



Mémoire de fin d'Etudes

Thème :

Evaluation du besoin en fonds propres économiques de souscription non vie : Cas de MAE assurances

Présenté(e) et soutenu(e) par :

Raja CHERIF

Encadré(e) par :

Mr Najed KSOURI

Etudiant(e) parrainé(e) par :

Mutuelle Assurance de l'Enseignement

DEDICACE

Je dédie ce travail à la personne qui a été la première à me féliciter pour ma réussite au concours de l'IFID, qui m'a toujours soutenu et encouragé, à la mémoire de ma tante Wassila Cherif. J'aurais tant souhaité qu'elle soit présente pour ce moment. Que Dieu accorde à son âme Sa sainte miséricorde et l'accueille dans Son vaste paradis, Inch'Allah.

REMERCIEMENTS

Je souhaite exprimer ma profonde gratitude à mon encadrant, Monsieur **Mohamed Najed Ksouri**, pour la qualité de son encadrement et sa rigueur scientifique. Grâce à ses conseils avisés et son encadrement bienveillant, j'ai pu naviguer avec confiance à travers les défis rencontrés au cours de cette recherche. Son soutien constant et ses remarques pertinentes ont largement contribué à la qualité de ce mémoire. Je lui suis profondément reconnaissante pour l'opportunité qu'il m'a offerte de bénéficier de son savoir et pour l'attention particulière qu'il a portée à mon travail.

Je tiens également à remercier chaleureusement l'ensemble du personnel de la "Mutuelle Assurance de l'Enseignement", en particulier ceux de la Direction Actuariat et de la Direction Gestion des Risques. Je suis particulièrement reconnaissante à mes tuteurs de stage, Monsieur **Slim Tayeg** et Madame **Zohra Oueslati**, pour leur accueil chaleureux, leur disponibilité et leurs précieux conseils.

Mes remerciements s'adressent également à tous mes professeurs et enseignants, à qui je dois une grande partie de mon parcours.

Enfin, je n'oublie pas de remercier mes chers parents, mes amis et mes proches pour leur encouragement constant.

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES.....	.....
LISTE DES TABLEAUX .....	.....
LISTE DES ABREVIATIONS .....	.....
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : CONTEXTE ET CADRE DE SOLVABILITE.....	3
SECTION 1 : SOLVABILITE DES COMPAGNIES D'ASSURANCE ET EXIGENCE QUANTITATIVE.....	4
SECTION 2 : APPROCHES USUELLES DE MODELISATION DU CAPITAL EXIGE RELATIF AU RISQUE DE SOUSCRIPTION NON VIE.....	7
SECTION 3 : NORME EUROPEENNE	21
SECTION 4 : NORMES INTERNATIONALES : MODELE AMERICAIN RBC ET MODELE STANDARD AND POOR'S	36
SECTION 5: MODELES DE SOLVABILITE BASEE SUR LES RISQUES	40
CHAPITRE II : EVALUATION DU BESOIN DE LA MAE EN FONDS PROPRES DE SOUSCRIPTION NON VIE SELON DIFFERENTS MODELES.....	46
SECTION I : PRESENTATION DE LA MUTUELLE ASSURANCE DE L'ENSEIGNEMENT	47
SECTION 2: DETERMINATION DE SCR PRIME ET RESERVE NON VIE PAR DIFFERENTS MODELES	52
SECTION 3: DETERMINATION DE SCR PRIME ET RESERVE NON VIE PAR LA FORMULE STANDARD-CALIBRAGE DES USP.....	61
SECTION 4 : ANALYSE COMPARATIVE DES BESOINS DE LA MAE EN FONDS PROPRES DE SOUSCRIPTION SELON LES DIFFERENTS MODELES ETUDIES .	76
CONCLUSION GENERALE	82
ANNEXES.....	84
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	85
TABLE DES MATIERES	87

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Structure du SCR selon la formule standard de QIS5	12
Figure 2: Périmètre d'application des USP	18
Figure 3: Les piliers de SOLVABILITE II	26
Figure 4: Evolution du bilan entre SOLVABILITE I et SOLVABILITE II.....	28
Figure 5: Analyse de la solvabilité pour le modèle S&P	38
Figure 6: Matrice de décomposition des risques pour le modèle de Standard and Poor's.....	39
Figure 7: Plan de travail pour l'élaboration du projet solvabilité basée sur les risques	43
Figure 8: Les piliers de SBR tunisien.....	44
Figure 9: Evolution du chiffre d'affaires.....	49
Figure 10: Portefeuille de la MAE en 2023	49
Figure 11 :Primes émises et acceptées de l'assurance automobile par compagnie en 2022	51
Figure 12: Module de risques souscription non vie sous SBR.....	59
Figure 13: Charge sinistre après un an en fonction des primes acquises RC automobile.....	63
Figure 14: Charge sinistre après un an en fonction des primes acquises Dommages automobile.....	63
Figure 15: Test de proportionnalité sur variance de la charge sinistre pour les deux segments	64
Figure 16: Test de log-normalité pour le risque de primes	64
Figure 17: Charge sinistre de clôture en fonction des provisions d'ouverture Dom Auto.....	70
Figure 18: Charge sinistre de clôture en fonction des provisions d'ouverture RC Auto	70
Figure 19: Test de log-normalité pour le risque de réserves RC auto et dommages auto.....	71
Figure 20 : Comparaison entre RC automobile et Dommages automobile.....	76
Figure 21 : Comparaison des effets de diversification	77
Figure 22:Comparaison des exigences de capital	79

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Matrice de corrélation entre les sous modules du SCR de souscription non-vie ..	14
Tableau 2: Facteurs de crédibilité selon les segments d'activité.....	20
Tableau 3:Tableau comparatif des normes.....	45
Tableau 4: Marge de solvabilité de MAE pour l'assurance non vie 2022	50
Tableau 5: Evolution des principaux indicateurs de l'assurance automobile en 2023 (M.D)..	51
Tableau 6: Output USP prime	68
Tableau 7: Output USP réserve	74

LISTE DES ABREVIATIONS

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

AICA : Association Internationale des Contrôleurs d'Assurance

BE : Best Estimate

CGA : Comité Général des Assurances

C-ROSS : China Risk-Oriented Solvency System

ECA : Economic Capital Available

EIOPA : European Insurance and Occupational Pensions Authority

ICS : Insurance Capital Standard

IFRS : International Financial Reporting Standards

ITS : Implementation Technical Standards

LoB : Line Of Business

MCR : Minimum Capital Requirement

NAIC : National Association of Insurance Commissioners

ORSA : Own Risk Solvency Assessment

QIS : Quantitative Impact Study

RBC : Capital Basé sur le Risque

RM : Risk Margin

SAP : Sinistres à Payer

SBR : Solvabilité Basée sur les Risques

SCR : Solvency Capital Requirement

SF : Formule Standard

SST : Test Suisse de Solvabilité

TAC : Total Adjusted Capital

TRC : Total Required Capital

USP : Undertaking Specific Parameters

VaR : Value at Risk

WCY : Worst Case Year

INTRODUCTION GENERALE

L'augmentation des risques et l'apparition de nouvelles menaces exigent que les compagnies d'assurance soient financièrement solides et bien gérées. L'évolution du secteur a rendu ce métier de plus en plus complexe et incertain, ce qui justifie la nécessité d'une réglementation spécifique pour protéger les intérêts des souscripteurs. Ces changements ont conduit presque toutes les économies développées à revoir en profondeur leurs systèmes de contrôle de la solvabilité des assurances, en mettant l'accent sur une réglementation fondée sur les risques.

En ce qui concerne le marché tunisien des assurances, le régulateur s'est engagé dans un nouveau projet à travers la mise en place d'une nouvelle norme réglementaire, la Solvabilité basée sur les risques, afin de se conformer aux exigences internationales en matière de contrôle et de régulation des compagnies d'assurance et de permettre une meilleure identification et maîtrise des différents risques auxquels ces compagnies sont confrontées.

La Solvabilité Basée sur les risques, actuellement en phase d'étude et de calibration des paramètres, vise à harmoniser le marché de l'assurance en Tunisie en tenant compte de l'ensemble des risques auxquels les compagnies sont exposées. Elle encourage les acteurs du marché à mieux comprendre leur secteur et incite les compagnies d'assurance et de réassurance à évaluer leur solvabilité en considérant tous les risques liés à leurs activités. L'objectif principal est de garantir que ces entreprises disposent de fonds propres suffisants pour honorer leurs engagements envers les assurés en cas de sinistre, en définissant un capital de solvabilité qui prend en compte l'ensemble des risques inhérents à leurs opérations.

Ce mémoire vise à déterminer le capital de solvabilité requis selon diverses normes et analyser le besoin réel en fonds propres pour le risque de souscription de la MAE en utilisant les USP. Pour ce faire, nous appliquerons la formule standard de Solvabilité II, en intégrant des paramètres spécifiques à la MAE, afin d'évaluer si l'adoption des USP serait bénéfique. Nous examinerons également la position de la MAE par rapport aux autres normes en calculant les exigences quantitatives des modèles de Solvabilité internationaux, du modèle de solvabilité basé sur les risques utilisé au Maroc et en Tunisie. Nous permettons ainsi de repérer le modèle utilisé au sein de la MAE par rapport aux autres modèles. Il est important de préciser que notre étude se concentrera exclusivement sur le risque de primes et de réserves dans la branche automobile. Ce risque, résultant de la sous-évaluation des tarifs d'assurance et de l'insuffisance

des provisions, affecte directement l'activité technique de l'assureur et menace sa capacité financière à honorer ses engagements.

Ce mémoire vise à répondre à la problématique suivante :

Quel capital de solvabilité est nécessaire pour se protéger contre le risque de souscription non-vie pour une mutuelle d'assurance ?

Sous cette problématique principale, plusieurs sous-questions se posent :

- **Quel capital de solvabilité est requis pour couvrir le risque de souscription non-vie en utilisant la formule standard de la directive Solvabilité II avec des paramètres spécifiques à la MAE ?**
- **Quel serait le capital de solvabilité requis pour le module de souscription non-vie en appliquant les autres modèles de solvabilité?**

Afin de répondre à cette problématique, notre travail sera donc devisé en deux parties. Dans la première partie, nous présenterons d'abord le cadre théorique de la solvabilité, puis nous exposerons les expériences internationales en matière de solvabilité des assurances, et ce en présentant trois expériences internationales, à savoir la norme européenne, américaine et Standard and Poor's ainsi que l'expérience marocaine et tunisienne. De surcroit, nous présenterons les approches usuelles de modélisation du capital exigé relatif aux risques de souscription non vie. La deuxième partie sera consacrée à l'évaluation du besoin en fonds propres de souscription non vie de la MAE selon les différents modèles de solvabilité, ainsi qu'au calibrage des USP pour le risque de primes et de réserves. Enfin, une comparaison des résultats obtenus sera effectuée.

CHAPITRE I : CONTEXTE ET CADRE DE SOLVABILITE

CHAPITRE I : CONTEXTE ET CADRE DE SOLVABILITE

Introduction :

La solvabilité revêt une grande importance du point de vue de la régulation et de la gestion des risques dans le secteur de l'assurance. De ce fait, comprendre l'importance de la solvabilité est primordial pour les professionnels de l'assurance et les régulateurs afin d'assurer le bon fonctionnement du marché et la confiance des parties prenantes.

Pour cela, nous commencerons par exposer les concepts fondamentaux de la solvabilité des compagnies d'assurance. Ensuite, nous aborderons les approches utilisées pour modéliser le capital requis pour le risque de souscription non-vie. Par la suite, nous passerons en revue les différentes normes de solvabilité à l'échelle mondiale, notamment la Solvabilité II, le modèle américain, le modèle de Standard and Poor's, ainsi que les modèles SBR marocain et tunisien.

SECTION 1 : SOLVABILITE DES COMPAGNIES D'ASSURANCE ET EXIGENCE QUANTITATIVE

1. Définition de la solvabilité

L'activité d'assurance est une activité spécifique en raison de son cycle d'exploitation inversé qui fait que la compagnie d'assurance perçoit d'abord la prime puis paie les prestations ultérieurement, sans connaître préalablement le coût des sinistres. Ce caractère aléatoire engendre des risques d'actifs et du passif pour les compagnies d'assurance. C'est pourquoi les fonds propres d'un assureur jouent un rôle de tampon absorbant de chocs.

Dans ce cadre, la compagnie d'assurance est tenue de s'assurer que la valeur des actifs dépasse au moins celle de l'ensemble des passifs, c'est-à-dire disposer des fonds propres suffisants pour garantir le bon règlement des sinistres et plus généralement la solvabilité de la compagnie. En effet, la solvabilité, qui est définie comme la capacité d'une entreprise à honorer ses engagements à long et à court terme, revêt une importance capitale dans le secteur des assurances. Un assureur est solvable lorsqu'il peut satisfaire aux obligations de ses contrats en toute circonstance raisonnablement prévisible. Fondamentalement, cela se résume à la capacité pour les assureurs de disposer suffisamment de ressources pour faire face aux risques portés. En effet, le risque lié au passif découle notamment de tarifs insuffisants et d'une sur-provision ou sous-provision, tandis que le risque associé à l'actif est étroitement lié au choix des placements

et à la qualité des réassureurs. Par conséquent, la notion de solvabilité dépend d'un côté de l'importance des ressources disponibles de la compagnie comme des fonds propres et actifs et de l'autre côté, de ses engagements pris envers les assurés qui sont essentiellement les provisions techniques. Pour cette raison, les assureurs sont tenus d'évaluer et quantifier les risques auxquels ils sont exposés, notamment les risques liés aux marchés financiers et aux sinistres.

Pour renforcer sa solvabilité, une compagnie d'assurance doit mettre en œuvre plusieurs stratégies. Tout d'abord, elle doit veiller à détenir des provisions calculées en se basant sur des hypothèses et en utilisant des méthodes de provisionnement pertinentes et adéquates. Ces provisions doivent être suffisamment élevées pour couvrir les règlements futurs prévus. En outre, l'assureur doit fixer des limites de gestion d'actifs, définissant ainsi des règles strictes pour ses investissements. Cela garantit une allocation et une gestion équilibrée de ses actifs. Enfin, la couverture de la marge de solvabilité est primordiale. Les compagnies d'assurance doivent établir un état qui rapproche la marge de solvabilité de l'exigence minimale requise. Cette exigence minimale diffère d'une branche à une autre et constitue un indicateur important de la capacité de l'entreprise à honorer ses engagements financiers. En combinant ces stratégies, une compagnie d'assurance peut renforcer sa solvabilité et assurer sa stabilité financière à long terme.

Devant ces constats, les pouvoirs publics ont pris conscience de la nécessité d'assurer le bon fonctionnement du marché de l'assurance et la protection des assurés contre le risque de faillite des assureurs. Dans cet objectif, ils ont cherché à établir un cadre législatif rigoureux encadrant la gestion des compagnies d'assurance et des normes permettant le contrôle de la solidité financière des différents intervenants du secteur. Ce cadre vise à assurer que les assureurs disposent de fonds suffisants pour répondre à leurs engagements envers les assurés, même dans des scénarios défavorables. En effet, les assureurs doivent respecter des règles dites "prudentielles" qui les contraignent notamment à mettre en adéquation leur niveau de fonds propres avec les risques auxquels elles sont confrontées. Ainsi, ils doivent justifier d'un capital minimum appelé marge de solvabilité. Ce capital minimum est destiné à garantir les engagements vis-à-vis des assurés et à leur permettre de faire face aux aléas inhérents à l'activité d'assurance.

Dans chaque pays, l'histoire de l'assurance, son ancienneté et les motifs de son développement ont orienté le mode de calcul des marges de solvabilité réglementaires.

2.Histoire et motifs du développement de la marge de solvabilité

Les compagnies d'assurance ont été chargées d'adopter de nouveaux outils de mesure des risques, mettant particulièrement l'accent sur la protection contre toute accumulation excessive de risques pour les assureurs. Ainsi, établir une marge de sécurité en fonction d'un pourcentage des primes ou des sinistres était une pratique courante et logique. Les premières réglementations sur la marge de solvabilité se sont appuyées sur cette conception initiale.

Le principe de lissage temporel des cotisations a été préservé en remplaçant la notion de cotisation variable par celle de capital. Au lieu de modifier les cotisations en réponse aux fluctuations des coûts, on constitue un capital qui servira à financer les dépenses futures. En effet, il est vrai que plus le portefeuille homogène s'agrandit, plus le risque de perte augmente en valeur absolue, ce qui entraîne une augmentation de la marge de solvabilité. Cependant, chaque branche d'assurance est gérée de manière distincte au sein de la compagnie, et la diversification demeure le principe fondamental de l'assurance, s'étendant à différentes branches. Cette diversification protège l'assureur contre la volatilité, ce qui signifie que sa marge de solvabilité ne doit pas nécessairement croître proportionnellement à son volume d'activité. Bien que l'introduction de pourcentages différents par tranches pour les primes et les sinistres dans le calcul de la marge de solvabilité ait pris en compte ce phénomène, cela semble encore insuffisant.

L'expansion du parc d'habitations assurées, du nombre de véhicules assurés et du secteur industriel couvert offre une diversification, mais présente également un risque d'accumulation de multiples contrats impliqués dans un même événement, souvent les catastrophes naturelles. Pour faire face à cette situation, certains pays ont inclus dans leurs exigences en matière de marge de solvabilité un critère évaluant la capacité à faire face à des scénarios catastrophiques. Le Japon illustre bien cette approche. De plus, en Australie, l'histoire est marquée par des difficultés avec ses créances envers les réassureurs, dont certains ont fait faillite de manière retentissante. Par conséquent, ils ont commencé à exiger une notation minimale de Standard & Poor's pour les réassureurs.

Depuis les années 70, les pays de l'Union Européenne ont créé des règles pour déterminer la marge de solvabilité réglementaire. La méthode est fondée sur des pourcentages respectivement des primes et des sinistres afin d'obtenir deux montants. Le plus grand de ces montants est retenu, puis multiplié par le pourcentage de rétention des sinistres avec un

minimum de 50%. Au fil du temps, l'union Européenne a décidé de mettre à jour sa réglementation en matière de solvabilité minimale réglementaire.

3.Capital cible

Le capital requis représente le niveau de fonds propres ou de capitaux propres qu'une entreprise vise à maintenir pour assurer sa stabilité financière et sa capacité à fonctionner de manière durable. Il s'agit du niveau de capital jugé suffisant pour couvrir les risques financiers auxquels l'entreprise est confrontée.

4.Capital disponible

Le capital porteur de risque est le montant des capitaux propres requis pour couvrir des risques spécifiques associés aux activités d'une entreprise. Il est déterminé en fonction de divers facteurs tels que les engagements financiers, les obligations réglementaires et les niveaux de risque, et est généralement établi en fonction des exigences réglementaires ou des meilleures pratiques financières. Le capital requis varie selon le secteur et les risques spécifiques de chaque entreprise.

L'exigence en matière de solvabilité est remplie lorsque le capital disponible est plus supérieur au capital requis. La capitalisation est suffisante lorsque l'entreprise d'assurance peut satisfaire à ses engagements envers les assurés, et ce, avec une très grande probabilité, même dans des circonstances défavorables.

SECTION 2 : APPROCHES USUELLES DE MODELISATION DU CAPITAL EXIGE RELATIF AU RISQUE DE SOUSCRIPTION NON VIE

La réforme du capital de solvabilité basé sur les risques a été mise en place à travers divers systèmes adoptés par plusieurs pays, dont les États-Unis, la Chine, le Japon, la Suisse et l'Union Européenne. Tous les principaux marchés de l'assurance ont intégré une réglementation de solvabilité orientée vers les risques, reposant sur le calcul du capital de solvabilité requis. Pour déterminer leur SCR, les compagnies d'assurance peuvent opter pour différentes méthodes, plus ou moins standardisées, telles que la formule standard (SF), la formule standard avec des paramètres spécifiques à l'entreprise (USP), ou un modèle interne.

Dans cette section, nous allons d'abord présenter un cadre théorique qui porte sur les exigences en fonds propres ainsi que les approches mentionnées précédemment. Ensuite, nous détaillerons la modélisation du capital requis pour le risque de souscription non-vie dans le cadre de Solvabilité II.

1.Cadre théorique

À la suite de la crise financière de 2008, satisfaire aux exigences de capital est devenu l'une des tâches centrales de gestion dans les secteurs bancaire et assurantiel. En effet, Solvabilité II, la norme réglementaire pour les compagnies d'assurance au sein de l'Union européenne, évalue les pertes potentielles des actifs et des passifs d'un assureur en calculant le capital de solvabilité requis (SCR) à l'aide d'une formule standard ou d'un modèle de risque interne approuvé (Commission européenne, 2014). D'autres cadres réglementaires, tels que le capital basé sur le risque aux États-Unis (U.S. RBC), le test suisse de solvabilité (SST) ou le RBC coréen (K-RBC), ont été récemment développés ou révisés (**FINMA, 2006 ; FSS, 2017**). Par ailleurs, l'Association internationale des contrôleurs d'assurance (AICA) discute actuellement de l'élaboration d'une norme mondiale homogène de capital basé sur le risque, connue sous le nom de Insurance Capital Standard (ICS), destinée aux groupes d'assurance opérant à l'échelle mondiale (**AICA, 2018b**).

Plusieurs chercheurs ont mené des études comparatives de ces différents systèmes de solvabilité. Par exemple, **Eling et al. (2007)** ont examiné les spécificités quantitatives de Solvabilité II, en se concentrant particulièrement sur les modèles d'exigences de capital, tout comme **Doff (2008)** dans son analyse de faisabilité concernant les hypothèses et le calcul des exigences de capital. **Eling et Holzmueller (2008)** ont, par exemple, comparé les exigences en matière de fonds propres basées sur les risques mises en œuvre aux États-Unis, dans l'UE et en Suisse. Ils ont découvert que les différences dans les dates d'introduction, l'environnement industriel et la philosophie réglementaire ont conduit à des régulations très distinctes. De plus, **Braun et al. (2014)** ont montré que Solvabilité II impose une charge disproportionnée sur la classe d'actifs privés par rapport au test suisse de solvabilité. **Fung et al. (2018)** ont comparé le système chinois C-ROSS (China Risk-Oriented Solvency System) au modèle américain de capital basé sur les risques (Risk-Based Capital ou "RBC"), à Solvabilité II de l'Union Européenne, et au test suisse de solvabilité, en concluant que chaque système a ses avantages et inconvénients spécifiques.

Les méthodes de calcul du capital de solvabilité requis ont évolué de manière significative, et la formule standard s'est imposée comme l'une des approches les plus couramment utilisées en raison de sa simplicité et de sa transparence. Cette méthode est conçue pour être facilement accessible aux entreprises, car elle s'appuie sur des paramètres de volatilité prédéfinis, dérivés des données moyennes du marché recueillies auprès de diverses compagnies d'assurance.

