

## Projet de Fin d'Etudes

\*\*\*\*\*

### Allocation de capital sous SBR

Préparé par : *M. Outhman Belfalah*  
*M. Youness Hamali*

Sous la direction de : *M. Mustapha Lebbar (INSEA)*  
*Mme. Rajae Samkaoui (Allianz)*

*Soutenu publiquement comme exigence partielle en vue de l'obtention du*

## Diplôme d'Ingénieur d'Etat

Filière : AF - SE

*Devant le jury composé de :*

- *M. Fouad Marri (INSEA)*
- *M. Mustapha Lebbar (INSEA)*
- *Mme. Rajae Samkaoui (Allianz)*



## Résumé

Toute compagnie d'assurances doit être capable d'honorer ses engagements envers ses assurés et autres créanciers. C'est pourquoi le souci du risque et de la solvabilité des entreprises occupe actuellement une place prépondérante. Sur les traces des normes bancaires «Bâle II» et d'autres modèles de solvabilité, comme le modèle européen «Solvabilité II», l'ACAPS lance un ambitieux projet de circulaire relatif au nouveau référentiel prudentiel. La « Solvabilité Basée sur les Risques » est le nom donné à ce nouveau régime prudentiel qui s'imposera prochainement aux entreprises d'assurances et de réassurance marocaines.

Ce projet est une avancée importante pour le secteur des assurances. Il propose en fait une nouvelle stratégie de gestion des compagnies basée sur une gestion des risques intégrant à la fois des aspects quantitatifs et qualitatifs. L'objectif est de mieux adapter les fonds propres exigés d'une compagnie d'assurances avec les risques qu'elle encourt.

Le référentiel prudentiel de la SBR, en phase avec les PBA (Principes de Base d'Assurance) émis par l'IAIS (International Association of Insurance Supervisors), repose sur trois piliers, en l'occurrence des exigences quantitatives de solvabilité (Pilier I), de gouvernance (Pilier II) et d'information (Pilier III). Cependant, ce mémoire se focalisera uniquement sur le premier pilier, en détaillant tous les indicateurs quantitatifs bruts de réassurance. En effet, le Bilan Prudentiel (économique) et le Capital de Solvabilité Requis sont les principaux marqueurs traduisant les exigences en fonds propres sur lesquelles s'appuie ce pilier.

Actuellement, le régulateur est en phase de discussion avec les compagnies et réalise parallèlement des mesures d'impact. C'est d'ailleurs cette fonction qui constitue la problématique centrale de ce stage, dont le sujet est l'allocation du capital sous SBR sur un produit de retraite complémentaire en run-off (La CIMR), anciennement offert par la compagnie d'assurances et ce, dans le cadre de l'assurance vie.

Le projet réalisé dans ce mémoire, a été élaboré en trois étapes, sous le logiciel R et MS EXCE<sup>1</sup>; ces étapes se résument en la modélisation des différentes lois de sortie, la valorisation des provisions techniques prudentielles, et enfin le calcul du capital de solvabilité requis selon une certaine mesure de risque, un horizon et un niveau de confiance associés.

**Mots clés :** Solvabilité Basée sur les Risques (SBR), Solvabilité II, Assurance vie, run-off, lissage, projection, flux de sortie, Best Estimate, Capital de Solvabilité requis.

---

<sup>1</sup> Voir l'annexe 8.

# Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À mes très chers parents, ma petite famille ainsi que mes amis.  
À Papa et maman mes deux piliers, vous étiez toujours à mes côtés et vous m'avez sans cesse épaulé et encouragé.

À mes frères qui m'ont tant aidé.

À mon binôme ainsi que mes amis qui m'ont donné un goût à cette vie.

Et je dédie aussi ce travail à tous ceux qui m'aiment.

*Youness Hamali*



*“La seule chose qui se dresse entre vous et votre rêve, c’est la volonté d’essayer et la conviction qu’il est réellement possible”*

Joel Brown

Je dédie ce travail :

### **A mes chers parents**

Aucune dédicace ne saurait exprimer l’amour, l’estime, le dévouement et le respect que j’ai toujours eu pour vous. Vos prières et vos encouragements m’ont été d’un grand secours pour mener à bien mes études.

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit des sacrifices que vous avez consentis pour mon bien-être et mon éducation.

Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse

Dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.

### **A Mes frères**

En témoignage de l’attachement, de l’amour et de l’affection que je porte pour vous. Malgré la distance, vous êtes toujours dans mon cœur. Je vous remercie pour votre affection si sincère et votre soutien moral. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

### **A mes chers amis**

Vos bons conseils m’ont toujours été utiles durant ma vie professionnelle et personnelle. Je vous dédie ce travail avec ma profonde reconnaissance envers vos efforts et vos encouragements.

### **A toute ma famille**

Ma joie et mon succès sont nées en votre présence

*Outhman Belfalah*

# R emerciements

Nous commencerions ce travail en ayant une pensée sincère et très spéciale pour toutes les personnes qui nous ont aidées et soutenues pendant cette période. Nous les invitons tous à trouver ici, l'expression de notre gratitude et considération.

Nous adressons notre profonde déférence et gratitude, ainsi que nos sincères remerciements à notre encadrant interne **M. MUSTAPHA LEBBAR** qui a accepté de diriger ce projet. Il s'y est grandement impliqué par son suivi permanent et par ses conseils pertinents, mais aussi par ses encouragements dans les moments clés de son élaboration.

Il nous est agréable de s'acquitter d'une dette de reconnaissance particulière auprès de **Mme. SAMKAOUI RAJAE** pour son accueil, pour nous avoir guidées tout au long de ce projet avec le sérieux et la compétence qui la caractérise et pour sa disponibilité et l'attention toute particulière qu'elle a portée à ce travail, ainsi que pour ses recommandations et remarques éclairées.

De même nous tenons à remercier toute l'équipe Actuariat de la direction finance de ALLIANZ, notamment, **M. ELMAGHRAOUI ABDERRAZZAK** pour ses directives et conseils, qu'il trouve ici nos vifs remerciements.

En dernier lieu, et non pas le moindre, nous tenons à exprimer nos remerciements à notre professeur **M.MARRI FOUAD**, en tant que membre du jury pour son temps consacré à la lecture de notre rapport.

Nous remercions aussi tout le corps professoral de l'INSEA qui nous a accompagnés durant nos années d'études tout en restant dévoués à leur passion qu'est l'enseignement avec ses différents aspects.

**Merci à tous et à toutes**

# T able des matières

Résumé.....	- 3 -
Dédicaces.....	- 5 -
Dédicaces.....	- 6 -
Remerciements .....	- 7 -
Liste des figures.....	- 10 -
Liste des tableaux.....	- 11 -
Abréviations .....	- 13 -
Introduction générale.....	-14-
<b>PARTIE I : INTRODUCTION DE L'ENVIRONNEMENT DU TRAVAIL.....</b>	<b>- 17-</b>
Chapitre I : Présentation de l'organisme d'accueil.....	-18-
Aperçu du groupe.....	-18-
I.2 ALLIANZ Maroc.....	-19-
I.2.1 CONSEIL D'ADMINISTRATION ET STRUCTURE ORGANISATIONNELLE.....	-19-
I.2.2 CONSEIL D'ADMINISTRATION.....	-20-
I.2.3 COMITE D'AUDIT.....	-20-
I.2.4 MANAGEMENT.....	-20-
I.2.5 COMMISSAIRES AUX COMPTES.....	-21-
I.2.6 CHIFFRES CLES.....	-21-
I.2.7 Produits et Services d'ALLIANZ MAROC.....	-22-
<b>PARTIE II : INTRODUCTION À LA REFORME REGLEMENTAIRE .....</b>	<b>-24-</b>
« SOLVABILITÉ BASÉE SUR LES RISQUES »	
Chapitre I : Naissance de la « Solvabilité Basée sur les Risques » au.....	-25-
Maroc après « Solvabilité II » en Europe	
I.1 Lien entre la « Solvabilité II » et la « Solvabilité Basée sur les Risques ».....	-25-
I.2 Rôle et principes de l'IAIS.....	-26-
I.3 Grands principes directeurs de Solvabilité II.....	-26-

Chapitre II : Enjeux et piliers de la « Solvabilité Basée sur les Risques ».....	-30-
II.1 La réglementation prudentielle actuelle au Maroc.....	-30-
II.2 Les trois piliers de la SBR.....	-31-
II.2.1 Pilier 1 : Exigences quantitatives.....	-32-
II.2.2 Pilier 2 : Gouvernance et exigences qualitatives.....	-34-
II.2.3 Pilier 3 : Information.....	-36-
Chapitre III : Cadre pratique de la réforme SBR : Cas du pilier 1.....	-37-
III.1 SCR action.....	-37-
III.2 SCR immobilier (property).....	-38-
III.3 SCR spread.....	-39-
III.4 SCR concentration.....	-40-
III.5 SCR taux.....	-42-
III.7 SCR marché.....	-49-
III.6.1 Sous la solvabilité II.....	-49-
III.6.1 Sous SBR.....	-50-
<b>PARTIE III : GESTION ACTIF-PASSIF DU PORTEFEUILLE.....</b>	<b>-52-</b>
Chapitre I : Généralité sur l'approche ALM et les risques.....	-53-
I.1 L'approche ALM.....	-53-
I.1.1 Définition.....	-53-
I.1.2 Origine et historique.....	-53-
I.1.3 Besoin de la discipline ALM en assurance.....	-54-
I.1.4 L'objectif de l'ALM.....	-54-
I.1.5 Etapes et outils.....	-55-
I.1.5.1 Indicateurs statiques.....	-55-
I.2 L'approche ALM utilisée.....	-59-
Chapitre II : Projection du passif non-vie.....	-60-
I.1 Outils de provisionnement du passif.....	-60-
I.1.1 Les méthodes déterministes du calcul des réserves.....	-60-
I.2.1 Les méthodes stochastiques du calcul des réserves.....	-61-

II.1 Application à la branche RC AUTO.....	-63-
II.1.1 La vérification de l'hypothèse d'indépendance.....	-64-
des coefficients des années de développement	
II.1.2 Correction par la méthode de London Chain.....	-66-
II.1.3 Résultats obtenus.....	-67-
III.1 La méthode de Mack Chain.....	-68-
III.1.1 Tests et Validation des hypothèses.....	-68-
III.1.2 Calcul des résidus de Mack.....	-70-
III.1.3 Résultats obtenus et interprétations.....	-70-
VI.1 Les méthodes GLM.....	-71-
VI.1.1 Le modèle log normal.....	-74-
VI.1.2 Le modèle Gama .....	-74-
VI.1.3 Le modèle log normal.....	-74-
V.1 Le passif vie.....	-76-
V.1.1 Création de la CIMR.....	-76-
V.1.2 Champs d'application et Produits de retraite offerts.....	-76-
V.1.3 Le portefeuille CIMR chez Allianz.....	-77-
V.1.4 Options rattachées au contrat CIMR.....	-77-
V.1.5 Cartographie des risques du portefeuille CIMR.....	-78-
V.1.6 Calcul du Best Estimate vie.....	-79-
V.1.7 Les résultats obtenus.....	-80-
Chapitre III : Projection De l'actif.....	-81-
I.1 Description générale du portefeuille d'actif.....	-81-
I.2 L'analyse des Gaps.....	-84-
I.3 Calcul des gaps de trésorerie.....	-85-
<b>PARTIE VI : GESTION DE PORTEFEUILLE.....</b>	<b>-86-</b>
Conclusion.....	-97-
Bibliographie.....	-98-

<b>Annexe 1 : Calcul du <math>CSR_{Action}</math></b> .....	-101-
<b>Annexe 2 : Calcul du <math>CSR_{Immobilier}</math></b> .....	-101-
<b>Annexe 3 : Calcul du <math>CSR_{Spread}</math></b> .....	-101-
<b>Annexe 4 : Calcul du <math>CSR_{Taux}</math></b> .....	-102-
<b>Annexe 5 : Calcul du <math>CSR_{Concentration}</math></b> .....	-102-
<b>Annexe 6 : Calcul du <math>CSR_{Marché}</math></b> .....	-103-
<b>Annexe 7 : Construction de la courbe des taux zéro-coupon</b> .....	-103-
<b>Annexe 8 : Utilisation du solveur</b> .....	-107-
<b>Annexe 9 : Résolution du problème d'allocation stratégique</b> .....	-110-
<b>Annexe 10 : Les taux de sorties respectivement selon l'option capital selon les tranches d'âge et la table de mortalité utilisée dans le calcul du passif vie</b> .....	-111-

## Liste des figures

- Figure 1 : Graphe de progression du chiffre d'affaires
- Figure 2 : Trois piliers de "solvabilité II
- Figure 3 : Comparaison entre le bilan comptable et le bilan économique
- Figure 4 : Les trois piliers de la SBR
- Figure 5 : Comparaison entre le bilan comptable et l'économique
- Figure 6 : Cartographie des risques considérés dans le SCR
- Figure 7 : Schéma traduisant le SCR
- Figure 8 : Les diagrammes Q-Q Plot générés
- Figure 9 : La répartition des résidus
- Figure 10 : Histogramme pour la vérification des hypothèses des deux modèles
- Figure 11 : Fonction de répartition des données
- Figure 12 : La composition du portefeuille
- Figure 13 : Répartition du portefeuille obligataire pour le contant vie
- Figure 14 : Comparaison des flux de l'actif et du passif
- Figure 15 : Gap de trésorerie

## Liste des tableaux

Tableau 1	: Parts de marché des différentes compagnies d'assurances vie et non vie
Tableau 2	: SCR action avec et sans diversification
Tableau 3	: Calcul de SCR immobilier
Tableau 4	: Echelon de qualité de crédit
Tableau 5	: Calcul de SCR spread
Tableau 6	: Seuil relatif d'exposition et de risques
Tableau 7	: Calcul de SCR concentration
Tableau 8	: Taux de référence
Tableau 9	: Cash-flows dans les deux scénarios
Tableau 10	: Les chocs de la solvabilité II
Tableau 11	: Calcul du SCR taux
Tableau 12	: Table de mortalité TV88-90
Tableau 13	: Calcul du Best Estimate et du SCR longévité
Tableau 14	: Matrice de corrélation dans le cas de hausse et de baisse des taux
Tableau 15	: Calcul de SCR marché sous solvabilité II
Tableau 16	: Calcul de SCR marché sous SBR
Tableau 17	: Coefficients de corrélations entre les années de développement
Tableau 18	: 2p-value du test de significativité
Tableau 19	: Les facteurs de développement obtenus par la méthode de Chain- Ladder
Tableau 20	: Montant des réserves par année de survenance

Tableau 21	: Estimation des paramètres
Tableau 23	: Le montant des réserves à constituer par année de survenance
Tableau 24	: Tableau des moments
Tableau 25	: Erreur relatif
Tableau 26	: Cash-flows du passif
Tableau 27	: Les engagements pour le contant vie par années depuis 2017 sur un horizon de 18 ans
Tableau 28	: Les proportions investis dans chaque classe d'actif
Tableau 29	: Les flux générés par les obligations
Tableau 30	: Calcul de poids et d'espérance des rendements
Tableau 31	: Comparaison entre la répartition initiale et la répartition optimale sous SBR
Tableau 32	: Allocation finale sous SBR
Tableau 33	: Calcul de $CSR_{Action}$
Tableau 34	: Calcul de $CSR_{Immobilier}$
Tableau 35	: Calcul de $CSR_{Spread}$
Tableau 36	: Calcul de $CSR_{Taux}$
Tableau 37	: Cash out de la branche non vie proposé par le service de provisionnement de la compagnie
Tableau 38	: Calcul de $CSR_{Concentration}$
Tableau 39	: Calcul de $CSR_{Marché}$
Tableau 40	: Taux de référence du marché secondaire des bons de trésors, date 29/12/2017
Tableau 41	: Taux actuariel
Tableau 42	: Taux actuariel interpolé de maturité pleine
Tableau 43	: Taux zéro coupon retrouvés
Tableau 44	: Solution de la répartition optimale
Tableau 45	: Taux de sortie de capital
Tableau 46	: Table de mortalité TV 88-90 pour les sorties décès

# Abréviations

ACAPS : Autorité de Contrôle des Assurances et de la Prévoyance Sociale

SBR : Solvabilité Basée sur les Risques

PBA : Principe de base d'assurance

CA : Chiffre d'Affaire

CIMR : Caisse Interprofessionnelle Marocaine de Retraite

CMR : Caisse Marocaine de Retraite

IAIS : International Association of Insurance Supervisors

CSR/SCR : Capital de Solvabilité Requis

BE : Best Estimate

ALM : Gestion actif-passif (Asset Liability Management)

IARD : Incendie, accidents et risques divers

FMSAR : La Fédération Marocaine des Sociétés d'Assurance et de Réassurance

ICP : International Core Principles

PBA : Principes de Base de l'Assurance

LGD : Perte en cas de défaut de la contrepartie

TR : Taux de recouvrement

PD : Probabilité de défaut de la contrepartie

TLGD : Total de perte en cas de défaut de la contrepartie

PM : Provisions mathématique

PD : Probabilité de défaut

## Introduction générale

Le développement de la gestion actif-passif devient de plus en plus une nécessité devant l'évolution rapide du domaine de la finance en général, des assurances et l'évolution des techniques de gestion des risques en particulier.

La gestion actif-passif est apparue à partir des années 70 dans les pays anglo-saxons. Elle consiste à analyser la situation du bilan, d'estimer et de piloter l'équilibre entre les ressources et les emplois au regard des risques pris par l'établissement sous contrainte d'un niveau de rentabilité et d'un cadre réglementaire précis et variable selon les pays.

C'est la gestion Actif-Passif qui aide à trouver le bon curseur qui optimisera le couple rendement/risque selon le contexte financier et l'horizon de placement. Cette technique résulte du besoin d'équilibrer des flux financiers dus (Passif) et reçus (Actif), de gérer les risques financiers généraux par leurs écarts et d'assurer la solvabilité des entreprises grâce à un choix pertinent des actifs.

La gestion actif-passif appelée le plus souvent l'ALM (Asset Liability Management) est au centre des préoccupations des institutions financières et des compagnies d'assurances, car elle permet d'estimer les risques financiers et de piloter la marge d'intérêts. Elle repose sur une modélisation efficace du marché, permettant ainsi de projeter les flux de l'Actif et du Passif de façon fiable. La crise financière de 2008 a remis en cause la qualité des modèles de gestion des risques et de manière plus globale, l'ensemble des simulateurs de scénarios économiques. Il va de soi que tout modèle est une approximation mathématique d'une réalité probable économique ; cependant, il convient au modélisateur de maîtriser et de comprendre ses afin d'en estimer un degré de véracité.

Le débat sur la gestion Actif-Passif et la recherche de l'allocation optimale des actifs s'étendent aujourd'hui de plus en plus dans la vie des institutions financières. Face à l'environnement en perpétuelle mutation, les gérants de fonds sont appelés à s'y adapter en mettant une gestion Actif-Passif adéquate. Comme pour les banques, la première approche de la gestion Actif-Passif en assurance vie consistait à identifier les flux périodiques générales par les engagements au passif et à rechercher les investissements les mieux à même de les couvrir, montant par montant, date à date, afin d'annuler autant que possible tout risque de revente ou de taux d'intérêt.

Sous l'effet d'une concurrence vive entre les compagnies d'assurance, portant sur les taux de rémunération de l'épargne, conjuguée à une période de baisse de rentabilité des actifs à taux fixe, se sont développés des techniques plus complexes visant à intégrer dans la gestion le recours à des placements à rentabilité plus élevée.

La gestion Actif-Passif a connu son âge d'or avec l'intégration des notions connues des actuaires, notant que ces derniers ont su développer un savoir-faire bien structuré et précis. C'était en 1952 qu'Harry Markowitz énonça : Il ne faut pas mettre tous ses œufs dans le même panier, exposant comment des investisseurs rationnels utilisent la diversification afin d'optimiser leur portefeuille.

Dans le cadre des réflexions sur la solvabilité issue de Solvabilité II, de nouveaux modèles intégrant les paramètres de solvabilité par le biais d'une contrainte sur la probabilité de ruine sont apparus. On détermine ainsi une allocation qui contrôle la probabilité de ruine de l'assureur ou en d'autres termes la capacité de faire face à ses engagements.

La compagnie d'assurances doit pouvoir faire face à ses engagements à tout instant ; autrement, il est impératif qu'elle soit solvable tout en évitant la faillite. C'est pourquoi l'État réglemente traditionnellement le secteur des assurances, pour assurer cette solvabilité.

En effet, la nouvelle réglementation prudentielle pour les compagnies d'assurance et de réassurance devrait entrer en vigueur d'ici 2021, des tests d'impact en vue d'identifier les conséquences des nouvelles exigences sur lesdites entreprises devront être élaborés. C'est justement l'objet de ce mémoire.

En travaillant sur le passif du produit CIMR comme un produit de retraite, le présent rapport décrit notre projet réalisé au sein d'ALLIANZ et est organisé comme suit :

La première partie est réservée à la présentation de l'entreprise ALLIANZ, du produit de retraite traité et de sa fiche technique utile pour la fiabilisation de toutes les bases de données considérées dans notre travail. La deuxième partie est consacrée à la description de la nouvelle réforme réglementaire SBR et de la directive européenne Solvabilité 2, d'où s'inspire la première. Comme application de cette partie, nous avons calculé les exigences en fonds propres reflétées par le Capital de Solvabilité requis (SCR) plus précisément, le SCR relatif au risque marché, de contrepartie et de souscription en assurance vie. Dans la troisième partie, nous travaillons sur la gestion actif-passif de notre portefeuille. Ensuite, et toujours dans la même partie, deux chapitres sont consacrés l'un à la projection du passif non-vie et l'autre à la projection de l'actif. Dans la dernière partie, nous élaborons une méthode pour une allocation optimale de notre portefeuille en terme de capital de solvabilité requis.

# PARTIE I : INTRODUCTION DE L'ENVIRO- NEMENT DU TRAVAIL

## **Chapitre I : Présentation de l'organisme d'accueil**

### **I.1 Aperçu du groupe**

Allianz SE et ses filiales (Allianz Group) proposent des produits et des services d'assurance Non Vie, d'assurance Vie/Santé et de gestion d'actifs dans plus de 70 pays, avec des activités particulièrement concentrées en Europe. Le Groupe Allianz assure 88 millions de personnes à travers le monde. Le siège d'Allianz SE, société mère du Groupe Allianz est à Munich, en Allemagne.

La structure du Groupe Allianz reflète à la fois ses segments d'activité et ses régions géographiques. Les opérations sont organisées autour de produits et des services, en fonction de leur gestion d'un point de vue stratégique : activités d'assurance, activités de gestion d'actifs et activités corporate et autres. En raison des différences dans la nature des produits, des risques et de l'allocation des capitaux, les activités d'assurance sont divisées en branches :

Non-Vie et Vie/Santé. Conformément aux stipulations du Conseil d'Administration, chacune des branches dépend de segments de reporting régionaux. Le Corporate et les autres activités se répartissent entre 3 segments de reporting afin de différencier entre produits, risques et allocation de capitaux. En 2017, le Groupe Allianz comptait 14 segments de reporting.

A effet du 03 Novembre 2016, Allianz SE finalise l'acquisition de 98.9% de Zurich Assurances Maroc suite à l'obtention des autorisations réglementaires d'usage. La Compagnie est maintenant une partie intégrante du Groupe Allianz.

Le siège d'Allianz SE, société mère du Groupe Allianz est sis à Munich, en Allemagne. Sur le plan international, Allianz constitue l'une des communautés financières les plus solides. Plus de 85 millions de clients particuliers et entreprises sont assurés par cette compagnie. Allianz est présent dans 15 pays africains via Allianz Africa, Allianz Egypte, Allianz Global Corporate & Specialty et Euler Hermes Acmar.

## I.2 ALLIANZ Maroc

Allianz Maroc développe ses activités principalement dans le secteur des assurances Non Vie/Santé et aussi elle a entrée sur la branche assurance-vie avec le lancement de l'offre « Intiyaz Retraite ». Qu'il s'agisse de particuliers, de PME ou d'entreprises internationales, elle aide ses clients à comprendre les risques auxquels ils sont exposés et les protègeons grâce à des solutions complètes.

Les atouts :

- 142.000 collaborateurs dans 70 pays ;
- Un cœur de métier qui est l'assurance ;
- Un engagement Sinistre pour un remboursement selon les termes contractuels ;
- Un réseau de plus de 150 Agents Généraux reparti sur tout le Maroc ; solidement forme sur les produits, le conseil et l'accompagnement en cas de sinistre ;
- De nombreux cabinets de courtage partenaires ;
- Avec plus de 600.000 clients au Maroc, Allianz Maroc compte parmi les compagnies les plus profitables du marché et contribue à animer ce dernier via l'amélioration continue de son ordre de produits et services.

### I.2.1 CONSEIL D'ADMINISTRATION ET STRUCTURE ORGANISATIONNELLE

Allianz SE dispose d'une structure de Conseil par division basée sur des responsabilités fonctionnelles et business. Les divisions liées aux activités business représentent nos segments d'assurance IARD, accidents, Vie / Santé, gestion d'actifs et Corporate et autres. En 2017, elles ont été supervisées par cinq membres du Conseil d'Administration. Les quatre divisions restantes (à savoir, la Présidence du Conseil d'Administration, Gestion d'actifs, Finance, Investissements et Opérations) se concentrent sur les fonctions du Groupe, ainsi que sur les responsabilités liées aux activités.

