pour la société d'assurance.

Une deuxième différence qui résulte naturellement de l'essence et la cible de chacune des deux norme est mise en évidence lors de notre calcul de l'exigence de capital pour couvrir le risque de marché.

En effet le système de notation des compagnies retenu par Solvabilité II considère que l'investissement dans des actifs marocains plus risqué ce qui est logique pour un assureur européen mais qui donc fait qu'une application à la lettre de cette méthodologie de calcul à un assureur à très peu de sens car cela surévalue grandement le risque ce qui est très handicapant en terme d'exigence de capital.

Ce travail peut être le point de départ d'une évaluation de capital de solvabilité requis en interne en développant un modèle interne qui se base sur la formule standard de la norme Solvabilité II en l'adaptant au contexte marocain.

Annexe

Courbe des taux zéro-coupons		29	4,406%	62	4,763%	94	4,876%
Génération	2017	30	4,427%	63	4,768%	95	4,878%
Année	Taux	31	4,448%	64	4,773%	96	4,881%
1	2,383%	32	4,467%	65	4,778%	97	4,883%
2	2,556%	33	4,485%	66	4,783%	98	4,885%
3	2,678%	34	4,502%	67	4,788%	99	4,887%
4	2,807%	35	4,518%	68	4,792%	100	4,889%
5	2,807%	36	4,533%	69	4,797%	101	4,891%
6	2,882%	37	4,548%	70	4,801%	102	4,893%
7	2,985%	38	4,562%	71	4,805%	103	4,895%
8	3,089%	39	4,575%	72	4,809%	104	4,897%
9	3,195%	40	4,587%	73	4,813%	105	4,899%
10	3,351%	41	4,599%	74	4,817%	106	4,901%
11	3,552%	42	4,610%	75	4,820%	107	4,903%
12	3,663%	43	4,621%	76	4,824%	108	4,905%
13	3,733%	44	4,632%	77	4,827%	109	4,907%
14	3,796%	45	4,642%	78	4,831%	110	4,908%
15	3,849%	46	4,651%	79	4,834%	111	4,910%
16	3,903%	47	4,660%	80	4,837%	112	4,912%
17	3,958%	48	4,669%	81	4,841%	113	4,913%
18	4,016%	49	4,677%	82	4,844%	114	4,915%
19	4,069%	50	4,685%	83	4,847%	115	4,917%
20	4,117%	51	4,693%	84	4,850%	116	4,918%
21	4,161%	52	4,701%	85	4,853%	117	4,920%
22	4,201%	53	4,708%	86	4,855%	118	4,921%
23	4,238%	54	4,715%	87	4,858%	119	4,923%
24	4,271%	55	4,722%	88	4,861%	120	4,924%
25	4,302%	56	4,728%	89	4,864%	121	4,926%
26	4,331%	57	4,735%	90	4,866%	122	4,927%
27	4,358%	58	4,741%	91	4,869%	123	4,929%
28	4,382%	59	4,747%	92	4,871%	124	4,930%
		60	4,752%	93	4,874%	125	4,931%
		61	4,758%				

FIGURE 4.29 – Courbe de taux zéro- coupons 2017