Cependant, la formule standard présente certaines limites importantes. L'un de ses principaux inconvénients est qu'elle n'intègre pas les spécificités propres à chaque entreprise. Les paramètres prédéfinis par la réglementation, qu'il s'agisse de Solvabilité II, du RBC ou autre norme, ne tiennent pas compte des particularités des risques de chaque compagnie d'assurance. Ces paramètres uniformisés peuvent ne pas refléter fidèlement les données empiriques d'une entreprise spécifique. En effet, appliquer des paramètres homogènes à des ensembles de données hétérogènes, ou agréger différents risques en utilisant les mêmes outils statistiques, peut s'avérer inapproprié et conduire à des évaluations du capital requis qui ne correspondent pas aux besoins réels de l'entreprise.

Ces limitations incitent à explorer des alternatives aux modèles standard réglementaires. Pour surmonter ces défis, les assureurs ont la possibilité de développer et d'utiliser des modèles internes de risque, qu'ils soient partiels ou complets (**FINMA, 2006, p. 4 ; Commission Européenne, 2014, Chapitre VI ; Association Internationale des Contrôleurs d'Assurance, 2018b, Chapitre 9.2**). En effet, l'utilisation de la formule standard avec des paramètres spécifiques à l'entreprise (USP) constitue généralement la première étape pour obtenir des exigences en capital plus ajustées au profil de risque de l'entreprise, tout en étant moins complexe qu'un modèle interne. Le principe de cette méthode repose sur l'ajustement des paramètres de volatilité spécifiques à une compagnie d'assurance, en remplaçant un sous-ensemble de ceux utilisés dans la formule standard. Ces paramètres doivent être calibrés en fonction du portefeuille spécifique de la compagnie, conformément aux méthodologies de calibrage établies par la réglementation. Cependant, d'après l'article 104 de la directive Solvabilité II, ces paramètres spécifiques ne peuvent être appliqués que dans certains sous-modules du SCR : souscription en vie, souscription en santé, et souscription en non-vie. Plus précisément, ce sont les volatilités des risques liés aux primes, aux provisions et aux révisions qui peuvent être ajustées. Concernant l'utilisation de modèles internes pour déterminer le capital de solvabilité requis, Solvabilité II permet aux compagnies d'assurance d'adopter des

approches basées sur des modèles internes pour une partie ou la totalité de leurs risques, à condition que ces modèles soient approuvés par l'autorité de régulation. L'utilisation de ces modèles internes est soumise à un rigoureux processus d'approbation, contrairement à la réglementation américaine qui ne prévoit pas cette option.

Par la suite, nous mettrons l'accent sur la directive Solvabilité II afin de détailler les différentes approches de calcul envisageables pour évaluer le SCR.

2.Calcul de SCR sous solvabilité II

Pour déterminer le Capital de Solvabilité Requis, la directive Solvabilité II permet aux compagnies d'assurance de choisir l'approche la mieux adaptée à leur situation, en respectant le principe de proportionnalité. Cela signifie que la méthode choisie doit être en adéquation avec la nature, l'ampleur et la complexité des risques à modéliser. Les options disponibles varient en termes de standardisation : la formule standard (FS), la formule standard avec paramètres spécifiques à l'entreprise (USP), le modèle interne.

La formule standard est la méthode la plus simple à mettre en œuvre. Cependant, les paramètres de volatilité utilisés sont basés sur des données moyennes du marché fournies par diverses entreprises d'assurance, ce qui peut ne pas refléter avec précision le profil de risque spécifique d'une entreprise.

En revanche, l'approche la plus adaptée au profil de risque particulier d'une entreprise est le modèle interne, qui permet une calibration des paramètres en fonction des données spécifiques de l'entreprise. Bien que cette méthode offre une meilleure précision, sa mise en place peut être relativement longue et complexe.

Une alternative est la méthode des Paramètres Spécifiques à l'Entreprise. Cette approche consiste à ajuster certains paramètres de la formule standard en fonction des caractéristiques spécifiques du portefeuille de l'entreprise. Les paramètres doivent être calibrés conformément aux exigences réglementaires, offrant ainsi une meilleure adéquation avec le profil de risque de l'entreprise que la formule standard, tout en restant moins complexe qu'un modèle interne complet.

Remarque : La réforme Solvabilité II utilise la Value at Risk (VaR) comme mesure de risque, en fixant le seuil à 99,5 % pour déterminer le niveau de capital requis afin de faire face à un

événement de ruine une fois tous les 200 ans. En outre, la modélisation se base sur la loi log-normale qui présente plusieurs avantages : elle est strictement positive, asymétrique avec une skewness positive, et se caractérise par une queue épaisse. Sa fonction d'excès moyen est croissante, ce qui lui confère une grande flexibilité pour la modélisation des risques.

2.1. Formule standard du SCR

2.1.1. Principe de la formule standard

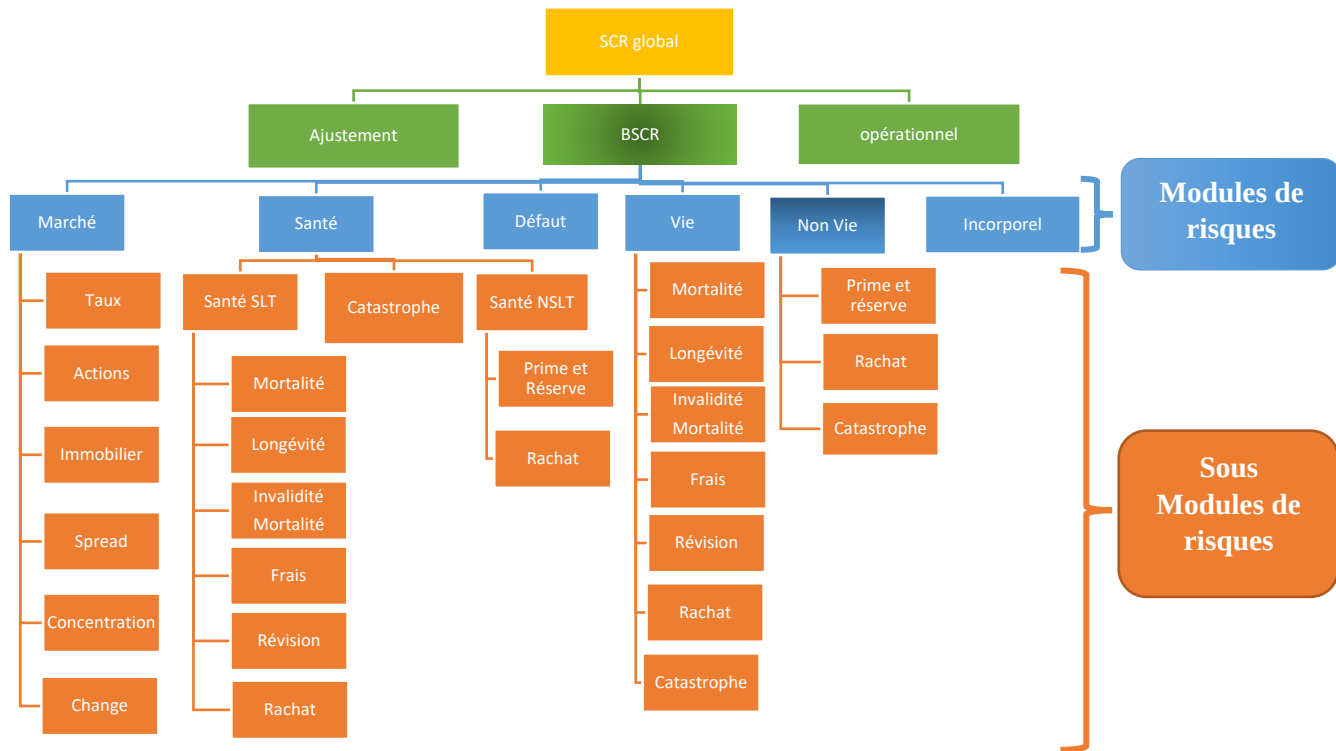
Le 31 juillet 2014, l'EIOPA a officiellement publié les détails relatifs au calcul du SCR, incluant les hypothèses sous-jacentes à la formule standard. Cette formule, inspirée du système américain "Risk Based Capital", adopte une approche modulaire, attribuant à chaque type de risque auquel l'entreprise est exposée une exigence en matière de fonds propres.

Solvabilité II établit une règle pour la détermination du capital de solvabilité requis (SCR), visant à contrôler la probabilité de ruine sur un an, qui doit être inférieure ou égale à 0,5 % (ce qui équivaut, en première approximation, à une faillite tous les 200 ans). Pour mettre en œuvre ce principe, il est essentiel d'identifier les risques pouvant affecter la solvabilité d'un organisme assureur, tandis que la Directive (2009) propose une grille d'analyse de ces risques par nature (marché, souscription, contrepartie, etc.).

Un modèle de calcul du SCR doit donc prendre en compte chacun des risques identifiés dans cette grille, modéliser un scénario d'événement défavorable bicentenaire et décrire la manière d'agréger les exigences de capital obtenues pour chaque risque. Pour garantir une accessibilité à l'ensemble des organismes d'assurance et établir un référentiel commun, Solvabilité II propose un "modèle standard". Ce modèle vise à estimer le besoin en capital pour chaque catégorie de risque en simulant un choc bicentenaire, puis à en déduire le capital de solvabilité global. La logique générale du modèle est simple : pour chaque module de risque, les caractéristiques d'un choc bicentenaire sont appliquées à la variable concernée. La variation de la valeur nette des actifs (net asset value) est ensuite mesurée pour fournir une estimation du besoin en capital. Enfin, ces capitaux sont agrégés en tenant compte des interactions entre les différentes sources de risque. Le processus d'agrégation de la formule standard prend en compte non seulement les dépendances entre les sous-catégories au sein de chaque catégorie de risque, mais aussi les dépendances entre les catégories de risque à un niveau d'agrégation supérieur, en

utilisant une approche basée sur la covariance. Ainsi, la structure de la formule standard selon le QIS5 est la suivante :

Figure 1: Structure du SCR selon la formule standard de QIS5



Source : EIOPA

2.1.2.Focus sur le risque souscription Non Vie

Le risque de souscription en assurance non-vie peut être défini en se basant sur la description fournie dans le deuxième paragraphe de l'article 105 de la Directive Solvabilité II : « Le risque de souscription en non-vie correspond au risque de perte en fonds propres résultant des engagements en assurance non-vie, en prenant en compte les risques couverts et les méthodes employées dans cette activité. »

Ce risque découle de l'incertitude liée à l'évaluation des engagements en assurance non-vie, pouvant être causée par des difficultés de tarification, des erreurs de provisionnement, des comportements inattendus des assurés (comme les rachats de contrats), ou des événements catastrophiques. Ce module de risque englobe à la fois les risques associés aux contrats en portefeuille et ceux liés aux nouvelles affaires prévues pour les 12 mois suivant la date

d'évaluation. Pour les compagnies d'assurance, le risque de souscription non-vie représente l'un des principaux risques auxquels elles sont confrontées.

Ce module se décompose en trois sous modules:

➤ **Risque de primes et de réserves**

- **Risque de prime:** risque de sous tarification des contrats suite à **la variation de la fréquence et de la sévérité des sinistres à un an**. En d'autres termes, il s'agit du cas où les primes perçues soient insuffisantes pour couvrir les montants des sinistres et des frais liés à la souscription pour l'année à venir. Il provient de l'incertitude liée aux cadences de développement, à la fréquence et à la sévérité relatifs **aux sinistres à venir** sur les contrats en portefeuille ainsi que les nouvelles souscriptions et renouvellements prévus sur les 12 mois à venir. Il se traduit par une insuffisance des provisions pour primes constituées pour couvrir les sinistres.

- **Risque de réserve:** risque de sous provisionnement des sinistres suite à la **variation inattendue des règlements de sinistres passés**. Il s'agit du cas où les provisions inscrites au bilan soient insuffisantes pour couvrir les dépenses futures liés aux sinistres déjà survenus. Il résulte de l'incertitude liée aux **cadences de développement et aux montants de charges ultimes des sinistres déjà survenus**. Il se traduit par une insuffisance des provisions pour sinistres constitués.

➤ **Risque de Rachat non-vie**

Les contrats d'assurance non-vie peuvent contenir des options susceptibles d'influencer significativement les engagements du contrat. Par exemple, la résiliation d'un contrat ou encore la possibilité de renouveler le contrat avec des conditions prédéterminées est une de ces options.

➤ **Risque de Catastrophe non-vie**

Le risque de catastrophe est le risque de perte, ou de changement adverse dans les engagements de l'entreprise, résultant d'un événement extrême ou exceptionnel. Ce risque couvre les événements qui ont un impact très significatif sur le résultat de la compagnie.

Les deux premiers sous-modules consistent à mesurer l'impact d'éventuelles irrégularités au niveau de l'activité que mène l'organisme tandis que le troisième est destiné à prévenir une sinistralité intensive que ce soit en fréquence ou en intensité.

2.1.2.1. Calcul du SCR de souscription Non Vie sous le cadre de la formule standard

L'exigence pour ce module de risque est alors déterminé par la formule suivante :

$$SCR_{non\ vie} = \sqrt{\sum CorrNL_{i,j} \cdot SCR_i \cdot SCR_j}$$

où CorrNL représente la matrice des corrélations entre les différents sous-modules du SCR de souscription non-vie suivante, donnée par le règlement délégué :

Tableau 1: Matrice de corrélation entre les sous modules du SCR de souscription non-vie

CorrNL	Primes et réserves	Catastrophes	Cessation
Primes et réserves	1	0,25	0
Catastrophes	0,25	1	0
Cessation	0	0	1

Source : EIOPA

❖ Le risque de primes et de réserves en non-vie (SCRnl prem res)

L'exigence en capital pour le risque de primes et de réserves en non-vie se calcule comme suit:

$$SCR_{Primes\ et\ réserves} = 3 \sigma_{nl} V_{nl}$$

Où σ_{nl} représente l'écart-type du risque de primes et de réserves ;

V_{nl} représente la mesure de volume pour le risque de primes et de réserve en non-vie

Le coefficient 3 présent dans cette formule est un arrondi de 2.576, qui est le quantile à 99, 5% d'une normale centrée réduite. En effet, la calibration de la formule du SCR primes et réserves repose sur l'hypothèse que le risque sous-jacent suit une loi log-normale.

Pour obtenir l'exigence en fonds propres liée à ce risque, il s'agit donc de multiplier le volume de primes et réserves par le choc pour la VaR à 99, 5%. Ce choc est noté $\rho(\sigma)$ et est défini à l'aide de la formule suivante :

$$\rho(\sigma) = \frac{\exp(N_{99.5\%} \sqrt{\log(1 + \sigma^2)})}{\sqrt{1 + \sigma^2}} - 1$$

En effectuant un développement limité de ρ , on obtient $\rho(\sigma) \approx N_{99.5\%} \times \sigma$

Le calcul exposé ci-dessus est réalisé au global, i.e. toutes LoB confondues. Les quantités en jeu ($\sigma_{prime\ et\ réserve}$ et $V_{prime\ et\ réserve}$) sont le résultat de deux niveaux d'agrégations : Agrégation par LoB et Agrégation par LoB et par risque.

❖ Le risque de cessation en non-vie (SCRnl lapse)

Il s'agit ici d'évaluer l'impact qu'aurait une baisse de l'activité en non-vie sur le portefeuille d'assurance. L'exigence en capital pour notre portefeuille consiste alors à simuler la cessation de 40 % des contrats d'assurance futurs pris en compte dans le calcul du Best Estimate.

❖ Le risque de catastrophe en non-vie (SCRnlCAT)

L'objectif principal de la mise en place d'un tel sous-module est de prémunir l'entreprise contre le risque d'une sinistralité qui s'éloignerait significativement des estimations réalisées. En effet, il s'agit de faire en sorte que l'entreprise soit en mesure de faire face à ses engagements en cas d'événements majeurs. Dès lors, le risque de catastrophe en non-vie s'articule autour des sous sous-modules suivants :

- Le risque de catastrophe naturelle ;
- Le risque de catastrophe en réassurance dommages non proportionnelle ;
- Le risque de catastrophe d'origine humaine ;
- Les autres risques de catastrophe en non-vie.

2.1.3. Limites de la formule standard

La Formule Standard repose sur les hypothèses, méthodes et calibrages fixés par la Directive Solvabilité II. Elle est commune à l'ensemble des acteurs du marché européen et par conséquent elle ne permet pas de refléter précisément les risques propres à chaque organisme.

🚦 Limites au niveau des hypothèses de la formule standard

La première limite de la formule standard est qu'elle ne prend pas en considération certains risques qui sont difficilement quantifiables et susceptibles de mettre en danger la solvabilité de la compagnie d'assurance à savoir le risque d'inflation et le risque stratégique. Cependant, ces risques peuvent être quantifiés en utilisant un modèle interne.

En outre, l'agrégation des modules et sous-modules des risques se fait par des matrices de corrélation données par la directive dont les facteurs de corrélation devront être applicables à tous les assureurs quel que soit le pays. Ceci soulève d'un manquement de fiabilité

et la robustesse de la formule standard vu que cette dernière repose sur une vision standardisée. De l'autre côté, les risques agrégés ne sont que partiellement corrélés car ils sont très souvent sensibles aux événements extrêmes et aux variations risques marginaux.

De plus, les chocs d'actif et du passif du bilan prudentiel ne tiennent pas compte des variations réalisées avant les 12 mois suivant l'année d'évaluation car ils sont de nature instantanés et ils sont pris en compte uniquement pour 12 mois de l'année prochaine.

Limite de calibrage des paramètres de la formule standard

Les calculs utilisés dans les études d'impact "QIS" pour déterminer les coefficients des chocs et les facteurs de corrélation pour l'agrégation des risques ont été remis en question à cause de leur mauvais choix. En effet, ce calibrage est critiqué car il ne reflète pas de manière significative la politique de gestion des risques de la majorité des assureurs, qui ne sont pas représentatifs de l'ensemble de la population. Cette lacune contraint les compagnies d'assurance à utiliser des paramètres qui ne correspondent pas à leurs véritables besoins en fonds propres.

De plus, la formule standard, basée sur une vision standardisée, ne prend pas en compte les aspects suivants :

- La taille du portefeuille de la compagnie d'assurance qui est indispensable pour refléter le degré de volatilité du risque.
- Les coûts moyens et la fréquence de sinistres propres au portefeuille de la compagnie.
- L'atténuation du risque liée à des contrats de réassurance non proportionnels XOL, STOP LOSS.

2.2. Modèles internes

Selon l'article 122, la directive donne la possibilité d'utiliser un modèle interne qu'il soit un modèle interne intégral ou un modèle interne partiel.

Le modèle interne permet de remplacer la formule standard pour calculer les exigences de fonds propres si cette dernière n'est pas adaptée à la compagnie d'assurance. Il implique de modéliser l'actif et le passif du bilan prudentiel ainsi que les éventuelles interactions entre eux afin de déterminer le besoin de capital en fonction d'une probabilité de ruine. Il est à rappeler que la probabilité de ruine consiste à fixer le niveau de perte probable de fonds propres pour

une période donnée (généralement 1 an). Dans le QIS 5, le montant de capital à détenir par un assureur est fixé avec une probabilité de ruine généralement inférieure à 0.5%.

Le modèle interne est basé sur la simulation des flux futurs afin de déterminer une fonction reliant le niveau des fonds propres à détenir pour couvrir le SCR au risque de l'entreprise. Il peut être intégral ou partiel c'est-à-dire qu'il soit utilisé uniquement pour certains modules, il peut être aussi un modèle déterministe ou stochastique.

L'élaboration d'un modèle interne présente l'avantage de prendre en considération les risques spécifiques à l'activité de l'assureur, ce qui permet d'évaluer de manière précise ses besoins en fonds propres en fonction des risques encourus. Ainsi, il fournit des informations sur le niveau d'exposition au risque et la solidité financière de la compagnie d'assurance, ce qui intéresse à la fois les actionnaires et les régulateurs.

Pour mettre en place un modèle interne, la compagnie doit identifier les caractéristiques de son profil de risque, telles que la probabilité de ruine, la mesure du risque (VaR), et modéliser l'ensemble des éléments de l'actif et du passif.

Difficulté liée au modèle interne

Indéniablement, l'utilisation d'un modèle interne permet de modéliser de manière précise le risque spécifique d'une compagnie d'assurance afin de déterminer un capital économique approprié. Néanmoins, la création d'un tel modèle requiert des investissements en termes de ressources matérielles et humaines que certaines compagnies ne peuvent pas toujours fournir. De plus, sa mise en place peut s'avérer complexe.

2.3. Formule standard avec paramètres spécifiques à l'entreprise (USP)

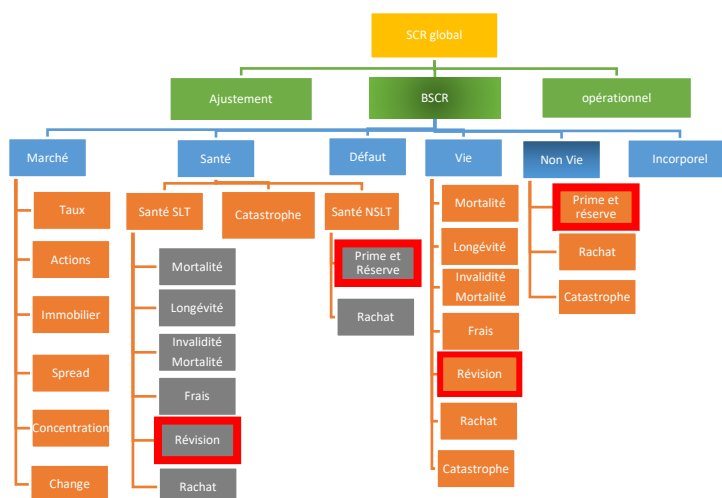
Pour mener à bien une étude de calibrage des USP, nous nous sommes appuyés sur divers textes réglementaires qui encadrent l'utilisation de paramètres spécifiques et définissent leur champ d'application. Ces textes sont organisés en différents « niveaux d'application », conformément au processus Lamfalussy. Le premier niveau législatif inclut le texte fondateur de la réglementation, la Directive Solvabilité II 2009. Le deuxième niveau regroupe les textes relatifs à la mise en œuvre des mesures d'exécution, tels que les Règlements Délégués et diverses normes ou standards techniques réglementaires. Le dernier niveau englobe toutes les Normes techniques d'exécution (Implementation Technical Standards, ITS), les Orientations (Guidances) et autres recommandations.

2.3.1. Définition de l'approche

La formule standard se base sur des écart-types de distributions qui sont des moyennes constatées au niveau du marché. Cependant, ils sont peut-être relativement différents d'une compagnie à l'autre. De ce fait, l'approche USP constitue une méthode alternative pour le calcul du SCR, qui consiste à utiliser des paramètres spécifiques de la compagnie d'assurance plutôt que d'appliquer des paramètres standardisés par la formule standard, sans pour autant nécessiter le développement complexe d'un modèle interne. **Cette approche permet ainsi de substituer des paramètres standardisés par des paramètres propres à la compagnie lors de l'application de la formule standard. Elle permet de calibrer au mieux le risque spécifique de la compagnie et d'optimiser ainsi le capital requis SCR.**

Conformément à l'article 104 de la directive Solvabilité II, les entreprises d'assurance et de réassurance peuvent remplacer un sous-ensemble de ses paramètres (paramètres à l'échelle du marché) pour chaque ligne d'activité (LoB) par des paramètres spécifiques à l'entreprise lors du calcul du SCR pour le module de risque de souscription Non-Vie et Santé. Dans les spécifications du QIS5, le périmètre d'utilisation des USP est assez restreint. Les paramètres propres à calibrer sont les coefficients de volatilité. Ces derniers ne peuvent être utilisés que pour les données spécifiques liées **aux risques de souscription non vie et aux risques de santé similaires à ceux du non vie, ainsi que les risques de révision pour le module vie et santé vie**, comme l'illustre le schéma suivant:

Figure 2: Périmètre d'application des USP



Source: Julien Sac, Michael Donio et Marina Petit, « Formule Standard et USP : Guide d'aide à la réalisation des calculs solvabilité II »; SIA partners ; 2016 ; p189.