## I.2.2 CONSEIL D'ADMINISTRATION

➤ Jacques RICHIER

Président - Echéance du mandat : A l'issue de l'Assemblée Générale Ordinaire qui statuera sur les comptes de l'exercice clos le 31/12/2021.

➤ Frédéric BACCELLI

Administrateur - Echéance du mandat : A l'issue de l'Assemblée Générale Ordinaire qui statuera sur les comptes de l'exercice clos le 31/12/2021.

➤ Hicham RAISSI

Administrateur - Echéance du mandat : A l'issue de l'Assemblée Générale Ordinaire qui statuera sur les comptes de l'exercice clos le 31/12/2021.

➤ Coenraad VROLIJK

Administrateur - Echéance du mandat : A l'issue de l'Assemblée Générale Ordinaire qui statuera sur les comptes de l'exercice clos le 31/12/2018.

➤ Dirk DE NIL

Administrateur : Jusqu'au 7 décembre 2017.

## I.2.3 COMITE D'AUDIT

Membres :

Coenraad VROLIJK et Anuj AGARWAL Prennent part également au Comité d'Audit : Le Directeur Général, l'Auditeur Interne et les Commissaires aux Comptes, sans droit de vote.

## I.2.4 MANAGEMENT

La composition du management à la date de l'assemblée générale est la suivante :

➤ Joerg WEBER : Directeur Général

➤ Adja SAMB : Operations/Marketing et Communication, ad Intérim

➤ Ainane ABOUDI : Souscription

- Amine EL KERNIGHI : Segment Particuliers et Petites Entreprises
- Christian CARLES : Segment Moyennes et Grandes Entreprises
- Hind MECHBAL : Organisation et Systèmes d'Information
- Lamy NASSOH : Ressources Humaines
- Nadia BENJELLOUN : Sinistres
- Sanae BENSOUDA : Finance
- Tawfik BENZHA : Secrétaire Général Juridique et Conformité
- Rawya Boudou : Audit Interne

#### I.2.5 COMMISSAIRES AUX COMPTES

PWC Maroc 35, Rue Aziz Bellal - ex Massena, Maarif 20 330 Casablanca

Deloitte 288, Boulevard Zerktouni 20 000 - Casablanca

#### I.2.6 CHIFFRES CLES

Selon le rapport d'activité des entreprises d'assurances et de réassurance réalisé par l'ACAPS en 2017, ALLIANZ MAROC détient 3,2% de part de marché totale, ce qui englobe 0,1% du marché de l'assurance-vie, et 5,6% du marché de l'assurance non vie. ALLIANZ MAROC se classe ainsi en 10<sup>ème</sup> position.

Rang	Entreprises d'assurances et de réassurance	Part de marché		
		Vie	Non Vie	Total
1	Wafa Assurance	26,4%	16,6%	20,9%
2	RMA Assurance	18,7%	14,2%	16,2%
3	SAHAM Assurance	6,1%	17,2%	12,4%
4	AXA Assurance	8,5%	12,3%	10,6%
5	Mutuelle Attamine Chaabi	21,9%		9,5%
6	ATLANTA	2,5%	8,5%	5,9%
7	SANAD	2,2%	7,1%	5,0%
8	La Marocaine Vie	9,7%	0,5%	4,5%
9	Mutuelle Centrale Marocaine d'Assurance	3,8%	2,9%	3,3%
10	ALLIANZ MAROC	0,1%	5,6%	3,2%
11	Mutuelle Agricole Marocaine d'Assurance		4,2%	2,4%
12	Compagnie d'Assurance Transport		3,1%	1,7%
13	SAHAM Assistance		2,1%	1,2%
14	Maroc Assurance International		2,0%	1,1%
15	Mutuelle d'Assurance des Transporteurs Unis		1,3%	0,7%
16	WIA		1,0%	0,6%
17	ACMAR		0,6%	0,3%
18	AXA Assistance		0,5%	0,3%
19	COFACE MAROC		0,2%	0,1%
20	CHAABI Assistance		0,0%	0,0%

Tableau 1 : Parts de marché des différentes compagnies d'assurances vie et non vie

Le chiffre d'affaires de l'exercice 2017 s'est élevé à 1 246 DH en 2017, en hausse de 2,8% par rapport à 2016. La part de marché globale est de 3,2% en 2017 répartie comme suit par branche :

- En vie : 0,1%, stable par rapport à 2016.
- En Non-vie : 5,6%, en recul de 0,1 pts par rapport à 2016.

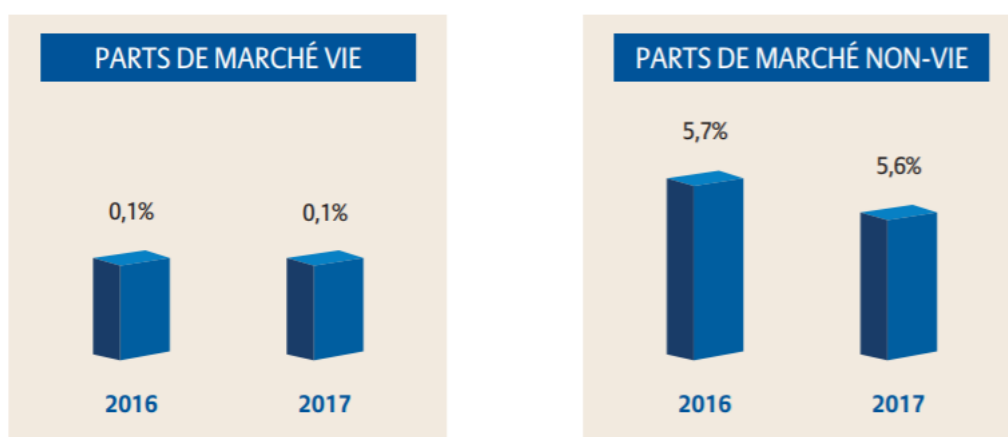


Figure 1 : graphe de progression du chiffre d'affaires

### 1.2.7 Produits et Services d'ALLIANZ MAROC

ALLIANZ concentre son activité dans quatre métiers :

- L'assurance dommage : pour un individu, elle protège ses biens les plus importants, soit l'habitation et l'automobile. Pour une entreprise, elle assure la

pérennité de ses affaires qui pourraient être affectées de manière catastrophique advenant un sinistre.

- L'assurance vie/épargne/retraite : souvent perçue comme un outil de transmission de capital (l'assurance vie en cas de décès), mais elle est également un véritable outil d'épargne (l'assurance-vie en cas de vie).
- L'assurance santé : elle a pour but de préserver l'assuré contre les risques liés à la maladie ou, plus précisément, contre tous les événements entraînant une intervention médicale.
- La gestion des actifs : parmi les activités d'ALLIANZ est de gérer les capitaux dans le respect des contraintes réglementaires et contractuelles.

## **PARTIE II : INTRODUCTION À LA RE- FORME REGLEMENTAIRE « SOLVABILITÉ BASÉE SUR LES RISQUES »**

## **Chapitre I : Naissance de la « Solvabilité Basée sur les Risques » au Maroc après « Solvabilité II » en Europe**

Depuis l'élaboration du projet de circulaire relatif au nouveau référentiel prudentiel par l'Autorité de Contrôle des Assurances et de la Prévoyance Sociale (ACAPS), les compagnies d'assurances mettent les bouchées doubles pour implémenter les nouvelles exigences réglementaires axées sur le risque auxquelles elles devront se plier. A cet égard, des réunions se succèdent entre l'Autorité et les opérateurs rassemblés au sein de la Fédération Marocaine des Sociétés d'Assurance et de Réassurance (FMSAR). Ces réunions ont pour objectif de préparer le terrain et de concerter les démarches d'adoption des nouvelles normes. Ainsi, cette migration vers ces dernières se déroulera de façon structurée et planifiée dans le temps en s'inspirant fortement des normes de la « Solvabilité II » déjà régnée sur l'Europe comme étant son régime prudentiel des assurances.

### **I.1 Lien entre la « Solvabilité II » et la « Solvabilité Basée sur les Risques »**

En effet, les nouvelles exigences contenues dans le projet de circulaire en discussion s'inspirent des meilleures pratiques internationales. A la différence des accords de Bâle II qui, pour le secteur bancaire, doivent être adoptés de manière universelle avec les mêmes indicateurs, les exigences pour les assureurs proposent des principes généraux auxquels chaque marché à la latitude de se conformer à sa manière. Ainsi, les assureurs des Amériques ont leur vision de ces normes, les Européens ont la leur ; la fameuse Solvabilité II, tandis que les pays nordiques et l'Australie retiennent des normes qui leur sont spécifiques. Pour le cas du Maroc, l'ACAPS a retenu une déclinaison dénommée Solvabilité basée sur les risques (SBR) qui est en passe de devenir la nouvelle réglementation prudentielle qui s'imposera très prochainement aux entreprises d'assurances et de réassurance. Cette conformité au cadre international des normes de supervisions fait penser au rôle de l'International Association of Insurance Supervisors (IAIS).

## **I.2 Rôle et principes de l'IAIS**

L'IAIS est un organe normatif en assurance fondé en 1994. Il a pour objectif de promouvoir une supervision des assurances efficaces et cohérentes dans le monde et ce, dans le but de maintenir les marchés d'assurance stables, justes et pérennes pour les assurés et de contribuer à la stabilité financière globalement. L'IAIS regroupe les autorités des contrôles de quelques 200 juridictions dans près de 140 pays, représentant une part de près de 97% des primes d'assurances mondiales. Le Maroc est représenté par l'ACAPS au sein de cette association.

En coordonnant ses travaux avec des entités responsables de la politique financière internationale et d'autres associations de régulateurs, elle développe des principes, standards internationaux et orientations relatifs à la supervision du secteur des assurances. Parmi ses normes, on retrouve les « ICP » (International Core Principles) ou autrement les Principes de Base de l'Assurance (PBA). Les ICP s'appliquent dans toutes les juridictions, quel que soit le niveau de développement ou de sophistication des marchés de l'assurance et le type de produits ou de services d'assurance contrôlés. Toutefois, les mesures de contrôle doivent être appropriées pour atteindre les objectifs fixés en la matière par une juridiction et ne doivent pas aller au-delà de ce qui est nécessaire pour y parvenir. Ceci justifie la flexibilité dont a droit chaque marché afin de se conformer aux exigences internationales.

## **I.3 Grands principes directeurs de Solvabilité II**

Dans le but d'une harmonisation du régime prudentiel nécessaire, des directives européennes ont été adoptées dès la fin des années 1970. Au début des années 2000, une quinzaine de directives constitue alors le cadre « Solvabilité I », qui consacre le principe du passeport européen en assurance. Or, ce cadre n'est pas resté si longtemps et a été remplacé par la « Solvabilité II » qui est venu répondre aux insuffisances du premier qui sont les suivantes :

- Trop simpliste : pas de prise en compte de la diversité des risques et de leurs spécificités ;
- Arbitrage réglementaire entre secteurs financiers ;
- Risques associés aux placements mal appréhendés ;
- Absence de normes en matière de gouvernance ;
- Prise en compte très partielle de la réalité des groupes d'assurance ;
- Pratiques hétérogènes d'une autorité à l'autre (ex. : règles de provisionnement, reporting) ;

En répondant à ces insuffisances, la philosophie générale de Solvabilité II repose sur les principes suivants :

- Approche fondée sur les principes plutôt que sur les règles ;
- Meilleure adaptation des exigences de capital et des pratiques de contrôle au profil de risque ;
- Vision « économique » du bilan prudentiel ;
- Renforcement de la gouvernance et de la gestion des risques ;
- Amélioration du contrôle des groupes (collèges de superviseurs) ;
- Harmonisation européenne des normes et pratiques de contrôle ;
- Principe de proportionnalité / matérialité.

En plus, pour optimiser la performance et réduire le risque de faillite dans le secteur de l'assurance, la directive se structure en trois Piliers :

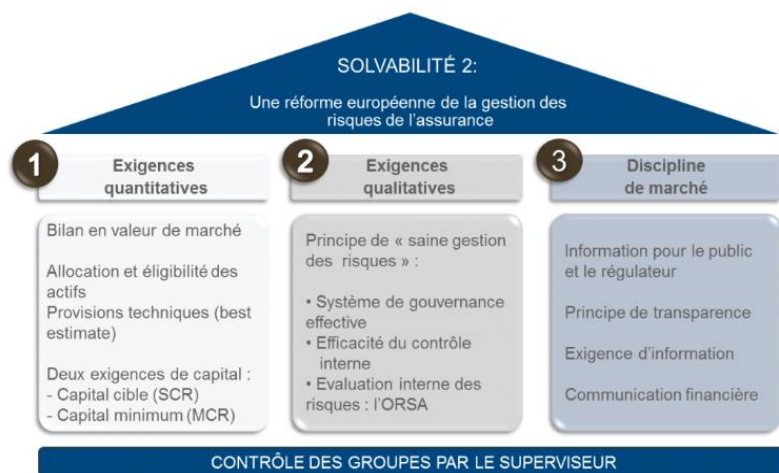


Figure 2 : Trois piliers de "solvabilité II"

- **Le Pilier 1 (Exigences quantitatives)** met en place deux indicateurs de la solvabilité :
  - **Le MCR (Minimum Capital Requirement)** : niveau de fonds propres minimal en dessous duquel les intérêts des assurés se verraient sérieusement menacés si l'entreprise était autorisée à poursuivre son activité. Ainsi, si les capitaux propres d'une entreprise deviennent inférieurs au MCR, le régulateur interviendra automatiquement pour mettre en place un plan de redressement.
  - **Le CSR (Capital de solvabilité requis)** : niveau de capital nécessaire à la continuité d'activité, et plus précisément au niveau de capital qu'il faut posséder à minima pour limiter la **probabilité de ruine**<sup>2</sup> de l'assureur à moins de 0,5 % par an.

Pour donner une vision de la solvabilité qui soit la plus fiable possible, de nouvelles normes de calcul ont été définies, pour l'évaluation notamment des actifs (valeur de marché) ; et des passifs, en Best Estimate, ce qui correspond à l'évaluation économique des engagements de l'assureur.

<sup>2</sup> La ruine de l'assureur est entraînée par une perte qui dépasse les fonds propres et le rend « insolvable » au sens de la réglementation.

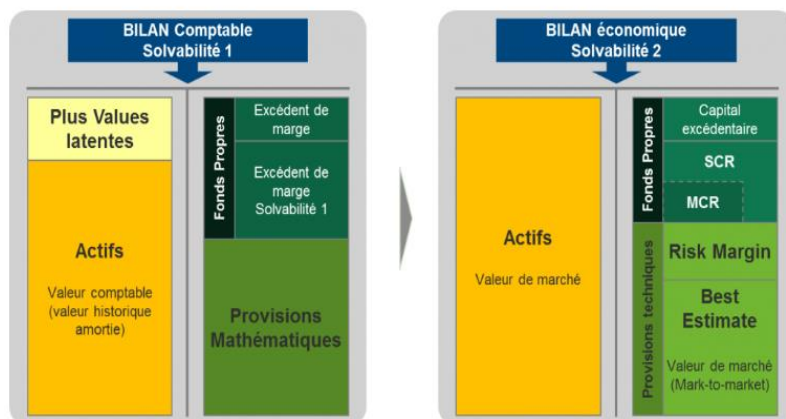


Figure 3 : comparaison entre le bilan comptable et le bilan économique

- **Le Pilier 2 (Exigences qualitatives)** implique la mise en place d'un dispositif interne de maîtrise de tous les risques (financiers, techniques, opérationnels) auxquels peut être confronté un assureur ; pour qu'à tout moment il puisse avoir une vision précise de l'état de sa solvabilité.
- **Le Pilier 3 (La communication financière)** introduit le principe de discipline de marché. Ses exigences sont la publication d'informations précises et détaillées sur l'activité de l'assureur. L'ensemble des acteurs européens doit renseigner les mêmes types de modèles, permettant une meilleure transparence du marché et une comparabilité simplifiée entre les acteurs. Ces informations doivent être fournies périodiquement par le biais de deux types de document, à transmettre par l'assureur : des rapports narratifs et des reporting quantitatifs.

Ainsi, suivant la même démarche que la directive européenne Solvabilité II, le référentiel prudentiel de la SBR, en phase avec les PBA émis par l'IAIS, repose à son tour sur trois piliers, en l'occurrence des exigences quantitatives de solvabilité (Pilier I), de gouvernance (Pilier II) et d'information (Pilier III). Le prochain chapitre explicitera le projet de la « Solvabilité Basée sur les Risques », sa philosophie et ses différents axes.

## **Chapitre II : Enjeux et piliers de la « Solvabilité Basée sur les Risques »**

L'Autorité de Contrôle des Assurances et de la Prévoyance Sociale (ACAPS) a élaboré en avril 2017 le projet de circulaire « Solvabilité Basée sur les Risques (SBR) » qui décrit un nouveau référentiel réglementaire pour l'évaluation de la solvabilité.

Vu les insuffisances du cadre prudentiel actuel au Maroc, et afin que celui-ci soit sur pied d'égalité avec l'Europe en termes de réglementation prudentielle dans le secteur assurantiel, le projet SBR devrait être planté. Mais avant tout, il est impératif de rappeler les règles sur lesquelles se base le régime actuel et ses points faibles pour mieux appréhender les objectifs de la SBR.

### **II.1 La réglementation prudentielle actuelle au Maroc**

En vue d'honorer les engagements pris à l'égard des assurés et des bénéficiaires de contrats, les sociétés d'assurance suivent la réglementation prudentielle marocaine qui est fondé sur quatre volets :

- Évaluer prudemment les provisions techniques et les placements ;
- Avoir des actifs de bonne qualité en représentation des engagements ;
- Calculer une marge de solvabilité ;
- Déterminer des ressources permettant de couvrir cette marge de solvabilité.

En effet, la réglementation exige des provisions techniques suffisantes et prudentes pour évaluer le règlement intégral des engagements. A cet instar, des taux et des tables de mortalité prudentes surestimant la mortalité sont considérés dans le calcul de provisions. Cependant, malgré ce degré de prudence, d'autres scénarios et risques ne sont pas pris en compte, ce qui génère des insuffisances liées à ce régime :

- Basé sur des éléments comptables et non économiques ;
- Trop simpliste : pas de prise en compte de la diversité des risques et de leurs spécificités ainsi la marge de Solvabilité ;

- La marge de solvabilité réglementaire ne reflète pas les risques portés par l'assureur ;
- Réglementation non cohérente avec la réglementation bancaire (Bâle III) ;
- Risques associés aux placements <sup>3</sup>mal appréhendés ;
- Quasi absence de normes en matière de gouvernance ;
- Non prise en compte de la réalité des groupes d'assurance.

Dans l'objectif de remédier à ces insuffisances, et afin de se conformer aux normes internationales de façon structurée, la future réglementation s'organise en trois niveaux de textes :

- Articles 239 et 239-2 de la loi n°17-99 portant code des assurances ;
- Circulaire d'application : projet en consultation ;
- Instructions et décisions éventuelles.

## **II.2 Les trois piliers de la SBR**

La réforme réglementaire SBR, inspirée de la directive européenne Solvabilité II entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2016, vient combler les lacunes du régime prudentiel actuel et le modifier en profondeur. Et, afin d'harmoniser la mise en œuvre des exigences internationales et de mieux appréhender les profils de risque des entreprises d'assurance, la nouvelle réglementation s'articule autour de trois piliers.

---

<sup>3</sup> Le risque entendu est le risque de marché.

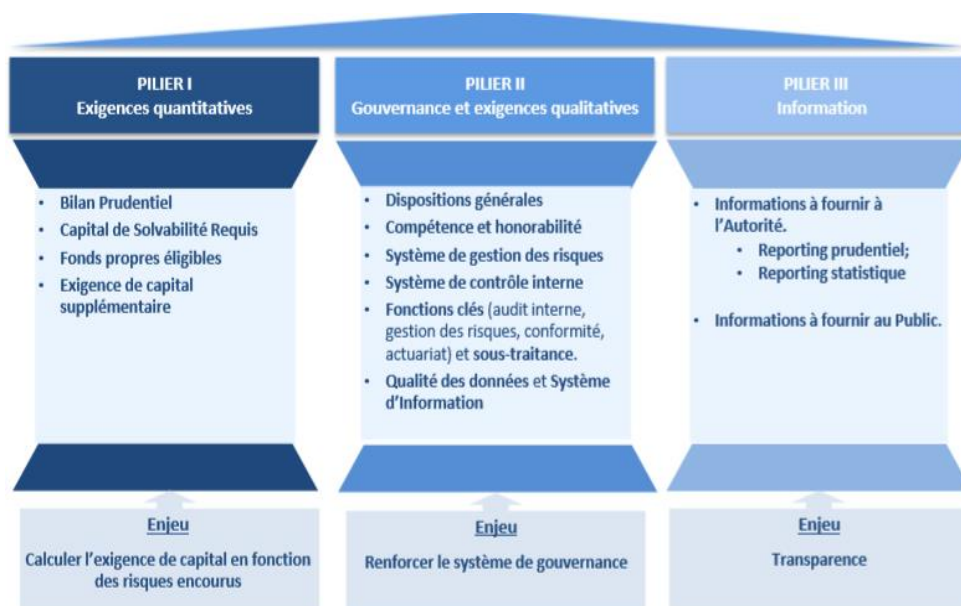


Figure 4 : les trois piliers de la SBR

### II.2.1 Pilier 1 : Exigences quantitatives

Ce premier pilier définit les règles de détermination du **bilan prudentiel** et du **capital de solvabilité requis (CSR)**, de l'exigence de capital supplémentaire (Add-on) et du niveau des fonds propres prudentiels. Le calcul de tous ces derniers est fondé sur :

- La prise en compte de l'ensemble des risques en plus du risque de souscription<sup>4</sup> ;
- La valorisation des bilans sur les valeurs économiques (**ou en Best Estimate**).

En effet, contrairement au régime actuel qui ne retient que le bilan comptable (la valeur des biens est comptabilisée à la valeur d'acquisition), la SBR repose sur un bilan économique (Bilan Prudentiel) qui tient en compte l'état du marché et des risques. Par conséquent, **les provisions techniques seront évaluées selon le principe de la « meilleure estimation » (BE) en plus d'une « marge de risque » (MR)** représentant un coût de capital et prend en compte les incertitudes de la meilleure estimation des flux futurs.

Le schéma ci-dessous résume de façon très simplifiée les différences entre le bilan du cadre actuel et celui de la SBR :

<sup>4</sup> Risque de souscription : seul risque aujourd'hui pris en compte.

Bilan comptable			Bilan économique		
Actifs	Fonds propres	Marge de solvabilité réglementaire	Actifs	Fonds propres	Exigence de capital supplémentaire
	Provisions techniques			Fonds propres	Exigence de capital supplémentaire
					MR
					Best Estimate

Figure 5 : comparaison entre le bilan comptable et l'économique

### Remarque :

- L'Autorité peut exiger un capital supplémentaire au capital de solvabilité (Add-on) lorsqu'elle constate que les hypothèses de détermination du capital de solvabilité s'écartent du profil de risque de l'entreprise ou lorsque son système de gouvernance ne répond pas aux exigences prévues dans le pilier 2.
- Le Bilan prudentiel comprend outre les rubriques « impôt différé actif », « impôt différé passif »<sup>5</sup> et « Réserve de réconciliation »<sup>6</sup>, les mêmes rubriques du Bilan comptable.
- Il est caractérisé aussi par la Substitution des « provisions techniques brutes » et « part des cessionnaires dans les provisions techniques » respectivement par « provisions techniques prudentielles » et « part des cessionnaires dans les provisions techniques prudentielles ».

Également, de nouvelles normes de calcul ont été définies pour **l'évaluation notamment des actifs et des passifs en valeur de marché**.

Quant au capital de solvabilité requis, il est défini comme l'agrégation des besoins en capital pour chaque risque<sup>7</sup>. Sa cartographie des risques est la suivante :

<sup>5</sup> L'impôt différé actif/passif est calculé en tenant compte des opérations réalisées au cours d'un exercice et qui n'auront d'incidences fiscales que sur un exercice ultérieur.

<sup>6</sup> La réserve de réconciliation correspond à la différence entre l'actif net SBR ajusté et le capital pur. Elle inclut le montant correspondant aux bénéfices futurs attendus.

<sup>7</sup> Les définitions de chaque risque figurent dans l'Annexe III

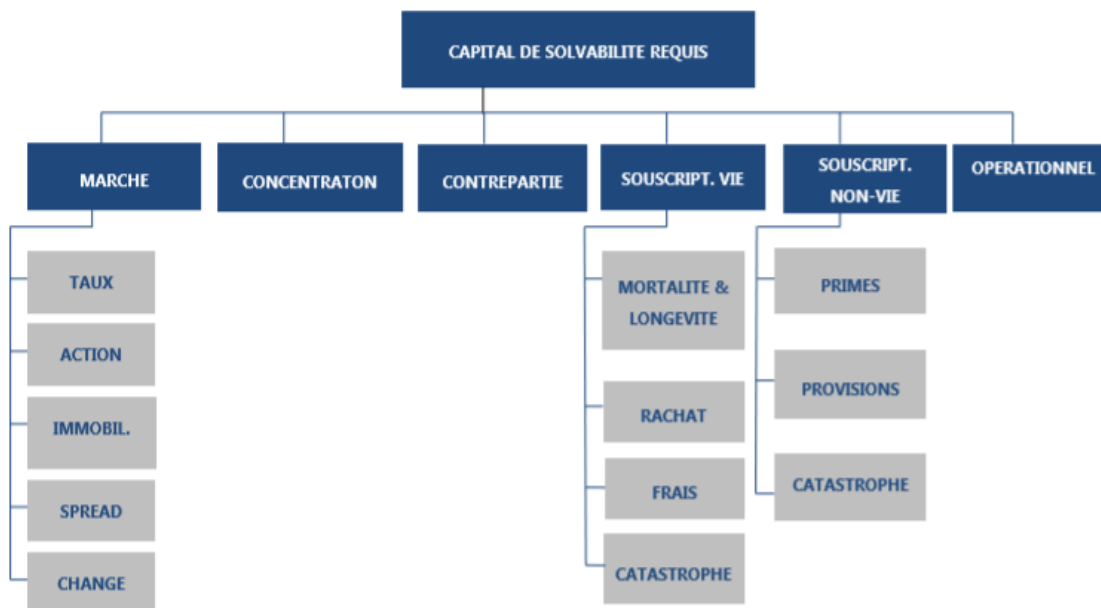


Figure 6 : cartographie des risques considérés dans le CSR

Pour chacun des risques précités, le CSR afférent est égal à la variation de fonds propres correspondant à la réalisation du choc défavorable. La figure ci-dessous schématise cette variation.

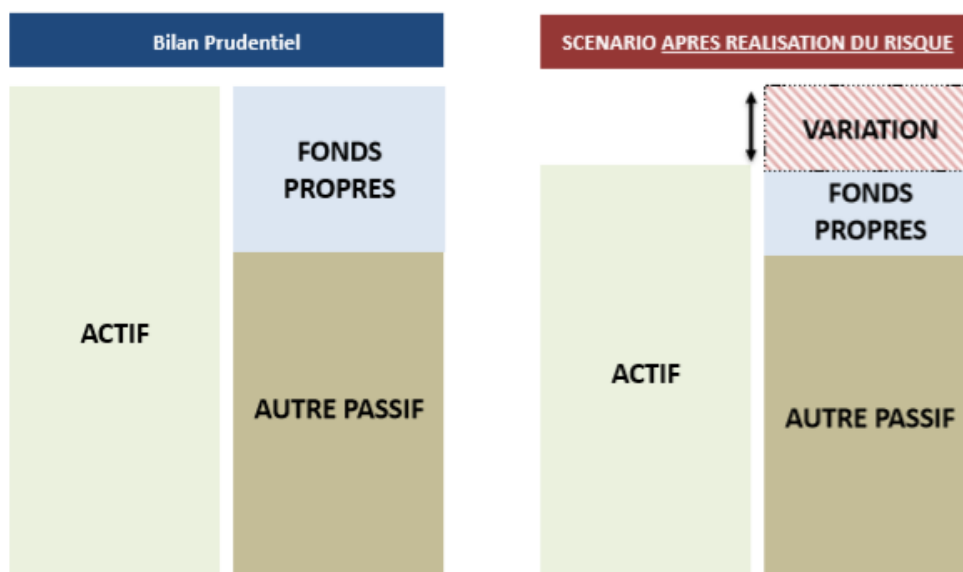


Figure 7 : schéma traduisant le CSR

## II.2.2 Pilier 2 : Gouvernance et exigences qualitatives

Si le pilier 1 a pour finalité déterminer les niveaux de solvabilité des entreprises d'assurance et de réassurance par une approche quantitative en fonction des risques encourus, cela nécessite un système de gouvernance qui doit être approprié en parallèle.

En effet, c'est le deuxième pilier qui développe ces exigences qualitatives en structurant :

- Une gouvernance appropriée qui reflète des politiques écrites concernant le système de gouvernance validées par le conseil d'administration, une direction générale et un conseil d'administration possédant collectivement les qualifications, un système opérationnel et efficace de coopération, de reporting interne et de communication des informations...
- Des systèmes d'audit, de contrôle interne et de gestion des risques performants via la mise en place d'un manuel de procédures de contrôle interne, révisé à intervalles réguliers et tenant compte des audits internes et externes, Une évaluation interne des risques effectuée de façon régulière, des systèmes sous la responsabilité de la direction générale...
- Une mise en valeur de fonctions clés :
  - La fonction de gestion des risques : assiste et conseille la direction générale à la mise en œuvre du système de gestion des risques, donne un avis sur la suffisance des provisions techniques et identifie les risques émergents ;
  - La fonction actuarielle : coordonne les calculs actuariels et prudentiels, garantit le caractère approprié des méthodes et émet un avis sur la politique globale de souscription. Elle établit un rapport actuariel qu'elle soumet à la direction générale ;
  - La fonction de vérification de la conformité : garantit la conformité à la réglementation et aux politiques fixées par le conseil ou la direction générale. Elle conseille cette dernière et informe le conseil d'administration de tout manquement important ;
  - La fonction d'audit interne : complètement indépendante et non influençable par la direction générale, elle met en œuvre le plan d'audit interne approuvé par le conseil d'administration. Elle établit un rapport annuel d'audit interne

destiné au conseil d'administration et contenant les actions de contrôle effectués et les insuffisances relevées ainsi que les mesures correctrices y afférentes.

### II.2.3 Pilier 3 : Information

Enfin, le pilier 3 oblige les opérateurs à communiquer de façon transparente et périodique des informations précises et détaillées sur leurs activités avec l'Autorité et avec le public à travers des états prudentiels et statistiques ainsi que des rapports narratifs. Toutes les informations rapportées doivent respecter les impératifs de pertinence, d'intégrité et de fiabilité.

## Chapitre III : Cadre pratique de la réforme SBR : Cas du pilier 1

Nous présentons dans les sections qui vont suivre le calcul du CSR pour les différents risques sous la réforme SBR mais avec les méthodes de la solvabilité II afin de comparer entre les deux réformes.

### III.1 CSR Action :

La solvabilité 2 introduit un besoin de capital destiné à faire face au risque de baisse des marchés actions (noté « Marché action »). Ce besoin en capital est proportionnel à :

- la valeur de marché du titre ;
- un coefficient lié à la nature du titre (actions cotée ou non cotée).

Ce module vise à quantifier l'impact d'une baisse soudaine des marchés actions sur la valeur du bilan de l'assureur. Il est décomposé en quatre types d'actions (Action cotée stratégique, Action cotée non stratégique, Action non cotée stratégique et Action non cotée non stratégique).

#### Stress Actions

Pour chaque instrument appartenant, ou ayant un actif sous-jacent appartenant, à l'une des 4 catégories ci-dessus, le CSR se calcule comme la perte induite par le choc instantané à la baisse applicable à la catégorie des risques.

Les chocs utilisés sur les marchés actions sont :

- 22% pour les actions stratégiques quel que soit leur type (cotée ou non cotée) ;
- 39% pour le type d'actions cotées non stratégiques ;
- 49% pour le dernier type d'actions non cotées et non stratégiques.

Le SCR Actions est ensuite calculé selon la formule suivante :

$$\text{CSR}_{\text{Actions}} = \text{Valeur Marché} - (\text{Choc Base} + \text{Ajustement Symétrique})$$

Avec :

$$\text{Ajustement Symétrique} = 1/2 \times ((\text{Valeur Actuelle} - \text{Moyenne Mobile} / \text{Valeur Actuelle}) - 8\%)$$

D'après les calculs on trouve le CSR avec et sans diversification :

Risque d'actions	Choc	Valeur marchande	Perte en fonds propre	CSR sans diversification	CSR avec diversification
Coté stratégique	22%	23 888 697	5 255 513	89 529 452	84 068 301
Coté non stratégique	39%	74 257 535	16 336 658		
Non coté stratégique	22%	74 684 190	29 126 834		
Non coté non stratégique	49%	79 204 993	38 810 447		

Tableau 2 : Calcul du CSR action

Avec :

$$\text{CSR sans diversification} = \Sigma \text{ perte en fond propre}$$

ET comme une diversification intra-risques entre les actions de types 1 et 2 donne d'une corrélation de 75%, le CSR avec diversification s'écrit comme suit :

$$\text{CSR avec diversification} = \sqrt{\text{CSR}_{\text{Type1}}^2 + 2 \times 75\% \times \text{CSR}_{\text{Type1}} \times \text{CSR}_{\text{Type2}} + \text{CSR}_{\text{Type2}}^2}$$

Interprétation des résultats :

D'après les résultats ci-dessus on remarque que la perte dans le cas avec diversification est moins que celle dans le cas sans diversification. On remarque aussi que le risque de perte de valeur du portefeuille d'actif de l'assureur induit par la baisse du cours des actions est de 84Mdh dans le cas avec diversification.

**III.2 CSR Immobilier (Property):**

Le module de risque immobilier vise à quantifier l'impact de la baisse des marchés immobiliers sur la valeur des actifs. Le sous-module de CSR Immobilier vise à prendre en compte les potentielles variations de valeurs du portefeuille de l'assurance en cas de chute des marchés immobiliers. Il couvre l'ensemble des positions liées à la possession de terrains, bâtiments ou droits de propriété ainsi que l'investissement dans des structures immobilières directement utilisables par l'assurance. Son estimation reprend un unique scénario de baisse de 25%. Le périmètre d'application est de ne pas faire une distinction entre habitations/bureaux, immobilier urbain/rural.

$$\text{CSR}_{\text{Immobilier}} = \text{Valeur de Marché} \times \text{Choc}$$

Après calcul la valeur du SCR Immobilier vaut :

Risque	Choc	Valeur Marché	CSR
Immobilier	25%	80 083 394	20 020 849

Tableau 3 : Calcul du CSR immobilier

Interprétation des résultats :

Ces résultats montre qu'il y a une perte de 20Mdh, ceci est dû au fait que la valeur marché est sensible à la fluctuation des cours et de la volatilité du marché immobilier.

**III.3 CSR Spread :**

Le risque de spread est la part de risque issu des instruments financiers qui est expliquée par la volatilité des spreads de crédit sur la structure de la courbe de taux. Ce module vise à quantifier le besoin en capital correspondant au risque d'une évolution à la hausse ou à la baisse des spreads de crédit (écart entre le taux actuariel d'un produit de taux et le taux sans risque de la devise du titre). Il repose en particulier sur la notation des titres, dont la nomenclature est le Credit Quality. Le module est divisé en trois catégories :

$$CSR_{\text{Spread}} = CSR_{\text{Bonds}} + CSR_{\text{Sécuritisation}} + CSR_{\text{Cd}}$$

Avec :

- **CSR<sub>bonds</sub>** concerne les obligations (y compris les TCN) les prêts (hormis prêts collatéralisés soumis au risque de contrepartie), les comptes à termes et les dépôts à termes.
- **CSR<sub>sécuritisation</sub>** concerne les titres issus de titrisations.
- **CSR<sub>cd</sub>** concerne les dérivés de crédit.

Dans notre cas, on a seulement que les obligations, du coup on va considérer comme nul **CSR<sub>sécuritisation</sub>** et le **CSR<sub>cd</sub>**.

Le tableau ci-dessous reprend les chocs à appliquer dans le cas des obligations d'entreprises «classiques ».

Echelon de qualité de crédit		0		1		2		3		4		5 et 6	
duri	stressi	ai	bi	ai	bi	ai	bi	ai	bi	ai	bi	ai	bi
<= 5 ans	bi * duri	0,9%		1,1%		1,4%		2,5%		4,5%		7,5%	
5 ans < <= 10 ans	ai + bi * (duri - 5)	4,5%	0,5%	5,5%	0,6%	7,0%	0,7%	12,5%	1,5%	22,5%	2,5%	37,5%	4,2%
10 ans < <= 15 ans	ai + bi * (duri - 10)	7,0%	0,5%	8,4%	0,5%	10,5%	0,5%	20,0%	1,0%	35,0%	1,8%	58,5%	0,5%
15 ans < <= 20 ans	ai + bi * (duri - 15)	9,5%	0,5%	10,9%	0,5%	13,0%	0,5%	25,0%	1,0%	44,0%	0,5%	61,0%	0,5%
20 ans <	Min (ai + bi * (duri - 20) ; 1	12,0%	0,5%	13,4%	0,5%	15,5%	0,5%	30,0%	0,5%	46,5%	0,5%	63,5%	0,5%

Tableau 4 : Echelon de qualité de crédit

Le CSR relatif au risque de spread est fondé sur la variation de la valeur de marché sous un choc forfaitaire dépendant du rating et de la duration (sensibilité).

Avec :

$$CSR_{\text{Bonds}} = \sum_i V_{Mi} \times \text{Stressi}(\text{Rating}; \text{Duration})$$

Après les calculs on trouve :

Risque	CSR
Spread	<b>35 737 363</b>

Tableau 5 : Calcul du CSR spread

### Interprétation des résultats :

Cette valeur de spread signifie qu'il y a un risque d'environ 35Mdh issu des instruments financiers qui est expliquée par la volatilité des spread e crédit sur la structure de la courbe de taux.

### III.4 CSR Concentration :

Ce module vise à quantifier le besoin en capital correspondant à un manque de diversification ou à une surexposition au risque de défaut d'un même émetteur. Il concerne les titres relevant des sous modules actions, crédit et immobilier.

La concentration est calculée non pas au niveau de l'émetteur mais au niveau du groupe auquel l'émetteur est rattaché. Nous identifions les groupes par la société mère du groupe.

Pour déterminer le coût de la concentration à un groupe, il faut au préalable calculer l'exposition nette à ce groupe et sa qualité de crédit moyenne.

L'exposition nette est égale à la somme des expositions individuelles à ce groupe.

La surexposition à une entité est définie par un seuil (Concentration  $CT_i$ ) et le facteur pénalisant de la surexposition (Risk factor  $g_i$ ) sont fonction du rating moyen des expositions à ladite entité.

Le niveau de surexposition à une entité est :

$$XS_i = \text{Max} (0 ; E_i / \text{Actifs}_{\text{conc}} - CT_i)$$

Avec :

- **E<sub>i</sub>** : l'exposition nette au risque de défaut d'une l'entité ;
- **Actifs<sub>conc</sub>** : la somme des valeurs de marché des actifs concernés par ce sous module.

Le coût individuel de l'exposition à un émetteur est Conc<sub>i</sub> :

$$\text{Conc}(i) = X S_i \times g_i$$

Le rating utilisé correspond à une moyenne des ratings des émissions du groupe, pondérée par les valeurs de marché.

Le besoin en capital lié au risque de concentration est déterminé en considérant une absence de corrélation entre les émetteurs selon la formule suivante :

$$\text{CSR}_{\text{Conc}} = \sqrt{\sum (\text{Conc}(i))^2}$$

Les expositions pour lesquelles une évaluation de crédit n'est pas disponible se voient attribuer un échelon de qualité de crédit de 5.

Les Seuils d'exposition et facteurs de risque retenus sont les suivants :

Moyenne pondérée des notes de crédit sur i	0	1	2	3	4	5	6
Seuil relatif d'exposition : CTi	3,0%	3,0%	3,0%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
Facteur de risque : gi	12,0%	12,0%	21,0%	27,0%	73,0%	73,0%	73,0%

Tableau 6 : Seuil relatif d'exposition et facteurs de risques

Après application de cette formule on trouve que :

Risque	CSR
Concentration	87 566 163

Tableau 7 : Calcul de CSR concentration

### Interprétation des résultats :

La valeur obtenue montre qu'il y a une perte de 87Mdh liée au cumul de l'exposition sur une même contrepartie lors d'un défaut de l'émetteur.

### III.5 CSR Taux :

Ce risque existe pour les obligations, les autres produits de taux et le BE des passifs des provisions pour le passif d'assurance :

Le principe de calcul repose sur la valorisation de la valeur actuelle nette entre :

La valeur des flux (de l'actif et du passif) actualisé avec la courbe des taux choquée à la hausse et à la baisse.

#### Les caractéristiques des chocs à appliquer :

Les chocs à appliquer proviennent de la réglementation de la solvabilité 2 est présente les caractéristiques suivante :

- Des chocs relatifs asymétriques à la hausse et à la baisse.
- Une interpolation linéaire des taux est prévue en dehors des piliers transmis.
- Un choc relatif constant au-delà de 90 ans (de 20%).

La matrice des chocs à appliquer selon la maturité des cash-flows est celle de la solvabilité 2 est la suivante :

Maturité	choc à la hausse	choc à la baisse
0	0,7	-0,75
1	0,7	-0,75
2	0,7	-0,65
3	0,64	-0,56
4	0,59	-0,5
5	0,55	-0,46
6	0,52	-0,42
7	0,49	-0,39
8	0,47	-0,36
9	0,44	-0,33
10	0,42	-0,33
11	0,39	-0,31
12	0,37	-0,3
13	0,35	-0,29
14	0,34	-0,28
15	0,33	-0,27
16	0,31	-0,28

17	0,3	-0,28
18	0,29	-0,28
19	0,27	-0,29
20	0,26	-0,29
21	0,259142857	-0,288714286
22	0,258285714	-0,287428571
23	0,257428571	-0,286142857
24	0,256571429	-0,284857143
25	0,255714286	-0,283571429
26	0,254857143	-0,282285714
27	0,254	-0,281
28	0,253142857	-0,279714286
29	0,252285714	-0,278428571
30	0,251428571	-0,277142857
31	0,250571429	-0,275857143
32	0,249714286	-0,274571429
33	0,248857143	-0,273285714
34	0,248	-0,272
90	0,2	-0,2

Tableau 7 : Matrice des chocs à appliquer pour le CSR taux

Les chocs sont appliqués à la courbe de taux zéro coupon utilisée pour actualisée les flux de l'actif et du passif de la manière suivante :

Supposant un flux de trésorerie déterministe entrant ou sortant sur une période de T année. L'actualisation de ces flux avec le scénario de référence respectivement avec le scénario choqué à la hausse ou à la baisse est la suivante :

$$VM_{\text{scénario standard}} = \sum_{i=1}^T \frac{F_i}{(1 + r_i)^i}$$

$$VM_{\text{scénario choqué}} = \sum_{i=1}^T \frac{F_i}{(1 + r_i(1 + \text{choc}(i)))^i}$$

Où :

choc(i): est le choc à appliquer soit la hausse ou à la baisse pour le flux de maturité i.

L'exigence de capital pour risque de taux est égale à la plus élevée des exigences de capital suivantes :

- L'exigence de capital pour risque de hausse des taux d'intérêt.

- L'exigence de capital pour risque de baisse des taux d'intérêt.

L'exigence de capital relative à la hausse ou à la baisse des taux d'intérêt est obtenue en mesurant la perte de fonds propres résultante.

$$CSR_{Taux} = \text{Acitif nette}_{\text{avant choc}} - \text{Acitif nette}_{\text{apres choc}}$$

$$CSR_{Taux} = (\text{Acitif}_{\text{avantchoc}} - \text{Acitif}_{\text{apreschoc}}) - (\text{Passif}_{\text{avantchoc}} - \text{Passif}_{\text{apreschoc}})$$

Le calcul de la perte des fonds propre a été réalisé pour l'actif et le passif susceptible d'être impacté par le risque de la variation des taux.

Pour l'ensemble du portefeuille d'obligations on obtient les résultats suivants (en Mdh) : (le calcul des flux a été réalisé par un outil Excel développé par nos soins, voir annexe ;)

Valeur marché avant choc	<b>1115,7116</b>
Valeur marché après choc à la hausse	<b>1042,2296</b>
Valeur marché après choc à la baisse	<b>1186,4416</b>

Tableau 8 : Valeur marché des obligations pour différents scénarios

Pour l'ensemble des engagements vie (en Mdh) :

Valeur marché avant choc	<b>190,6968</b>
Valeur marché après choc à la hausse	<b>169,514</b>
Valeur marché après choc à la baisse	<b>212,894</b>

Tableau 9 : Le passif vie pour les différents scénarios

Pour l'ensemble des engagements non vie :

Valeur marché avant choc	<b>794,2724</b>
Valeur marché après choc à la hausse	<b>754,4616</b>
Valeur marché après choc à la baisse	<b>832,1844</b>

Tableau 10 : Passif non vie pour les différents scénarios

Ainsi le calcul de la variation de l'actif nette suite à la hausse des taux est :

$$NAV_{\text{hausse}} = - 12\ 488\ 772\text{MAD}$$

Et le calcul de la variation de l'actif nette suite à la baisse des taux est :

$$NAV_{\text{baisse}} = 10\ 620\ 324\text{MAD}$$

Ainsi le calcul du CSR taux est donnée par :

$$CSR_{\text{taux}} = \max(\text{NAV}_{\text{hausse}}, \text{NAV}_{\text{baisse}})$$

$$CSR_{\text{taux}} = 12\,488\,772\text{MAD}$$

**Remarque :** La plus grande variation est prise en valeur absolue.

Interprétation des résultats :

On remarque d'après les résultats ci-dessus que le capital nécessaire pour faire face à l'impact d'une évolution de la structure de la courbe des taux (à la hausse ou la baisse) sur la valeur du bilan est de 12Mdh.

### III.6 CSR Marché :

#### III.6.1 Sous la solvabilité II :

De la même manière que pour l'agrégation de modules de CSR associés aux différentes activités de l'assurance, le calcul du CSR marché s'effectue via une matrice de corrélation entre les sous-modules calculés précédemment.

Correlation	Taux	Action	Imm.	Spread	Conc.	Correlation	Taux	Action	Imm.	Spread	Conc.
Taux	100%	0%	0%	0%	0%	Taux	100%	50%	50%	50%	0%
Action	0%	100%	75%	75%	0%	Action	50%	100%	75%	75%	0%
Imm.	0%	75%	100%	50%	0%	Imm.	50%	75%	100%	50%	0%
Spread	0%	75%	50%	100%	0%	Spread	50%	75%	50%	100%	0%
Conc.	0%	0%	0%	0%	100%	Conc.	0%	0%	0%	0%	100%

Tableau 14 : Matrices de corrélations

**Remarque :** 0% pour la hausse des taux et 50% pour la baisse

Au final, le SCR marché s'obtient ainsi à l'aide de la formule :

$$CSR_{\text{Marché}} = \sqrt{\sum_i CSR_i^2 + \sum_{i < j} CSR_i \times CSR_j}$$

Finalement on trouve que le CSR marché pour les différents scénarios :

CSR							
	<b>Action avec diversification</b>	<b>Imm.</b>	<b>Spread</b>	<b>Conc.</b>	<b>Taux</b>	<b>Marché (hausse des taux)</b>	<b>Marché (baisse des taux)</b>
	84 068 301	20 020 849	35 737 363	87 566 163	12 488 772	158 124 958	16 365 769
	<b>Action sans diversification</b>	<b>Imm.</b>	<b>Spread</b>	<b>Conc.</b>	<b>Taux</b>	<b>Marché (hausse des taux)</b>	<b>Marché (baisse des taux)</b>
	89 529 452	20 020 849	35 737 363	87 566 163	12 488 772	160 377 099	165 937 574

Tableau 15 : Calcul du CSR marché sous solvabilité II

### Interprétation des résultats :

- On remarque d'après le tableau ci-dessus l'intérêt de la diversification, ainsi le risque est moins dans le volet avec diversification que dans le volet sans diversification.

- Il y a une perte dans le marché (des hausses des taux d'intérêts) de 158Mdh, ce qui est lié au niveau ou à la volatilité de la valeur de marché des instruments financiers ayant un impact sur la valeur des actifs et des passifs de la compagnie. Ceci donc est dû à l'inadéquation structurelle entre les actifs et les passifs.

### III.6.2 Sous SBR :

Dans cette section, le  $CSR_{\text{Marché}}$  se calcule facilement sans recours à la matrice de corrélation parce que les sous-modules de risque sont dé-corrélés. Il y a aussi une autre hypothèse qui s'ajoute à la première est que dans la SBR on ne tient pas compte du  $CSR_{\text{Concentration}}$ . La formule de calcul est comme suit :

$$CSR_{\text{Marché}} = \sqrt{CSR_{\text{Action}}^2 + CSR_{\text{Taux}}^2 + CSR_{\text{Immobilier}}^2 + CSR_{\text{Spread}}^2 + CSR_{\text{Change}}^2}$$

Remarque : vu que les placements sont tous libellés en devise nationale, donc on ne tient pas le risque de change.