Pour les autres types de risques, la formule standard doit être rigoureusement appliquée. Dans cette étude nous allons mettre l'accent sur le calibrage des USP pour le risque prime et réserve non vie.

2.3.2. Calcul du risque de souscription Non Vie avec les « USP »

La démarche d'utilisation d'USP présente un intérêt majeur pour les assureurs Non-Vie en particulier. Comme dans le cadre de la Formule Standard, les USP pour les risques de souscription Non-Vie sont calculés par segment qui correspond à une ligne d'activité et à un groupe de risques homogènes.

Méthodologie générale de calcul

Comme nous avons déjà vu dans la formule standard, le capital de solvabilité requis au titre du risque de prime et réserve est calculé en utilisant la formule fermée suivante :

$$SCR_{\text{primes \& réserves}} = 3 \sigma V$$

Les paramètres USP interviennent spécifiquement dans le calcul du coefficient de volatilité σ dont lequel on va remplacer ce paramètre par un paramètre calibré sur l'historique des données spécifiques de la compagnie. La valeur de σ est alors ajustée par un "facteur de crédibilité" afin de prendre en compte le caractère crédible de l'estimation, à partir de l'équation suivante :

$$X_{(s, USP)} = c X_{(s, U)} + (1 - c)X_{(s)}$$

Où c : le facteur de crédibilité

$X_{(s, USP)}$: Paramètre USP final

$X_{(s, U)}$: Paramètre calibré selon la méthode standard USP associé au segment d'activité s

$X_{(s)}$: Paramètre Formule Standard (valeur correspondant au marché) associé au segment d'activité s

En effet, le facteur de crédibilité c dépend de la profondeur d'historique et le segment d'activité considéré. Plus la longueur de l'historique est importante, plus le facteur de crédibilité (c) est proche de 1.

Tableau 2: Facteurs de crédibilité selon les segments d'activité

Historique (nombre d'années)	Facteur de crédibilité c pour le segment RC automobile, RC général et crédit	Facteur de crédibilité C pour les autres segments
5 ans	34%	34%
6 ans	43%	51%
7 ans	51%	67%
8 ans	59%	81%
9 ans	67%	92%
10 ans	74%	100%
11 ans	81%	
12 ans	87%	
13 ans	92%	
14 ans	96%	
≥15 ans	100%	

Source : Julien Sac, Michael Donio et Marina Petit, « Formule Standard et USP : Guide d'aide à la réalisation des calculs solvabilité II »; SIA partners ; 2016 ; p197

2.3.2.1. Méthodes de calcul de paramètre USP du « Risque de primes »

L'EIOPA a proposé plusieurs méthodes officielles pour le calibrage des USP (paramètres spécifiques à l'entreprise) dans les spécifications techniques du QIS5 et les actes délégués. Dans ce mémoire, deux méthodes standardisées seront utilisées pour évaluer le risque de prime : la méthode des moindres carrés et la méthode log-normale simplifiée.

Par ailleurs, la méthode "log-normale simplifiée" est la seule imposée par l'EIOPA aux assureurs souhaitant recalibrer le risque de prime. Cette méthode permet de mesurer la volatilité des ratios (S/P) et l'écart-type recalibré, qui augmente avec la volatilité de ces ratios. Autrement dit, plus les ratios S/P varient d'une année à l'autre, plus l'écart-type recalibré sera élevé. Cette méthode s'applique séparément à chaque segment à calibrer et nécessite, pour chaque année de survenance, des données sur les primes acquises et les pertes agrégées (c'est-à-dire les charges ultimes de sinistres, incluant les montants payés et la meilleure estimation des montants restant à payer).

2.3.2.2. Méthodes de calcul de paramètre USP du « Risque de réserves »

Le module de risque de réserves permet d'estimer le risque de sous-provisionnement des sinistres. Deux méthodes principales sont utilisées pour calculer le coefficient de variation calibré : la méthode log-normale, également utilisée pour le risque de prime, et la méthode de

Merz et Wüthrich, qui se base sur les triangles de règlements. Appliquée aux triangles de paiements, cette dernière méthode permet d'estimer la volatilité des meilleures estimations sur un horizon d'un an. Elle est issue de la méthode de provisionnement classique du Chain-Ladder, enrichie par la perspective stochastique développée par Mack dans les années 1990.

Pour évaluer la volatilité des provisions sur un horizon d'un an, ce mémoire se concentrera sur l'utilisation de la méthode log-normale.

Remarque : Il est à noter que le calibrage des USP peut s'avérer particulièrement efficace pour représenter au mieux le risque propre d'une compagnie d'assurance. Les méthodes de calibrage reposent sur la validation statistique d'hypothèses théoriques. Cette validation n'est possible que si les données sont de qualité et si l'historique est suffisamment profond. Par ailleurs, une connaissance accrue du profil de risque ainsi qu'une maîtrise des ratios S/P sont des ingrédients primordiaux pour mener à bien un projet USP et garantir une optimisation du capital pour la compagnie.

SECTION 3 : NORME EUROPEENNE

1. Solvabilité I

1.1. Cadre prudentiel de Solvabilité I

Jusqu'aux années 70, les compagnies d'assurance étaient tenues de respecter les règles de solvabilité locales, qui pouvaient être très différentes d'un pays à l'autre. Afin de remédier à cette situation, l'Union Européenne a mis en place des nouvelles directives visant à établir un cadre prudentiel commun pour toutes les compagnies d'assurances des pays membres de la zone EURO. Ces directives ont fixé le régime de solvabilité des assureurs et elles ont également instauré le système du « passeport européen » qui permet à toute entreprise d'assurance d'exercer son activité dans les pays membres de l'Union Européenne et ceci afin d'harmoniser et aligner le secteur de l'assurance européen.

Cette directive était principalement basée sur des exigences en matière de fonds propres, établissant des normes minimales de solvabilité que les assureurs devaient respecter. Elle fixait également des règles concernant la gouvernance d'entreprise, la surveillance et la divulgation d'informations.

La solvabilité I a commencé avec l'application de deux directives européennes qui concernent l'assurance non vie et l'assurance vie. L'objectif était d'imposer à toute compagnie d'assurance de disposer d'une marge de solvabilité destinée à répondre à tous éventuelles variations défavorables liées au contexte économique et qui protège les intérêts des preneurs d'assurance. Elle a encadré trois aspects déterminants de la gestion d'une société d'assurance :

- ✓ Un niveau de fonds propres minimal permettant aux assureurs de résister aux situations les plus défavorables ;
- ✓ Des règles prudentes de calcul des provisions techniques suffisantes et prudentes qui sont destinés à couvrir les engagements envers les assurés ;
- ✓ Des règles d'investissement prudentes contraignant les choix des actifs en représentation des provisions techniques.

1.2. Bilan de la directive Solvabilité I

Les normes de SOLVABILITE I reposent sur une évaluation des différents éléments du bilan selon la méthode du coût historique c'est-à-dire en valeur comptable. Le bilan permet de décrire la situation de la compagnie d'assurance à la date d'inventaire et il évalue sa solvabilité financière (disposer des actifs supérieurs à aux passifs).

La représentation simplifiée d'un bilan de la solvabilité I est la suivante :

Actif en valeur comptable	Passif en valeur comptable
Plus-values nettes	Excédent de marge
Actifs admissibles en valeur comptable	Exigence de marge
	Provisions techniques prudentes

1.3. Les limites de la directive Solvabilité I

A l'origine européenne, cette réglementation a progressivement divergé entre les Etats membres, notamment par l'ajout de contraintes spécifiques à l'initiative des superviseurs locaux. Plusieurs évolutions primordiales de l'environnement économique et techniques n'avaient pas été prises en compte.

Ce manque d'homogénéité au niveau européen du régime prudentiel rejoint d'autres limites fortes de Solvabilité I, dont les principes sont :

- De mentionner uniquement des exigences quantitatives, sans considérer le système de gouvernance et le dispositif de gestion des risques interne. L'assureur n'était pas encouragé à améliorer sa gestion des risques ou à consentir des investissements en la matière ;
- De comporter un caractère forfaitaire : l'exigence minimale de fonds propres est en effet calculée uniquement à partir de ratios appliqués aux primes, prestations ou capitaux sous risques, en fonction des branches d'assurance. Le cadre prudentiel ne fait ainsi pas explicitement référence aux plusieurs risques fondamentaux tels que le risque de marché et le risque de crédit, qui peuvent être très différents entre les assureurs en fonction de leurs choix d'investissement. Les caractéristiques spécifiques du portefeuille de contrats, tels que les historiques de sinistralité, les limites potentielles de mutualisation (exemple: concentration des risques sur quelques assurés) ne sont pas prises en compte.

1.4. Besoin d'un nouveau cadre prudentiel et nécessité de passer de la solvabilité historique à la solvabilité économique

Dans un contexte économique et financier de plus en plus instable, marqué par des changements significatifs dans les réglementations et les pratiques professionnelles, tels que l'adoption des nouvelles normes comptables IFRS, la mise en place de dispositifs de contrôle interne et le développement important de la gestion globale des risques, le législateur européen a entamé des réflexions dès les années 2000 sur une réforme du cadre prudentiel européen régissant le secteur de l'assurance.

Ce nouveau cadre prudentiel, en vigueur depuis 2016, représente une avancée majeure dans le domaine de l'assurance, entraînant une refonte complète des pratiques de gestion des risques et de pilotage stratégique des compagnies d'assurance. Contrairement à la Solvabilité I, la Solvabilité II repose sur une approche économique du bilan, où les éléments sont évalués à leur juste valeur et non plus selon leur coût historique.

Le passage de la solvabilité historique à la solvabilité économique est devenue une nécessité pour les compagnies d'assurance en raison de l'évolution des marchés et de l'environnement.

La solvabilité historique se base principalement sur des critères comptables statiques pour évaluer la capacité d'une compagnie d'assurance à honorer ses engagements. Cependant, cette approche comporte des lacunes importantes, notamment en ne prenant pas suffisamment en compte les risques réels tels que le risque climatique et le terrorisme. De plus, les actifs sont souvent évalués à leur valeur comptable, c'est-à-dire leur coût d'acquisition initial ajusté pour la dépréciation éventuelle. De même, le passif est évalué en fonction des obligations contractuelles existantes, généralement basées sur les provisions techniques établies selon des méthodes actuarielles.

La solvabilité économique, en revanche, adopte une approche plus dynamique fondée sur le profil de risque particulier de l'entreprise de l'assurance, tout en tenant compte de facteurs tels que la volatilité des marchés, les fluctuations économiques et les changements dans les comportements des clients. La valeur économique s'obtient, principalement, en utilisant des valeurs de marché ou des valeurs cohérentes avec celles du marché. Cette approche permet aux compagnies d'assurance de mieux anticiper et favoriser leur gestion des risques, ce qui renforce leur stabilité financière à long terme.

Il est donc instructif de passer de la Solvabilité I à la Solvabilité II basée sur le bilan économique. En effet, la directive Solvabilité II met en place de nouvelles normes de calcul pour évaluer les actifs, en utilisant leur valeur de marché et non pas leur valeur comptable ou historique, ainsi que les passifs, en se basant sur le Best Estimate.

2. Solvabilité II

2.1- Présentation de la Solvabilité II

Solvabilité II est une norme conçue pour harmoniser la réglementation des compagnies d'assurance au sein de l'Union Européenne. Elle repose sur des principes économiques, exigeant que les risques des assureurs soient évalués selon des critères appropriés et cohérents avec le marché, tout en mettant la protection des assurés au cœur des préoccupations des régulateurs.

Inspirée de la réforme Bâle II pour le secteur bancaire, Solvabilité II a été spécifiquement adaptée aux besoins des secteurs de l'assurance et de la réassurance. Elle a été développée dans le cadre du processus législatif Lamfalussy, lancé en 2001 et nommé d'après Alexandre Lamfalussy. Ce processus visait à créer un cadre réglementaire prudentiel flexible et efficace, facilitant l'adoption rapide des mesures législatives. Le projet de directive a débuté

en 2004, marquant le lancement d'une analyse d'impact quantitatif (QIS) conduite par l'EIOPA pour évaluer les exigences de solvabilité des assureurs européens.

La directive Solvabilité II, officiellement connue sous le nom de directive 2009/138/CE du Parlement européen, a été publiée en novembre 2009. Bien que son entrée en vigueur ait été initialement prévue pour 2010, elle a finalement été mise en œuvre en janvier 2016, après avoir été amendée par la directive Omnibus 2 du 16 avril 2014. Cette dernière directive a renforcé les pouvoirs de l'autorité européenne des assurances et des pensions professionnelles, finalisant ainsi la nouvelle architecture de surveillance en Europe. L'objectif principal de Solvabilité II est de fixer des normes prudentielles qui reflètent mieux les besoins en fonds propres des compagnies d'assurance par rapport aux risques qu'elles encourent.

Il est important de noter que Solvabilité II ne se limite pas à une approche purement quantitative. Bien que les exigences en fonds propres soient cruciales, elles doivent être complétées par une solide compréhension des risques. Aucun modèle ou mesure unique ne peut couvrir l'ensemble des risques auxquels les assureurs sont exposés. C'est pourquoi la directive met l'accent sur la prise en compte de tous les risques pouvant affecter la solvabilité, tout en encourageant les assureurs à adopter des outils internes pour une gestion proactive des risques.

La directive a également prévu deux cycles de révision : l'un en 2018, axé sur le règlement délégué (niveau 2), et l'autre en 2020, portant à la fois sur la directive (niveau 1) et sur le règlement délégué (niveau 2). Parmi les points clés abordés lors de la révision de 2020 figurent l'extrapolation de la courbe des taux sans risque, la correction de la volatilité (Volatility Adjustment), la détermination de la marge pour risque (Risk Margin), et la formule standard du SCR.

2. 2. Les piliers de Solvabilité II :

La directive Solvabilité II s'articule autour de trois piliers qui définissent des exigences en matière de fonds propres ainsi que des mécanismes de gouvernance des risques et de reporting. Ces piliers sont présentés sous cette forme :

Figure 3: Les piliers de SOLVABILITE II



Source : EIOPA

Les trois piliers de Solvabilité II sont considérés comme un ensemble cohérent. Par exemple, le système de gestion des risques du pilier 2 s'appuiera sur les mesures quantitatives réalisées dans le cadre du pilier 1, et parallèlement, les processus quantitatifs mis en place dans le cadre du pilier 1 répondront aux exigences de formalisme et de contrôle exigés au sein du pilier 2. Le pilier 3 à son tour, notamment par l'intermédiaire des exigences d'information du public, a pour but de conduire les assureurs à communiquer au marché le niveau de solvabilité et le fonctionnement du dispositif de gestion des risques. Ceci afin d'améliorer la transparence du marché et de permettre aux différents intervenants à savoir les agences de notation, les établissements de crédit et les investisseurs de disposer d'un maximum d'informations sur la qualité financière des assureurs.

2.2.1. PILIER 1 : Exigences Quantitatives

Le Pilier 1 de Solvabilité II se concentre sur les exigences quantitatives pour les compagnies d'assurance. Il repose sur les notions de valorisation des différents postes du bilan prudentiel. En effet, il établit un cadre pour évaluer le bilan selon la valeur de marché, en tenant compte de l'allocation et de l'éligibilité des actifs, ainsi que des provisions techniques, déterminées sur la base de best estimate. Deux principales exigences en capital sont mises en

avant : le Capital de Solvabilité Requis (SCR) et le Capital Minimum Requis (MCR). Ces exigences sont essentielles pour s'assurer que les entreprises d'assurance détiennent un niveau de capital suffisant pour couvrir les risques auxquels elles sont exposées, garantissant ainsi leur solvabilité et leur capacité à honorer leurs engagements envers les assurés.

2.2.1.1. Bilan Prudentiel de la directive Solvabilité II

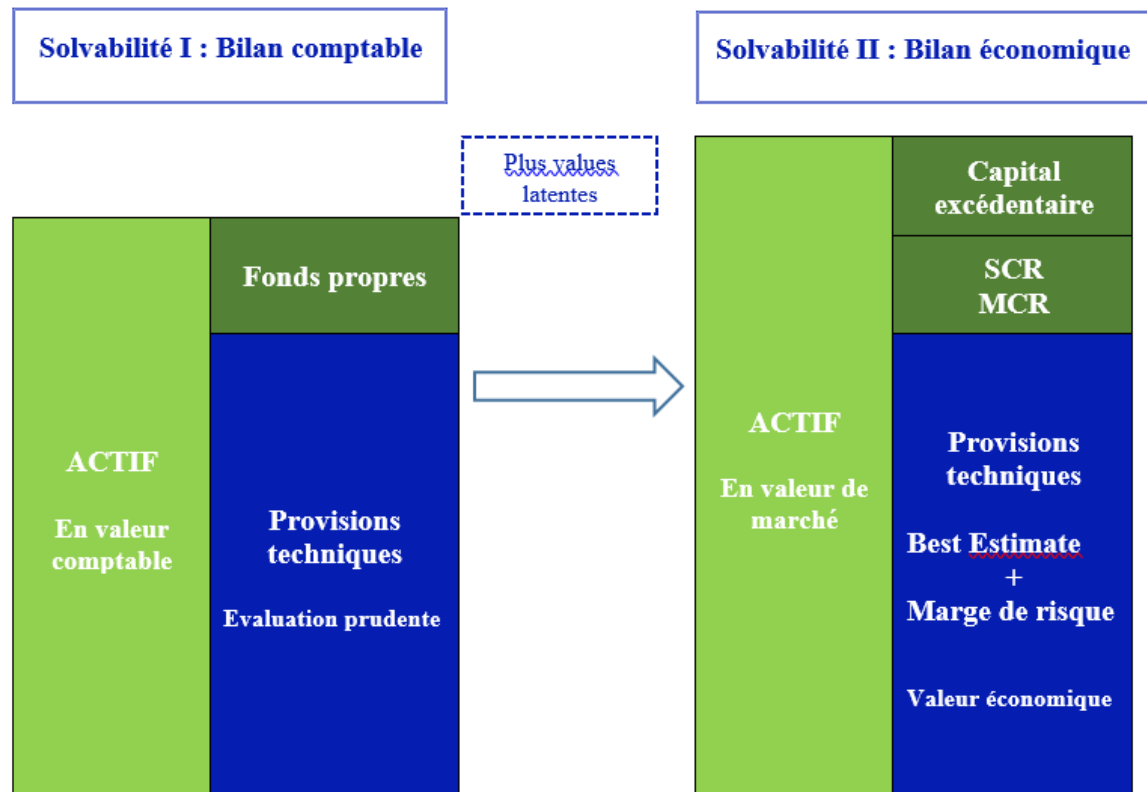
Le bilan de solvabilité II s'effectue en valeur économique et non plus en valeur historique comme le bilan comptable sous solvabilité I.

La construction d'un bilan économique repose sur les principes suivants :

- Les actifs sont enregistrés à leur valeur de marché : ils sont valorisés au montant pour lequel ils pourraient être échangés sur le marché, dans le cadre d'une transaction conclue, dans des conditions de concurrence normales. La valeur de marché constitue donc la règle, et quand il n'en existe pas, les assureurs doivent retenir une valorisation Mark-to-model.
- Les passifs sont enregistrés en valeur économique. La Solvabilité II a défini un nouveau cadre de valorisation des passifs d'assurance. L'objectif est d'élaborer un référentiel commun, applicable à tous les types d'engagement et cohérent avec le principe de juste valeur. Globalement, le bilan prudentiel intègre des provisions techniques égales à la somme de la meilleure estimation des engagements pris, appelé le Best estimate, et d'une marge de risque.
- La solvabilité II a introduit deux niveaux d'exigences de capital : le Solvency Capital Requirement (SCR) qui représente le capital nécessaire pour limiter à 0.5% la probabilité de ruine à un an (la compagnie est protégée à 99.5% des cas) ; et le Minimum Capital Requirement (MCR) en dessous duquel le retrait d'agrément sera systématique. De plus, la Solvabilité II définit des règles d'éligibilité pour la couverture du SCR et MCR.

Afin de mieux comprendre la transition philosophique proposée par le nouveau cadre prudentiel, il est instructif de comparer le bilan selon la norme Solvabilité II avec celui de Solvabilité I.

Figure 4: Evolution du bilan entre SOLVABILITE I et SOLVABILITE II



Source : Les grands principes de Solvabilité II

Les écritures de retraitement des valeurs Solvabilité I vers Solvabilité II traduisant l'application du principe d'évaluation du bilan économique des actifs en valeur de marché et du passif en « Best Estimate » et « Risk Margin ».

Les principaux postes du bilan Solvabilité II sont les suivants :

A L'ACTIF		
Placements	Best estimate des engagements cédés en réassurance	Autres actifs
AU PASSIF		
Provisions techniques • Best Estimate des engagements bruts de réassurance • Marge de risque	Impôts différés	Autres passifs

Les principes clés de valorisation du bilan prudentiel:

1. Affaires nouvelles/goodwill : le bilan économique inclut tous les actifs et les passifs à l'exception des actifs liés à des affaires nouvelles/goodwill, mais y compris les affaires nouvelles en termes éventuels mesurés en valeur de marché.
2. Actifs et des passifs autres que les provisions techniques : le cadre de référence par défaut pour valoriser les actifs et les passifs autres que les provisions techniques doit être (sauf exception) les normes IFRS, qui sont conformes aux principes de Solvabilité II.
3. Provisions Techniques : La valeur des provisions techniques est égale à la somme du Best estimate et d'une marge de risque.
4. Situation nette : la situation nette du Bilan solvabilité II est le montant de capital économique disponible pour absorber les pertes liées à des événements de stress.
5. L'écart de valorisation entre le référentiel Solvabilité I et le référentiel Solvabilité II génère un impôt différé.

2.2.1.1.1 Valorisation d'Actif du Bilan prudentiel

Concernant l'actif, l'évaluation à la valeur de marché (Fair value) est inspirée par les règles comptables IFRS. La Solvabilité II lui adjoint le principe de valeur de sortie actuelle, à savoir un cadre de valorisation dans lequel l'assureur chercherait à céder immédiatement tous ses actifs et tous les engagements pris. Dans ce cas, la valeur de marché constitue la règle, et dans le cas échéant, les assureurs doivent retenir une valorisation Mark to model.

Les placements sont évalués à leur juste valeur de marché lorsque des prix de marché sont disponibles. Pour les autres actifs, leur valorisation se fait selon les principes des normes IFRS, à l'exception du "Goodwill et des Actifs incorporels", qui sont considérés comme ayant une valeur nulle.