Donc la formule précédente devient :

$$CSR_{\text{Marché}} = \sqrt{CSR_{\text{Action}}^2 + CSR_{\text{Taux}}^2 + CSR_{\text{Immobilier}}^2 + CSR_{\text{Spread}}^2}$$

Après calcul on trouve :

CSR					
	Action avec diversification	Imm.	Spread	Taux	Marché
	<b>84 068 301</b>	<b>20 020 849</b>	<b>35 737 363</b>	<b>12 488 772</b>	<b>94 347 455</b>

Tableau 16 : Calcul de CSR marché sous SBR

Interprétation des résultats :

- Dans le module de la SBR on a obtenu un capital de solvabilité requis inférieur à ceux dans le cas de la solvabilité II, du coup la perte est moins importante dans ce module.
- Pour faire face à une situation défavorable du marché ; la compagnie doit prévoir un montant de **94 347 455 Dh.**

## PARTIE III : GESTION ACTIF-PASSIF DU PORTEFEUILLE

# Chapitre I : Généralité sur l'approche ALM et les risques

## I.1 L'approche ALM

### I.1.1 Définition

La gestion actif-passif, aussi dénommée par son acronyme anglais ALM (Asset and Liability Management), est une pratique développée par les institutions financières anglo-saxonnes à partir des années 1970 à la croisée des chemins de la gestion des risques et du pilotage stratégique. Elle correspond à la gestion devant prémunir les institutions financières contre les principaux risques auxquels elle se trouve confrontée tout au long de ses activités, tout en lui garantissant une gestion optimale de la rentabilité de ses fonds propres. La gestion Actif-Passif ou ALM a acquis une véritable dimension stratégique au sein des établissements financiers. Métier assez récent (une trentaine d'année), son importance est devenue grandissante avec l'accroissement de la volatilité des marchés, l'apparition des produits dérivés et la complexité de plus en plus forte des bilans bancaires et des assurances. L'ALM bénéficie aujourd'hui d'une certaine maturité : les techniques se sont standardisées, ce qui a permis à un certain nombre d'éditeurs de progiciel de proposer des outils pour assister les gestionnaires. Aujourd'hui, la gestion Actif-Passif est confrontée à de nouveaux enjeux. La mise en œuvre de la nouvelle réglementation prudentielle, le passage aux normes IAS et un mouvement vers une gestion de risques plus globalisée sont autant de facteurs qui impactent plus ou moins directement le métier de l'ALM. Ce cours a pour objectif de faire un panorama de la gestion Actif-Passif, telle qu'elle s'exerce aujourd'hui dans les établissements financiers et les banques internationales.

Après un rapide historique de la fonction, il se propose de passer en revue son organisation, les pratiques actuelles et les enjeux pour l'avenir.

### I.1.2 Origine et historique

Au début des années 70, les autorités avaient introduire de nouvelles règles de prudence pour couvrir les manœuvres des opérateurs et limiter leurs risques. C'est qu'à partir des années 80 que le secteur des banques-assurances connaissait un changement très fort, ces

changements résident sur trois facteurs : la montée du rôle des marchés financiers et de leur instabilité, la déréglementation, et enfin, l'accroissement de la concurrence. Apparu pour la première fois dans les années 80 aux Etats Unis, la Gestion Actif-Passif appelée le plus souvent ALM (Asset Liability Management), dans la plupart des institutions financières, comme une composante primordiale d'une gestion financière efficace. En effet, les institutions américaines se sont invitées à vérifier leur solvabilité et évaluer leurs risques de taux, et contrôler leur liquidité, et ceux suite à la crise que connaissait le marché américain en premier et le marché mondial par la suite dans le milieu des années 1980. Les gestionnaires Actif-Passif sont donc amené à gérer et réduire leurs risques, tout en augmentant le comportemental de la clientèle qui cherche à optimiser ses opérations financières.

### I.1.3 Besoin de la discipline ALM en assurance

Vu que l'activité d'assurance présente des spécificités à savoir :

- Le coût d'un contrat pour un assureur étant par nature aléatoire, l'appréciation des engagements pris par l'assureur n'a de sens que globalement, au niveau d'un portefeuille de polices ;
- Le décalage temporel entre la perception de la prime et le règlement du sinistre impose la constitution de provisions, qui matérialisent au passif du bilan la dette de l'assureur envers les assurés ;
- Ces provisions doivent être couvertes par des actifs de valeur suffisante afin de permettre, le jour venu, d'exécuter le règlement des prestations dans de bonnes conditions.

### I.1.4 Objectifs de l'ALM

Les deux objectifs cruciaux de l'ALM sont donc d'une part de garantir une bonne solvabilité de l'entreprise et d'une autre d'optimiser son rendement financier. Il y a aussi d'autres objectifs de cette approche, on cite par exemple :

- Optimiser chaque année le taux de rémunération de l'épargne confié par les clients. C'est un objectif court terme permanent. Il y a donc un risque de taux sur les actifs correspondants ;

- Garantir une liquidité suffisante des actifs afin de faire face aux demandes de rachats, de payer les sinistres et les capitaux correspondants a des contrats à terme ;
- Assurer l'équilibre de la trésorerie à la date courante ;
- Déterminer la politique de financement future en fonction du degré d'aversion au risque ;
- Se prémunir contre une \_éventuelle réduction des marges ou de la valeur de l'établissement en fonction de l'évolution des facteurs de risque.

### I.1.5 Etapes et outils

Cette modélisation consiste en la projection des flux futurs prévisionnels. La gestion actif-passif consiste ici à modéliser et projeter les flux périodiques générés par les engagements au passif et à vérifier que les actifs les couvrent correctement, montant par montant, date par date, afin de neutraliser au maximum tout risque de taux d'intérêt et de liquidité notamment.

#### I.1.5.1 Indicateurs statiques

L'approche statique limite l'analyse aux seuls stocks, d'actif et de passif, existants à la date d'évaluation, sans prendre en compte les opérations créant de nouveaux passifs et les investissements ultérieurs. Cette approche ne prend donc pas en compte les nouvelles productions et se base sur des données arrêtés à une date donnée.

#### **Impasses de liquidité (ou Gaps de liquidité)**

Représente une mesure de l'exposition au risque de liquidité. L'impasse, ou gap de liquidité a pour rôle de déterminer, sur la base d'une projection mensuelle ou annuelle, si les flux provenant de l'actif (positifs) peuvent financer les flux (négatifs) du passif à tout moment. Les impasses de liquidités peuvent être calculées en stock ou en flux. Les impasses en flux correspondent à la différence entre les tombées des actifs et les tombées du passif dans une période donnée, quant aux impasses en stock représentent les impasses en liquidités cumulés.

#### **Immunité du portefeuille**

Redington [1952] définit l'immunité du portefeuille comme « *l'investissement de l'actif d'une telle manière que le portefeuille soit protégé contre un changement des taux*

*d'intérêt* ». Autrement, c'est une stratégie d'investissement qui, dans le cas de l'assurance vie ou de celui des régimes de retraite, produit des flux exactement adossés en maturité et en valeur à ceux que doit payer l'entreprise. Cette technique vise principalement à gérer le de changement des taux d'intérêt lié aux portefeuilles financiers.

L'immunisation passe par 2 approches statiques :

- L'adossement des cash-flows de l'Actif à ceux du Passif.
- L'adossement des durations de l'Actif et du Passif.
- L'adossement des Cash-Flows

Il s'agit de la procédure d'immunisation la plus simple et la plus ancienne, basée sur la méthode 'Cash-Flow Matching'. Elle consiste à investir la richesse initiale dans un portefeuille de titres qui produisent exactement, et aux échéances prévues, les flux du passif.

Autrement, lorsque sur chaque période les flux nets obtenus (total des entrées de flux total des sorties de flux) sont toujours positifs ou nuls, l'actif est dit adossé au passif. Il est dit exactement ou parfaitement adossé si les flux nets sont nuls. Les anglo-saxons parlent dans ce cas de méthode de cash-flow Matching. Une fois que tous les passifs sont couverts par cette méthode, les excédents d'actifs sont alors considérés comme libres et représentatifs de la situation nette réelle de la société.

En pratique, l'adossement par les flux de trésorerie est toujours utilisé par les sociétés avec la différence que les passifs peuvent être regroupés sur d'autres critères que le seul « rendement ». En fait, les engagements au passif des assureurs par exemple sont généralement répartis par famille de contrats (en fonction des prix de revient, des taux de rendement actuariels, de la durée des titres...) appelés contons, puis les provisions correspondantes et les flux de trésorerie associés sont calculés.

L'adossement des flux de trésorerie s'avère un moyen efficace à très court terme, mais malheureusement, ne l'est pas pour des applications pratiques à long terme.

- L'adossement par la Duration

Cette technique consiste à appairer les sensibilités de l'actif et du passif vis-à-vis de la variation des taux d'intérêt. En d'autres termes, elle consiste à investir de telle façon que la valeur de marché des actifs suit tout mouvement de la valeur actuelle des engagements.

La règle de décision dans cette technique est basée sur l'indice de « sensibilité », défini par Macaulay [1938]. Il est obtenu à partir de la formule de développement limite de Taylor du prix en fonction du taux d'intérêt.

### La sensibilité

Nous reprenons l'expression simplifiée de la valeur actuelle d'une obligation à taux fixe en fonction du taux d'actualisation actuariel  $r_a$ .

$$VA(r_a) = \sum_{i=1}^n \frac{F_{ti}}{(1+r_a)^{ti}}$$

La variation de la valeur actuelle pour une petite variation du taux d'actualisation est donnée par le calcul de la dérivée première :

$$\frac{dVA(r_a)}{dr} = VA'(r_a) = \sum_{i=1}^n -ti \times \frac{F_{ti}}{(1+r_a)^{ti+1}}$$

Cette dérivation n'a de sens que si les flux  $F_t$  sont fixes par rapport à  $r$ . La sensibilité est ainsi donnée par l'expression suivante :

$$\text{Sensibilité} = \frac{dVA(r_a)}{VA \times dr} = -\frac{1}{VA} \sum_{i=1}^n -ti \times \frac{F_{ti}}{(1+r_a)^{ti+1}}$$

### La duration de l'actif

La duration telle que définie par Macaulay [1938] est donnée  $r_a$  par l'expression suivante :

$$\text{Duration} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{ti \times F_{ti}}{(1+r_a)^{ti}}}{\sum_{i=1}^n \frac{F_{ti}}{(1+r_a)^{ti}}} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{F_{ti}}{(1+r_a)^{ti}}}{VA(r_a)}$$

Avec  $i$   $F_t$  une série de flux fixes.

La duration peut s'interpréter comme la durée de vie moyenne de l'obligation. En fait, chaque durée  $ti$  étant pondérée par la valeur actuelle du flux correspondant :

$$\sum_{i=1}^n \frac{F_{ti}}{(1 + ra)^{ti}}$$

### La duration d'un portefeuille

- Le calcul de la duration d'un portefeuille s'effectue par trois méthodes :

- La première consiste à déterminer la moyenne des durations pondérées par la valeur de marché des titres correspondant (coupons courus inclus). L'inconvénient de cette méthode c'est qu'elle ne peut avoir de sens que si les taux actuariels de tous les titres étaient identiques, ce qui bien entendu n'est jamais le cas.

- La deuxième méthode consiste à cumuler tous les flux de trésorerie du portefeuille et à calculer un taux de rendement actuariel unique en fonction de la valeur de marché totale, coupon courus inclus. Il est ensuite possible de calculer une duration globale puisque la formule de calcul est valable à toute séquence de flux fixes.

- La troisième méthode est la plus rigoureuse. Elle consiste à calculer la valeur actuelle et la duration de chaque titre avec une courbe des taux commune, puis à calculer la moyenne pondérée par les valeurs actuelles et non pas par les valeurs de marché. C'est théoriquement la meilleure solution, car chaque flux de trésorerie est actualisé avec le taux qui correspond à sa maturité. En pratique, la différence obtenue entre les différentes méthodes de calcul de la duration d'un portefeuille n'est pas significative. (Note : pris de la Thèse de Doctorat-Alaeddine FALEH).

### Limites de l'adossement par la duration

Ils existent deux limites principales des indicateurs ci-dessus :

- Le domaine d'utilisation de ces concepts est limité aux variations parallèles de la courbe des taux.

- Les calculs de la duration et de la convexité ne gardent leurs significativités que pour des flux fixes, indépendants des taux de marché.

## I.2 L'approche ALM utilisée

L'approche adoptée lors de la gestion d'actif-passif se base sur une projection de flux Actif et Passif avec une approche statique et débouchant sur des notions de duration et d'immunisation.

Identiquement aux outils utilisés par les gestionnaires bancaires, la gestion Actif-Passif en assurance se basait sur la mesure des impasses/excédents de flux de trésorerie pour différentes maturités et l'analyse de la sensibilité de l'Actif et du Passif envers une variation parallèle de la courbe des taux. Cette première approche s'initialise par une projection et comparaison des flux issus de l'Actif et du Passif, de type statique, ne prenant en compte aucune production nouvelle, suivie par le calcul de la valeur actuelle nette de chacune des séries de flux d'actif et de Passif et une comparaison de la sensibilité de ces deux valeurs par rapport à l'évolution des taux.

## Chapitre II : Projection du passif non-vie

Il est primordial de savoir modéliser le passif du bilan d'une compagnie d'assurance et plus particulièrement les engagements de l'assureur par rapport aux assurés :

- La réserve de capitalisation
- Les provisions, c'est-à-dire l'épargne constituée des clients.

La bonne connaissance statistique du portefeuille du passif permet de connaître les flux futurs soit de manière statique-c'est-à-dire sans prendre en compte la production future-, soit de manière dynamique, en faisant des hypothèses de production future soit par produits, soit par famille de produits.

Dans ce qui suit, nous allons nous intéresser juste à la détermination des provisions techniques dans un univers fermé (en négligeant les autres composants du passif) d'où la nécessité de recourir aux méthodes de provisionnement que nous allons les détailler par la suite.

### I.1 Outils de provisionnement du passif

#### I.1.1 Les méthodes déterministes du calcul des réserves

La méthode Chain Ladder fait partie des méthodes déterministes les plus connues et les plus répandues dans le calcul des provisions. Particulièrement simples et directes, ces méthodes ne requièrent qu'une base de données triangulaire (paiements cumulés, charge de sinistres ou encore le nombre de sinistres déclarés ou survenus). L'idée de base repose sur l'usage des facteurs de développement déjà définis et ce, dans le but de prédire les données futures manquantes rien qu'en se référant à celles déjà observées.

#### Les hypothèses de base :

La technique de Chain Ladder est fondée sur l'utilisation de « **Link Ratios** » qui sont les coefficients de passage entre les différentes années de développement. Elle se base sur deux hypothèses principales :

**H1** : Indépendance des années de survenance des sinistres ce qui signifie que les sinistres survenus au cours d'une année de survenance donnée n'ont aucune influence sur les sinistres pouvant survenir pendant l'année suivante. Cette hypothèse est généralement vérifiée dans tous les domaines de l'assurance. Elle se traduit par le fait que  $C_{i,j}$  et  $C_{k,j}$  sont indépendants si  $i \neq k$ .

**H2** :  $\forall j = 1, \dots, n - 1, \exists \lambda_j$  tel que :  $C_{i,j+1} = \lambda_j \times C_{i,j}$  c'est à dire que les années de développement sont des variables explicatives du comportement des sinistres futurs.

### L'estimation de la réserve

Il s'agit de calculer les éléments manquants du tableau en estimant les paiements futurs pour aboutir à un rectangle complet de liquidation. En pratique, l'hypothèse d'indépendance n'étant qu'approximativement vérifiée, nous avons recours à des facteurs plus synthétiques et communs. Il s'agit des facteurs définis tels que :

$$\widehat{\lambda}_j = \frac{\sum_{i=1}^{i=n-j} C_{i,j+1}}{\sum_{i=1}^{i=n-j} C_{i,j}}$$

On déduit les estimations suivantes :

- $\hat{C}_{i,j} = (\hat{\lambda}_{n+1-i} \dots \hat{\lambda}_{j-1}) C_{i,n+1-i}$  pour  $j > n+1-i$
- $\hat{R}_i = C_{i,n+1-i} (\hat{\lambda}_{n+1-i} \dots \hat{\lambda}_{j-1} - 1)$  provision estimée pour l'année de survenance  $i$ .

Si on note  $R$  la provision globale on aura :

$$\begin{cases} \hat{R}_i = \hat{C}_{i,n} - C_{i,n-i+1} \\ \hat{R} = \sum_{i=1}^n R_i \end{cases}$$

#### 1.2.1 Les méthodes stochastiques du calcul des réserves

Tout d'abord, le recours aux méthodes stochastiques répond au besoin de calculer l'erreur de prédiction.

- **Le modèle de Mack :**

Le modèle de Mack est le formalisme probabiliste qui justifie la technique déterministe Chain Ladder Standard. Ce modèle nous ressort les mêmes valeurs des facteurs de développement que la méthode Chain Ladder. Ce modèle repose sur 3 hypothèses :

$$(H1) : \{C_{i,1}, \dots, C_{i,n}\}, \{C_{j,1}, \dots, C_{j,n}\} \text{ sont indépendants avec } i \neq j$$

Cette hypothèse signifie que les années de survenance sont indépendantes entre elles.

$$(H2) : E(C_{i,j+1} | C_{i,1}, \dots, C_{i,j}) = \lambda_j * C_{i,j}, 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n-1$$

$$(H3): \text{Var}(C_{i,j+1} | C_{i,1}, \dots, C_{i,j}) = \sigma_j^2 * C_{i,j}, 1 \leq i \leq n$$

Sous les hypothèses H1 et H2, les estimateurs standards de Chain Ladder  $\widehat{\lambda}_j$  sont sans biais et non-corrélés.

$\widehat{C}_{i,n}$  fournit un estimateur mais pas la valeur exacte de  $C_{i,n}$ . Nous nous intéressons à la distance moyenne entre l'estimateur et la vraie valeur.

L'erreur carrée moyenne, mse ( $\widehat{C}_{i,n}$ ) de l'estimateur  $\widehat{C}_{i,n}$  de  $C_{i,n}$  se définit par :

$$mse(\widehat{C}_{i,n}) = E[(\widehat{C}_{i,n} - C_{i,n})^2 | D]$$

Nous calculons l'erreur quadratique moyenne MSEP en conditionnant par rapport aux données passées :

$$mse_p(\widehat{R}_i) = E[(\widehat{R}_i - R_i)^2 | C_{i,j} : i + j \leq n + 1]$$

$$\text{Avec : } \widehat{R}_i = \widehat{C}_{i,n} - C_{i,n-i+1}$$

$$\widehat{R}_i - R_i = \widehat{C}_{i,n} - C_{i,n}$$

$$mse(\widehat{R}_i) = mse(\widehat{C}_{i,n})$$

- **La méthode du GLM (Generalized Linear Model) :**

Les méthodes d'estimation des provisions pour sinistres à payer basées sur les principes des modèles linéaires généralisés ont été largement développées et adoptées. Les facteurs explicatifs qu'il est possible de prendre en compte sont de 3 types, à savoir les facteurs lignes, les facteurs colonnes et les facteurs diagonaux. Les variables explicatives du modèle sont les facteurs lignes et les facteurs colonnes.

## Considérations théoriques des GLM

Soient  $Y_{i,j}$  ( $i,j=1,\dots,n$ ) les variables aléatoires réelles, indépendantes et dont la loi de probabilité appartient à la famille exponentielle, la densité de chaque  $Y_{i,j}$  ( $i,j=1,\dots,n$ ) peut alors s'écrire sous la forme :

$$f(y) = \exp\left\{\frac{y\theta - b(\theta)}{a(\phi)} + c(y, \phi)\right\}$$

Où :

- $\theta$  est un paramètre réel
- $\phi > 0$  est un paramètre d'échelle indépendant de  $i$  et de  $j$
- $b$  et  $c$  sont des fonctions régulières spécifiques de la distribution

La fonction moyenne et la fonction variance de la distribution peuvent s'écrire de la manière suivante :

$$\mu = E(Y) = b'(\theta)$$

$$V(Y) = \phi b''(\theta) = \phi V(\mu)$$

En résumé, la loi de probabilité de  $Y_{i,j}$  dépend des 2 paramètres  $\phi$  et  $\mu_{i,j}$ :

$Y_{i,j} \sim f(y, \mu_{i,j}, \phi)$  où le paramètre  $\mu_{i,j}$  peut être lié à une forme linéaire systématique par une fonction de lien  $g$  (fonction strictement monotone et dérivable) :

$$\mu_{i,j} = g^{-1}(\varphi_{i,j}) \text{ avec } \varphi_{i,j} = X' \beta + \varepsilon$$

$X$  désigne la matrice des variables explicatives et  $\beta$  désigne le vecteur des paramètres systématiques. En provisionnement, les paramètres systématiques sont les 3 facteurs ligne, colonne et diagonal.

## II.1 Application à la branche RC AUTO

En ce qui concerne le provisionnement, nous allons juste considérer les deux branches AT (Accidents de travail) et RC (Responsabilité civile) vu qu'elles constituent 80% du portefeuille de réserves.

Dans ce qui suit, nous exposerons le travail fait sur la branche RC AUTO, et qui peut être facilement généralisé pour n'importe quelle base.

Afin d'appliquer les méthodes déterministes, il serait nécessaire au préalable de vérifier les hypothèses de chaque méthodes

### II.1.1 La vérification de l'hypothèse d'indépendance des coefficients des années de développement

Les hypothèses de Link Ratio supposent qu'excepté les observations de la même année d'accident, les années de développement sont indépendantes entre elles. Le test utilisé consiste à calculer les coefficients de corrélation pour chaque paire de colonnes du triangle des charges non cumulées et d'estimer quels sont les coefficients statistiquement significatifs au niveau de confiance 5%. Pour deux variables X et Y de même taille, d'écart-types respectifs  $\sigma_x$  et  $\sigma_y$ , le coefficient de corrélation est défini par :

$$\rho(X, Y) = \frac{E[(X - E(X))(Y - E(Y))]}{\sigma_x \sigma_y}$$

	0	1	2	3	4	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00
0	1	0.90	0.79	0.729	0.864	0.715	0.73	0.786	0.4051	0.176	-0.053	-0.889	-0.041	-0.748	-0.976	-1,00	-1,00
1		1	0.853	0.846	0.808	0.815	0.930	0.745	0.927	0.847	-0.271	-0.089	0.642	-0.022	0.663	0.984	1,00
2			1,00	0.938	0.817	0.793	0.901	0.844	0.737	0.809	0.282	-0.454	0.185	-0.359	0.826	0.324	1,00
3				1,00	0.893	0.793	0.829	0.842	0.916	0.777	0.074	-0.432	0.478	-0.423	0.419	0.942	1,00
4					1,00000	0.905	0.903	0.951	0.895	0.655	-0.325	0.071	0.352	0.068	-0.167	0.656	1,00
5						1,00	0.909	0.896	0.895	0.544	-0.667	0.812	-0.027	0.856	-0.723	-0.026	1,00
6							1,00	0.906	0.868	0.708	-0.337	0.148	-0.153	0.024	0.544	0.122	-1,00
7								1,00	0.833	0.782	-0.369	0.571	-0.311	0.610	-0.629	-0.742	-1,00
8									1,00	0.889	0.113	-0.624	0.250	-0.688	0.916	0.254	-1,00
9										1,00	-0.129	-0.131	0.557	-0.072	0.267	0.933	1,00
10											1,00	-0.892	-0.677	-0.818	-0.082	-0.834	-1,00
11												1,00	0.508	0.978	-0.315	0.489	1,00
12													1,00	0.396	0.397	0.971	1,00
13														1,00	-0.508	0.282	1,00
14															1	0.603	1,00
15																1,00	1,00
16																	1,00

Tableau 17 : Coefficients de corrélations entre les années de développement

A partir du coefficient de corrélation que nous noterons r, nous testons l'hypothèse « H0 : r = 0 ». En notant n la taille de l'échantillon, la statistique du test est définie par :

$$T = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

Le test de significativité du coefficient de corrélation r est construit en considérant que la statistique T suit une loi de Student à n – 2 degrés de liberté. Les p-value du test sont données par le tableau ci-dessous. Lorsque la p-value est inférieure à 0,05, alors l'hypothèse H0 est rejetée et les années de développement sont corrélées. Les p-value concernées sont en gras dans le tableau. On remarque que les méthodes de Link Ratio ne sont pas adaptées puisque les années de développement sont corrélées entre elles.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	3.511e-08	2.123e-06	5.183e-04	3.056e-03	1.426e-04	8.953e-03	1.070e-02	0.007	0.279	0.68	0.9	0.017	0.947	0.252	0.139	NaN
1			2.617e-05	6.873e-05	4.659e-04	6.864e-04	1.174e-05	8.498e-03	0.0001	0.004	0.515	0.848	0.168	0.972	0.337	0.114
2				2.319e-07	3.559e-04	1.200e-03	6.306e-05	1.074e-03	0.015	0.0081	0.498	0.305	0.724	0.553	0.174	0.790
3					1.715e-05	1.227e-03	8.550e-04	1.149e-03	0.00019	0.013	0.861	0.333	0.337	0.477	0.58	0.219
4						2.043e-05	5.656e-05	6.569e-06	0.0005	0.055	0.432	0.880	0.494	0.914	0.833	0.544
5							4.020e-05	1.869e-04	0.0005	0.130	0.071	0.027	0.959	0.064	0.277	0.983
6								1.197e-04	0.0011	0.03	0.413	0.751	0.773	0.969	0.456	0.922
7									0.003	0.013	0.369	0.18	0.548	0.274	0.37	0.468
8										0.0013	0.790	0.134	0.632	0.198	0.084	0.836
9											0.760	0.780	0.25	0.908	0.732	0.233
10												0.007	0.140	0.090	0.918	0.3712
11													0.303	0.004	0.685	0.674
12														0.510	0.603	0.154
13															0.491	0.818
14																0.588

Tableau 18 : 2p-value du test de significativité

L'hypothèse H2 s'interprète graphiquement par le fait que, pour chaque année de règlement j fixée, les points (C<sub>i,j</sub>, C<sub>i,j+1</sub>) s'alignent autour d'une droite passant par l'origine. En effet, on constate sur les diagrammes C-C Plot générés, que les nuages de points ne décrivent pas la silhouette d'une droite passant par l'origine pour les premières années.

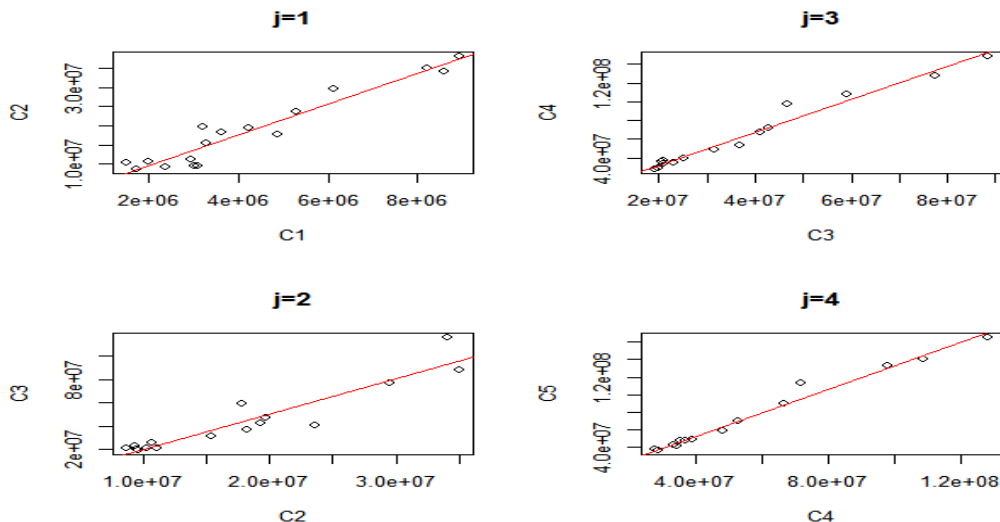


Figure 8 : Diagramme C-C plot

De ce fait, on rejette l'hypothèse H2.

Ainsi, nous allons comme même retenir les résultats de Chain-Ladder qui sont présentés dans le tableau suivant :

$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$	$\lambda_6$	$\lambda_7$	$\lambda_8$	$\lambda_9$	$\lambda_{10}$	$\lambda_{11}$	$\lambda_{12}$
4,3888	2,444	1,672	1,3209	1,1704	1,0955	1,0551	1,0314	1,0185	1,0132	1,0073	1,0047

$\lambda_{13}$	$\lambda_{14}$	$\lambda_{15}$	$\lambda_{16}$	$\lambda_{17}$
1,0084	1,0013	1,0018	1,0007	1,0064

Tableau 19 : Les facteurs de développement obtenus par la méthode de Chain-Ladder

Le montant des réserves à constituer par année de survenance est :

Année	Réserve
2000	0
2001	387 625,38
2002	402 698,12
2003	543 174,34
2004	632 774,86
2005	1 023 429,26
2006	1 456 064,96
2007	2 634 880,00
2008	4 549 654,16
2009	8 977 165,8
2010	16 077 489,2
2011	26 441 349,4
2012	44 9847 717,7
2013	80 127 320,5
2014	142 817 615,5
2015	264 321 041,9
2016	266 911 367,1
2017	301 593 716,4

Tableau 20: montant des réserves par année de survenance

## II.1.2 Correction par la méthode de London Chain

Dans cette partie, on va traiter un exemple de correction de la méthode Chain Ladder quand l'hypothèse H2 n'est pas vérifiée en utilisant London Chain.

Nous allons commencer par estimer les paramètres de notre modèle avec la méthode des moindres carrées ordinaire qui nous donne les résultats suivants. On

rappelle que le modèle s'écrit sous la forme :  $C_{i,j+1} = \lambda_j * C_{i,j} + \alpha_j$  pour  $i=1, \dots, n$  et  $k=1, \dots, n-1$

$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$	$\lambda_6$	$\lambda_7$	$\lambda_8$	$\lambda_9$
3.986	3.026	1.768	1.35	1.208	1.118	1.091	1.067	1.039
$\lambda_{10}$	$\lambda_{11}$	$\lambda_{12}$	$\lambda_{13}$	$\lambda_{14}$	$\lambda_{15}$	$\lambda_{16}$	$\lambda_{17}$	
0.9950	0.9809	1.024	0.9893	1.012	1.014	1.004	1,0064	

$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$	$\alpha_6$	$\alpha_7$	$\alpha_8$	$\alpha_9$
1.728e+06	-1.026e+07	-3.645e+06	-1.669e+06	-2.598e+06	-1.640e+06	-2.619e+06	-2.482e+06	-1.295e+06
$\alpha_{10}$	$\alpha_{11}$	$\alpha_{12}$	$\alpha_{13}$	$\alpha_{14}$	$\alpha_{15}$	$\alpha_{16}$	$\alpha_{17}$	
1.088e+06	1.508e+06	-1.072e+06	1.108e+06	-6.139e+05	-6.634e+05	-1.972e+05	0	

Tableau 21 : Estimation des paramètres

### II.1.3 Résultats obtenus

Nous présentons (voir annexe) les résultats obtenus par la méthode de London Chain. Une fois avoir estimé les paramètres, nous remplissons la partie inférieure du triangle des paiements cumulés puis nous en déduisons la provision totale à constituer.

Le montant des réserves à constituer par année de survenance est :

Année	$R_i$
2000	0
2001	0
2002	27505.04
2003	229615.60
2004	368981.25
2005	699385.72
2006	1250162.37
2007	2149650.65
2008	3148045.56
2009	8123297.79
2010	18657258.77
2011	33222720.83
2012	55587425.28
2013	98554163.78
2014	171251049.16
2015	322468645.01
2016	356334333.47
2017	371774664.22
<b>Total</b>	<b>1443846904</b>

Tableau 22 : Le montant des réserves à constituer par année de survenance

L'estimation de la réserve totale est égale à 1443846904 Dh.

### III.1 La méthode de Mack Chain

#### III.1.1 Tests et Validation des hypothèses

L'hypothèse H1 : elle consiste à vérifier l'existence d'un effet calendaire. Cette hypothèse se vérifie par un test dit de Médiane.

On procède par un test non paramétrique se basant sur le triangle des règlements cumulés et les médianes des éléments des diagonales. En effet, ce test consiste à calculer la médiane pour chaque colonne du triangle des règlements cumulés. Notons par  $A_j$  le vecteur qui regroupe les éléments de la jème diagonale du triangle des règlements cumulés pour  $j=1 \dots n$ .

Il faut ensuite compter le nombre des éléments du vecteur  $A_j$  supérieurs à la médiane déjà calculée ainsi que le nombre des éléments du vecteur  $A_j$  qui lui sont inférieurs. On note respectivement ces deux nombres par  $G_j$  et  $P_j$ .

On note également  $Z_j = \min(G_j, P_j)$  et on calcule l'espérance et la variance de  $Z_j$  par les formules suivantes :

$$E(Z_j) = \frac{n_j - n_j}{2} \cdot \frac{n_j - 1}{2^{n_j} m_j}$$

$$V(Z_j) = \frac{n_j(n_j - 1)}{4} - \left(\frac{n_j - 1}{m_j}\right) \frac{n_j(n_j - 1)}{2^{n_j}} + E(Z_j) - E(Z_j)^2$$

$$\text{Avec } n_j = G_j + P_j \quad \text{et } m_j = \frac{n_j - 1}{2}$$

On a conduit ce test à l'aide du logiciel R, les résultats obtenus sont présentés ci-dessous.

	j	Pj	Gj	Zj	n	m	E(Zj)	V(Zj)
1	2	1	1	2	0	0.5	0.2500000	0.2500000
2	3	3	0	0	3	1	0.7500000	0.1875000
3	4	4	0	0	4	1	1.2500000	0.4375000
4	5	3	2	2	5	2	1.5625000	0.3710938
5	6	1	4	1	5	2	1.5625000	0.3710938
6	7	0	7	0	7	3	2.4062500	0.5537109
7	8	6	2	2	8	3	2.9062500	0.8037109
8	9	7	2	2	9	4	3.2695310	0.7359467
9	10	8	1	1	9	4	3.2695310	0.7359467
10	11	10	1	1	11	5	4.1464840	0.9179955
11	12	7	4	4	11	5	4.1464840	0.9179955
12	13	4	9	4	13	6	5.0336910	1.0999391
13	14	3	10	3	13	6	5.0336910	1.0999391
14	15	3	10	3	13	6	5.0336910	1.0999391
15	16	5	11	5	16	7	6.4289550	1.5318179
16	17	6	8	6	14	6	5.5336910	1.3499391

Tableau 23 : Tableau des moments

Prenons  $Z$  la somme des  $Z_j$  pour  $j=1 \dots n$ . Donc l'espérance de  $Z$  est la somme des espérances des  $Z_j$  et la variance de  $Z$  est, sous l'hypothèse d'indépendance, égale est la somme des variances des  $Z_j$ .

On suppose que  $Z$  suit une distribution normale et on accepte l'hypothèse au seuil 5% si  $Z$  appartient à l'intervalle  $IC5\% (Z)=[E(Z)-2VAR (Z), E(Z)+2VAR (Z)]$ .

Les résultats de la branche RC AUTO sont donnés comme suit :

$$Z = 35$$

$$IC95\% (Z) = (45.9137; 59.7528)$$

Calendar Year Effect: TRUE

Puisque  $Z$  n'appartient pas à l'intervalle de confiance, on rejette l'hypothèse d'absence d'effet calendaire.

L'hypothèse H2 : elle consiste à vérifier la forme de l'espérance, elle est déjà validée dans la partie portant sur le modèle de Chain-Ladder.

L'hypothèse H3 : Afin de tester sa validité, nous devons estimer les résidus de notre modèle. Par la suite, nous vérifions graphiquement l'existence d'une tendance

spécifique de ces résidus. L'expression des résidus estimés par la méthode des moindres carrés est :

$$r_{i,j}^{Mack} = \frac{C_{i,j+1} - \lambda_j * C_{i,j}}{\sqrt{C_{i,j}}} \quad \text{Pour } j=1, \dots, n-1 \text{ et } i=1, \dots, n-j$$

Nous utilisons les facteurs de développement  $\lambda_j$  estimés par la méthode de Chain-Ladder ou par la fonction « Mack Chain-Ladder » sous le logiciel R.

### III.1.2 Calcul des résidus de Mack

On a réalisé ce calcul avec le logiciel R. Les graphiques suivant montrent la disposition des résidus par rapport à l'axe des abscisses.

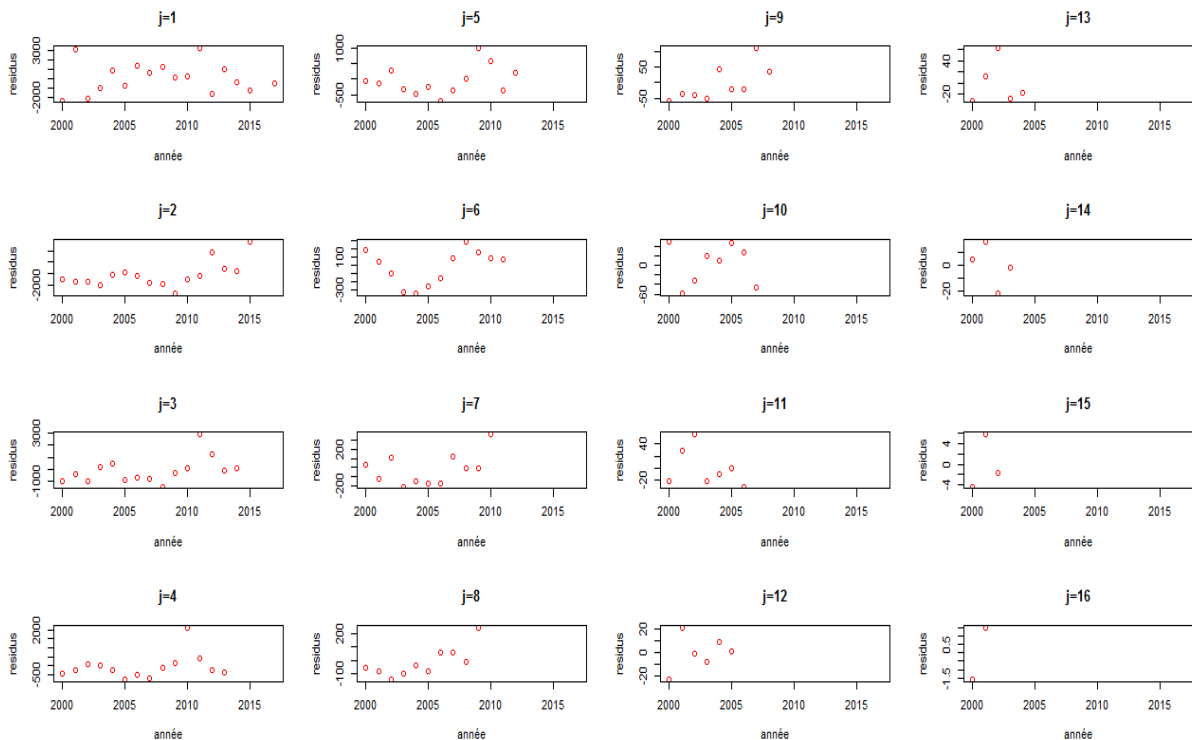


Figure 9 : La répartition des résidus

Remarque : Les résidus sont disposés de manière désordonnée autour de l'axe des abscisses ne présentant aucune tendance particulière. Ainsi, leur répartition semble totalement aléatoire. L'hypothèse H3 n'est donc pas rejetée. Il est donc possible d'appliquer le modèle de Mack à nos données. (Même si l'hypothèse H2 n'est pas vérifiée dans le but de comparer et de calculer l'erreur d'estimation).

### III.1.3 Résultats obtenus et interprétations

Nous calculons les coefficients de développement estimés par le modèle de Mack, qui sont les mêmes coefficients estimés par la méthode Chain-Ladder. Thomas Mack dans son modèle a calculé la variance  $\sigma_j$  estimée et associée aux estimations des facteurs de développements. Elle est donnée par l'expression suivante :

$$\hat{\sigma}_j^2 = E[(\hat{R}_i - R_i)^2]$$

Année	$R_i$	MSEP <sub>i</sub>	se( $R_i$ )	Erreur relative de $R_i$
2000	0.00000	0	0	NaN
2001	3.88e+05	1.082848e+08	10406	0.02681959
2002	4.03e+05	5.090438e+08	22562	0.05598511
2003	5.43e+05	2.880362e+09	53669	0.09883794
2004	6.33e+05	2.449225e+10	156,500	0.24723539
2005	1.02e+06	1.207736e+11	347,525	0.34071078
2006	1.46e+06	1.569190e+11	396,130	0.27132192
2007	2.63e+06	3.388427e+11	582,102	0.22133156
2008	4.55e+06	6.661743e+11	816195	0.17938352
2009	8.98e+06	1.621655e+12	1273442	0.14180869
2010	1.61e+07	5.117087e+12	2262098	0.14050298
2011	2.64e+07	1.319705e+13	3632774	0.13760508
2012	4.50e+07	2.658945e+13	5156496	0.11458880
2013	8.01e+07	9.741143e+13	9869723	0.12321752
2014	1.43e+08	3.143029e+14	17728591	0.12397616
2015	2.64e+08	1.031277e+15	32113502	0.12164205
2016	2.67e+08	3.091831e+15	55604239	0.20825558
2017	3.02e+08	4.841735e+15	69582575	0.23040588

Tableau 24 : Erreur relative

Le recours au modèle a été utilisé pour vérifier les résultats obtenus par la méthode de Chain Ladder. En effet les deux méthodes comme convenu donnent la même de la provision à constituer pour les règlements futures ; le montants retrouvé par les deux méthodes est de 1163882138 Dh.

## VI.1 Les méthodes GLM

Pour les méthodes GLM, on se focalise principalement sur les modèles log-linéaire et gamma, Car d'après l'histogramme des données laisse penser à la possibilité d'adéquation de la distribution des données avec ses deux lois, On présent ci-dessous les résultats de la vérification des hypothèses des deux modèles.

### histogramme des données

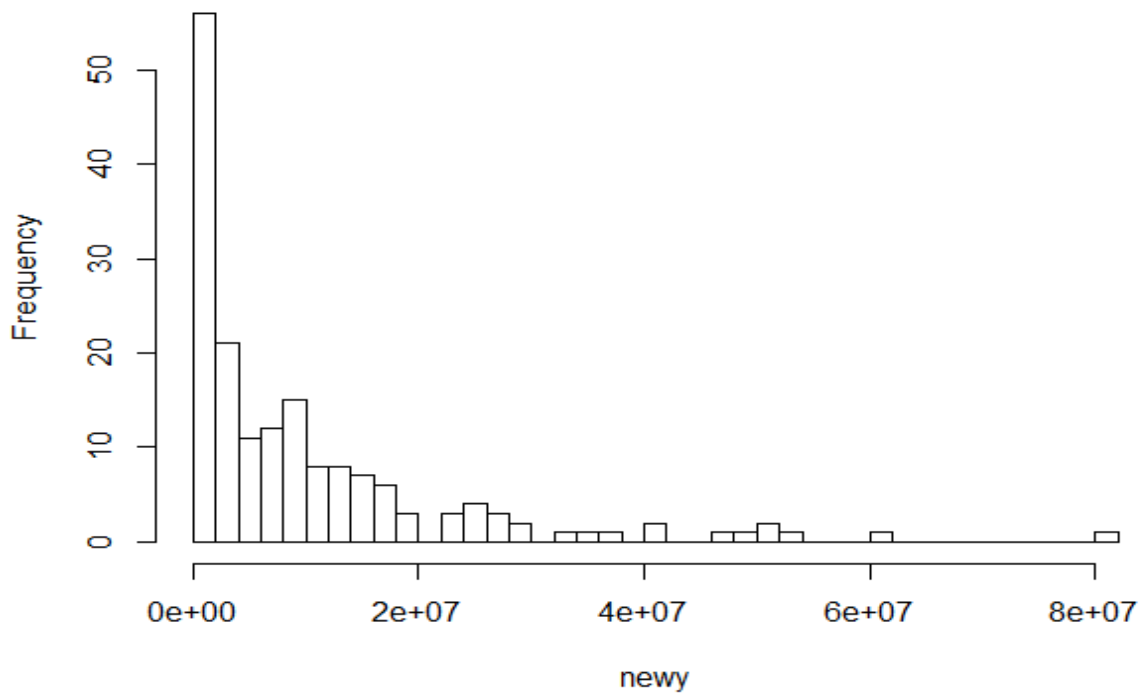


Figure 9 : Histogramme des données

### Fonction de répartition des données

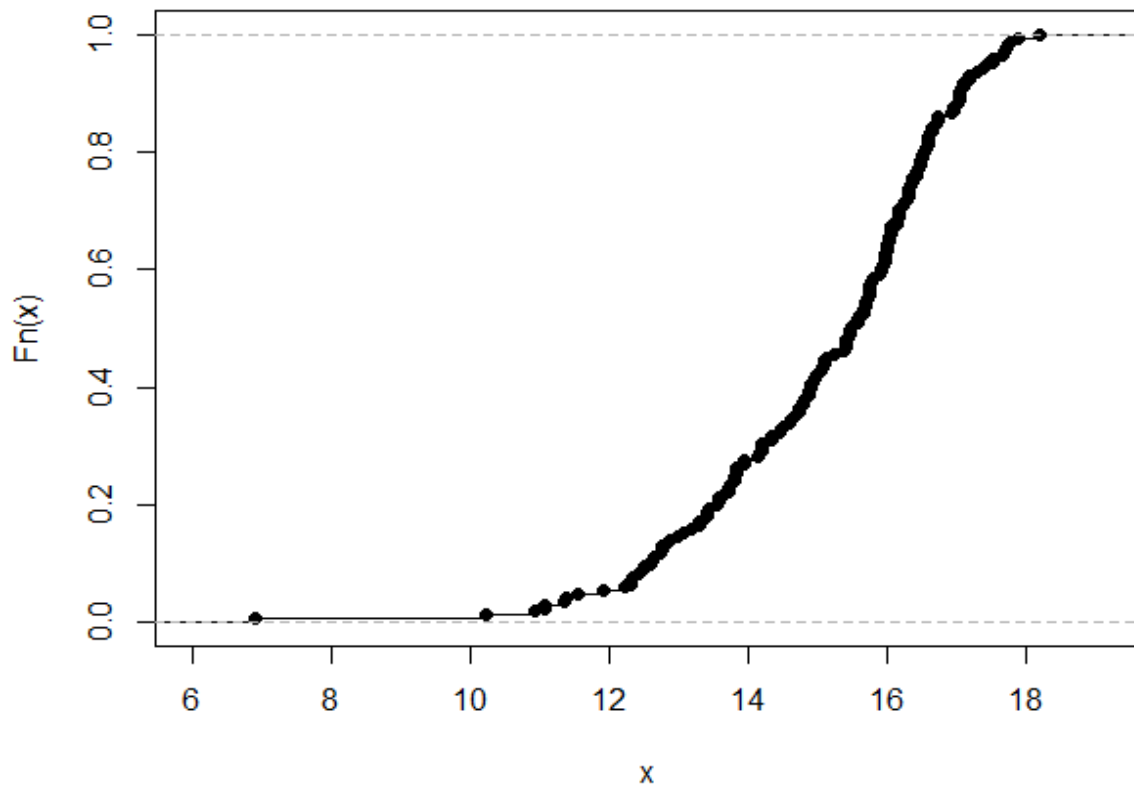


Figure 10 : Fonction de répartition des données

### VI.1.1 Le modèle log normal

Avant de procéder à l'utilisation on doit vérifier la normalité du log des incréments :

La normalité du log des incréments a été vérifié par un test de Kolmogorov Smirnov, on n'utilise la commande `ks.test` pour conduire un test sur la normalité des log des incréments, l'hypothèse de normalité n'étant pas vérifiée, vu que la commande renvoie une p-value de  $p\text{-value} = 0.02426$ .

En effet, la provision mathématique calculée avec le modèle lognormal est : 1091138762 DH, une valeur proche de la valeur retrouvée par les méthodes Chain Ladder et Mack.

### VI.1.2 Le modèle Gamma

On conduit le test d'adéquation de la distribution des données avec la loi gamma en utilisant le logiciel R et son package **GOFT (goodness of fit)**.

L'hypothèse nulle du test est  $H_0$  : Les données proviennent d'une distribution gamma.

Le logiciel renvoie la p-value : 0.0059, ainsi on rejette l'hypothèse nulle : la distribution des données n'est pas compatible avec une distribution gamma.

En effet le modèle gamma donne des résultats qui sont mitigés même loin des résultats fournies par la méthode Chain Ladder des résultats retrouvés par les méthodes Chain-Ladder et Mack.

### VI.1.3 Cash-Flows du Passif

Comme énoncé précédemment, en vue du calcul du passif on se limitera aux branches RC auto et AT, vu qu'elles constituent 80% des engagements non vie de la compagnie.

On a gardé les résultats proposés par la méthode Chain Ladder pour le calcul des cash-flows du passif et par la suite du best Estimate non vie de la compagnie.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous:

Année	Règlement AT	Règlement RC	Total
2018	152 072 450,80	107 440 098,48	259 512 549,27
2019	55 473 148,12	97 193 619,58	152 666 767,69
2020	33 903 080,87	75 905 035,96	109 808 116,83
2021	25 369 576,68	51 900 346,45	77 269 923,12
2022	16 726 809,71	33 466 460,71	50 193 270,41
2023	10 954 697,19	20 801 205,65	31 755 902,85
2024	9 511 794,86	12 776 080,78	22 287 875,65
2025	7 712 598,25	7 926 140,81	15 638 739,06
2026	6 643 497,44	5 121 876,07	11 765 373,51
2027	6 754 973,10	3 520 780,45	10 275 753,55
2028	5 417 502,79	2 441 132,76	7 858 635,55
2029	5 451 628,61	1 693 468,47	7 145 097,09
2030	5 080 368,90	1 348 398,28	6 428 767,18
2031	5 467 126,81	733 149,24	6 200 276,05
2032	5 606 452,07	727 053,24	6 333 505,32
2033	7 766 458,81	471 614,80	8 238 073,61
2034	4 801 713,20	409 735,40	5 211 448,60

Tableau 25 : Cash-flows du passif

En face de ces résultats mitigés, on opte pour les résultats proposés par les services de provisionnement de la compagnie, utilisés précédemment dans la partie du calcul du  $CSR_{\text{marché}}$ , voir annexe.

## V.1 Le passif vie

Les engagements vie de la compagnie d'assurance sont constitué majoritairement par un portefeuille CIMR en liquidation (un run-off) ; vue que les autres produits vie de la compagnie sont encore en phase de commercialisation.

### **Présentation du produit de retraite CIMR géré par Allianz**

Le secteur de la retraite au Maroc se compose essentiellement de trois régimes de base publics obligatoires qui sont la CMR, la CNSS, le RCAR, et d'autres complémentaires parmi lesquels se trouve en tête la CIMR gérée par le secteur privé.