Les différentes rubriques de l'Actif sont valorisées de la manière suivante:

- Les participations, en particulier les obligations et les actions cotées, sont évaluées à leur prix de cotation. Par contre, les actifs non cotés sont évalués selon les normes des IFRS, après avoir déduit les goodwill et les actifs incorporels.
- Les Organismes de Placements Collectifs des Valeurs Mobilières (OPCVM) sont estimés à leur valeur de marché.
- L'immobilier est calculé à la valeur d'expertise.
- La valeur du Goodwill est nulle car il n'est pas considéré comme un actif identifiable. Les autres actifs incorporels peuvent être conservés dans le bilan économique s'ils peuvent être vendus séparément et ont une valeur de cession ; sinon, ils seront nuls.
- Les créances, dettes et comptes courants d'assurance et réassurances sont réévalués à leur valeur économique et actualisées au taux sans risque.
- Les primes acquises non émises (PANE) sont introduites au bilan si les sinistres futurs correspondants sont estimés par le Best Estimate.
- Les frais d'acquisition reportés (FAR) et les frais de gestion reportés ne seront pas pris en considération puisqu'ils ne génèrent pas de flux de trésorerie futur.

2.2.1.1.2 Valorisation du passif du Bilan prudentiel

En parallèle, la directive a défini un nouveau cadre de valorisation des passifs d'assurance. Le passif comprend les provisions techniques qui est égale à la somme de Best Estimate et la marge de risque ainsi que les impôts différés.

A. Provisions Techniques

Les provisions techniques sont évaluées en fonction de leur valeur actuelle de sortie. Conformément à la directive Solvabilité II, cette valeur correspond à la somme du Best Estimate et de la marge de risque, calculées de manière distincte.

BEST ESTIMATE

Le Best Estimate des provisions techniques représente la valeur actualisée au taux sans risque des flux futurs. Une segmentation adéquate est essentielle pour évaluer ces Best Estimates, car les calculs du SCR dépendent de cette granularité. La valeur du Best Estimate des provisions techniques cédées aux réassureurs est établie de manière distincte et est enregistrée à l'actif du bilan.

Le Best Estimate est calculé par groupe de risques homogènes, et au minimum, par ligne d'activité appelée LOB. Quatre grandes catégories de segmentation des engagements sont définies : vie, non vie, santé similaire à la vie et santé non similaire à la vie.

Concernant l'horizon, la projection des flux est réalisée sur une période d'un an. Pour l'actualisation, les flux sont actualisés en utilisant la courbe des taux sans risque fournie par l'EIOPA. Cette actualisation dépend de la durée de l'engagement, ce qui signifie que nous ne sommes plus dans un schéma déterministe avec un taux constant en termes de provisionnement, mais plutôt dans un schéma rétrospectif.

Le calcul du Best Estimate en assurance non vie nécessite l'utilisation de techniques statistiques déterministes ou analytiques. Ainsi, le Best Estimate est décomposé en deux types principaux de provisions : le Best Estimate des provisions pour sinistres à payer et le Best Estimate des provisions pour primes. Ils doivent être évalués séparément. De plus, une provision distincte pour les frais futurs de gestion des contrats (frais administratifs, gestion des investissements, frais de sinistres, frais généraux) doit être constituée.

Marge de risque

La marge de risque correspond au montant de provision complémentaire au best estimate afin que le montant total des provisions techniques corresponde au montant actuel que l'entreprise devrait payer si elle transférait immédiatement ses engagements à une autre entité.

En d'autres termes, la notion de marge de risque correspond à un montant à provisionner en supplément du Best Estimate afin de garantir que la valeur totale des provisions techniques est égale au montant actuel que l'entreprise devrait payer pour honorer ses engagements.

Pour le calcul de la marge pour risque, on utilise la méthode du "Cost of Capital" (CoC). Cette méthode évalue le coût d'immobilisation du capital nécessaire pour faire face aux engagements.

B. Impôts différés

L'impôt différé est utilisé pour corriger les différences entre la situation comptable et la situation fiscale afin de présenter une image économique non biaisée par les règles fiscales. En effet, le bilan prudentiel Solvabilité II repose sur des valeurs de marché tandis que les impôts sont calculés à partir des comptes sociaux. Les écarts d'évaluation enregistrés dans le bilan se traduiront par des ajustements fiscaux futurs pour l'organisme, sous forme de suppléments ou de déductions d'impôts. Ces ajustements sont reflétés dans le bilan économique sous la forme d'impôts différés actifs ou passifs.

2.2.1.1.3.Fonds Propres du Bilan prudentiel

Les deux exigences quantitatives de Solvabilité II, à savoir SCR et MCR, doivent être couvertes par des fonds propres. La directive 2009/138/CE établit une distinction entre les fonds propres inscrits au bilan, désignés comme "fonds propres de base", et les fonds propres hors bilan, appelés "fonds propres auxiliaires". La somme des deux types de fonds constitue ce que l'on appelle les "fonds propres éligibles", qui représentent la capacité suffisante pour couvrir le SCR.

Fonds Propres de base

La Solvabilité II définit les fonds propres de base comme étant le surplus des actifs par rapport aux passifs, réduit du montant des actions propres de la compagnie, auxquels s'ajoutent les passifs subordonnés. Ces fonds propres de base sont composés des éléments de capital "Pur" provenant des états financiers du bilan Solvabilité II, ainsi que des réserves de réconciliation, après déduction des participations dans les institutions financières et les établissements de crédit.

Les fonds propres de base incluent les éléments suivants :

- Le capital libéré
- Les réserves
- Les primes liées au capital
- Les bénéfices non distribués
- Le résultat net de l'exercice

Fonds Propres « Auxiliaires »

Ce sont les éléments hors bilan qui peuvent être mobilisés pour absorber des pertes, et ils se distinguent des fonds propres de base. L'utilisation des fonds propres auxiliaires est soumise à une autorisation préalable du superviseur. Ces fonds propres auxiliaires peuvent inclure les éléments suivants :

- La partie non versée du capital social.
- Les lettres de crédit et les garanties.
- Tout autre engagement reçu par la compagnie.

2.2.1.2. Exigences de capital

Le SCR : est le niveau de fonds propres nécessaires pour absorber un choc provoqué par un risque majeur. Il est défini comme le quantile à 99,5% des fonds propres ou encore le capital cible nécessaire correspondant à une probabilité de ruine de 0.5% (VaR de 99.5%) à un horizon d'un an. Si l'entité ne couvre pas par ses fonds propres par ce SCR, le régulateur exigera un plan de redressement pour que l'entité réajuste son taux de couverture.

Le MCR : correspond au seuil minimal de fonds propres au-dessous duquel le retrait d'agrément sera systématique.

Le calcul du SCR de souscription non vie sous Solvabilité II sera détaillé dans la dernière section de ce chapitre afin d'évaluer les besoins en fonds propres liés au risque de souscription en non-vie. Nous présenterons les différentes méthodes utilisées : La formule standard, qui utilise des paramètres du marché, la formule standard avec les USP et la méthode du modèle interne, une démarche plus personnalisée, mais aussi plus complexe et longue à mettre en place.

Nous nous concentrerons sur une approche alternative, connue sous le nom de « paramètres propres à l'entreprise » ou Undertaking Specific Parameters (USP). Cette méthode consiste à calibrer les paramètres de volatilité spécifiques à une entreprise d'assurance, en remplaçant ainsi un sous-ensemble de paramètres de la formule standard. Nous appliquerons ces paramètres exclusivement dans le sous-module du SCR pour le risque de souscription non-vie, en particulier pour le risque de primes et réserves.

2.2.2. PILIER 2: Exigences Qualitatives et surveillance prudentielle

Le deuxième pilier, qui est au cœur de la philosophie de la solvabilité II, établit des normes qualitatives de surveillance. Il se concentre sur les règles de gouvernance, de gestion des risques et de contrôle interne, ainsi que sur leur mise en œuvre par l'autorité de contrôle. Son objectif est de mettre en place un cadre de gouvernance assurant une gestion prudente et efficace de la compagnie d'assurance. Ce pilier inclut des politiques internes de surveillance des risques pour permettre à l'assureur de maintenir une compréhension claire de sa solvabilité en tout temps. De plus, il requiert que les procédures de contrôle interne soient rigoureusement documentées et adaptées aux risques spécifiques auxquels l'entreprise est confrontée.

A. Gestion des risques

La Solvabilité II suppose que les entreprises d'assurance sachent gérer leurs risques et qu'ils veillent à leur correcte capitalisation. Ainsi, ces dernières sont tenues de mettre en place une évaluation interne de leurs risques qui permet de :

- Ajuster l'adéquation entre les fonds propres de la compagnie et les exigences de capital calculées dans le cadre du PILIER1 ;
- Identifier les mesures de risques dans le modèle interne ou dans la formule standard qui s'écartent de la réalité.
- Prendre en compte dans le profil de risque de la compagnie sa stratégie commerciale et financière.

B. Gouvernance

Le pilier 2 définit d'une manière précise des règles concernant la gouvernance des compagnies d'assurance. Le système de gouvernance doit prévoir une structure organisationnelle transparente adéquate avec une séparation des responsabilités. Ce système est composé de 4 fonctions :

- ✓ La fonction actuarielle ;
- ✓ La fonction de vérification de la conformité ;
- ✓ La fonction de gestion des risques ;
- ✓ La fonction d'audit interne.

C.Activités de contrôle

Dans la directive, le champs d'application de la supervision s'étend au-delà du processus d'évaluation prudentielle. En effet, elle exige l'harmonisation des méthodes, instruments et compétences en matière de supervision prudentielle entre des superviseurs européens.

Le pilier 2 de la solvabilité II recommande la mise en place d'un processus d'évaluation interne des risques et de solvabilité, appelé Own Risk and Solvency Assessment (ORSA). Il s'agit d'un dispositif interne qui détaille les méthodes utilisées, les procédures suivies et les politiques de risques spécifiques à l'assureur.

2.2.3. PILIER 3: Reporting et Communication

Les exigences de ce pilier concernent uniquement les informations diffusées auprès du public. En effet, l'assureur est tenu de publier des informations détaillées sur son activité afin de diminuer l'asymétrie d'information.

A.Reporting au superviseur

Le reporting au superviseur est l'un des éléments fondamentaux de la solvabilité II. En effet, deux rapports sont établis périodiquement : un rapport narratif, appelé Regular Supervisor Report, permet au superviseur d'évaluer la solvabilité de la compagnie ; et un deuxième rapport appelé Solvency Financial and Condition Report qui est une version plus allégée du RSR.

B. Communication vers le public

Ce pilier comprend également la communication d'informations destinées au public. Sous la solvabilité II, la transparence envers le public et la communication des informations sont obligatoires afin de renforcer les mécanismes de marché. Ainsi, les compagnies d'assurance sont tenues de publier gratuitement au moins une fois par an les informations qui concernent leur situation financière et leur solvabilité.

SECTION 4 : NORMES INTERNATIONALES : MODELE AMERICAIN RBC ET MODELE STANDARD AND POOR'S

1. Modèle NAIC RBC : La norme américaine

Avant l'instauration de la norme RBC, les régulateurs utilisaient généralement le principe du capital fixe pour évaluer la solvabilité des assureurs, obligeant chaque compagnie à détenir le même montant minimum de capital, indépendamment de sa taille, de son portefeuille, ou de son profil de risque. Toutefois, en 1982, ce système de capital fixe a entraîné une augmentation des cas d'insolvabilité parmi les assureurs, ce qui a conduit la NAIC à revoir ce système et à adopter un régime basé sur les risques.

La National Association of Insurance Commissioners (NAIC)¹ a introduit en 1994 la norme américaine Risk-Based Capital (RBC), avec pour objectif principal d'harmoniser les règles de surveillance à travers les différents États. Cette norme vise à intégrer la taille et les profils de risque des assureurs dans la détermination des exigences en capital, prenant en compte non pas un seul facteur de risque, mais l'ensemble des risques auxquels une compagnie d'assurance peut être exposée.

Le principe de la méthode RBC repose sur le découpage de la compagnie d'assurance en plusieurs classes de risque. Pour chaque classe, un montant en capital est déterminé selon diverses règles mécaniques. Ensuite, le besoin en capital, nécessaire au niveau global de la compagnie, résulte d'une combinaison entre différents capitaux établis pour chaque classe de risques. La méthode RBC découpe la compagnie en six classes de risques qui sont :

- Le risque lié aux participations dans les filiales d'assurance (R0),
- Le risque lié aux actifs à revenus fixes (R1),
- Le risque lié aux actifs à revenus variables (R2),
- Le risque lié aux créances (R3),
- Le risque lié aux provisions de sinistres (R4),
- Le risque lié à la sous-tarification (R5).

Le calcul du RBC global de la compagnie est effectué avec la formule suivante :

$$R = R0 + \sqrt{R1^2 + R2^2 + R3^2 + R4^2 + R5^2}$$

¹ La National Association of Insurance Commissioners (NAIC) est une association privée à but non lucratif regroupant les principaux régulateurs d'assurance des 50 États, du district de Columbia et des cinq territoires américains. Elle a été créée en 1871 pour coordonner la surveillance des compagnies multiétatiques dans un cadre réglementaire étatique, en mettant l'accent sur la situation financière des assureurs.

Ce résultat constitue le niveau de fonds propres dont doit disposer la compagnie pour continuer à travailler sans problème. Si le niveau de fonds propres est inférieur à 35% du résultat ainsi trouvé, la compagnie doit être mise sous tutelle. Entre les 35% et les 100%, il existe divers niveaux de risques et diverses actions à mener pour redresser la situation.

Le RBC est ensuite comparé au TAC (Total Adjusted Capital) de la compagnie. Ce TAC est égal à la différence entre les actifs et les passifs réels, différence qui correspond aux fonds propres.

La norme RBC américaine adopte une approche déterministe fondée sur des facteurs prédéfinis, avec une formule de solvabilité rigide qui manque de souplesse pour s'adapter aux particularités des situations individuelles (Klein, R. et Wang, S., 2007). Cette méthode facilite le contrôle réglementaire, mais elle ne permet pas d'appréhender pleinement la diversité des profils de risque dans le secteur de l'assurance. En revanche, Solvabilité II privilégie une approche basée sur des principes, en utilisant la Value at Risk (VaR) pour mieux refléter les risques spécifiques auxquels les assureurs sont confrontés.

2.Modèle de Standard and Poor's

2.1Présentation de Standard and Poor's

Fondée en 1860, Standard & Poor's (S&P) est une agence de notation américaine qui occupe une place très importante dans le monde de la finance internationale. Sa mission principale est de publier des analyses des marchés financiers, boursiers et de solvabilité des entreprises. Elle utilise une échelle de notation allant de AAA, la meilleure note de confiance, à BBB-, la note la plus faible.

Le résultat du modèle ne détermine pas directement la note de solidité financière. Une analyse qualitative permet de valider l'opinion de notation. Cette analyse est l'évaluation ERM qui est une étude complète et rigoureuse de la gestion des risques d'une compagnie d'assurance et qui porte sur la structure et la capacité à identifier et à gérer ses risques. Cette évaluation est basée sur cinq critères:

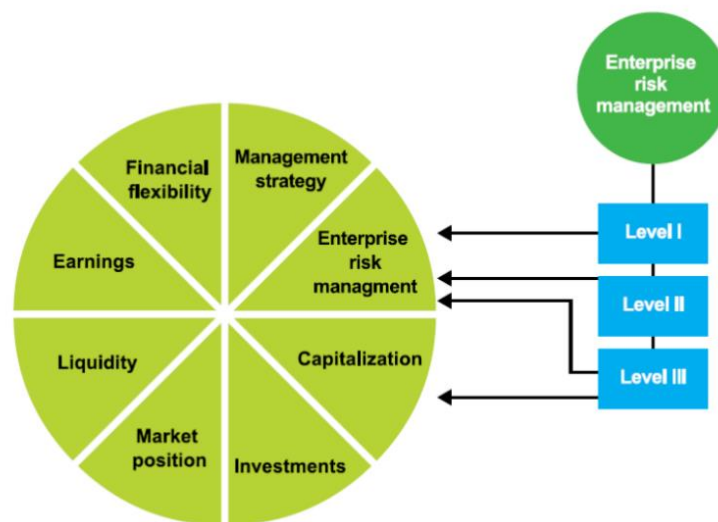
- ✓ la méthodologie ;
- ✓ la qualité des données;
- ✓ les hypothèses et le paramétrage ;
- ✓ le processus et l'exécution ;
- ✓ les tests;
- ✓ la validation.

En outre, ces notations de S&P ne portent que sur la santé financière de l'entreprise et ne classe pas la qualité des produits ou des services d'assurance.

L'analyse de la solvabilité est l'une des huit catégories de l'analyse de S&P comme le montre le schéma suivant :

Figure 5: Analyse de la solvabilité pour le modèle S&P

The ERM level III review in the rating context



© Standard & Poor's 2011.

2.2.Présentation du modèle de Standard and Poor's

Le modèle de S&P repose sur un cadre globalement cohérent, fournissant une base commune pour l'évaluation de la solvabilité des compagnies d'assurance à l'échelle mondiale. Il s'agit d'un modèle unique qui intègre des facteurs régionaux spécifiques, permettant ainsi une certaine flexibilité pour prendre en compte les particularités régionales.

En outre ce modèle demeure essentiellement déterministe, basé sur des facteurs spécifiques, offrant ainsi une approche transparente et prévisible pour évaluer les exigences de capital. Toutes les charges, c'est-à-dire les composantes du capital requis, sont régulièrement revues et mises à jour, ce qui garantit que le modèle reflète les évolutions du marché.

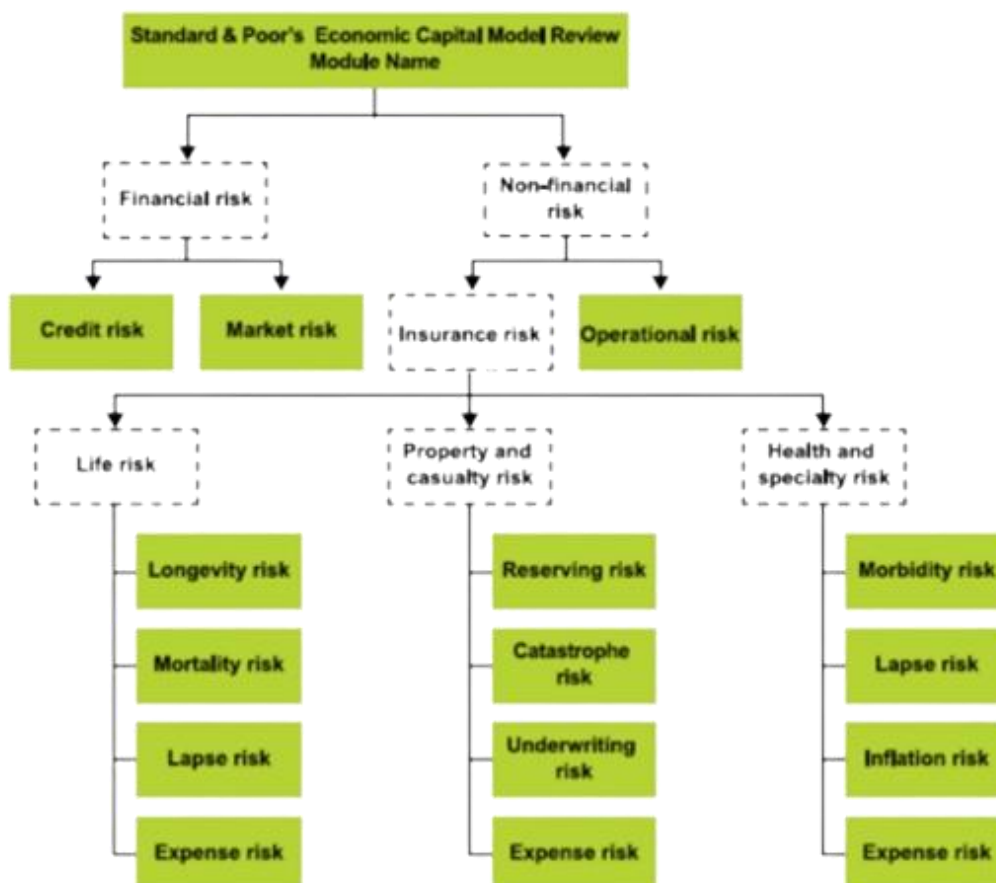
Le modèle de notation de S&P utilise trois capitaux pour évaluer la solvabilité d'une compagnie d'assurance :

- Le premier capital, appelé Economic Capital Available (ECA), est une mesure des fonds propres disponibles de la compagnie.

- Le deuxième capital, appelé Total Adjusted Capital (TAC), représente la somme totale des ressources financières disponibles pour une compagnie d'assurance. Il est calculé en ajustant les fonds propres disponibles pour tenir compte de certains éléments qui impactent la situation financière de la compagnie comme les Plus/moins-values latentes sur les placements.
- Le troisième capital, appelé Total Required Capital (TRC), est la valeur des fonds propres cible. C'est le capital suffisant pour couvrir les risques auxquels la compagnie est exposée. Il est calculé en utilisant une approche Value At Risk (VaR) à un an, avec un seuil de confiance de 97.2% pour la catégorie BBB, 99.4% pour la catégorie A, 99.7% pour la catégorie AA et 99.9% pour la catégorie AAA.

Le Required Capital est calculé en fonction des risques auxquels une assurance est exposée. Ces risques sont regroupés dans une cartographie présentée ci-dessous :

Figure 6: Matrice de décomposition des risques pour le modèle de Standard and Poor's



Le modèle d'adéquation de capital fondé sur les risques de S&P Services est un outil quantitatif qui fait partie intégrante de l'analyse de l'adéquation du capital des sociétés d'assurance-vie, d'assurance dommages, d'assurance maladie et de réassurance dans le monde entier.

Par conséquent, une fois le capital de solvabilité requis est calculé, on passe à évaluer le ratio de solvabilité.

Le ratio de solvabilité pour le modèle S&P est le suivant:

$$\text{CAR ratio} = \frac{\text{Risk-adjusted-capital}}{\text{Total-required-capital}}$$

SECTION 5: MODELES DE SOLVABILITE BASEE SUR LES RISQUES

Bien que l'Union européenne soit à la pointe en matière de régulation prudentielle des assurances, la norme Solvabilité II n'est pas entièrement applicable aux marchés des pays maghrébins, car ses coefficients sont spécifiquement adaptés au contexte européen. Face aux évolutions du marché de l'assurance, à l'aggravation des risques et à l'apparition de nouveaux défis, les régulateurs au Maroc et en Tunisie ont été poussés à réévaluer en profondeur leur cadre réglementaire en matière de solvabilité, en adoptant une approche basée sur les risques.