#### V.1.1 Création de la CIMR

La CIMR a vu le jour en Juillet 1949, à l'initiative des entreprises du secteur privé soucieuses d'assurer à leur personnel une couverture en matière de retraite, à une époque marquée par l'inexistence de régimes destinés au secteur privé et aux

entreprises publiques et semi publiques. Les principales caractéristiques initiales du régime sont :

- Le statut juridique d'**Association** ;
- L'adhésion au régime est **facultative** ;
- La mixité de la gestion : **répartition et capitalisation**.

En 1967, la CIMR introduit le système de calcul des points de retraite, au lieu du calcul des montants des pensions servies sur la base d'un pourcentage qui variait en fonction du taux de contribution, par rapport au salaire moyen des trois dernières années d'activité.

#### V.1.2 Champs d'application et Produits de retraite offerts

Les cotisations patronales sont versées à la CIMR qui les gère en répartition, **alors que les cotisations salariales sont versées aux compagnies d'assurance qui les gèrent en capitalisation.**

Cette distinction entre capitalisation et répartition remonte aux méthodes de financement sur lesquelles se base le lien entre prestation et cotisation. En effet, la capitalisation traduit l'équilibre cotisation / prestation au niveau de chaque ligne de vie d'un individu. Nous pouvons donc dire que chacun finance sa propre retraite; s'il y a solidarité, c'est au niveau de la cohorte de tous les individus nés la même année au travers de l'utilisation d'une table de mortalité. Il n'y a par contre aucune solidarité entre générations. Quant à la répartition, elle réalise l'équilibre cotisation / prestation à chaque instant, en mettant en parallèle les cotisations versées par les actifs et les prestations à verser aux retraités.

**En 2003, la CIMR a adopté une réforme qui se base principalement sur la récupération, par cette caisse, des cotisations salariales qui sont désormais gérées en répartition. Ainsi, aucune compagnie d'assurance n'enregistre un nouvel affilié de cette caisse après cette date.**

La CIMR offre deux produits de retraite normale, aux entreprises du secteur privé :

- **Al Kamil** : Ouvert à toutes les entreprises comptants au moins trois salariés.
- **Al Mounassib** : Spécialement dédié aux petites et moyennes entreprises.

Chacun de ces produits offre des prestations garanties aux participants.

### V.1.3 Le portefeuille CIMR chez Allianz

Le produit CIMR est un produit en liquidation vu la réforme qu'il a connu en 2003. Sa gestion est plus au moins compliquée tant qu'elle doit tenir en compte les options liées à son contrat et les risques qui le confrontent.

### V.1.4 Options rattachées au contrat CIMR

Un affilié au contrat CIMR chez Allianz peut quitter le portefeuille selon les trois scénarios suivants :

- **Décès** : en cas de décès de l'affilié, les ayant droits ne reçoivent que les cotisations cumulées non revalorisées du défunt.
- **Sortie en capital** : si l'affilié a plus de 50 ans et moins de 70 ans à la date de demande de sortie en capital et au moins 5 ans de cotisations dans le contrat, le retraité récupère la totalité de l'encours du contrat en une seule fois.
- **Sortie en rente** : pour les mêmes conditions que la sortie en capital, le bénéficiaire de ce type de prestation ou **rentier** continue de recevoir **une rente** de la part de sa compagnie d'assurance et ce jusqu'à sa mort.
- **Rachat** : si l'affilié à moins de 50 ans à la date de demande du rachat, ou si l'affilié a plus de 50 ans à cette même date et moins de 5 ans de cotisations durant la durée d'adhésion au contrat. Dans ce cas, l'affilié reçoit uniquement ses cotisations non revalorisées.

**Cependant, d'après la nouvelle note communiquée par la CIMR, mise en œuvre janvier 2017, un affilié n'a plus le droit de sortir en rachat qu'à l'âge de 50 ans. Or, à cet âge, il a déjà le droit de sortir en rente ou en capital, donc ce ne serait plus rentable de sortir en rachat. Ainsi, cette option ne sera pas considérée dans notre étude par la suite.**

### V.1.5 Cartographie des risques du portefeuille CIMR

Par définition, le risque désigne tout événement aléatoire pouvant réduire la capacité de l'assureur à faire face à ses engagements. Les engagements liés au portefeuille CIMR regroupent d'une part les engagements contractuels et d'autre part la protection des rentes contre le risque d'inflation.

Le risque peut avoir une source commerciale et une source financière. Le risque commercial est lié à la vente des contrats, aux différents problèmes techniques, juridiques et administratifs. Le risque financier provient de l'incertitude sur la valeur des placements et leurs rendements.

Pour un régime de retraite comme celui de la CIMR, les principaux risques sont soit techniques, financiers, ou liés aux options implicites rattachées aux contrats. Tous ces risques sont liés les uns aux autres et nécessitent une gestion coordonnée.

- **Les risques techniques :**

Pour le régime, le calcul des prestations (rentes, capitaux, ...) est basé sur les deux tables de mortalités PF 60-64 et la TV88/90 avec des taux techniques qui diffèrent d'une période à une autre. Le risque proviendrait essentiellement de l'allongement des durées de vie réelles. Cette baisse de mortalité<sup>8</sup> a un coût car l'actualisation des engagements sera d'autant plus importante que l'engagement est de longue durée.

- **Les risques liés aux options implicites du produit :**

L'affilié a le choix entre l'option rente ou capital, le droit d'anticiper sa retraite ou de l'ajourner<sup>9</sup>... Tous les risques liés aux options implicites du produit sont difficiles à estimer et à provisionner dans la réalité, et ils nécessitent une attention particulière.

- **Les risques financiers :**

Les risques financiers sont dus à un décalage significatif entre la valeur des placements et celles des engagements. En effet, les placements relatifs au régime sont investis dans les obligations d'État ou dans celles garanties par ce dernier, dans les

---

<sup>8</sup> La disposition des courbes de mortalité des deux tables figure dans l'annexe I.

<sup>9</sup> La CIMR offre une possibilité de retraite normale, anticipée ou prorogée.

actions et dans les OPCVM. Les risques les plus importants sont le risque de taux qui se manifeste en cas de baisse ou hausse des taux, et le risque associé aux actions.

#### V.1.6 Calcul du Best Estimate vie

Le calcul du best Estimate des engagements vie a nécessité la liquidation des provisions mathématiques constituées pour les affiliés de la CIMR dont la compagnie gère les retraites.

Il est à noter que dans ce portefeuille en liquidation (absence de nouvelle production), les sorties se font par décès, par rente ou par capital. Les sorties par décès sont comptabilisées en utilisant la table de mortalité TV88-90, les probabilités de sorties par rentes ou par capital sont données par tranche d'âge en annexe.

Le best Estimate a été calculé en utilisant la courbe de taux de référence du dernier trimestre de 2017 fournie par BANK AL MAGHRIB dans leur site, en effectuant une interpolation linéaire dans le but d'avoir les taux pour les maturités pleines. (La construction de la courbe des taux est détaillée en annexe)

#### V.1.7 Les résultats obtenus

Ces résultats ont été obtenus conformément aux hypothèses de sorties prévues (capital, décès, rente).

Le tableau suivant résume les engagements pour le contant vie par années depuis 2017 sur un horizon de 28 ans.

Année	Cash out	Année	Cash out
2017	21 301 877,77	2034	6 967 951,27
2018	9 740 011,24	2035	4 907 637,30
2019	4 850 487,56	2036	4 666 736,61
2020	5 921 664,79	2037	3 813 855,55
2021	6 144 629,87	2038	2 649 624,25
2022	6 193 939,44	2039	2 933 317,70
2023	6 648 756,82	2040	1 967 482,95
2024	8 668 853,79	2041	1 379 925,58
2025	12 013 085,40	2042	976 984,36
2026	10 033 300,49	2043	439 754,01
2027	10 713 999,48	2044	95 438,42
2028	10 410 204,01	2045	72 733,47
2029	9 482 057,68		
2030	10 299 140,86		
2031	9 831 809,24		
2032	8 940 992,26		
2033	8 696 814,21		

Tableau 26 : les engagements pour le contant vie par années depuis 2017 sur un horizon de 28 ans

### Chapitre III : Projection De l'actif

Pour réaliser l'étude ALM, la deuxième partie du travail consiste à projeter les cash-in (cash-flow entrant de l'actif ; c'est-à-dire les flux de trésorerie générés par l'ensemble des actifs de la compagnie).

L'étude ALM est une étude qui se fait par contant, dans notre cas on s'est contenté de réaliser l'étude sur le contant vie.

Les flux à projeter sont les flux générés par un portefeuille d'obligations uniquement, vu que les engagements vie de la compagnie sont couverts par un portefeuille d'obligation comprenant des bonds de trésors et des obligations privées.

Afin de faire cette projection, il est nécessaire d'effectuer certaines hypothèses.

La projection des flux de l'actif consiste à calculer par période, les éléments des revenus futurs (coupons, et éventuellement remboursement de nominal). À noter que,

dans cette étape, on cherche uniquement à projeter les flux (Cash-Flows) ; Il ne s'agit pas de valoriser les obligations mais uniquement de projeter les flux des revenus et remboursements dégagés.

### I.1 Description générale du portefeuille d'actif :

Le portefeuille des actifs couvrant l'activité de l'assurance de la compagnie Allianz assurance est répartie sur différentes classes d'actifs.

Le portefeuille comporte les classes d'actifs suivantes :

<b>Les actions</b>	Titre de propriété qui correspond à une part du capital d'une entreprise. Elle confère à son détenteur la propriété d'une partie du capital, avec les droits qui y sont associés : intervenir dans la gestion de l'entreprise et en retirer un revenu appelé dividende.
<b>Les obligations</b>	Une obligation est un titre de créance qui représente une fraction d'une dette émise par une entreprise, un organisme public ou l'État. Une obligation représente ainsi une reconnaissance de dette de son émetteur. Le porteur de l'obligation reçoit un intérêt, appelé « coupon », et le montant emprunté doit lui être remboursé à l'échéance, appelé « nominal »

#### Valeur de marché du portefeuille d'actif :

- La valeur de marché du portefeuille d'actions est de **291,124Mdh**
- La valeur de marché du portefeuille des obligations est de **180,728Mdh**
- La valeur de marché du portefeuille immobilier est de **13,97Mdh**

#### Répartition des actifs :

Une des caractéristiques importantes qui décrit un portefeuille d'actifs est la répartition de différentes classes d'actifs dans ce portefeuille.

Actifs	Action	Immobilier	Obligation
Répartition	21,4%	5,64%	72,96%

Tableau 27 : Répartition des actifs

Sous forme d'un cercle on trouve :

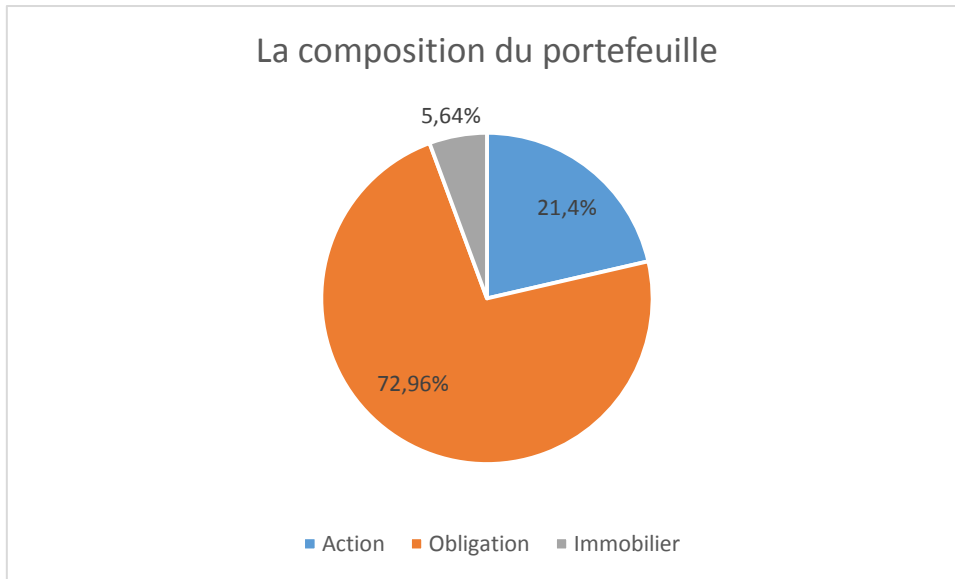


Figure 11 : La composition du portefeuille

Le portefeuille d'ALLIANZ est constitué de plus de 60% d'obligations, le reste est réparti sur des actions et des actifs de type immobiliers, les deux premiers assurent chaque année des cash-flows pour chercher à faire face aux engagements envers les assurés et les bénéficiaires, tandis que le dernier ne génère aucun cash-flows. Comme énoncé précédemment, notre étude portera uniquement sur le content vie, on présentera ainsi la composition du portefeuille d'actifs dédié à la couverture des engagements vie.

Répartition des actifs du portefeuille vie :

Bons de trésors	Obligations privies
0,833	0,167

Tableau 28 : Répartition des actifs du portefeuille vie

Sous forme d'un cercle on trouve :

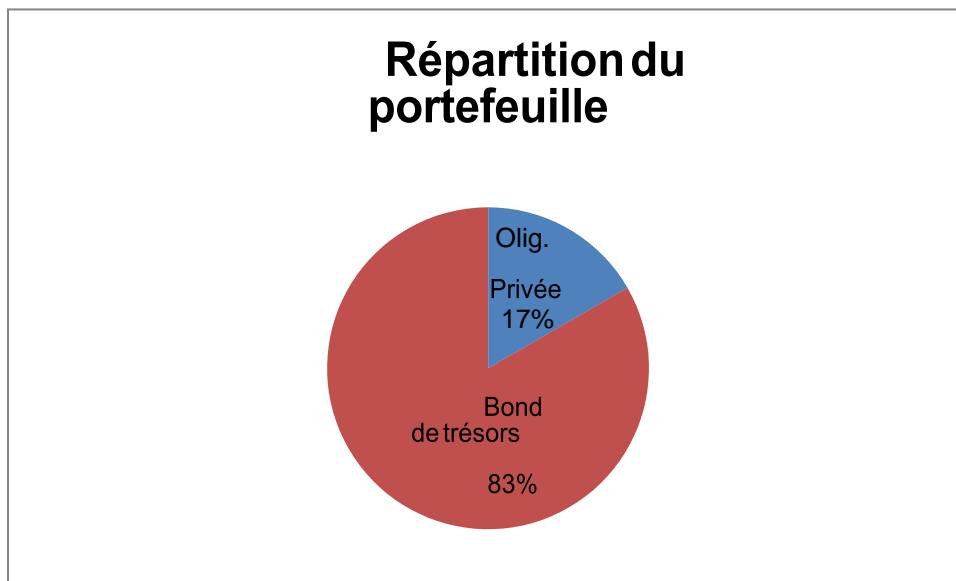


Figure 12 : Répartition du portefeuille

#### Projection des obligations :

La projection des flux des obligations se compose des coupons et des remboursements.

Le calcul des coupons et des remboursements de chaque obligation dépendra du mode de remboursement de cette dernière.

Le mode de remboursement indique la façon par laquelle les intérêts (coupons) et les remboursements sont distribués, en général il existe en général trois modes :

- **Remboursement in fine**
- **Remboursement par annuités constantes**
- **Remboursement par Amortissements Constants**

Les obligations constituant le portefeuille vie d'ALLIANZ un mode de remboursement, le remboursement in fine

**Remboursement in fine** : Le remboursement du principal de l'obligation se réalise en une seule fois à la date d'échéance du titre.

#### Les hypothèses simplificatrices :

Pour simplifier le calcul nous considérons que tous les obligations émises dans une certaine année sont émis le 31 décembre de cette année et donc le jour de versement des coupons et des remboursements sera 31 décembre.

### Calcul des cash-flows des obligations :

Nous avons monté un fichier Excel capable de calculer les cash-flows des obligations du portefeuille, le coupon est calculé sur la base du taux facial et du nominal ; le remboursement final est calculé lui sur la base du nominal.

Les flux encaissés sont résumés dans le tableau suivant :

Année	Coupon	Remboursement	total
2017	10 067 064,00	0,00	10 067 064,00
2018	10 067 064,00	0,00	10 067 064,00
2019	10 067 064,00	0,00	10 067 064,00
2020	10 067 064,00	0,00	10 067 064,00
2021	10 067 064,00	192 000,00	10 259 064,00
2022	10 059 960,00	0,00	10 059 960,00
2023	10 059 960,00	0,00	10 059 960,00
2024	10 059 960,00	7 640 000,00	17 699 960,00
2025	9 610 120,00	25 040 000,00	34 650 120,00
2026	8 114 340,00	4 240 000,00	12 354 340,00
2027	7 862 060,00	0,00	7 862 060,00
2028	7 862 060,00	0,00	7 862 060,00
2029	7 862 060,00	19 360 000,00	27 222 060,00
2030	6 777 900,00	51 200 000,00	57 977 900,00
2031	4 430 380,00	0,00	4 430 380,00
2032	4 430 380,00	0,00	4 430 380,00
2033	4 430 380,00	0,00	4 430 380,00
2034	4 430 380,00	20 000 000,00	24 430 380,00
2035	3 140 380,00	8 000 000,00	11 140 380,00
2036	2 688 380,00	37 400 000,00	40 088 380,00
2037	1 029 780,00	0,00	1 029 780,00
2038	1 029 780,00	0,00	1 029 780,00
2039	1 029 780,00	0,00	1 029 780,00
2040	1 029 780,00	0,00	1 029 780,00
2041	1 029 780,00	0,00	1 029 780,00
2042	1 029 780,00	0,00	1 029 780,00
2043	1 029 780,00	0,00	1 029 780,00
2044	1 029 780,00	0,00	1 029 780,00
2045	1 029 780,00	10 000 000,00	11 029 780,00

Tableau 29 : Les flux générés par les obligations pour un horizon de 28 ans

On peut remarquer que le flux des coupons sont décroissants ce qui est logique puisque chaque année des obligations atteigne leurs dates de maturité et donc ne verse plus des coupons les années suivantes.

## I.2 L'analyse des Gaps

Un outil classique de la gestion actif passif consiste à se contenter d'un seul scénario déterministe est de réaliser une analyse de l'actif et du passif.

Cette analyse se base sur deux outils rendant compte de la mesure de la santé des engagements de l'assureur, il s'agit de :

- Gap de liquidité
- Gap de duration

Le gap de liquidité ou l'impasse de liquidité est la mesure de l'exposition au risque liquidité. Il s'agit de la différence entre actifs et passifs à taux incertain sur la période  $t$  ; impasse en flux, les impasses en flux cumulées sont dites impasses en stock.

Cette approche statique de gestion de risque malgré l'utilisation des nouvelles approches stochastiques (dynamique), reste un outil important permettant de communiquer des informations fiable pour la prise de décision pour les assureurs.

Ce genre d'indicateur permet d'orienter les investissements d'aboutir à un bon adossement et d'éviter le risque de liquidité.

## I.3 Calcul des gaps de trésorerie

La comparaison entre le flux de trésorerie de l'actif et passif du contant vie sur 28 ans :

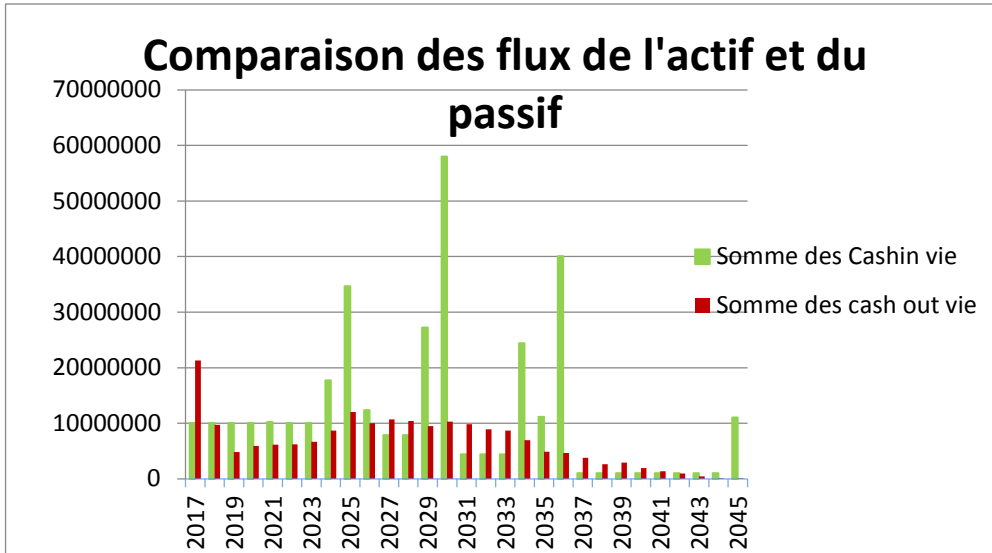


Figure 13 : Comparaison des flux de l'actif et du passif

Maintenant analysant les gaps de trésorerie :

On s'intéresse dans un premier temps aux gaps de flux :

$$\text{gap de trésorerie} = \text{cash flow entrant} - \text{cash flow sortant}$$

Le graphe suivant montre les gaps de trésorerie sur 30 ans :

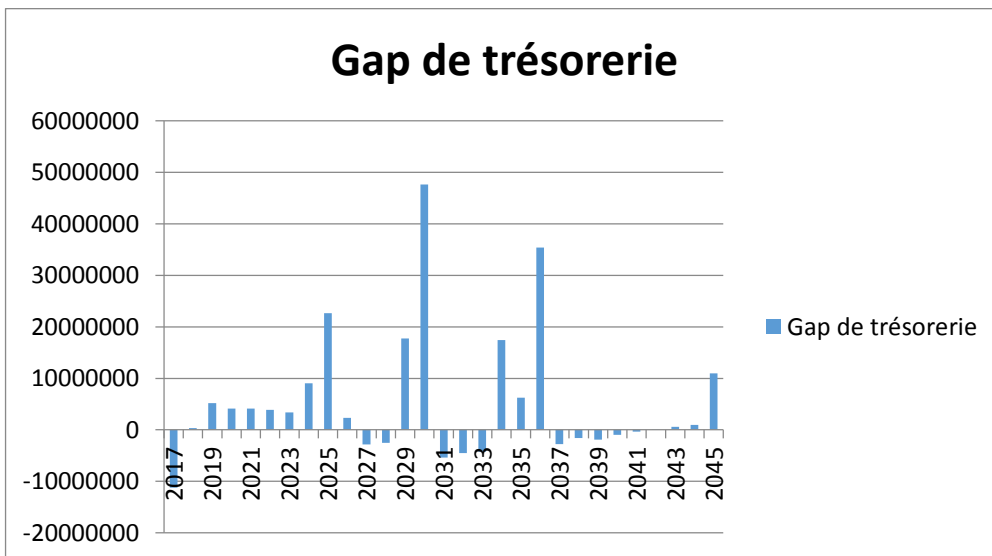


Figure 14 : Gap de trésorerie

On constate que le graphe présente un gap négatif à la première année, ceci est dû à l'hypothèse agressive de sortie en capital des retraités sortis en 2017.

Une série de gaps négatifs sont constaté entre 2037 et 2043 ne dépassant pas les 10MDHs.

## I.4 Calcul des gaps de duration

Le gap de duration est défini de la sorte

$$\text{Gap de duration} = \text{duration du passif} - \text{duraion de l'actif}$$

On a mené le calcul de la duration suivant la formule proposée par McAuley qui définit la duration d'une série de flux financiers comme :

$$D = \frac{\sum i \times \frac{CF_i}{(1 + tx_i)^i}}{\sum \frac{CF_i}{(1 + tx_i)^i}}$$

On a :

La duration du passif = 9,89 ans

La duration de l'actif = 10,34 ans

Gap de duration = - 0,45 ans

### Recommandations :

La plupart des obligations que détient Allianz sont des obligations étatiques et donc connaissent un taux d'intérêt très faible bien que ça rime avec le système prudentiel adopté. Cependant, les cash-flows générés ne suivent pas l'évolution de l'accroissement des dettes d'où, dans une analyse risque-rentabilité, il serait préférable d'investir dans des obligations à long terme plus rentables avec un certain degré de risque.

ALLIANZ présente une impasse de liquidité dès l'année 2018 ; ceci est dû à l'hypothèse prudente mais agressive stipulant que les anciens retraités dont les pensions sont gérés par ALLIANZ vont opter pour un rachat de l'option capital, ainsi de courte durée, nous

recommandons fortement qu'Allianz procède au financement de ce gap de trésorerie par une vente de ses actions.

## PARTIE VI : GESTION DE PORTEFEUILLE

## Etude de l'allocation d'actifs

Dans ce modèle, la question financière n'est plus limitée au choix de la durée des investissements obligataires, mais de créer une certaine tactique financière. Il est dans ce cas essentiel d'au moins traiter la répartition par classes d'actifs et la durée des investissements obligataires. Ces éléments représentatifs de la stratégie de l'assureur sont désignés sous l'appellation de politique d'allocations d'actifs, ou d'allocation stratégique des actifs. L'allocation stratégique d'actifs débute par la composition initiale des actifs, et l'analyse des différents scénarii permet de conduire à des décisions d'investissement (ou désinvestissement) selon les risques détectés. L'allocation d'actifs est assurément le problème central de la gestion Actif-Passif. Le stress testing apporte un éclairage particulier sur ce problème, orienté vers le contrôle des risques comptables et financiers.

La politique financière peut être prédéterminée, ou tout simplement constaté, d'après la composition actuelle des actifs en portefeuille. Mais si la politique financière est remise en cause, la question qui doit se poser : Quelle est la politique financière qui assure le meilleur rapport rendement/risque ?

Il est beaucoup plus difficile de répondre à cette question. Elle demande d'effectuer un travail théorique considérable (notamment pour définir les notions de rendement et de risque dans le cadre de l'activité de l'assurance) avant de l'aborder au plan pratique. Mais pour conclure sur les modèles déterministes, il faut dire que ces modèles ne permettent pas de trouver « le meilleur rapport rendement/risque ». Elle permet surtout de rejeter certaines allocations d'actifs dont le risque perçu apparaît trop élevé dans l'un ou l'autre des scénarios testés. La question doit donc être reformulée avec moins d'ambition : « Quelle politique financière assure un compromis convenable entre la rentabilité (mesurée avec le scénario central) et les risques (mesures avec les différents scénarios de stress) ? Les outils permettant de faire une analyse adéquate afin de trouver l'allocation d'actifs optimale sont de type Stochastique, décrits par la suite.

## **Le Modèle de Markowitz**

Le modèle de Markowitz a été développé en 1952 et constitue le fondement de la théorie moderne de portefeuille. Markowitz a été le premier à distinguer le risque du rendement et à en donner des mesures : espérance et variance. Son approche « moyenne-variance » consiste à optimiser les poids des actifs du portefeuille en fonction de leurs rendements espérés, leurs variances et leurs covariances.

Une fois les rendements, les variances et les covariances estimés, l'approche consiste en la résolution du programme de minimisation de la variance du portefeuille sous contrainte d'un rendement minimum. La résolution de ce programme fournit la composition du portefeuille « efficient » et guide l'investisseur dans sa politique de diversification.

La représentation des portefeuilles efficients dans le plan (volatilité du portefeuille, rendement du portefeuille) porte le nom de frontière efficiente. Si l'on suppose que le marché est constitué de  $n$  actifs risqués, la frontière efficiente prend une forme parabolique.

### Modélisation des classes d'actifs

Les classes d'actifs doivent être homogènes, il serait inutile et sans raison de construire des classes contenant des actions et des obligations, qui ne sont pas sensibles aux mêmes facteurs de risques. Une première étape consiste en la diversification du portefeuille d'étude, cette étape est essentielle pour cibler le type de la classe d'actifs qui va être utilisé. En effet, pour une espérance de rentabilité donnée, un portefeuille diversifié présente moins de risque qu'un portefeuille n'est pas diversifié (ne contenant qu'un seul actif par exemple).

### Les hypothèses relatives au modèle de Markowitz

L'hypothèse principale est la suivante : « le rendement des actifs est modélisé par une variable aléatoire gaussienne ».

- Le portefeuille est composé de  $n$  actifs risqués de rentabilités  $R_i$  ( $i=1, \dots, n$ )

- La distribution de la variable aléatoire  $R_i$  est entièrement caractérisée par ses deux premiers moments :  $E(R_i)=\mu_i$  et  $\text{Var}(R_i)=\sigma_i^2$
- $x' = (x_1, \dots, x_n)$  : le vecteur transposé des poids des  $n$  actifs (somme des  $x_i = 1$ )
- $\mu' = (\mu_1, \dots, \mu_n)$  : le vecteur transposé des rentabilités espérées
- $V = [\text{Cov}(R_i, R_j)]$  : la matrice variance-covariance (supposée définie positive)
- Rentabilité espérée du portefeuille :  $R = E(\sum x_i R_i) = \mu' x = x' \mu$

#### Approche de l'allocation optimale sous SBR :

La solvabilité basée sur les risques (SBR) utilise le couple (Fonds propres, SCR) comme un indicateur de solvabilité.

Par définition, le bilan comptable d'une compagnie d'assurance donne une image précise de ce qu'elle possède en propre, des créances qu'elle détient (actifs) et de ses dettes (son passif).

Un ratio est un rapport, une fonction que l'on obtient par division et que l'on exprime en pourcentage.

Le ratio de solvabilité générale est un chiffre global qui permet d'estimer la capacité de remboursement à terme d'une entreprise. Il permet une vue globale sur le développement de l'activité de l'entreprise à la fois dans le temps et dans l'espace. Il permet d'évaluer sa rentabilité et sa solvabilité.

Il se calcule en divisant les capitaux propres par le montant du capital de solvabilité requis du marché:

$$\text{Ratio de solvabilité} = \frac{\text{Fonds propres}}{\text{SCR}_{\text{Marché}}}$$

**! L'objectif est de trouver une allocation optimale qui maximise ce ratio de solvabilité. C'est donc dans le même sens de trouver une allocation optimale qui minimise le  $\text{SCR}_{\text{Marché}}$ .**

#### Application sur le portefeuille :

Le portefeuille d'Allianz est constitué des obligations de l'immobilier et des actions, la part de chacun de ces titres est distribuée comme suit : 21,4% actions, 5,64% immobilier et 72,96% obligations.

L'objectif est de trouver un portefeuille optimal c'est-à-dire une allocation stratégique qui minimise le capital de solvabilité requis pour le risque marché ( $CSR_{\text{Marché}}$ ) pour un niveau de rendement donné.

Sélectionner un portefeuille revient donc à résoudre le problème de maximisation sous les contraintes suivantes :

$$\begin{array}{l} \text{Min } CSR_{\text{Marché}} \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{SC } \sum_{i=1}^n X_i = 1 \\ E(R_p) = \text{cte} \end{array} \right. \end{array}$$

Dans la pratique, nous cherchons non pas un, mais tous les portefeuilles qui pour une espérance donnée minimise le  $CSR_{\text{Marché}}$ .

Nous allons considérer les cours de 4ans de clôture de 2016 à 2019 d'un portefeuille composé de 28 titres, puis nous avons construit notre portefeuille d'action comme suit :

$$\text{La valeur marché des actions} = \sum \text{Poids} \times \text{les rendements actions}$$

Pour le portefeuille des obligations, ce dernier est constitué des obligations étatique donc nous avons assimilés ce portefeuille à un indice MBA de 2016 à 2019.

Puis, dans MS Excel, nous allons calculer les rendements  $R_{i,j}$  des actifs (la composante j pouvant être vue comme une période temporelle) à partir des prix recueillis.

A noter que :

$$\text{Le rendement des actions} = \frac{\text{Dividendes}}{\text{Cours}}$$

$$\text{Le rendement des obligations} = \frac{\text{Cour}(t) - \text{cour}(t-1)}{\text{Cour}(t-1)}$$

Le but est donc de déterminer la composition optimale selon le modèle de Markowitz. La pondération des actifs qui minimise le  $CSR_{\text{Marché}}$  pour une espérance maximum pour un portefeuille contenant un actif sans risque d'un rendement  $R_f$  (fixé par l'utilisateur) Nous choisirons pour ce cas un rendement  $R_f = 0,002$ .

Ensuite nous allons créer dans MS Excel le tableau contenant les proportions des titres, nous afficherons la moyenne du rendement  $E(R_i)$  calculée bien évidemment selon l'estimateur :  $E(R_i) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n R_j$

Actifs	Action	Immobilier	Obligation
Poids : $X_i$	21,4%	5,64%	72,96%
Espérance des rendements	0,0352899	0	6,06202E-05

Tableau 30 : Calcul de poids et d'espérance des rendements

Nous devons maintenant calculer le rendement moyen du portefeuille selon :

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^n X_i \times R_i$$

Et donc on utilise la formule précédente, nous aurons donc la valeur suivante de l'espérance du rendement du portefeuille :

$$E(R_p) = 0,00755535$$

Le problème maintenant est de déterminer pour un rendement du portefeuille fixé les proportions des différents titres qui minimisent le capital de solvabilité requis du marché.

Après avoir ajouté les deux cellules B750 (rendement espéré/attendu du portefeuille) et B751 (nombre total des parts du portefeuille) :

750	Rendement espéré	0,002
751	Somme des poids : $\sum X_i$	=SOMME(B749;D749)

Maintenant, nous avons besoin de calculer le  $SCR_{\text{Marché}}$  afin de minimiser sa valeur.

Pour ce faire, le  $SCR_{\text{Marché}}$  se calcul comme suit sous SBR:

$$CSR_{\text{Marché}} = \sqrt{CSR_{\text{Action}}^2 + CSR_{\text{taux}}^2 + CSR_{\text{immobilier}}^2 + CSR_{\text{Spread}}^2 + CSR_{\text{change}}^2}$$

Comme la part du  $CSR_{\text{Spread}}$  est très petite, et en absence de d'actif libellé en devise étrangère, on ne retient que le  $CSR_{\text{Action}}$ ,  $CSR_{\text{Immobilier}}$  et  $CSR_{\text{Taux}}$ . Et donc la formule de calcul du  $CSR_{\text{Marché}}$  devient :

$$CSR_{\text{Marché}} = \sqrt{CSR_{\text{Action}}^2 + CSR_{\text{taux}}^2 + CSR_{\text{immobilier}}^2}$$

Mais vue que notre but est de trouver une allocation stratégique, c'est-à-dire la distribution optimale des poids qui minimise les  $SCR_{\text{Marché}}$ , nous avons besoin de le calculer à partir d'une autre formule qui fait apparaître les poids, et donc nous calculons de cette manière le  $SCR_{\text{Marché}}$  :

$$\sqrt{(\mathbf{VMP} \times \mathbf{p}_a \times \mathbf{t}_{\text{action}})^2 + (\mathbf{VMP} \times \mathbf{p}_i \times \mathbf{t}_{\text{immobilier}})^2 + (-\mathbf{VMP} \times \mathbf{p}_o \times \mathbf{t}_{\text{taux}} - \Delta \mathbf{Passif}_{\text{taux}})^2}$$

$$=$$

$$\mathbf{VMP} \times \sqrt{(\mathbf{p}_a \times \mathbf{t}_{\text{action}})^2 + (\mathbf{p}_i \times \mathbf{t}_{\text{immobilier}})^2 + (\mathbf{p}_o \times \mathbf{t}_{\text{taux}})^2 + 2 \times \frac{\Delta \mathbf{Passif}_{\text{taux}}}{\mathbf{VMP}} \times \mathbf{p}_o \times \mathbf{t}_{\text{taux}} + \frac{\Delta \mathbf{Passif}_{\text{taux}}^2}{\mathbf{VMP}^2}}$$

Avec :

- **VMP** : La valeur de marché du portefeuille
- **$p_a$** : Le poids des actions
- **$p_i$** : Le poids de l'immobilier
- **$p_o$** : Le poids des obligations

Et :

- **$t_{\text{action}} = 37\%$**  Le taux de baisse des actions
- **$t_{\text{taux}} = 5,96\%$**  Le taux hausse des produits taux
- **$t_{\text{immobilier}} = 25\%$**  Le taux immobilier
- **$\Delta \mathbf{Passif}_{\text{taux}} = - 150,273 \text{ Mdh}$**

Comme déjà énoncé avant, on cherche à garder le même niveau en terme de valeur de marché de notre portefeuille d'actif, de plus les taux de baisse d'action et des produits taux sont déjà fixés, du coup seuls le vecteur des proportions investis dans chacune des classes d'actif ( **$p_a, p_i, p_o$** ) affectera le  $SCR_{\text{Marché}}$  .

Ainsi le programme de minimisation de SCR du marché revient à minimiser la fonction objective g suivante :

$$g(p_a, p_o) = (p_a \times t_{action})^2 + (p_i \times t_{immobilier})^2 + (p_o \times t_{taux})^2 - 2 \frac{\Delta P_{assif_{taux}}}{VMP} \times p_o \times t_{taux}$$

Et donc le but est de trouver une distribution optimale des proportions qui minimise la fonction g.

Ainsi notre programme à résoudre est le suivant :

$$\begin{array}{l} \min_{(p_a, p_i, p_o)} g(p_a, p_i, p_o) \\ s/c \\ \left\{ \begin{array}{l} p_a + p_i + p_o = 1 \\ R_a \times p_a + R_i \times p_i + R_o \times p_o \geq R_P \\ 0 \leq p_a \leq 0.6 \\ 0 \leq p_i \leq 0.4 \\ 0 \leq p_o \leq 1 \end{array} \right. \end{array}$$

Pour résoudre ce genre de problème on utilise le solveur fournis par MS Excel, car le solveur est un outil complémentaire qu'on peut l'utiliser pour optimiser le modèle que nous avons déjà préparé. Nous pouvons essayer de maximiser les profits, minimiser les pertes et les couts ou atteindre une objectif avec le moindre de ressources possibles. Il ne faut surtout pas oublier d'ajouter les contraintes qui limitent le modèle. Sinon, le résultat ira vers l'infini.

Activer le Solveur Puisqu'il s'agit d'un modèle complémentaire, il n'est pas disponible dès l'ouverture d'Excel. Suivez les instructions ci-dessous (sur annexe) pour activer le Solveur.

Excel va générer trois nouvelles feuilles de calcul avec les résultats d'analyse du degré de réponse et de sensibilité des variables ainsi que leurs limites. Cela nous aidera à déterminer quelles sont les variables les plus importantes selon leur impact sur votre modèle.

La répartition optimale du modèle est la suivante :

Classes d'actifs	Répartition initiale	Répartition stratégique sous SBR	La variation entre les deux répart.
Actions	10%	3%	-7%

Obligations	90%	97%	7
-------------	-----	-----	---

Tableau 31 : Comparaison entre la répartition initiale et la répartition optimale sous SBR

**Interprétation des résultats :**

On a commencé par une répartition des classes d'actifs de portefeuille avec les proportions respectivement 21,4% (pour les actions), 5,64% (pour l'immobilier) et 72,96% (pour les obligations), pour trouver au final après l'utilisation de l'approche de Markowitz que la part des obligations devra être augmenté à 92% et de diminuer en parallèle la part des placement en actions et en immobilier pour maintenir un niveau de capital de solvabilité requis optimal.

Autrement, pour aboutir à l'allocation stratégique en minimisant l'exigence en fonds propres pour le risque du marché tout en gardant le rendement du portefeuille initial, l'assureur sera amené à diminuer son portefeuille d'actions en liquidant 19,4% de l'ensemble de son portefeuille sous forme d'actions et diminuer aussi son portefeuille d'immobiliers en liquidant 0,39% de l'ensemble de l'ensemble de son portefeuille d'immobilier.

En adoptant cette approche, l'investisseur maintient un niveau de rendement égal à ceux de l'allocation initial tout en minimisant le  $CSR_{\text{Marché}}$ .

Ainsi en trouve :

	Allocation initiale	Allocation finale
$CSR_{\text{Marché}}$ en Mdh	126,441	79,210

Tableau 32 : Allocation finale sous SBR

**Interprétation des résultats :**

On remarque que dans la nouvelle allocation, l'assureur à gagner plus de 47Mdh par rapport à l'allocation initiale ce qui lui permettra d'augmenter son ratio de solvabilité.

Donc le but du SBR est obtenu-Minimiser le  $CSR_{\text{Marché}}$  tout en gardant un niveau de rendement constant-.



Tout au long de notre stage, nous avons cherché à réévaluer la capacité de l'entreprise d'accueil à résister à la panoplie de chocs qu'un de ses produits d'assurance vie – La CIMR – peut subir en lui appliquant le premier pilier quantitatif de la nouvelle réforme prudentielle en vigueur nommée « La Solvabilité Basée sur le Risque ».

Pour mener à bien cette tâche, nous avons fondé notre analyse du sujet sur plusieurs étapes clés, réitérons-les. En premier lieu, nous avons établi le périmètre régissant la vision de la SBR. Puis nous en avons extrait les chocs pour calculer les différents capitaux de solvabilité requis pour chaque risque depuis la solvabilité II vu que le projet de la SBR est dans la phase d'exécution. Aussi, guidées par le projet de circulaire de la SBR publié par l'ACAPS, nous avons d'abord calculé les CSR des différents risques à savoir : action, immobilier, taux, concentration et du marché pour trouver à la fin les fonds propres que doit détenir la compagnie pour faire face à une situation défavorable du marché. Ensuite, nous avons réalisé une étude ALM de portefeuille vie de la compagnie qui s'est soldé par des recommandations pour permettre à la compagnie de combler ses impasses de liquidité. Vers la fin, nous avons réalisé l'allocation optimale de cette compagnie en prenant en considération les exigences de la nouvelle réglementation marocaine.

Enfin, le projet de la « Solvabilité Basée sur le risque » est sans doute le projet le plus ambitieux que l'ACAPS ait mis en avance jusqu'à présent. Cependant, il a encore besoin de plus de révisions avant qu'il ne soit opérationnel à 100%. Mais une fois qu'il le sera, le secteur des assurances marocain pourra peut-être franchir un nouveau seuil de performance tout en gardant les intérêts de l'assuré ainsi que de l'assureur protégés.

## Bibliographie

- Norbert Gautron, Frédéric Planchet, Pierre Théron, « Méthodes financiers et allocations d'actifs en assurance », Août 2003
- Laura Ballotta, Nino Savelli, « Dynamic Financial Analysis and Risk-Based Capital for a General Insurer », Septembre 2005
- Swiss Re, « La gestion actif/passif à l'usage des assureurs », 2000  
Emmanuel Paradis, R pour les débutants, Septembre 2005
- L'ACAPS, Présentation de la « SBR », Réunion avec la FMSAR ,03 avril 2017.
- L'ACAPS, Projet de circulaire concernant la SBR, document de consultation, version 11/12/2017.
- L'ACAPS, Rapport d'activité des entreprises d'assurances et de réassurance, 2016.
- BAKSSOU, N., CHEKAYRI, R., NAIM, H., TAGHIA, O., « Modélisation du montant des sinistres – GLM », Emnes, 2017.
- Berrada Sounni, S., « Solvabilité des entreprises d'assurance et de réassurance, Séminaire », INSEA, 2017/2018.
- CHAAOUBI, A., « Méthodes linéaires généralisées », Support de cours, INSEA, 2017/2018.
- La CIMR, Rapport annuel d'activité, 2016.
- Cours de mathématique et statistique 2, Module 4 : « Vérification des hypothèses d'application de la régression », Agence Universitaire de la Francophonie.
- DEVOLDER, D., « Prévoyance et Assurance des groupes », Support de cours, INSEA, 2016/2017.
- MARRI, F., « Assurance vie », Support de cours, INSEA, 2016/2017.
- PLANCHET, F., « Méthodes de lissage et d'ajustement », Support de cours 2017-2018, l'ISFA.
- VEGNI, M., Mémoire réalisé sous le thème : « Modélisation du coût des sinistres extrêmes en assurance automobile » à l'ISUP, 2011.

### Articles :

- « Assurances : Les règles prudentielles révisées », Edition N°: 3727, Le 24/02/2012.
- DARIF, N., « ASSURANCE : LA NOUVELLE REGLEMENTATION PRUDENTIELLE POUR 2021 », 20 MARS 2018.
- FAGNON, F., « Assurance/solvabilité : Les négociations s'annoncent difficiles », Edition N°: 5112, Le 25/09/2017.

# ANNEXES

## Annexe 1 : Calcul de CSR<sub>Action</sub>

	A	B	C	D	E	F
1	Risque	Choc	Valeur marchande	Perte en fonds propre	Scr sans diversification	Scr avec diversification
2	Risque d'action cotée stratégique	22%	23 888 697	5 255 513	89 529 452	84 068 301
3	Risque d'action non cotée stratégique	22%	74 257 535	16 336 658		
4	Risque d'action cotée non stratégique	39%	74 684 190	29 126 834		
5	Risque d'action non cotée non stratégique	49%	79 204 993	38 810 447		

Tableau 33 : Calcul du CSR<sub>Action</sub>

## Annexe 2 : Calcul de CSR<sub>Immobilier</sub>

	A	B	C	D	E	F
1	Risque	Choc	Valeur marchande	Perte en fonds propre	Scr sans diversification	Scr avec diversification
2	Risque d'action cotée stratégique	22%	23 888 697	5 255 513	89 529 452	84 068 301
3	Risque d'action non cotée stratégique	22%	74 257 535	16 336 658		
4	Risque d'action cotée non stratégique	39%	74 684 190	29 126 834		
5	Risque d'action non cotée non stratégique	49%	79 204 993	38 810 447		

Tableau 34 : Calcul du CSR<sub>Immobilier</sub>

## Annexe 3 : Calcul de CSR<sub>Spread</sub>

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Désignation des valeurs	Emeteur	Duration	Echelon de crédit	ai	bi	Stress	Valaeur de marché	SCRi		
2										SCR Spread	35 737 362,88
3	Oblig, ONDA (B) du 16/12/2010 à 5,38% 10 Ans	ONDA	3	4	0,00%	4,50%	0,12654789	18659959,58	2361378,42		
4	Oblig, ONDA (B) du 16/12/2010 à 5,38% 10 Ans	ONDA	3	4	0,00%	4,50%	0,12654789	18659959,58	2361378,42		
5	CIMAT 06/07/2019 Revisable	CIMAT	1	3	0,00%	2,50%	0,01320673	18659959,58	246437,11		
6	Oblig OULMES 19/05/2015 4,20% 5 ans	OULMES	1	3	0,00%	2,50%	0,03330815	18659959,58	621528,674		
7	Oblig OULMES 19/05/2015 4,20% 5 ans	OULMES	1	3	0,00%	2,50%	0,03330815	18659959,58	621528,674		
8	Oblig ONCF 28/07/2015 4,79% 10ans	ONCF	6	4	22,50%	2,50%	0,26059181	18659959,58	4862632,55		
9	Green Bond BMCE 21/11/2016 5a à 3,16%	BMCE	4	3	0,00%	2,50%	0,09274976	18659959,58	1730706,74		
10	Afrique GAZ 16/7/2020 4%	GAZ	2	3	0,00%	2,50%	0,06068306	18659959,58	1132343,36		
11	BSF EQDOM 28/11/2014 3,98% 5 ans	EQDOM	2	3	0,00%	2,50%	0,0467897	18659959,58	873093,913		
12	BSF EQDOM 28/11/2014 3,98% 5 ans	EQDOM	2	3	0,00%	2,50%	0,0467897	18659959,58	873093,913		
13	BSF SALAFIN 02/06/2021 5A 3,02%	SALAFIN	3	3	0,00%	2,50%	0,08114549	18659959,58	1514171,59		
14	BSF RCI Finance 21/09/2018 à 2,80%	RCI Finance	1	3	0,00%	2,50%	0,01848205	18659959,58	344874,312		
15	CD BMCE 30/04/2014 4,55% 5 ans	BMCE	1	3	0,00%	2,50%	0,03214693	18659959,58	599860,43		
16	CD SGMB 31/05/2021 5A 2,81%	SGMB	3	3	0,00%	2,50%	0,08128682	18659959,58	1516808,7		
17	OBLIG ONCF GARANTI 3,7% 15 ANS du 20/12/06	ONCF	2	4	0,00%	4,50%	0,10767007	18659959,58	2009119,2		
18	OBL ONCF du 30/01/2004 5,55% à 15 ans bons de 150 000 Dh	ONCF	1	4	0,00%	4,50%	0,04012515	18659959,58	748733,71		
19	Oblig Sub CAM 7ans 12/10/2023 a 4,11% REV	CAM	5	4	0,00%	4,50%	0,23493347	18659959,58	4383849,12		
20	BT OULMES 12/10/2018 2,97%	OULMES	1	3	0,00%	2,50%	0,01991532	18659959,58	371619,129		
21	ANP 31/10/2027 à 3,83% Amort	ANP	5	4	0,00%	4,50%	0,21330135	18659959,58	3980194,54		
22	BSF RCI Finance 10/2/2020 3,2%	RCI Finance	2	3	0,00%	2,50%	0,0518437	18659959,58	967401,266		
23	BSF RCI Finance 18/12/2020 3,4%	RCI Finance	3	3	0,00%	2,50%	0,07166962	18659959,58	1337352,29		
24	CD BMCE 30/04/2014 4,55% 5 ans	BMCE	1	3	0,00%	2,50%	0,03214693	18659959,58	599860,43		
25	OBLIG ONCF GARANTI 3,7% 15 ANS du 20/12/06	ONCF	2	4	0,00%	4,50%	0,09	18659959,58	1679396,36		

Tableau 35 : Calcul du CSR<sub>Spread</sub>

## Annexe 4 : Calcul de $CSR_{Taux}$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
16	BE	476 907 665,96	BE sans choc	476 742 335,61						
17	SCR longévité	165 330,35								
18	Cash flow choqué up	53 254 694,43	23 956 983,84	11 713 316,37	14 086 393,51	14 409 393,94	14 371 663,61	15 241 311,90	19 638 035,27	26 852 856,13
19	Cash flow choqué down	53 254 694,43	24 785 714,49	12 529 493,92	15 472 756,27	16 230 791,38	16 496 101,79	17 844 278,71	23 464 210,01	32 755 829,03
20	BE des engagements hausse	423 635 084,95								
21	BE des engagements baisse	532 652 003,30								
22		-	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00
23	Taux zero coupon	-	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
24										
25										
26	Variation de la NAV up	14 231 036,93	actif up	511 761 511,29	actif	578 949 405,78				
27	Variation de la Nav down	14 316 308,69	actif down	648 758 886,82						
28										
29								central	up	down
30	Maturité	choc à la hausse	choc à la baisse					passif nn vie		
31	0	0,7	-0,75					1 985 680 986,54	1 886 154 071,71	2 080 460 637,69
32	1	0,7	-0,75					476 742 335,61	423 785 478,05	532 235 507,96
33	2	0,7	-0,65					2 462 423 322,15	2 309 939 549,76	2 612 696 145,65
34	3	0,64	-0,56					2 789 279 984,97	2 605 574 282,35	2 966 103 618,34
35	4	0,59	-0,5							
36	5	0,55	-0,46							
37	6	0,52	-0,42							
38	7	0,49	-0,39							
39	8	0,47	-0,36							
40	9	0,44	-0,33							
41	10	0,42	-0,33							
42	11	0,39	-0,31							
43	12	0,37	-0,3							
44	13	0,35	-0,29							
45	14	0,34	-0,28							
								up	down	
								var NAV	- 12 488 772,09	10 620 323,95
								Delta passif	- 60 109 129,40	

Tableau 36 : Calcul de  $CSR_{Taux}$

Ces chiffres ont été utilisés pour calculer le  $CSR_{Taux}$  ainsi que le Best Estimate non vie vu que les résultats obtenus pour le provisionnement en non vie n'ont pas été satisfaisants.