1.Solvabilité Basée sur les Risques au Maroc

Au Maroc, le secteur de l'assurance est en croissance. En 2023, les 24 compagnies du secteur ont enregistré un volume de primes émises atteignant 65,7 milliards de MAD, positionnant ainsi le Maroc comme le deuxième plus grand marché de l'assurance en Afrique, après l'Afrique du Sud. Ce marché, en constante progression malgré les défis économiques, a atteint un taux de pénétration d'environ 4 % en 2022. Dans ce contexte, l'Autorité de Contrôle des Assurances et de la Prévoyance Sociale (ACAPS) a lancé depuis 2017 le processus de mise en œuvre une nouvelle norme de solvabilité. Inspirée par la directive européenne Solvabilité II, cette norme est adaptée aux spécificités du marché marocain pour renforcer la résilience du secteur face à une multitude de risques croissants. L'objectif est double : garantir la protection des assurés dans un environnement incertain, et promouvoir une culture de gestion des risques et de bonne gouvernance, conformément aux standards internationaux.

La nouvelle réglementation, intitulée « Solvabilité basée sur les risques », que l'ACAPS envisage de mettre en œuvre, repose sur trois piliers.

Pilier 1 : Exigences quantitatives

Dans le cadre du premier pilier du projet de réglementation, les compagnies d'assurance seront tenues de préparer un bilan prudentiel, qui évalue les différents éléments du bilan à leur valeur économique plutôt qu'à leur valeur comptable. Ce bilan prudentiel introduit de nouveaux éléments, tels que les impôts différés actifs et passifs ainsi que la réserve de réconciliation, et remplace les provisions techniques brutes et cédées par leurs valeurs prudentielles.

À l'image de Solvabilité II, le projet de solvabilité basé sur les risques inclut le calcul du Capital de Solvabilité Requis. Ce SCR englobe les besoins en capital pour chaque module de risque. Ce capital est conçu pour combler les insuffisances du cadre prudentiel actuel et prendre en compte l'ensemble des risques rencontrés par les assureurs.

Dans notre analyse, nous nous concentrons sur le Capital de Solvabilité Requis relatif au risque de souscription non-vie, déterminé selon la méthode spécifiée à l'article 53 du projet mentionné:

$$SCR_{Non\ vie} = SCR_{primes} + SCR_{Provisions} + SCR_{CAT\ Non\ vie}$$

Pilier 2 : Exigences qualitatives

À l'image de la norme européenne, le régulateur marocain a inclus dans son nouveau projet de réglementation du marché des assurances un pilier spécifiquement consacré aux exigences qualitatives. Celui-ci met l'accent sur la mise en place d'un système de gouvernance solide, avec un processus de prise de décision clairement défini, devant être approuvé par le conseil d'administration ou de surveillance. Il impose également l'obligation d'évaluer régulièrement l'efficacité du système de gouvernance en place, ainsi que la mise en œuvre d'un système de contrôle interne et de gestion des risques. De plus, les assureurs doivent intégrer une évaluation des risques internes et de la solvabilité (ORSA) dans leur stratégie globale.

Pilier 3 : Exigences en matière d'information

Le pilier III fixe les exigences en matière d'information et de communication prudentielle afin de renforcer la transparence du marché marocain. Il détermine la communication financière au public ainsi que les états réglementaires et les différents rapports à soumettre à l'Autorité de tutelle pour l'exercice de sa mission de surveillance.

Il est à noter que la structure de cette nouvelle réglementation, qui repose sur trois piliers interconnectés, présente certaines différences par rapport à la norme européenne. Parmi ces divergences, on note une approche distincte en matière de corrélation entre les différentes

branches de risque, ainsi que l'inclusion du risque de concentration en tant que module de risque autonome, séparé du risque de marché.

2.Solvabilité Basée sur les Risques en Tunisie

2.1.Marché tunisien de l'assurance

Le marché de l'assurance en Tunisie est fragmenté, marqué par une diversité d'acteurs et de services. Avec l'ajout de deux nouvelles compagnies spécialisées en assurance vie et capitalisation, "LLOYD VIE" et "Assurances UIB", le nombre total de sociétés d'assurance et de réassurance résidentes en Tunisie s'élève désormais à 24, dont 22 opérant sous le statut de sociétés par actions et 2 en tant que mutuelles. Le marché tunisien comprend 7 compagnies d'assurance vie, une spécialisée dans le crédit et l'exportation, ainsi qu'une autre en réassurance. Les autres compagnies sont des multi-branches, et 8 sociétés opèrent en offshore. Le marché a démontré sa solidité et sa capacité à répondre aux besoins croissants des assurés, notamment après les secousses liées à la pandémie et au conflit russo-ukrainien, avec un chiffre d'affaires atteignant 3185 millions de dinars en 2022. Cette même année, la Tunisie a enregistré un taux de pénétration de 2,4% selon le Comité Général des Assurances (CGA), un chiffre inférieur aux niveaux d'autres pays émergents et à la moyenne mondiale de 6,8% en 2022. Comparativement, l'Afrique du Sud affiche le taux de pénétration le plus élevé du continent avec 11,3%, suivie par le Maroc avec 3,9%, la Tunisie occupant la troisième place en Afrique. De plus, la densité d'assurance a atteint 86 dollars par habitant, en hausse de 14% par rapport à 2021, mais restant largement en deçà de la moyenne mondiale de 853 USD.

2.2.Cadre réglementaire en Tunisie

2.2.1Norme actuelle

Actuellement, le régime de solvabilité en vigueur en Tunisie est inspiré de la directive européenne Solvabilité I, adoptée en mars 2002. Ce régime repose sur la constitution d'une marge de solvabilité, conformément à l'article 58 du code des assurances, modifié par l'article 1 de la loi n°2002-37. Bien que cette norme soit simpliste et relativement facile à mettre en œuvre, elle présente certaines limites. Le calcul de la marge de solvabilité se fait sur une base forfaitaire, ce qui signifie que les mêmes facteurs sont appliqués à toutes les compagnies d'assurance et de réassurance, comme indiqué dans le code des assurances publié par le CGA. De plus, la norme actuelle se concentre principalement sur l'évaluation et la gestion du risque de souscription. La marge de solvabilité varie en fonction du montant des réserves : les

entreprises disposant de réserves plus faibles ont des marges de solvabilité plus faibles, et inversement.

Par conséquent, il devient inévitable pour l'autorité de contrôle de prendre des mesures prudentielles afin de renforcer la solvabilité des assureurs tunisiens. Dans ce cadre, le Comité Général des Assurances a lancé un nouveau projet, inspiré de la Directive Solvabilité II, appelé la Solvabilité Basée sur les Risques, parallèlement à l'adoption des normes IAS/IFRS. Ce projet a démarré en 2020 et bénéficie d'une expérience comparative, en l'occurrence de projet SBR marocain.

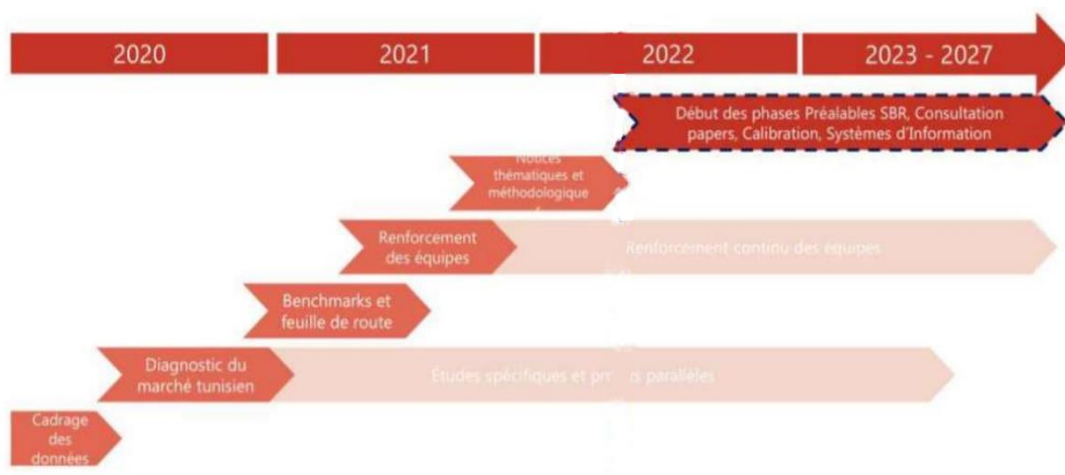
2.2.2. Nouvelle norme de solvabilité

La nouvelle norme de solvabilité en Tunisie est en cours d'étude sera structurée selon un régime basé sur trois piliers essentiels en vue de s'aligner aux normes standards internationaux de Solvabilité II. Ce projet, financé par la banque mondiale, vise à :

- Améliorer le taux de pénétration des assureurs sur le marché tunisien ;
- Encourager la diversité des activités assurantielles ;
- Renforcer le contrôle des estimations des provisions techniques par l'obligation du recours vers un actuaire auditeur pour la validation des provisions techniques ;
- Promouvoir des modes de gestion sains et forts ;
- Favoriser la transparence de l'activité auprès des parties prenantes.

Ainsi, le projet de la Solvabilité Basée sur les Risques est prévu réaliser en 6 phases comme suit :

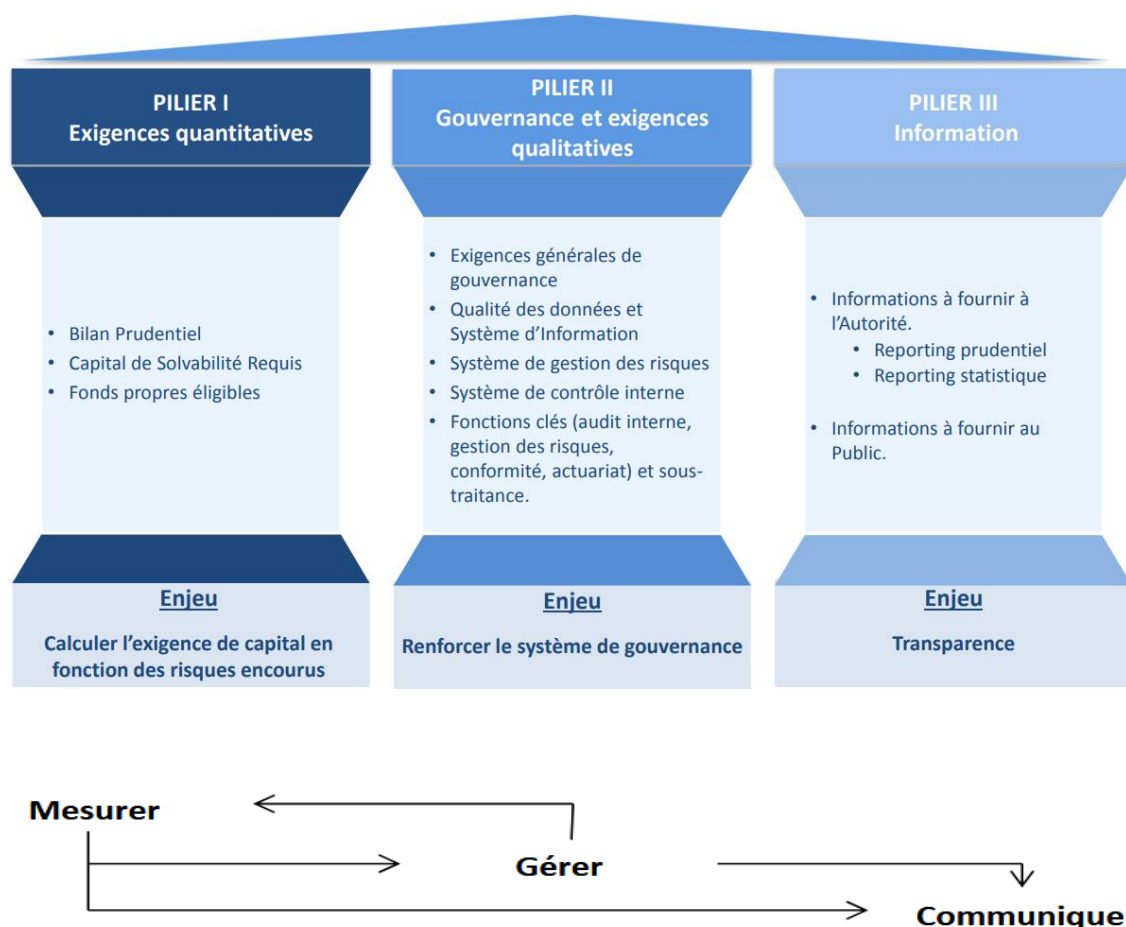
Figure 7: Plan de travail pour l'élaboration du projet solvabilité basée sur les risques



Comme il est indiqué dans le schéma ci-dessus, les 5 premières phases ont consacré pour des études et des accompagnements par le consortium et la banque mondiale au CGA. Actuellement on se trouve dans la dernière phase qui est la phase de préparation pour la calibration.

La nouvelle norme de solvabilité en Tunisie est structurée selon un régime basé sur trois piliers essentiels. Ces piliers visent à établir des bases solides pour la réglementation et la surveillance du secteur des assurances de la façon suivante:

Figure 8: Les piliers de SBR tunisien



Ce mémoire va se concentrer uniquement sur le premier pilier et le calcul de critères quantitatifs. Cette exigence quantitative permet aux compagnies d'assurance de détenir un capital leur permettant d'honorer leurs engagements envers les assurés en cas de risque important impactant significativement leurs fonds propres. Cette capacité inclut nécessairement la définition du capital de solvabilité requis. Le calcul du SCR sous le modèle SBR tunisien sera traité dans le chapitre suivant.

Tableau 3:Tableau comparatif des normes

	Solvabilité II	Risk Based Capital	Standard and Poor's	SBR Marocain	SBR Tunisien
Autorité(s) de contrôle	EIOPA	NAIC	-	ACAPS	CGA
Année d'introduction	2016	1994	1860	2017	2020
Marché	Fragmenté	Fragmenté	-	Fragmenté	Fragmenté
Exigences de capital	MCR SCR	TAC	RAC RBC	MCR SCR	MCR SCR
Diversification entre les risques	Des matrices de corrélation	-	-	Des matrices de corrélation	Des matrices de corrélation

Source : Etabli par l'auteur

Conclusion :

Tout au long de ce chapitre, nous avons essayé de clarifier les concepts fondamentaux relatifs à la solvabilité et établir une base de connaissances solide sur les approches de modélisation du capital requis pour le risque de souscription non-vie. Nous avons également mis en lumière les différents cadres réglementaires des modèles de solvabilité, en particulier la directive Solvabilité II, le modèle américain, le modèle de Standard & Poor's, ainsi que le SBR. Dans le chapitre suivant, nous procéderons à l'évaluation du besoin de la MAE en fonds propres de souscription non vie selon divers modèles et comparerons les résultats obtenus.

**CHAPITRE II : EVALUATION DU
BESOIN DE LA MAE EN FONDS
PROPRES DE SOUSCRIPTION NON
VIE SELON DIFFERENTS MODELES**

CHAPITRE II : EVALUATION DU BESOIN DE LA MAE EN FONDS PROPRES DE SOUSCRIPTION NON VIE SELON DIFFERENTS MODELES

Introduction

Pour les compagnies d'assurance opérant dans le secteur non-vie, le risque de souscription représente l'un des principaux défis auxquels elles sont confrontées. C'est dans cette optique que ce mémoire s'est concentré sur le risque de souscription non-vie, et plus spécifiquement sur le risque de primes et réserves. L'étude s'est principalement axée sur la branche automobile, qui constitue le segment le plus significatif du portefeuille de la MAE.

Dans ce chapitre, nous évaluerons les besoins en fonds propres de souscription non-vie de la MAE en utilisant les modèles analysés dans le chapitre précédent, afin de répondre à la problématique centrale de ce mémoire.

SECTION I : PRESENTATION DE LA MUTUELLE ASSURANCE DE L'ENSEIGNEMENT

1.Présentation générale de la Mutuelle Assurance de l'Enseignement

La Mutuelle Assurance de l'Enseignement est une compagnie d'assurance a forme mutuelle régie par le code des assurances et le décret numéro 92-2257 édité en date du 31/12/1992. Elle est organisée selon les principes de l'économie sociale. Elle repose principalement sur le principe de solidarité et a pour mission de défendre les intérêts et les droits de ses adhérents, qui sont également ses clients. *La solidarité est donc au cœur de son fonctionnement et de sa mission.* En plus, elle a pour objectif d'intégrer les valeurs humaines dans toutes ses activités et de se positionner en faveur du développement durable. Elle s'efforce ainsi de concilier les impératifs économiques avec les enjeux environnementaux et sociaux, dans le but de promouvoir un développement équilibré.

La MAE a vu le jour en 1963, suite à la vente de l'activité de la Mutuelle Assurance des Instituteurs en France en Tunisie (MAIF), qui avait pour objet l'assurance des enseignants français dans le pays. Dans ses débuts, la MAE se consacrait principalement à l'assurance automobile et avait comme clientèle exclusivement les enseignants.

En 1992 et afin de s'adapter à son nouvel environnement marqué par une concurrence accrue, l'activité de la M.A.E s'est étendue rapidement aux fonctions libérales et aux entreprises (PME, PMI...). Ainsi, elle a devenu accessible à d'autres branches comme l'assurance vie, la responsabilité civile, multirisque habitation et le transport.

Aujourd'hui, la MAE est l'un des principaux assureurs en Tunisie, leurs services s'étendent sur l'ensemble du territoire national, elle s'appuie sur un réseau fort de 100 agences d'accueil physiques (57 succursales, 43 agents d'assurance, 7 courtiers partenaires) et 8 Directions régionales installées dans les chefs-lieux des gouvernorats.

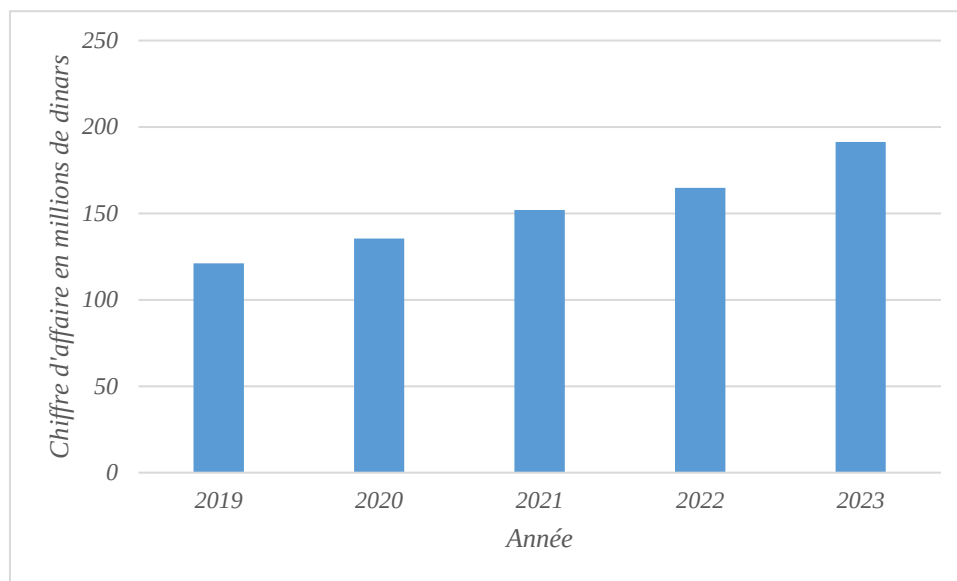
La MAE ne possédant pas d'actionnaires ni de capital à rémunérer, elle appartient à ses sociétaires. L'une des particularités de cette mutuelle est que le pouvoir politique est exercé par les sociétaires, qui le font par le biais de leurs représentants élus. Il s'agit donc d'un système de participation et de solidarité électorale. En effet, les élections permettent aux adhérents de participer indirectement à la prise de décision et devenir membres du conseil d'administration. Ce dernier est composé d'un président et 8 membres élus au bulletin secret par l'assemblée générale ordinaire des adhérents. Ils décident des orientations stratégiques dans une vision à moyen et long terme en discussion avec la direction générale, de l'admission des sociétaires et de la nomination du directeur général. Les décisions sont prises à la majorité absolue des voix des membres du conseil.

1.2. Chiffres clés de la MAE

1.2.1. Chiffre d'affaires

Les indicateurs affichés par le rapport annuel de la MAE au courant de l'exercice antérieur démontrent que la MAE se porte bien durant ces dernières années. En effet, en 2019, le chiffre d'affaires a connu une hausse significative pour atteindre 121.09 MD, puis a continué sur sa lancée pour atteindre 135.4MD en 2020. En 2021, le chiffre d'affaires a enregistré une hausse de 12.2% contre un taux de variation de 11.9% en 2020. En 2023, la MAE a enregistré un chiffre d'affaires égal à 191MD, soit une hausse significative de 16%. Ces résultats témoignent de la dynamique de développement de la MAE, ainsi que la pertinence de sa stratégie commerciale et de ses offres de produits et de services.

Figure 9: Evolution du chiffre d'affaires entre 2019 et 2023

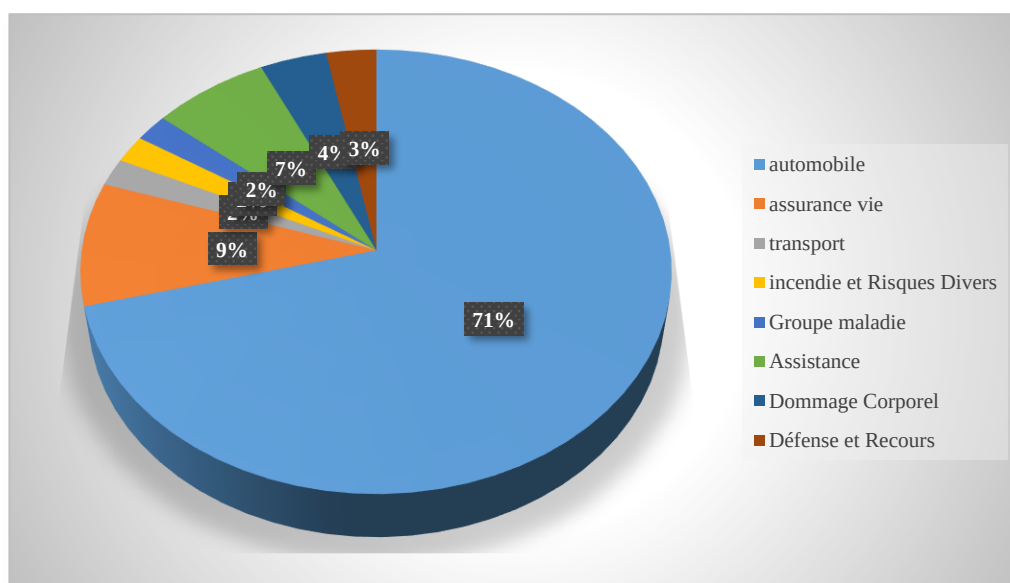


Source : Rapport annuel 2023 de la MAE

1.2.2. Portefeuille de la MAE

La répartition du chiffre d'affaires par branche a montré que la branche Automobile occupe toujours la première place dans le portefeuille de la MAE avec une part importante 71%. L'assurance vie occupe la deuxième place dans l'activité et représente 9% suivie par l'assistance avec 7%.

Figure 10: Structure du portefeuille de la MAE en 2023



Source : Rapport annuel 2023 de la MAE

Etant mentionné au paragraphe précédent, la branche automobile représente la majeure partie du portefeuille de la MAE avec un taux de 71%. Cette dernière a accusé une légère régression de 1.8% par rapport à l'année précédente. Cette baisse s'inscrit dans la stratégie de la MAE visant à équilibrer ses différentes branches.