Année	Cash Flow sinistre
2000	267 402 265,27
2001	161 618 530,96
2002	119 727 624,76
2003	86 984 268,05
2004	58 495 485,69
2005	37 877 712,18
2006	27 541 811,27
2007	20 271 742,73
2008	15 841 766,32
2009	14 370 863,34
2010	11 541 896,55
2011	11 002 972,86
2012	10 353 570,80
2013	10 446 633,26
2014	11 160 354,91
2015	15 378 626,97
2016	10 088 528,31

Tableau 37 : Cash out de la branche non vie proposé par le service de provisionnement de la compagnie

## Annexe 5 : Calcul de CSR<sub>Concentration</sub>

Correlation	Taux	Action	Imm.	Spread	Conc.	Correlation	Taux	Action	Imm.	Spread	Conc.
Taux	100%	0%	0%	0%	0%	Taux	100%	50%	50%	50%	0%
Action	0%	100%	75%	75%	0%	Action	50%	100%	75%	75%	0%
Imm.	0%	75%	100%	50%	0%	Imm.	50%	75%	100%	50%	0%
Spread	0%	75%	50%	100%	0%	Spread	50%	75%	50%	100%	0%
Conc.	0%	0%	0%	0%	100%	Conc.	0%	0%	0%	0%	100%
	12488772,09	131348110	105036618,7	112894875,87	87566163		85132603,63	137592496,2	111281004,8	119139261,9	87566163
	12488772,09	125886959,7	100940755,9	108799013	87566163		82402028,4	132131345,8	107185141,9	115043399,1	87566163
		25 720 814 006 868 200,00					2,75353E+16		2,67839E+16		
			25003502214647200,00								
<b>Sovabilité II</b>											
	SCR Marché sans diversification	160 377 099,38					SCR Marché sans diversificatio	165937574,2			
	SCR Marché avec diversification	158124957,6					SCR Marché avec diversificatio	163657768,5			
<b>SBR</b>											
	SCR Marché avec diversification	94347454,49									
	SCR Marché sans diversification	99244575,22									

Tableau 38 : Calcul de CSR<sub>Concentration</sub>

## Annexe 6 : Calcul du CSR<sub>Marché</sub>

A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	Groupe d'émetteur	Valeur de marché	Exposition Totale	Echelon de crédit	Seuil Maximal	Facteur de risque	Exces en seuil	Risque de concentration	Conci²2
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
9	Akwa	26224808	3%	3	2%	0,27	0,01	0,001868957	3,493E-06
10	Renault	26224808	5%	3	2%	0,27	0,03	0,008584665	7,3696E-05
11	Société générale	26224808	11%	5	2%	0,73	0,09	0,067762689	0,00459178
12	Crédit Agricole du Maroc	26224808	4%	4	2%	0,73	0,02	0,017252832	0,00029766
13	ANP	26224808	0%	4	2%	0,73	-	0	0
14	Attijariwafa bank	26224808	14%	3	2%	0,27	0,12	0,031936118	0,00101992
15	Sanlam	26224808	2%	4	2%	0,73	0,02	0,0146	0,00021316
16	Holmacorm	26224808	2%	4	2%	0,73	0,02	0,0146	0,00021316
17	Addoha	26224808	2%	4	2%	0,73	0,02	0,0146	0,00021316
18	HeidelbergCemant	26224808	2%	3	2%	0,27	0,02	0,0054	0,00002916
19	SNI	26224808	2%	6	2%	0,73	0,02	0,0146	0,00021316
20	CDG	26224808	1%	6	2%	0,73	-	0	0
21	Disway	26224808	2%	3	2%	0,27	0,02	0,0054	0,00002916
22	Marsa Maroc	26224808	2%	3	2%	0,27	0,02	0,0054	0,00002916
23	CAT	26224808	3%	3	2%	0,27	0,01	0,002980465	8,8832E-06
24	Dalkia	26224808	0%	2	3%	0,21	-	0	0
25	Maroc telecom	26224808	11%	5	2%	0,73	0,09	0,066070989	0,00436538
26	BCP	26224808	0%	4	2%	0,73	-	0	0
27	Microdata	26224808	1%	3	2%	0,27	-	0	0
28	S2M	26224808	0%	4	2%	0,73	-	0	0
29	ONA	26224808	1%	4	2%	0,73	-	0	0
30	Total Maroc	26224808	3%	3	2%	0,27	0,01	0,002246897	5,0485E-06
31	Managem	26224808	1%	4	2%	0,73	-	0	0
32	BGI	26224808	3%	3	2%	0,27	0,01	0,00180236	3,2485E-06
33	ALLIANCE	26224808	1%	2	3%	0,21	-	0	0
34									
35	Somme	786744240						Somme Conci	0,01238812
36								SCR Conc de la VM	0,11130194
37									
38								SCR Concentration	87566163,1

Tableau 39 : Calcul du CSR<sub>Maarché</sub>

## Annexe 7 : Construction de la courbe des taux zéro-coupon

La construction de la courbe de taux zéro-coupon passe par le choix d'une courbe de taux de référence, la courbe de taux qu'on a choisi est celle des taux actuariels des bons du Trésor publiée par Bank Al Maghreb le 29/12/2017.

Date d'échéance	Transaction	Taux moyen pc	Date de la valeur	Maturité
15/01/2018	65	2,20%	20/12/2017	0,071
19/03/2018	76,38	2,18%	28/12/2017	0,222
16/06/2018	52,51	2,35%	27/12/2017	0,468
17/09/2018	40,35	2,36%	29/12/2017	0,718
10/10/2018	80,44	2,38%	29/12/2017	0,781
19/11/2018	270,01	2,39%	29/12/2017	0,890
05/12/2018	513,78	2,37%	29/12/2017	0,934
14/01/2019	55,63	2,40%	29/12/2017	1,044
18/03/2019	49,04	2,43%	29/12/2017	1,216
14/04/2019	40,29	2,46%	29/12/2017	1,290
16/09/2019	160,81	2,53%	29/12/2017	1,715
20/04/2020	39,29	2,58%	29/12/2017	2,310
20/07/2020	55,9	2,61%	29/12/2017	2,559
18/10/2021	50,84	2,80%	29/12/2017	3,805
03/04/2023	244,52	2,80%	29/12/2017	5,263
14/06/2027	270,82	3,20%	29/12/2017	9,463
16/04/2029	430,89	3,51%	29/12/2017	11,304
18/07/2031	24,84	3,65%	28/12/2017	13,562
18/08/2036	145,49	3,88%	29/12/2017	18,649
19/02/2046	56,28	4,33%	28/12/2017	28,164

Figure 40 : Taux de référence du marché secondaire des bons de trésors, date 29/12/2017

### Interpolation de la courbe des taux de référence

On transforme premièrement les taux monétaires correspondant à des maturités inférieures à un an au taux actuariels.

La différence entre le taux monétaire et le taux de rendement actuariel se traduit en termes de durée.

En effet, le taux monétaire étant le taux d'intérêt du marché monétaire où s'échangent des produits financiers d'une durée de vie inférieure à 1 an, celui-ci correspond à une durée qui ne dépasse pas l'année. Ce type de taux est calculé sur une base de 360 jours dite année commerciale. Par opposition donc aux taux monétaires, les

taux actuariels, eux, correspondent à une durée supérieure à 1 an. Les taux de rendement actuariels sont calculés en base nombre de jours exacts.

Le passage du taux monétaire au taux actuariel se fait suivant la relation suivante, étant la durée en jours :

$$T_a = \left(1 + \frac{n \times T_m}{360}\right)^{\frac{365}{n}} - 1$$

$T_m$ : Le taux monétaire ;

$T_a$ : Le taux actuariel ;

$n$  : Le nombre de jours de placement.

Durée en jours	Taux moyen pond	Taux actuariel
26	2,20%	2,25%
81	2,18%	2,23%
171	2,35%	2,40%
262	2,36%	2,40%
285	2,38%	2,42%
325	2,39%	2,43%
341	2,37%	2,40%
381	2,40%	2,40%
444	2,43%	2,43%
471	2,46%	2,46%
626	2,53%	2,53%
843	2,58%	2,58%
934	2,61%	2,61%
1389	2,80%	2,80%
1921	2,80%	2,80%
3454	3,20%	3,20%
4126	3,51%	3,51%
4950	3,65%	3,65%
6807	3,88%	3,88%
10280	4,33%	4,33%

Figure 41 : Taux actuariel

Une fois la courbe de taux actuariel bien définie, on passe à l'étape de l'interpolation linéaire.

### Interpolation de la courbe des taux de référence

Nous disposons des taux des transactions de maturités non entières calculés à partir des dates de valeur et d'échéance, par interpolation linéaire nous obtenons les

taux actuariels de maturités pleines

[1,2,3,4,5,6,7,8,8,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20].

La formule de l'interpolation linéaire utilisée est la suivante :

$$R(t_p) = R(t_1) + (R(t_2) - R(t_1)) * \frac{t_p - t_1}{t_2 - t_1}$$

En connaissant  $R(t_1)$  et  $R(t_2)$  nous obtenons une valeur approximative de  $R(t_p)$  avec  $t_p$  est la maturité pleine.

La courbe des taux obtenue après interpolation est la suivante :

Durée	Taux actuariel interpolé
1	2,40%
2	2,55%
3	2,67%
4	2,80%
5	2,80%
6	2,87%
7	2,97%
8	3,06%
9	3,16%
10	3,29%
11	3,46%
12	3,56%
13	3,62%
14	3,67%
15	3,71%
16	3,76%
17	3,80%
18	3,04%
19	3,89%
20	3,94%

21	3,99%
22	4,04%
23	4,08%
24	4,13%
25	4,18%
26	4,22%
27	4,27%
28	4,32%

Tableau 42: Taux actuariel interpolé de maturité pleine

### Transformation en courbe de taux zéro-coupons par méthode de bootstrapping

Le bootstrapping est une procédure qui permet de reconstituer une courbe zéro-coupon pas à pas, i.e. segment de maturité par segment de maturité.

La courbe des taux interpolée obtenue à l'étape précédente est transformée en une courbe zéro-coupons en supposant que les prix des obligations des bons du trésor sont « au pair » (le prix d'émission de l'obligation est égal à 100% de la valeur nominale).

Cette méthode se base sur le principe que «le prix théorique d'une obligation égalise la somme des différents flux actualisés au différents taux zéros coupon respectifs au maturités de chacun de ses mêmes flux.

Le taux zéro coupon  $R(t_a)$  qu'on souhaite déterminer pour un nominal  $N$  et un coupon versé  $C_a$  est :

$$R(t_a) = \left( \frac{N + C_a}{N - C_a \sum_{i=1}^{a-1} \left( \frac{1}{1 + R(t_i)} \right)} \right)^{\frac{1}{a}} - 1$$

Qui se simplifie en la formule suivante

$$R(t_a) = \left( \frac{1 + r_a}{1 - r_a \sum_{i=1}^{a-1} \left( \frac{1}{1 + R(t_i)} \right)} \right)^{\frac{1}{a}} - 1$$

Où :

$r_a$ : Le taux d'intérêt facial

La courbe des taux zéro coupon obtenu est la suivante :

Durée (en années)	Taux actuariels interpolés	Taux zéro-coupon
1	2,40%	2,40%
2	2,55%	2,56%
3	2,67%	2,68%
4	2,80%	2,81%
5	2,80%	2,81%
6	2,87%	2,88%
7	2,97%	2,98%
8	3,06%	3,09%
9	3,16%	3,20%
10	3,29%	3,35%
11	3,46%	3,55%
12	3,56%	3,66%
13	3,62%	3,73%
14	3,67%	3,80%
15	3,71%	3,85%
16	3,76%	3,90%
17	3,80%	3,96%
18	3,85%	4,02%
19	3,85%	4,00%
20	3,89%	4,07%
21	3,94%	4,14%
22	3,99%	4,21%
23	4,04%	4,28%
24	4,08%	4,36%
25	4,13%	4,43%

26	4,18%	4,51%
27	4,22%	4,60%
28	4,27%	4,69%

Tableau 43 : Taux zéro coupon retrouvés


## Annexe 8 : Utilisation du solveur

Pour résoudre notre problème d'optimisation avec Excel, nous avons utilisé des formules mathématiques et autres outils simples et accessibles.

Nous insisterons sur le solveur, car le solveur est un outil complémentaire que vous pouvez utiliser pour optimiser le modèle que vous avez déjà préparé. Vous pouvez essayer de maximiser vos profits, minimiser vos pertes ou atteindre un objectif avec le moindre de ressources possibles. Il ne faut surtout pas oublier d'ajouter les contraintes qui limitent votre modèle. Sinon, votre résultat ira vers l'infini.

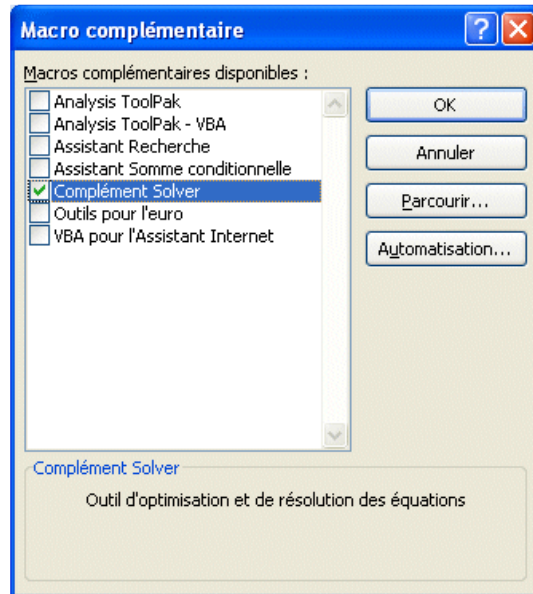
### Activer le Solveur

Puisqu'il s'agit d'un modèle complémentaire, il n'est pas disponible dès l'ouverture d'Excel. Suivez les instructions ci-dessous pour activer le Solveur.

- Appuyez sur le bouton Office. 
- Appuyez sur le bouton Options Excel.
- De la colonne de gauche, sélectionnez la catégorie Compléments.

Gérer: Compléments Excel

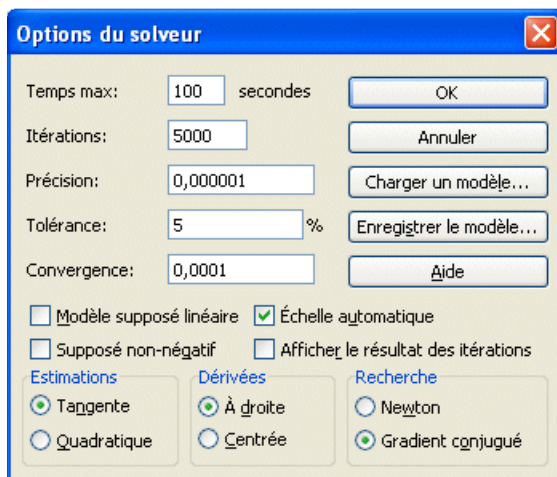
- De la zone Gérer, sélectionnez l'option Compléments Excel et appuyez sur le bouton Atteindre.
- De la liste des macros complémentaires, activez l'option Complément Solver.
- Appuyez sur le bouton OK.



C'est à la fin de l'onglet Données que vous allez maintenant retrouver l'outil Solveur.

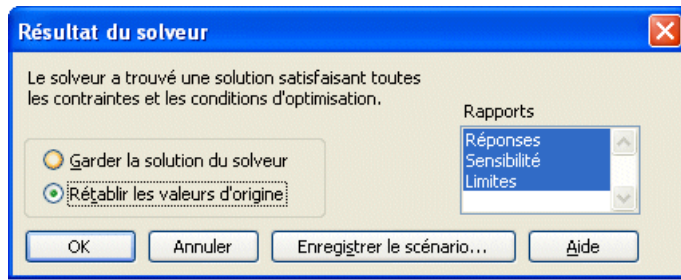
### Options du Solveur

- Appuyez sur le bouton Options.



Le solveur vous offre plusieurs options pour vous aider à le gérer. Vous pouvez placer un temps maximum pour trouver la solution optimale. Vous pouvez aussi déterminer le nombre d'essais, ou d'itérations, que le solveur peut prendre pour trouver la solution. Le degré de précision, de tolérance et convergence vous aide à déterminer à quel point vous serez proche de la solution optimale selon le type de modèle que vous avez. Le modèle supposé linéaire optimise le solveur pour des modèles simples. Vous pouvez aussi choisir parmi plusieurs types d'estimations, de dérivées et de types de recherches pour retrouver la solution optimale qui varie d'efficacité selon les équations à résoudre.

- Activez l'option Échelle automatique.
- Pour sortir des options du Solveur, appuyez sur le bouton OK.
- Résoudre le problème
- Appuyez sur le bouton Résoudre.



- Sélectionnez l'option Complément Solveur.
- Appuyez sur le bouton OK.

Excel va générer trois nouvelles feuilles de calcul avec les résultats d'analyse du degré de réponse et de sensibilité des variables ainsi que leurs limites. Cela vous aidera à déterminer quelles sont les variables les plus importantes selon leur impact sur votre modèle.

## Annexe 9 : Résolution du problème d'allocation stratégique

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
6		Moteur : GRG non linéaire								
7		Heure de la solution : 1,357 secondes.								
8		Itérations : 4 Sous-problèmes : 0								
9		<b>Options du solveur</b>								
10		Temps max Illimité, Itérations Illimité, Precision 0,000001, Échelle automatique								
11		Convergence 0,0001, Taille de la population 100, Valeur de départ aléatoire 0, Dérivées - Transfert, Limites requises								
12		Sous-problèmes max Illimité, Solutions de nombre entier max Illimité, Tolérance des nombres entiers 1%, Supposé non négatif								
13										
14		Cellule objectif (Min)								
15		<b>Cellule</b>	<b>Nom</b>	<b>Valeur initiale</b>	<b>Valeur finale</b>					
16		\$I\$14	SCR Marché Portefeuille	126 441 604,42	79 210 742,48					
17										
18										
19		Cellules variables								
20		<b>Cellule</b>	<b>Nom</b>	<b>Valeur initiale</b>	<b>Valeur finale</b>	<b>Entier</b>				
21		\$I\$6	Xi Action	21%	2%	Suite				
22		\$J\$6	Xi Obligation	73%	92%	Suite				
23		\$K\$6	Xi Immobilier	5,64%	5,25%	Suite				
24										
25										
26		Contraintes								
27		<b>Cellule</b>	<b>Nom</b>	<b>Valeur de la cellule</b>	<b>Formule</b>	<b>État</b>	<b>Marge</b>			
28		\$B\$674	Somme des poids : $\sum Xi$ Action	100%	\$B\$674=1	Lié	0			
29		\$I\$10	E(Rp) Portefeuille	0,000848834	\$I\$10=\$I\$10	Lié	0			
30		\$I\$6	Xi Action	2%	\$I\$6=\$I\$10	Non lié	0,57603666			
31		\$I\$6	Xi Action	2%	\$I\$6>=0	Non lié	2%			
32		\$J\$6	Xi Obligation	92%	\$J\$6<=1	Non lié	0,076452653			
33		\$J\$6	Xi Obligation	92%	\$J\$6>=0	Non lié	92%			
34		\$K\$6	Xi Immobilier	5,25%	\$K\$6>=0	Non lié	0,347510689			
35		\$K\$6	Xi Immobilier	5,25%	\$K\$6>=0	Non lié	5,25%			

Tableau 44 : Solution de la répartition optimale

## Annexe 10 : Les taux de sorties respectivement selon l'option capital selon les tranches d'âge et la table de mortalité utilisée dans le calcul du passif vie

Ces tableaux ont été utilisés pour le calcul du passif vie de la compagnie notamment les engagements de l'assureur suite aux sorties capital et décès.

Taux de sorties		Capital					Total général	Taux choisis
Tranche 2	2012	2013	2014	2015	2016			
1	0,04%	0,66%	0,20%	0,08%	0,36%	0,27%	0,27%	
2	2,99%	2,78%	2,42%	2,70%	2,90%	2,76%	2,76%	
3	26,98%	36,19%	30,24%	26,72%	36,81%	30,88%	30,88%	
4	30,59%	26,53%	17,06%	21,23%	11,56%	21,34%	21,34%	
5	2,35%	1,93%	1,55%	1,03%	21,52%	6,72%	6,72%	
<b>Total général</b>	<b>2,58%</b>	<b>2,88%</b>	<b>2,29%</b>	<b>2,61%</b>	<b>4,82%</b>	<b>3,01%</b>		

Tableau 45 : Taux de sortie de capital

Age	Lx	dx	qx
0	100000	648	0,00648
1	99352	58	0,00058378
2	99294	33	0,00033235
3	99261	25	0,00025186
4	99236	22	0,00022169
5	99214	20	0,00020158
6	99194	17	0,00017138
7	99177	16	0,00016133
8	99161	16	0,00016135
9	99145	16	0,00016138
10	99129	17	0,00017149
11	99112	16	0,00016143
12	99096	15	0,00015137
13	99081	19	0,00019176
14	99062	21	0,00021199
15	99041	23	0,00023223
16	99018	29	0,00029288
17	98989	34	0,00034347
18	98955	42	0,00042444
19	98913	44	0,00044484
20	98869	46	0,00046526
21	98823	45	0,00045536

Projet de fin d'étude

22	98778	44	0,00044544
23	98734	45	0,00045577
24	98689	49	0,00049651
25	98640	50	0,00050689
26	98590	53	0,00053758
27	98537	55	0,00055817
28	98482	54	0,00054832
29	98428	57	0,0005791
30	98371	61	0,0006201
31	98310	63	0,00064083
32	98247	65	0,0006616
33	98182	71	0,00072315
34	98111	80	0,0008154
35	98031	89	0,00090788
36	97942	91	0,00092912
37	97851	98	0,00100152
38	97753	105	0,00107414
39	97648	114	0,00116746
40	97534	121	0,00124059
41	97413	131	0,00134479
42	97282	144	0,00148023
43	97138	157	0,00161626
44	96981	171	0,00176323
45	96810	188	0,00194195
46	96622	198	0,00204922
47	96424	206	0,0021364
48	96218	223	0,00231765
49	95995	243	0,00253138
50	95752	264	0,00275712
51	95488	286	0,00299514
52	95202	310	0,00325623
53	94892	332	0,00349871
54	94560	345	0,00364848
55	94215	367	0,00389535
56	93848	401	0,00427287
57	93447	433	0,00463364
58	93014	469	0,00504225
59	92545	495	0,00534875
60	92050	527	0,00572515
61	91523	569	0,00621702
62	90954	611	0,00671768
63	90343	656	0,00726122
64	89687	709	0,00790527
65	88978	752	0,00845153
66	88226	817	0,00926031
67	87409	896	0,01025066

68	86513	991	0,01145493
69	85522	1082	0,01265172
70	84440	1189	0,014081
71	83251	1315	0,01579561
72	81936	1452	0,01772115
73	80484	1604	0,01992943
74	78880	1776	0,02251521
75	77104	1968	0,02552397
76	75136	2155	0,02868132
77	72981	2384	0,03266604
78	70597	2635	0,03732453
79	67962	2919	0,04295047
80	65043	3191	0,04905985
81	61852	3473	0,05615016
82	58379	3765	0,06449237
83	54614	3989	0,07303988
84	50625	4170	0,08237037
85	46455	4325	0,09310085
86	42130	4392	0,10424875
87	37738	4398	0,11654036
88	33340	4360	0,13077385
89	28980	4241	0,14634231
90	24739	4035	0,16310279
91	20704	3745	0,18088292
92	16959	3379	0,19924524
93	13580	2944	0,2167894
94	10636	2518	0,23674314
95	8118	2061	0,25388027
96	6057	1679	0,27719993
97	4378	1282	0,29282778
98	3096	912	0,29457364
99	2184	705	0,3228022
100	1479	518	0,35023665
101	961	362	0,37669095
102	599	241	0,40233723
103	358	153	0,4273743
104	205	92	0,44878049
105	113	54	0,47787611
106	59	29	0,49152542
107	30	16	0,53333333
108	14	8	0,57142857
109	6	4	0,66666667
110	2	2	1

Tableau 46 : Table de mortalité TV 88-90 pour les sorties décès