1.3.Marge de solvabilité de la MAE

Comme évoqué dans le chapitre précédent, la réglementation actuelle de la CGA impose à la MAE de maintenir une marge de solvabilité. En nous appuyant sur les données de la mutuelle pour les années 2021 et 2022, nous avons calculé cette marge pour l'assurance non vie. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4: Marge de solvabilité de MAE pour l'assurance non vie 2022

L'ASSURANCE NON-VIE:	
<u>Méthode de calcul:</u>	<u>Montant:</u>
Marge de solvabilité I (M1)	27 223 343
Marge de solvabilité II (M2)	17 725 431
Le Montant minimum de marge de solvabilité pour l'assurance Non-vie	27 223 343
Marge de solvabilité constituée	102 607 068
Ratio Marge constituée/Marge minimale	372%

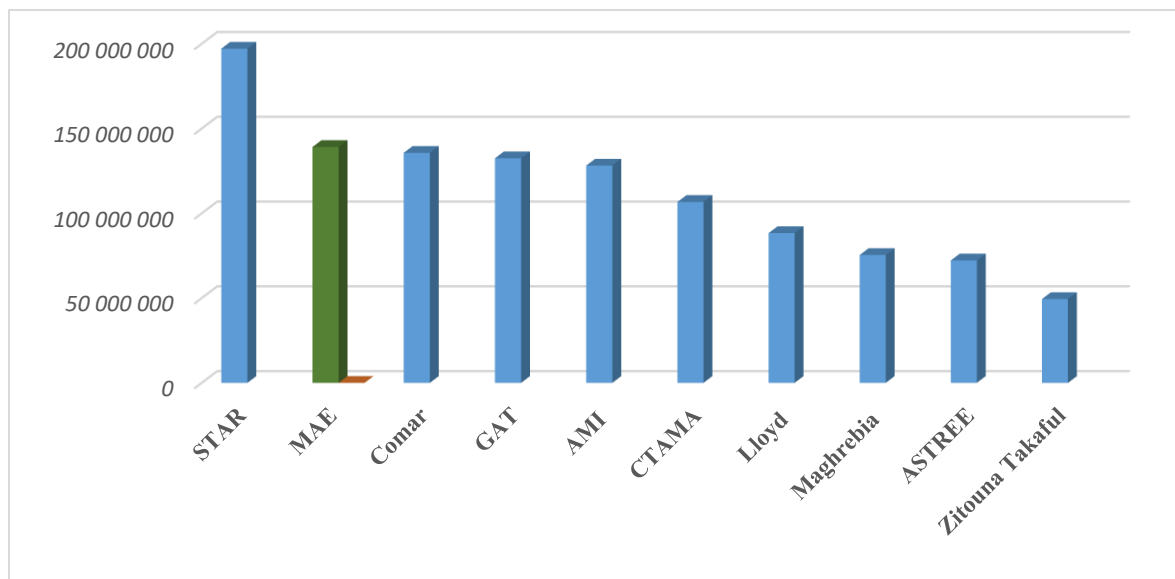
Source : Rapport annuel 2023 de la MAE

La marge disponible chez la MAE (102 607 068 DT) dépasse largement le minimum requis par la réglementation actuelle (27 223 343DT) pour l'année 2022.

1.4. Branche Automobile chez MAE

1.4.1. Positionnement dans le marché

Figure 11 : Primes émises et acceptées de l'assurance automobile par compagnie en 2022



Source : Rapport FTUSA 2022

La MAE a su maintenir une position solide et compétitive dans le marché tunisien au fil des années. En 2022, elle se situe dans le peloton de tête en occupant la deuxième place en terme de chiffre d'affaires après la STAR, avec un total égal à 139 157 519 dinars et une part de marché de 10,8%.

Cette performance confirme la réputation de la MAE en tant qu'acteur majeur sur le marché de l'assurance tunisien, ce qui témoigne de sa capacité à attirer et à fidéliser une clientèle importante tout en rivalisant avec les principaux concurrents du secteur.

1.4.2. Indicateurs techniques

Tableau 5: Evolution des principaux indicateurs de l'assurance automobile (M.D)

	2021	2022	2023
<i>Chiffres d'affaires</i>	128 008	139 157	140 841
<i>Indemnités Régliées</i>	72 489	83 803	97 614
<i>Provisions techniques</i>	285 564	305 034	327 598
<i>Frais de gestion</i>	44 655	54 834	51 125
<i>Résultat technique</i>	-10 032	-19 573	-17 086

Source : Rapport annuel 2023 MAE

Le chiffre d'affaires de cette branche a atteint 140 841 MD en 2023, par rapport à 139 157 MD en 2022, soit une évolution de 14.8%. D'un autre côté, les indemnisations réglées liées à la branche automobile pour l'année 2022 se sont élevées à 83 803 MD. En ce qui concerne les provisions techniques de cette branche, elles atteignent un montant de 305 034 MD, soit une évolution de 6.8%. Le résultat technique a diminué pour atteindre -17 086 MD en 2023 contre -19 573 MD une année auparavant.

1.4.3.Détermination de SCR prime et réserve non vie sous la norme actuelle

Dans la norme actuelle, les coefficients sont déterminés par le CGA, avec un facteur de 20 % pour les primes et de 25 % pour les réserves. Les volumes de primes et de réserves pour la branche automobile ont été évalués respectivement à 103 142 394 et 283 735 622, ce qui aboutit au SCR suivant :

$$SCR_{prem} = 20\,628\,479\,dt$$

$$SCR_{res} = 70\,933\,906\,dt$$

$$SCR_{prem\,res} = 70\,933\,906\,dt$$

SECTION 2: DETERMINATION DE SCR PRIME ET RESERVE NON VIE PAR DIFFERENTS MODELES

1.Détermination de SCR prime et réserve non vie par la formule standard

L'objectif principal de Solvabilité II est d'harmoniser les normes du marché européen tout en adoptant une approche basée sur les risques plutôt qu'une approche fondée sur le volume d'activité, comme c'était le cas avec Solvabilité I. Cela permet d'évaluer plus précisément les fonds propres réglementaires des compagnies d'assurances en fonction de leur niveau d'exposition aux risques.

La formule standard est l'approche la moins complexe et permet de calculer un capital requis pour chaque facteur de risque inclus dans un module de risque, tel que le SCR primes et réserves, rachat et SCR catastrophes pour le module de souscription non-vie. Les SCR obtenus pour chaque facteur de risque sont ensuite agrégés en utilisant des matrices de corrélation. D'abord, une première agrégation des risques est effectuée au sein de chaque module, suivie d'une seconde agrégation entre les différents modules.

Comme indiqué précédemment, nous nous intéressons dans ce mémoire au sous-module de risque « le risque de primes et réserves » qui peut varier significativement d'un assureur à l'autre. Le risque de catastrophe et le risque de rachat ne seront pas traités à cause de non disponibilité des données. Nous présentons par la suite les étapes de détermination de SCR pour le risque de primes et réserves en utilisant la formule standard.

Le SCR associé au risque de primes et de réserves dans le cadre de la formule standard est déterminé par ligne d'activité à l'aide d'une formule explicite. Cette formule calcule l'exigence de capital en multipliant le volume d'exposition (primes + réserves) par l'écart type global du risque comme suit :

$$SCR_{\text{primes et réserves}} = 3 \sigma V$$

Avec :

- V : le volume du portefeuille. Ce volume est obtenu en agrégeant les volumes de primes et les volumes de réserves pour chaque branche d'activité (LoB),
- σ : la volatilité globale de primes et de réserves, et est déterminé par les volatilités standards fixées par l'EIOPA, en fonction de la ligne d'activité. En effet, les écarts-types primes et réserves standards pour les LoB RC automobile et Dommages automobile sont les suivants :

LoB	σ_P	σ_R
Rc automobile	10%	9%
Dommages automobile	8%	8%

Afin de déterminer le SCR prime et réserve dans le cadre de la formule standard dans la branche automobile, nous avons suivi les étapes décrites dans le règlement délégué 2015 suivantes :

1.1.Détermination de volume pour le risque de prime et de réserve pour chaque Lob :

❖ Détermination de volume pour le risque de prime par ligne d'activité

Le volume pour le risque de prime par ligne d'activité est calculé en utilisant la formule suivante :

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

Où :

Ps : représente une estimation des primes à acquérir au cours des 12 prochains mois,

$P_{last,s}$: représente les primes acquises au cours des 12 derniers mois,

$FP_{existing,s}$: représente la valeur actuelle probable des primes à acquérir après les 12 mois à venir pour les contrats existants,

$FP_{future,s}$: représente la valeur actuelle probable des primes à acquérir pour les contrats dont la date de comptabilisation initiale survient dans les 12 mois à venir, mais à l'exclusion des primes à acquérir au cours des 12 mois qui suivent cette date initiale.

❖ Détermination de volume pour le risque de réserve par ligne d'activité

Le volume lié au risque de réserve correspond à la valeur du Best Estimate des provisions pour sinistres. En effet, le Best Estimate des provisions pour sinistres prend en compte l'ensemble des flux futurs de sinistres, qu'ils soient connus ou non, survenus jusqu'à la date d'évaluation. Ces flux incluent les règlements ainsi que les autres frais de gestion des sinistres. Le périmètre du Best Estimate des provisions pour sinistres est comparable aux provisions pour sinistres à payer (SAP) et aux IBNR calculés par la compagnie.

Selon le Consultation Paper numéro 7 du CEIOPS concernant le calcul des provisions pour sinistres, la méthode utilisée pour déterminer le Best Estimate des provisions est celle du Chain Ladder, qui se base sur la notion de valeur attendue ou moyenne. Nous allons utiliser cette méthode afin de compléter le développement des règlements des sinistres qui servent à la détermination des flux futurs.

Le calcul du Best Estimate des provisions nécessite d'abord l'utilisation des triangles de règlements. Dans notre cas, le triangle de règlement pour la RC automobile et dommages auto.

Les étapes que nous avons suivies pour calculer le BE des provisions pour sinistres sont les suivantes :

Tout d'abord, après avoir validé les hypothèses des méthodes déterministes, il est nécessaire d'estimer les coefficients de passage et de projeter les flux futurs des règlements des sinistres en utilisant le triangle de règlements des sinistres.

Année de survenance	Année de développement								
		0	1	2	.....	j	.....	n-1	n
	0	C0,0	C0,1	C0,2		C0,j		C0,n-1	C0,n
	1	C1,0	C1,1	C1,2		C1,j		C1,n-1	C1,n
	2	C2,0	C2,1	C2,2		C2,j		C2,n-1	
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		
	j	Cj,0	Cj,1	Cj,2		Cj,j		Cjj×fj+1×...×fn-1	Cjj×fj+1×...×fn
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮			
	n-1	Cn-1,0	Cn-1,1	Cn-1,2		Cn-1,1×f2×...×fj		Cn-1,1×f2×...×fn-1	Cn-1,1×f2×...×fn
	n	Cn,0	Cn,1	Cn,0×f1×f2		Cn,0×f1×...×fj		Cn,0×f1×...×fn-1	Cn,0×f1×...×fn

Ensuite, à partir des résultats obtenus, les règlements non cumulés sont déterminés à l'aide de la formule suivante : $Y_{j,n} = C_{j,n} - C_{j,n-1}$. On obtient ainsi le triangle décumulé suivant :

Année de survenance	Année de développement								
		0	1	2	.....	j	.....	n-1	n
	0	Y0,0	Y0,1	Y0,2	.....	Y0,j		Y0,n-1	Y0,n
	1	Y1,0	Y1,1	Y1,2	.....	Y1,j		Y1,n-1	Y1,n
	2	Y2,0	Y2,1	Y2,2	.....	Y2,j		Y2,n-1	Y2,n
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	j	Yj,0	Yj,1	Yj,2	⋮	Yj,j	⋮	Yj,n-1	Yj,n
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	n-1	Yn-1,0	Yn-1,1	Yn-1,2	⋮	Yn-1,j	⋮	Yn-1,n-1	Yn-1,n
	n	Yn,0	Yn,1	Yn,2	⋮	Yn,j	⋮	Yn,n-1	Yn,n

Enfin, la dernière étape consiste à calculer les « cash flows » futurs pour les années de développement à venir (CFF) en se basant sur les triangles des règlements des sinistres non cumulés. Le Cash-Flow de chaque année future est calculé en sommant les éléments de la diagonale, comme suit :

Année de survenance	Année de développement								
	0	1	2	....	j	....	n-1	n	
0	Y0,0	Y0,1	Y0,2	...	Y0,j	...	Y0,n-1	Y0,n	CF
1	Y1,0	Y1,1	Y1,2	...	Y1,j	...	Y1,n-1	Y1,n	CFF 1, n+1
2	Y2,0	Y2,1	Y2,2	...	Y2,j	...	Y2,n-1	Y2,n	CFF 2, n+2
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
j	Yj,0	Yj,1	Yj,2	...	Yj,j	...	Yj,n-1	Yj,n	CFF j, n+j
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
n-1	Yn-1,0	Yn-1,1	Yn-1,2	...	Yn-1,j	...	Yn-1,n-1	Yn-1,n	CFF n-1, n+n-1
n	Yn,0	Yn,1	Yn,2	...	Yn,j	...	Yn,n-1	Yn,n	CFF n, n+n

Le Best Estimate est ensuite obtenu en actualisant ces flux futurs au taux sans risque des bons du Trésor.

$$BE = \sum_{i=1}^{10} \frac{CF_i}{(1+r_i)^i}$$

Où :

- CF_i : les flux de trésorerie de l'année i ;
- r_i : le taux sans risques de maturité i

Remarque : Notre objectif n'est pas d'évaluer les valeurs des provisions techniques ni d'examiner les méthodes de provisionnement. Nous visons plutôt à obtenir une estimation approximative des flux futurs de sinistres actualisés afin de calculer le SCR conformément aux principes de Solvabilité II, qui exigent une valorisation économique du bilan.

Une fois que les volumes sous-risques ont été calculés pour chaque segment, le volume total sous-risque pour un segment d'activité est obtenu en agrégeant le volume de prime et de réserve. Tout calcul fait, nous avons atteint les résultats suivants :

LoB	Vp	Vr	Vs	V
Rc automobile	42 664 969	229 211 114	271 876 083	386 878 017
Dommages automobile	60 477 426	54 524 508	115 001 934	

1.2.Calcul de la volatilité de prime et réserve « Le coefficient de variation » σ

Nous avons importé les écarts-types pour le risque de primes et de réserves en non-vie, spécifiques à chaque segment, tels qu'indiqués dans le QIS5. Ces pourcentages sont recalibrés par l'EIOPA lors de chaque QIS, en suivant une approche basée sur les risques.

Ensuite, nous calculons les écart-types par segment en utilisant la formule suivante :

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{\sigma_{p,s}^2 \cdot V_{p,s}^2 + \sigma_{r,s}^2 \cdot V_{r,s}^2 + 2 \cdot \sigma_{p,s} \cdot \sigma_{r,s} \cdot V_{p,s} \cdot V_{r,s}}{V_{p,s} + V_{r,s}}}$$

Où : $V_{p,s}$, $V_{r,s}$: sont les volumes des risques primes et réserve par segment

$\sigma_{p,s}$, $\sigma_{r,s}$: sont les volatilités des risques primes et réserves par segment

Nous nous sommes parvenu aux résultats suivants :

LoB	σ_p	σ_r	σ_s
Rc automobile	10%	9%	8,48%
Dommages automobile	8%	8%	6,93%

A partir de la matrice de corrélation (annexe 2), nous avons calculé l'écart-type pour le risque de primes et de réserves en non-vie qui s'élève à 6.7%, résultant en ce qui suit :

V	σ	SCR prime et réserve
386 878 017	6,776%	78 644 579

2.Détermination de SCR prime et réserve non vie selon le modèle américain et le modèle Standard and Poor's

2.1.Modèle RBC

Dans ce modèle, nous abordons uniquement le risque lié aux provisions de sinistres (R4) et le risque de sous-tarification (R5) pour RC automobile et dommages auto.

Pour déterminer le montant minimal de fonds propres relatifs aux provisions de sinistres, nous avons calculé le ratio entre la différence des charges de sinistres et les provisions pour chacun des 10 derniers exercices. Nous avons ensuite retenu l'année la plus défavorable (Worst Case Year), correspondant au rapport maximum observé. Le SCR provisions est ensuite calculé comme la somme des produits entre le volume des réserves et le WCY pour chaque segment.

Pour calculer le SCR associé au risque de sous-tarification, nous avons d'abord calculé le taux de sinistralité moyen des derniers exercices. Ensuite, nous avons déterminé l'écart entre le taux de sinistralité de chaque année et ce taux moyen. Enfin, nous avons retenu le pourcentage

le plus élevé des années récentes pour chaque segment. Le calcul du SCR prime suit une méthode similaire à celle utilisée pour les provisions.

Ceci conduit au SCR primes et réserves suivant :

$$SCR_{prem\ res} = 113\ 193\ 865\ dt$$

2.2.Modèle Standard and Poor's

Le modèle de S&P s'appuie sur un cadre globalement cohérent, offrant une base commune pour évaluer la solvabilité des compagnies d'assurance à l'échelle mondiale. Ce modèle unique intègre des facteurs spécifiques à chaque région, ce qui lui confère une flexibilité permettant de prendre en compte les particularités locales. De plus, il reste essentiellement déterministe, reposant sur des facteurs spécifiques, ce qui assure une approche transparente et prévisible pour évaluer les exigences en capital. Les charges, c'est-à-dire les composantes du capital requis, sont régulièrement révisées et actualisées, garantissant ainsi que le modèle reste en phase avec les évolutions du marché.

Pour la branche automobile, les facteurs de risques de primes et de réserves sont les suivants :

	AAA	AA	A	BBB
Facteur de risque de primes	16%	14%	13%	10%
Facteur de risque de réserves	18%	16%	15%	11%

En multipliant ces facteurs par le volume de prime et de réserve dans la branche automobile de la MAE, nous avons obtenu les capitaux de solvabilité requis suivants :

	AAA	AA	A	BBB
SCR primes et réserves	67 575 195	59 837 635	55 968 855	41 525 158

3. Détermination de SCR prime et réserve non vie selon le modèle de solvabilité basée sur les risques

La définition du SCR est identique, que ce soit dans le cadre de Solvabilité II ou du modèle de Solvabilité basée sur les risques. Le SCR est conçu pour couvrir les pertes inattendues que l'entreprise pourrait subir en cas de scénario défavorable, en tenant compte des profils de risque, avec un niveau de confiance de 99,5 %. La distinction entre les deux normes

se situe au niveau du calcul du SCR. Dans cette section, nous déterminerons le SCR primes et réserves dans le cadre du SBR marocain et tunisien.

3.1.Modèle de Solvabilité basé sur les risques Marocain

Le modèle proposé par le Maroc constitue un point de référence pour notre étude comparative. Il est important de noter que, selon Solvabilité II, deux niveaux de capital sont exigés : le minimum de capital requis (MCR) et le capital de solvabilité requis (SCR). Pour le SBR marocain, seul le SCR est considéré. Dans le cadre du module de risque "souscription non-vie", le sous-module "primes et réserves" de Solvabilité II est divisé en deux sous-modules distincts pour le SBR : "primes" et "provisions". De plus, le risque de "rachat" n'est pas inclus dans la norme SBR pour ce module de risques.

Figure 12: Module de risques souscription non vie sous SBR



Source : Etabli par l'auteur

Pour SBR marocain, le capital de solvabilité requis pour le risque lié aux primes et le risque lié aux provisions est égale à la somme des exigences de capital par sous-catégorie.

Pour les sous-catégories "Responsabilité Civile" et "dommages automobile", le SCR lié au risque de primes a été calculé en multipliant un facteur de prime X par la valeur des primes acquises pour chaque sous-catégorie. De même, le SCR associé au risque de provisions est obtenu en multipliant un facteur de réserve Y par la meilleure estimation des engagements pour sinistres, d'où découle ce qui suit :

$$SCR_{prem} = 22\,208\,320\,dt$$

$$SCR_{res} = 70\,347\,983\,dt$$

3.2.Calcul du SCR Prime et Réserve Non Vie selon le modèle de Solvabilité basée sur les risques Tunisien

En 2020, la Tunisie a initié un projet de solvabilité basée sur les risques afin de se conformer aux normes internationales en vigueur dans le secteur de l'assurance et d'améliorer le taux de pénétration des assureurs tunisiens. Pour adapter cette nouvelle réglementation prudentielle aux spécificités du marché tunisien, un chantier a été consacré au calcul du capital de solvabilité requis et du ratio de solvabilité.

La configuration des modules de risques non-vie dans la norme SBR tunisien est similaire à celle de la solvabilité II. Elles comprennent toutes les deux les mêmes sous-modules de risque non-vie, à savoir les risques liés aux primes et aux réserves, les risques de rachat et les risques liés aux catastrophes. La distinction entre les deux se manifeste dans la manière dont elles abordent les différentes lignes d'activité. Le calcul du capital de solvabilité requis pour le risque de primes et réserves est effectué en utilisant les facteurs proposés par le CGA.

En effet, l'exigence en capital pour le risque de prime et de réserves non-vie, dans le cadre du SBR tunisien, se calcule par une formule simplifiée de la solvabilité II :

$$SCR_{nl,prem\ res} = \sqrt{0.65 \sum_s NL_{(pr,s)} + 0.35 (\sum_s NL_{(pr,s)})^2}$$

$$\text{Où } NL_{(pr,s)} = 0.6 \sqrt{V_{(prem,s)}^2 + V_{(pr,s)} * V_{(res,s)} + V_{(res,s)}^2}$$

Avec $V_{(prem,s)}$ et $V_{(res,s)}$ sont respectivement le volume de primes et réserves par segment. Ils sont identiques à ceux utilisés dans le calcul du besoin en capital du risque primes et réserves dans la formule standard de solvabilité II.

Pour appliquer ce modèle au cas de la MAE, nous avons déterminé les volumes de primes et de réserves qui s'élèvent respectivement à 103 142 394 et 283 735 622 pour la branche automobile. Ce qui conduit au SCR suivant :

$$SCR_{prem\ res} = 208\ 200\ 370\ dt$$

SECTION 3: DETERMINATION DE SCR PRIME ET RESERVE NON VIE PAR LA FORMULE STANDARD-CALIBRAGE DES USP

1.Calibrage des USP pour le risque de primes et réserves

Pour calibrer les USP, il est essentiel de disposer d'un historique de données spécifique à la MAE, suffisamment étendu pour déterminer la valeur de l'USP calibré et calculer le SCR primes et réserves.

Ce mémoire s'intéresse à l'analyse des USP pour les primes et les réserves en se basant sur un historique de sinistres et de primes couvrant 11 ans, de 2012 à 2022, pour les segments responsabilité civile automobile et dommages automobile. Deux méthodes standardisées seront utilisées pour évaluer le risque de prime: la méthode des moindres carrés et la méthode log-normale simplifiée. En ce qui concerne le risque de réserve, une méthode log-normale sera employée pour évaluer la volatilité des boni-mali sur un horizon d'un an. Les données nécessaires à cette analyse incluent :

- L'historique des volumes de primes acquises de 2012 à 2022, par année de survenance « t » et par segment d'activité « s » ;
- Les triangles des provisions et des règlements de sinistres par segment d'activité « s ».

Remarque: Le portefeuille en question exclut les sinistres de type CAT, et les triangles collectés ne contiennent pas des sinistres graves. En conséquence, les écarts-types calibrés pour la branche automobile ne tiennent pas compte des événements de type CAT. Il est donc présumé que les sinistres sont indépendants et identiquement, en raison de leur répartition géographique au sein de la branche automobile.

1.1 Calcul d'écart-type USP pour le risque de prime

1.1.1. Présentation des données

Pour calculer un USP lié au SCR des primes, il est nécessaire de reconstituer un historique des ratios S/P en vision S2 pour les deux segments d'activité. Cela requiert un historique des volumes de primes acquises par année de survenance et segment d'activité, ainsi qu'un historique des pertes cumulées en vision à un an, également par année de survenance et segment d'activité. Il est important de noter que les pertes cumulées en vision à un an incluent la somme des prestations versées durant la première année de développement, ainsi que les frais

de gestion des engagements et le BE des provisions pour sinistres à payer, évalué après cette première année, frais de gestion compris.

Pour calculer la volatilité du risque de sous-tarification, les données utilisées pour calibrer l'écart-type du risque de primes doivent remplir les conditions suivantes :

- Les données doivent être annuelles ;
- Il faut qu'elles reflètent le risque sur les 12 prochains mois ;
- L'historique de données doit couvrir au minimum 5 années consécutives ;
- La charge sinistre doit inclure les frais de gestion et être retraitée des sinistres de type catastrophe.

1.1.2. Validation des hypothèses pour le segment RC auto et Dommages auto

Une fois les données nécessaires à l'utilisation des méthodes USP prêtes, les hypothèses sous-jacentes aux différents modèles doivent être vérifiées pour pouvoir les utiliser. Il faut noter qu'en général, les résultats de tests statistiques effectués sur des échantillons de petites tailles ne sont pas robustes au vu de la sensibilité de ces résultats. Les hypothèses relatives au calibrage de l'écart-type standard du risque de primes sont les suivantes:

- **Hypothèse 1** : Relation proportionnelle entre les pertes agrégées et les primes ;
- **Hypothèse 2** : La variance de ces pertes est une expression quadratique par rapport aux primes acquises;
- **Hypothèse 3** : les pertes agrégées suivent une loi log-normale;
- **Hypothèse 4** : Les sinistres sont indépendants et identiquement distribués (iid.).

Validation de l'hypothèse 1: Relation proportionnelle entre les pertes agrégées et les primes

Pour les deux segments, nous effectuons une régression linéaire de la charge nette de réassurance en fonction de la prime acquise nette de réassurance par survenance.

Figure 13: Charge sinistre après un an en fonction des primes acquises RC automobile

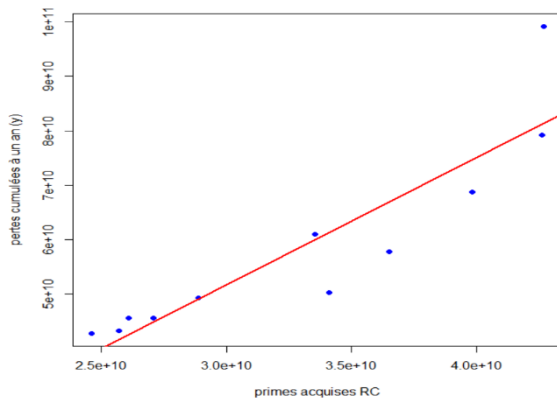
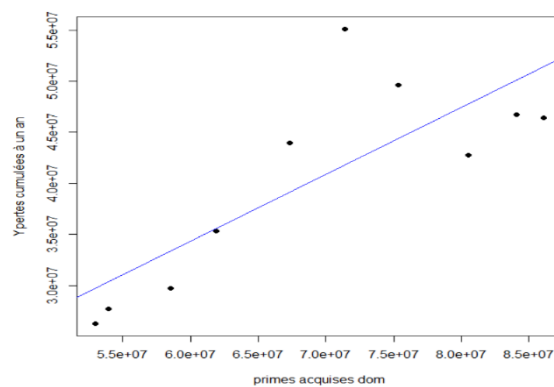


Figure 14: Charge sinistre après un an en fonction des primes acquises Dommages automobile



Source : R Studio

Ces deux graphiques illustrent la droite de régression reliant la charge de sinistres à un an aux primes acquises pour les segments RC automobile et dommages automobile. L'équation de la droite de régression et le coefficient de détermination R^2 pour chaque segment d'activité sont les suivants:

$$\text{RC auto : } y = 2,3408x - 2 \times 10^{10} \text{ et } R^2=0.83$$

$$\text{Dom auto : } y = 0.6538328x - 4886224 \text{ et } R^2=0.64$$

Après avoir effectué le test de Student pour les segments RC auto et dommages auto dans R Studio, les p-values obtenues sont respectivement de $4,175 \times 10^{-10}$ pour le RC auto et de 0,0053 pour le dommages auto. Ces valeurs, inférieures à 5 %, indiquent que les variables sont significatives et qu'il existe une relation positive entre les primes acquises et la charge de sinistres pour les deux segments.

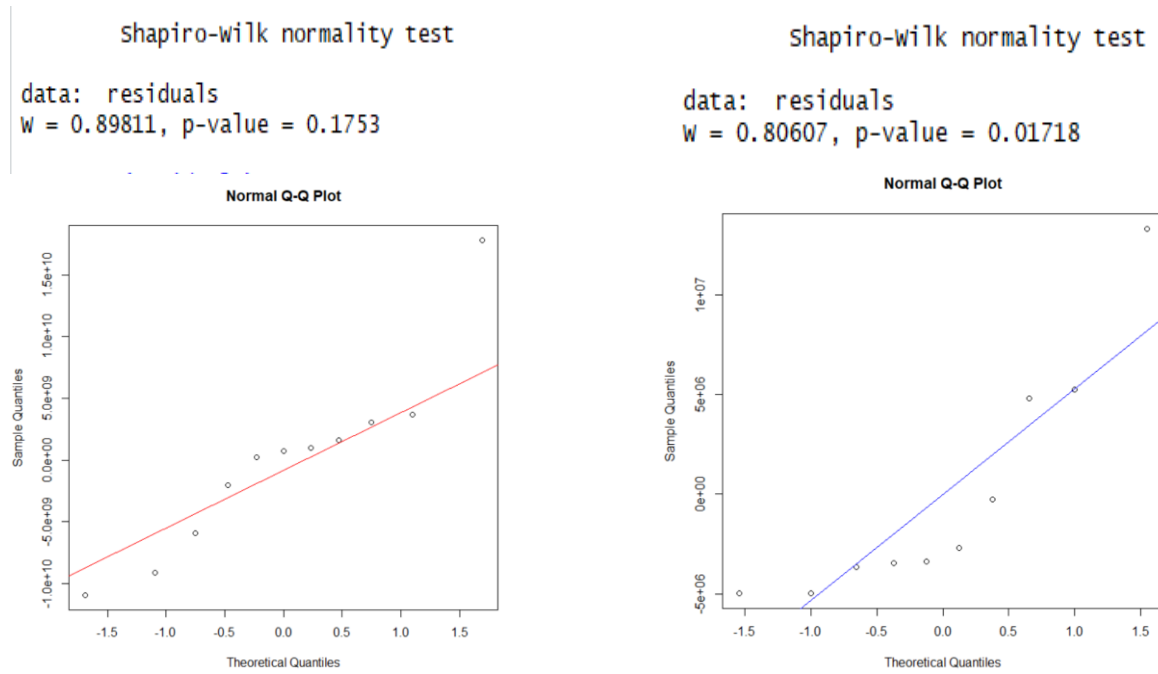
Cette analyse confirme la relation proportionnelle entre les cotisations acquises et la charge de sinistres, hypothèse partagée par les deux méthodes d'évaluation du risque de primes.

Validation de l'hypothèse 2: Relation d'ordre 2 entre la variance des pertes et les primes

Cette hypothèse vise à déterminer si les résidus de la régression linéaire précédente suivent une distribution normale. La validation s'effectue à l'aide de tests statistiques ou par une analyse graphique (QQ-plot). Pour les deux segments, nous utilisons le test de Shapiro-

Wilk pour évaluer la normalité des résidus de la régression linéaire. Les résultats obtenus pour chaque segment sont les suivants :

Figure 15: Test de proportionnalité sur variance de la charge sinistre pour les deux segments



Source : R Studio

Pour la RC automobile, les résultats montrent que le p-value du test de Shapiro-Wilk est supérieur à 5%, et le QQ-plot montre une bonne concordance des points avec la ligne rouge, inversement au segment dommages automobile. Cela soutient l'hypothèse que les résidus dans la RC automobile suivent une loi normale.

Validation de l'hypothèse 3: les charges sinistres suivent une loi log-normale

Figure 16: Test de log-normalité pour le risque de primes

Pour évaluer cette hypothèse, nous avons utilisé le test de Shapiro-Wilk.



Source : R Studio

La statistique du test W est de 0,84 pour la RC auto et 0.92 pour les dommages auto. Ces deux valeurs sont strictement supérieures à la valeur critique pour W qui est égale à 0,8. Comme notre W est supérieur à la valeur critique, l'hypothèse de normalité du logarithme des sinistres est acceptée. Ce résultat confirme que la distribution des sinistres suit une loi log-normale, une hypothèse également utilisée pour calibrer le paramètre standard du risque de primes et de réserves.

Remarque : Bien que notre historique s'étende sur 11 ans, les tests statistiques effectués ont permis de valider nos hypothèses. Cependant, en raison de la taille limitée de notre échantillon, ces résultats manquent de robustesse. Un historique plus étendu permettra de déterminer avec plus de certitude s'il est nécessaire pour la MAE de lancer le processus d'adoption des USP.

1.1.3. Méthodes standards de calcul d'écart-type pour le risque de prime

Nous nous intéressons uniquement à la méthode des moindres carrés et la méthode log-normale simplifiée pour estimer les écarts-types pour le risque de prime. Pour les deux méthodes, l'écart-type propre à la MAE s'estime par segment. Nous rappelons que les méthodes permettant le calibrage des USP visent à étudier le niveau estimé de fonds propres à détenir afin de couvrir un risque à un an.

Méthode 1: Méthode des moindres carrés

La première méthode consiste à calculer l'écart-type, pondéré par le volume des primes acquises, du ratio entre les sinistres à l'ultime estimés chaque année et les primes acquises, ce que l'on désignera par sinistralité. Ce calcul est effectué en utilisant la méthode des moindres carrés, ce qui en fait une approche principalement rétrospective.

Cette méthode permet d'établir la volatilité du ratio du coût des sinistres sur le montant des primes sur un horizon d'un an. Cette méthode mesure la volatilité des ratios S/P : plus ces ratios sont volatils d'un exercice à l'autre, plus l'écart-type recalibré sera élevé.

Nous considérons que, pour chaque segment, le montant ultime des sinistres pour l'année suit la distribution suivante :

$$U_{t,s} = \mu_s \cdot V_{t,s} + \sqrt{V_{t,s}} \cdot \beta \cdot \varepsilon_{t,s}$$

Avec :

$U_{t,s}$: Le montant de la perte des sinistres pour l'année t et par ligne d'activité ;

μ_s : La sinistralité attendue par ligne d'activité (LoB) ;

β : La constante de proportionnalité de la variance des pertes par ligne d'activité ;

$\varepsilon_{t,s}$: Variable aléatoire qui suit une distribution de moyenne nulle et de variance 1 ;

$V_{t,s}$: La prime acquise par année de survenance et par ligne d'activité ;

N : Nombre d'année d'historique par ligne d'activité ;

V_s : Volume de prime par segment.

Nous avons alors pour chaque année considérée un ensemble d'observations indépendantes et identiquement distribuées :

$$\beta \cdot \varepsilon_{t,s} = \frac{U_{t,s} - \mu_s \cdot V_{t,s}}{\sqrt{V_{t,s}}}$$

L'estimateur de β est alors :

$$\hat{\beta}^2 = \frac{1}{N-1} \sum_t \frac{(U_{t,s} - \mu_s \cdot V_{t,s})^2}{V_{t,s}}$$

Nous minimisons cet estimateur, et on obtient :

$$\hat{\mu}_s = \frac{\sum U}{\sum V}$$

Cet estimateur représente la sinistralité sur l'ensemble des 11 années.

Nous obtenons alors : $\sigma_{(t,prem,Lob)} = \frac{\hat{\beta}}{\sqrt{V_s}} = \frac{1}{\sqrt{V_s}} * \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_t \frac{(U_{t,s} - \hat{\mu}_s \cdot V_{t,s})^2}{V_{t,s}}}$

Nous en déduisons donc l'écart-type du risque de prime futur à partir des données historiques, en évaluant la variation de la sinistralité passée par rapport à la moyenne sur la période d'observation. Cela repose sur l'hypothèse que la sinistralité est proportionnelle aux primes acquises. Nous supposons également que la sinistralité pour l'année à venir est

proportionnelle à V , et que l'écart-type observé dans les données historiques est représentatif de celui attendu pour la sinistralité future.

Cette méthode affiche les résultats suivants :

$\sigma_{(U,prem,s)} = 11.26\%$ et $USP=10.8\%$ pour le segment RC auto

$\sigma_{(U,prem,s)} = 7.83\%$ et $USP = 7.62\%$ pour le segment dommage auto

Méthode 2: Méthode Log-Normale Simplifié

Cette méthode est comparable à la précédente, mais elle diffère en ce qu'elle suppose de plus que la distribution de la sinistralité est log-normale et elle utilise la méthode du maximum de vraisemblance, plutôt que celle des moindres carrés, pour estimer l'écart-type.

La distribution des sinistres est la suivante:

$$U_{t,s} = \mu_s \cdot V_{t,s} + \sqrt{V_{t,s}} \cdot \beta \cdot \varepsilon_{t,s}$$

Cela permet la formulation des paramètres des distributions log normales comme suit :

Pour l'écart-type du logarithme du montant ultime des sinistres $U_{t,s}$ pour l'année t :

$$S_{t,lob} = \sqrt{\log\left(1 + \frac{\beta^2}{V_{t,s} \cdot \mu_s^2}\right)}$$

Pour la moyenne du logarithme du montant ultime des sinistres $U_{t,s}$ pour l'année t :

$$M_{t,lob} = \log(\mu_s \cdot V_{t,s}) - \frac{1}{2} S_{t,lob}^2$$

Les paramètres $\hat{\beta}$ et $\hat{\mu}_s$ sont alors à déterminer pour maximiser la log-vraisemblance $\log L$:

$$\log L = \sum_t \left(-\log(S_{t,lob}) - \frac{(\log(U_{t,s}) - M_{t,lob})^2}{2 \cdot S_{t,lob}^2} \right)$$

Nous en déduisons alors :

$$\sigma_{(t,prem,Lob)} = \frac{\hat{\beta}}{\sqrt{V_s}}$$

Cette méthode génère les résultats suivants :

$\sigma_{(U,prem,Lob)} = 12.6\%$ et $USP = 11.7\%$ pour le segment RC auto

$\sigma_{(U,prem,Lob)} = 7.02\%$ et $USP = 7.01\%$ pour le segment dommage auto

Cette seconde méthode est plus complexe car elle requiert l'utilisation d'un solveur. **En supposant que la distribution des sinistres à l'ultime suit une loi log-normale, elle est souvent privilégiée par les assureurs.**

1.1.4. Présentation des résultats et interprétation

Tableau 6: Output USP prime

Segment	N	S/P	Méthode	sigma final	USP	Sigma standard
RC automobile	11	2012	Méthode MCO	11,26%	10,84%	10%
		2013				
		2014				
		2015				
		2016				
		2017				
		2018	Méthode MV	12,64%	11,77%	10%
		2019				
		2020				
		2021				
		2022				
Dommages automobiles	11	2012	Méthode MCO	7,83%	7,62%	8%
		2013				
		2014				
		2015				
		2016				
		2017	Méthode MV	7,02%	7,01%	8%
		2018				
		2019				
		2020				
		2021				
		2022				

Source : Etabli par l'auteur

L'analyse du tableau met en évidence que le sigma final pour le segment des dommages automobiles est légèrement faible par rapport au sigma standard fixé par la directive Solvabilité II. Cela confirme que pour cette branche les volatilités observées sont inférieures à celles du marché. En effet, le calibrage des paramètres utilisés pour le calcul du SCR pour le risque de prime a démontré que les paramètres de la formule standard imposent à MAE un capital qui excède ses besoins réels en fonds propres. Par conséquent, la MAE a intérêt à prendre ses propres spécificités en compte. L'avantage d'utiliser les USP du risque de prime par rapport à la formule standard se quantifie avec un gain sur le SCR du risque de prime.

Cependant, nous avons observé que le sigma final pour le segment RC automobile dépasse légèrement le sigma standard, ce qui incite la MAE à adopter une approche plus prudente en augmentant ses fonds propres en raison du risque accru. De plus, le taux de sinistralité a montré une forte volatilité, particulièrement en 2022. Cette situation s'explique par une hausse du nombre de sinistres au cours de cette année. Cette volatilité a significativement impacté la volatilité du risque de prime. Par voie de conséquence, nous avons procédé à la réalisation **d'un stress testing** sur l'année en question. Le retraitement de l'année 2022, moyennant la méthode d'estimation MCO, nous a permis de constater le passage de sigma final de 19.7% à 11.2%, soit une variation à la baisse de 8.5%. Par ailleurs, l'estimation par la méthode du maximum de vraisemblance nous a permis de constater une régression de 1.2%, soit un sigma final passant de 13.8% à 12.6%. Ceci nous induit à constater que le taux de sinistralité moyen a été impacté par l'effet de volatilité observé sur l'année 2022, d'où un risque de sous-tarification plus élevé.

1.2. Calcul d'écart-type USP pour le risque de réserve

1.2.1. Présentation des données

Le calcul de l'écart-type du risque de réserves dans le cadre des USP doit se baser uniquement sur les données nettes de réassurance. En effet, les données requis pour calibrer les coefficients de variation liés au risque de réserve sont les suivants :

- Le Best Estimate des provisions pour sinistres à la fin de l'exercice précédent, ainsi que celui de l'exercice en cours, concernant les sinistres en stock à la fin de l'exercice précédent, pour chaque segment ;
- Les prestations payées au cours de l'exercice en cours pour les sinistres enregistrés à la fin de l'exercice précédent.

Pour calibrer les USP sont en vision Best Estimate, les provisions ont été calculées selon la méthode de provisionnement Chain Ladder.

1.2.2. Validation des hypothèses pour le segment RC auto et Dommages auto

Après avoir vu les données nécessaires, nous allons éprouver les hypothèses de la méthode log normale pour les deux segments en question au vu des moyens dont nous disposons. Dans ce cadre, les hypothèses relatives au calibrage de l'écart-type standard du risque de réserves sont les suivantes:

- **Hypothèse 1** : Il existe une relation de proportionnalité entre les charges de début et de fin d'année, par segment ;
- **Hypothèse 2** : Les charges de fin d'année est une expression quadratique par rapport aux charges de début d'année ;
- **Hypothèse 3** : Les charges de fin d'année suivent une loi log-normale.

Validation de l'hypothèse 1: Relation proportionnelle entre les charges de début et de fin d'année

Nous avons effectué une régression linéaire de la charge sinistre de clôture en fonction des provisions d'ouverture pour les deux segments.

Figure 18: Charge sinistre de clôture en fonction des provisions d'ouverture RC Auto

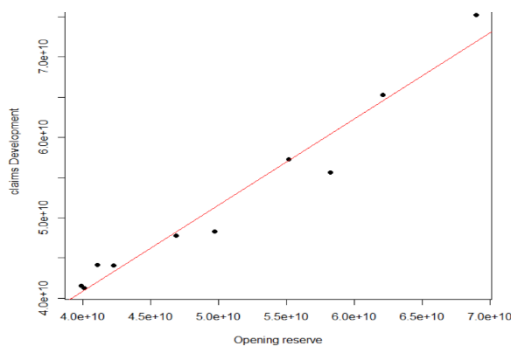
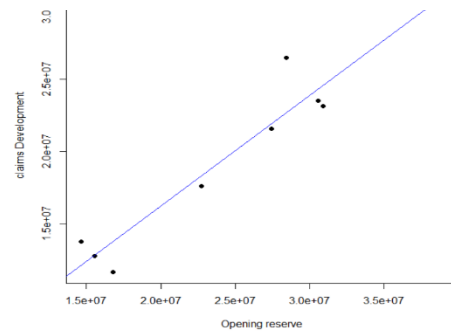


Figure 17: Charge sinistre de clôture en fonction des provisions d'ouverture Dom Auto



Source : R Studio

Les graphiques ci-dessus représentent la droite de régression linéaire de la charge sinistre de fin d'année (provisions de fin d'année + prestations en cours d'année) en fonction des provisions d'ouverture pour le segment RC auto et dommages auto. Il est question dans la suite d'analyser la significativité des coefficients de cette régression.

$$\text{RC auto : } Y = 1.075259X - 2199112450 \text{ et } R^2 = 0.95$$

$$\text{Dom auto : } Y = 0.7630247X + 954150 \text{ et } R^2 = 0.92$$

Le coefficient de détermination R^2 est proche de un, indiquant une qualité d'ajustement satisfaisante du modèle. De plus, la p-value associée aux deux segments montre que le coefficient de la variable X est significatif. Compte tenu de ces résultats, il existe une relation proportionnelle entre la charge sinistre en fin d'année et les provisions d'ouverture, rendant ainsi applicable la vérification de l'hypothèse sur la variance.

Validation de l'hypothèse 3: Les charges de fin d'année suivent une loi log-normale

Pour évaluer cette hypothèse, on a utilisé le test de Shapiro-Wilk.

Figure 19: Test de log-normalité pour le risque de réserves RC auto et dommages auto

<code>shapiro-wilk normality test</code>	<code>shapiro-wilk normality test</code>
<code>data: Y</code>	<code>data: Y</code>
<code>w = 0.94388, p-value = 0.6233</code>	<code>w = 0.94362, p-value = 0.564</code>

Source : R Studio

Nous avons obtenu 0,94 pour la statistique du test W des deux segments qui sont supérieurs à la valeur critique W et une p-value supérieure à 5%. Ceci nous permet de conclure que les charges de fin d'année pour le segment RC auto ainsi que le segment dommages automobile suivent une loi log-normale.

Remarque : Pour le risque de réserve, les tests statistiques effectués ont permis de valider les hypothèses, ce qui nous permet de passer au calibrage d'écart type pour le risque de réserve. Cependant, ces résultats manquent de robustesse en raison de la taille limitée de notre échantillon.

1.2.3. Méthode standard de calcul d'écart-type pour le risque de réserve

Quatre méthodes ont été proposées dans les actes délégués et le QIS5 pour le calibrage de l'écart-type du risque des réserves, à savoir :

- La méthode log-normale ;
- La méthode des moindres carrés ;
- La méthode de Merz-Wüthrich avec provisions Chain Ladder ;
- La méthode de Merz-Wüthrich avec provisions déterminées autrement.

Au vu des données à notre disposition, nous avons retenu que la méthode des moindres-carré pour notre étude.

Cette approche rétrospective consiste à analyser la volatilité du run-off (boni/mali) des provisions de sinistres. Pour une année donnée, les provisions pour sinistres estimés en début d'année sont comparées à la somme des provisions restantes en fin d'année, additionnée des sinistres payés au cours de l'année.

Nous notons, par ligne d'activité:

$PCO_{i,j}$: Le best estimate des provisions de sinistres pour l'année de survenance i et l'année de Développement j ;

PCO : Le montant des réserves best estimate des sinistres ;

N : Le nombre d'observations ;

V_Y : La réserve constituée pour l'année Y .

Nous avons :

$$V_t = \sum_{i+j=Y+1} PCO_{i,j}$$

	1	2	...	j	...	Y
1						
2						
...						
i						
...						
Y						

PCO_Y

$V_Y = \sum_{i+j=Y+1} PCO_{i,j}$

$I_{i,j}$: Les paiements incrémentaux des sinistres pour l'année de survenance i et l'année de développement j . Donc les paiements incrémentaux de l'année Y au titre des exercices antérieurs sont :

$$I_Y = \sum_{i+j=Y+2} I_{i,j} \quad \text{avec } i \neq Y+1$$

R_Y : La somme des paiements incrémentaux au titre des exercices antérieurs et des réserves best estimate à la fin de l'année

$$R_Y = \sum_{i+j=Y+2} PCO_{i,j} + \sum_{i+j=Y+2} I_{i,j}$$

	1	2	...	j	...	Y	$Y+1$
1							
2							
...							
i							
...							
Y							
$Y+1$							

PCO_{Y+1}

$\sum_{\substack{i+j=Y+2 \\ i \neq Y+1}} PCO_{i,j}$

$i=Y+1$

$$I_Y = \sum_{\substack{i+j=Y+2 \\ i \neq Y+1}} I_{i,j}$$

On cherche à mesurer l'incertitude liée à l'estimation a priori des réserves par rapport aux paiements incrémentaux observés plus la nouvelle estimation des réserves.

Par ailleurs, la distribution de R_Y est la suivante :

$$R_Y = V_Y + \sqrt{V_Y} \cdot \beta \cdot \varepsilon_Y$$

Où :

β : La constante de proportionnalité pour la variance du best estimate des sinistres dans un an plus les paiements incrémentaux;

$\varepsilon_{t,s}$: Variable aléatoire qui suit une distribution de moyenne nulle et de variance 1 ;

L'estimateur de β est alors :

$$\hat{\beta} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_Y \frac{(R_Y - V_Y)^2}{V_Y}}$$

Nous obtenons alors :

$$\sigma_{(Y,res, Lob)} = \frac{\hat{\beta}}{\sqrt{V_{PCO}}}$$

Cette méthode génère une valeur de $\sigma_{(Y,res, Lob)}$ plus élevée lorsque la différence entre la prévision des sinistres pour l'année en cours et la somme des paiements effectués pendant l'année, ainsi que la révision des réserves à la fin de l'année, est importante. En d'autres termes, plus cet écart est grand, plus $\sigma_{(Y,res, Lob)}$ augmente, indiquant une plus grande variabilité dans les prévisions initiales.

Il est également important de souligner qu'un écart, qu'il soit positif (favorable) ou négatif (défavorable), conduit au même résultat. Un run-off systématiquement positif génère un écart "artificiel", ce qui augmente le besoin en capital. Une tendance à surestimer les réserves au début de l'année, par prudence ou par habitude, même si ce n'est pas réellement un "best estimate", entraîne également une augmentation de la base de calcul du SCR.

Cette méthode génère les résultats suivants :

$\sigma_{(U,res,s)} = 4.13\%$ et **USP=5.40% pour le segment RC auto**

$\sigma_{(U,res,s)} = 20.59\%$ et **USP =17.84% pour le segment dommage auto**

1.2.4. Présentation des résultats et interprétation

Tableau 7: Output USP réserve

Segment	N	CDR ratio		Sigma final	USP	Sigma standard
RC automobile	11	2012	103%	4,13%	5,40%	9,00%
		2013	104%			
		2014	107%			
		2015	104%			
		2016	102%			
		2017	97%			
		2018	104%			
		2019	96%			
		2020	105%			
		2021	109%			
		2022				
Dommages automobiles	11	2012	71%	20,59%	17,84%%	8,00%
		2013	69%			
		2014	82%			
		2015	94%			
		2016	78%			
		2017	79%			
		2018	78%			
		2019	93%			
		2020	75%			
		2021	77%			
		2022				

Source : Etabli par l'auteur

Le paramètre USP de réserve est calibré à partir de 11 années d'historique avec les données nettes de réassurance s'élevant à 4.13% *vs* 9% en formule standard pour le segment RC automobile et 20.5% *vs* 8% en formule standard pour le segment dommages auto.

Nous constatons une volatilité plus importante que celle de la formule standard dans la branche automobile. Ceci est dû à un fort mali constaté en 2021 dans les deux segments.

En se basant sur la volatilité des boni/mali, il apparaît que le risque de sous-provisionnement dans la branche automobile est élevé. Les provisions constatées sont insuffisantes pour couvrir les dépenses futures liés aux sinistres déjà survenus. Ce risque est le résultat de l'incertitude dans l'estimation des engagements de la MAE vis-à-vis de ses adhérents, puisque les montants restant à payer ne sont pas connus au moment de l'estimation des provisions. Par conséquent, la MAE est tenue d'immobiliser davantage de capital.

2. Détermination SCR primes et réserves

Afin de déterminer le SCR primes et réserves, on va partir de la formule suivante :

$$SCR_{\text{primes et réserves}} = 3 \sigma V$$

Où

- σ représente l'écart-type du risque de primes et de réserves non vie ;
- V représente la mesure de volume pour le risque de primes et de réserve en non-vie

A ce stade, il est nécessaire de calculer l'écart type ainsi que les volumes de primes et de réserves. Pour ce faire, nous devons connaître les volumes de primes et de réserves, qui s'élèvent respectivement à 42 664 968 et 229 211 113 pour le segment RC automobile, et à 60 477 425 668 et 54 524 508 pour le segment Dommages automobile.

L'écart-type du risque de primes et de réserves non vie pour chaque segment se présente comme suit :

$$\sigma_{RC} = 4.7\%$$

$$\sigma_{dom} = 11.9\%$$

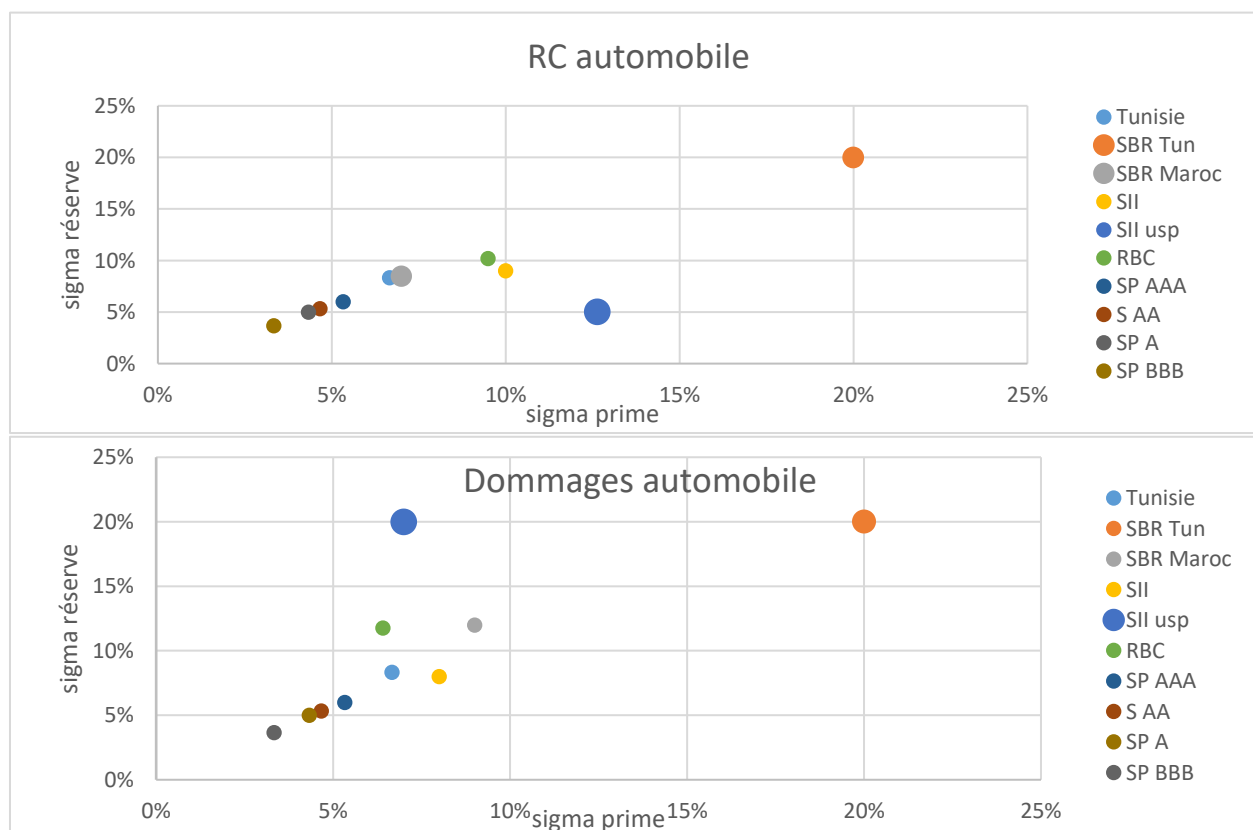
Tout calcul fait, nous avons abouti aux résultats suivants :

V	σ	SCR prime et réserve
386 878 017	5,5%	63 643 501

SECTION 4 : ANALYSE COMPARATIVE DES BESOINS DE LA MAE EN FONDS PROPRES DE SOUSCRIPTION SELON LES DIFFERENTS MODELES ETUDIES

1.Comparaison basée sur les facteurs de risques

Figure 20 : Comparaison des facteurs de risques entre RC automobile et Dommages automobile



Source : Etabli par l'auteur

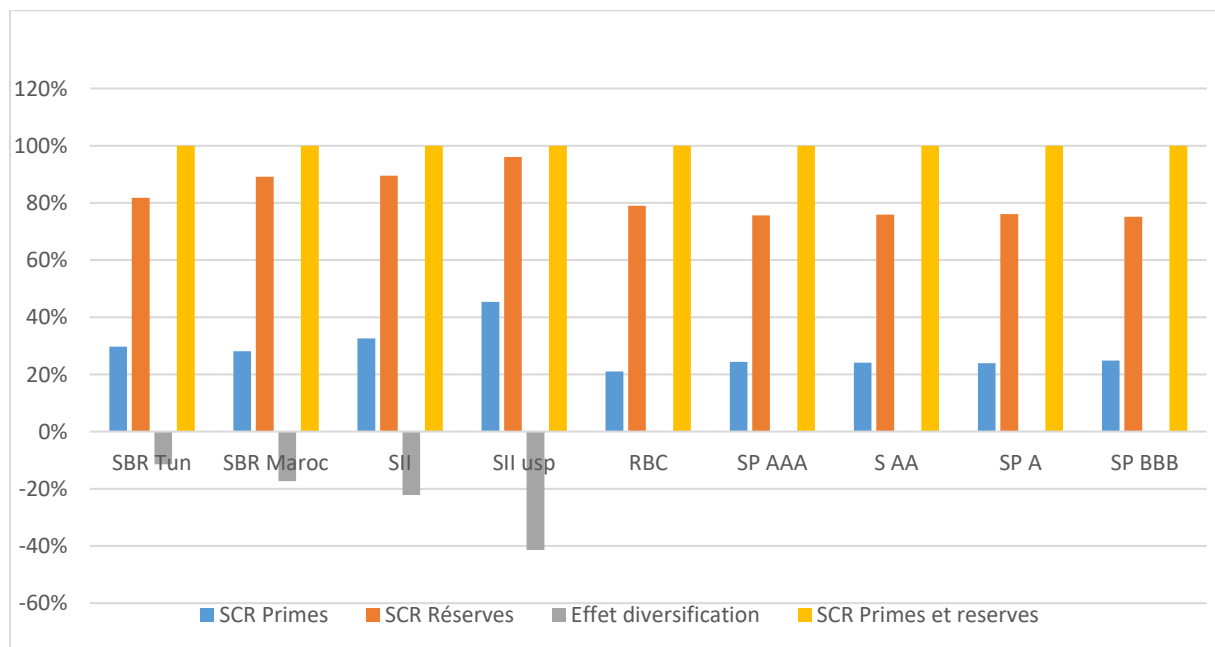
La MAE aurait tout intérêt à utiliser les USP étant donné que les facteurs de risque associés reflètent plus la réalité et ils sont généralement inférieurs aux facteurs standards de Solvabilité II, à l'exception du coefficient de variation des réserves pour le segment dommages. En effet, pour le segment dommages auto, les coefficients remplacés par les USP prime sont plus faibles et favorables pour la compagnie que ceux proposés par la formule standard. Cependant, le facteur de risque lié aux réserves utilisant les USP de la MAE s'avère relativement élevé (20%) par rapport à celui de la formule standard de la norme européenne et d'autres normes similaires. Cela indique l'absence d'une logique de stabilité dans le provisionnement, ce qui suggère une forte volatilité dans ce segment, accentuée par les bonis dégagés dans les réserves. En revanche, le segment "RC auto" présente un facteur de réserve plus faible, à 5%,

ce qui indique que les réserves pour la responsabilité civile automobile sont bien maîtrisées, reflétant ainsi une situation plus stable et sous contrôle. Cependant, on observe une forte volatilité au niveau du risque de prime, ce qui se traduit par une variation significative du ratio S/P.

Le modèle SBR tunisien semble être le modèle le plus exigeant. En effet, ses coefficients se distinguent par leur niveau élevé, systématiquement fixés à 20%, par rapport à ceux des autres modèles. Cette caractéristique traduit la prudence inhérente à un modèle encore en phase de développement. Cette approche conservatrice peut être perçue comme une mesure de sécurité visant à anticiper les incertitudes qui pourraient survenir lors de la mise en œuvre du modèle, son adaptation aux particularités du marché tunisien, ainsi que sa conformité aux exigences réglementaires futures. En optant pour des coefficients élevés, le modèle SBR tunisien cherche à renforcer la résilience du secteur face à des fluctuations imprévues et à garantir la solvabilité des assureurs tunisiens.

2. Comparaison basée sur la diversification entre les risques intra-modulaires

Figure 21 : Comparaison des effets de diversification



Source : Etabli par l'auteur

Le modèle américain ainsi que le modèle SP ne présentent pas d'effet de diversification. Cela signifie que, dans ces modèles, chaque type de risque est considéré de manière indépendante et égale en termes de contribution au capital requis. La formule de ces deux

modèles est une formule additive ne faisant pas ressortir l'effet de diversification des risques. En d'autres termes, le calcul du capital requis repose simplement sur l'addition des risques liés à la sous-tarification et au provisionnement, sans qu'une interaction ou une pondération spécifique soit appliquée à l'un de ces risques par rapport à l'autre.

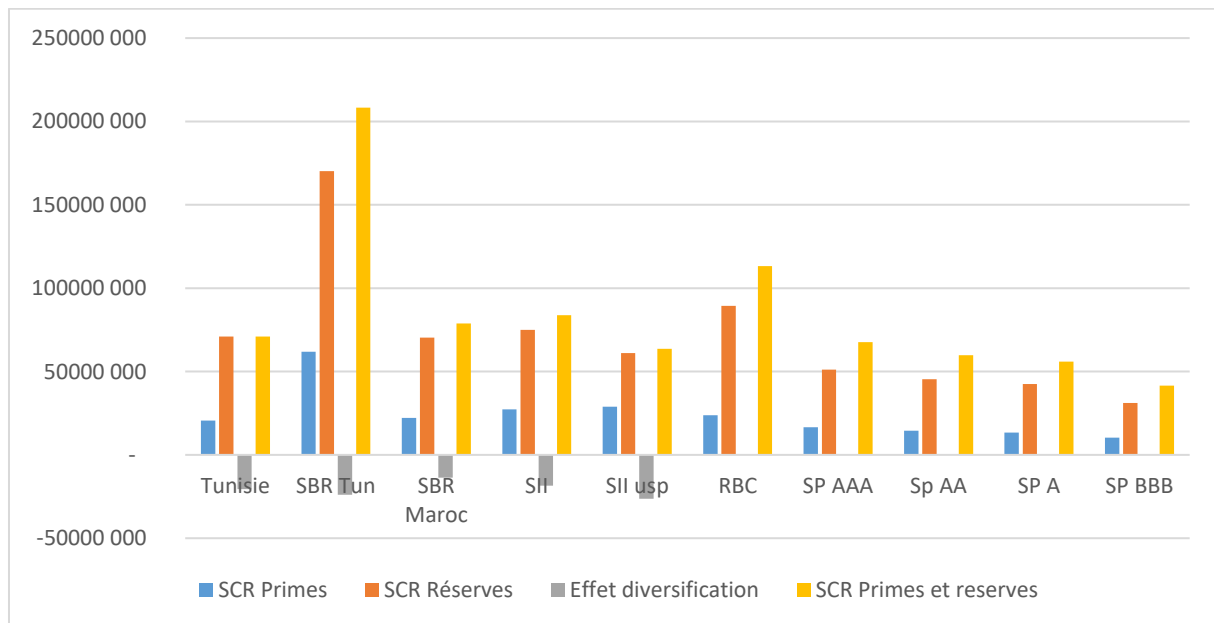
En revanche, les modèles de Solvabilité II et SBR adoptent une approche plus sophistiquée en intégrant des matrices de corrélation pour évaluer les interdépendances entre différents risques. Cette méthode permet d'agréger les risques de manière à refléter les relations entre eux, ce qui peut conduire à une réduction du capital requis, un effet que l'on appelle l'effet de diversification.

Selon le graphique, le modèle de solvabilité II avec le calibrage des USP se distingue par l'effet de diversification est le plus marqué, atteignant environ 40%. Cela signifie que ce modèle permet une réduction significative des exigences en capital grâce à une meilleure agrégation des risques. L'effet de diversification indique que la corrélation entre les risques (risques de primes et de réserves) est prise en compte de manière plus précise, permettant ainsi aux assureurs de bénéficier d'une réduction des exigences en capital prime et réserve. Ce résultat met en lumière l'efficacité de la formule d'agrégation utilisée dans Solvabilité II, qui optimise la gestion du capital en intégrant les spécificités des risques propres à chaque entreprise.

Les effets de diversification sont moins prononcés dans les modèles SBR marocain et tunisien, ce qui se traduit par une moindre réduction des exigences en capital par rapport au modèle Solvabilité II avec calibrage des USP. Cela suggère que les modèles SBR marocain et tunisien sont peut-être moins sophistiqués dans leur approche de l'agrégation des risques, ce qui conduit à une évaluation plus conservatrice des exigences en capital. En d'autres termes, ces modèles pourraient ne pas capter aussi efficacement les interactions entre les différents types de risques, ce qui limite la réduction des fonds propres requis.

3.Comparaison basée sur les exigences de capital

Figure 22: Comparaison des exigences de capital



Source : Etabli par l'auteur

D'après le graphique, pour tous les modèles de solvabilité étudiés, le besoin en capital pour le risque de réserves est nettement plus élevé que celui pour le risque de primes. Cela indique que le risque lié aux réserves, c'est-à-dire le risque de sous-provisionnement est perçu comme plus significatif et exigeant en termes de capital.

Le besoin en capital pour le risque de souscription non-vie sous la norme actuelle tunisienne est proche de celui exigé par Solvabilité II ainsi que le modèle SBR marocain et le modèle Standard and Poor's AAA.

En utilisant la formule standard intégrée aux USP, le SCR a été réduit de manière significative. Cette réduction est attribuable à l'optimisation des coefficients de volatilité liés au risque de souscription non-vie. Cela met en lumière une limitation de la formule standard appliquée à la MAE, car elle ne reflète pas fidèlement le niveau de capital nécessaire. Les paramètres de volatilité utilisés dans cette formule sont des standards européens, ce qui impose à la MAE une exigence de capital qui dépasse son besoin réel, rendant ainsi difficile la réalisation d'un gain en capital.

L'utilisation des USP dans le calibrage se révèle plus avantageuse par rapport à la norme tunisienne actuelle (Solvabilité I), permettant un gain de capital supplémentaire. Cette observation souligne l'importance pour la MAE de procéder à un calibrage interne, afin d'optimiser le niveau de fonds propres nécessaires à la couverture des risques spécifiques à la compagnie.

Le modèle SBR tunisien se distingue comme étant le plus exigeant en termes de besoin en fonds propres. Sa prudence extrême se manifeste par des coefficients de volatilité beaucoup plus élevés comparés aux autres normes. La norme tunisienne, qui s'appuie sur une version simplifiée de Solvabilité II, est largement éloignée de la réalité (Solvabilité II avec l'intégration des USP), nécessitant presque trois fois et demi plus de capital que le besoin réel de la MAE. Cette exigence pourrait constituer un obstacle pour la MAE à l'avenir.

Les besoins réels en souscription non-vie de la MAE se situent entre les modèles SP AA et SP AAA, ces derniers étant les plus proches de la réalité et offrant un compromis équilibré entre prudence et exactitude. Un modèle simple à appliquer et proche de la réalité.

Perspectives de l'étude et Recommandations

Dans notre démarche, nous avons tenté d'adapter la Formule Standard aux données spécifiques de la MAE. Toutefois, un historique plus long et plus complet serait nécessaire pour évaluer avec précision la pertinence d'adopter les USP, en particulier pour les branches à développement long, comme la responsabilité civile. La profondeur de l'historique est cruciale pour un calibrage adéquat des USP.

De plus, il est à noter que cette étude s'est basée sur les données de l'exercice 2022, en raison de l'indisponibilité des données des provisions pour l'exercice 2023 au moment de la réalisation de cette étude. Un accès futur aux données plus récentes permettrait de renforcer l'analyse et de fournir des résultats encore plus représentatifs.

De surcroît, cette étude vise à mesurer les exigences en fonds propres pour la souscription en non-vie selon plusieurs normes. Cependant, elle n'a pas couvert d'autres modèles de solvabilité, tels que ceux du Kenya, du Rwanda, ou des Bermudes. Une analyse approfondie de ces modèles enrichirait l'étude comparative et pourrait offrir de précieuses

perspectives pour améliorer le positionnement de la MAE. Il serait également pertinent d'élargir la comparaison à l'échelle nationale, en incluant d'autres compagnies d'assurance tunisiennes.

Nous recommandons également d'explorer d'autres modules de risque à savoir le risque de marché et le risque de santé afin d'évaluer SCR global sous Solvabilité II.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons entrepris l'évaluation du besoin en fonds propres pour la souscription non-vie de MAE selon diverses normes. Les résultats obtenus révèlent que les fonds propres dans la branche automobile sont suffisants pour couvrir le SCR primes et réserves. De plus, il apparaît que MAE aurait tout intérêt à utiliser les paramètres spécifiques à l'entreprise (USP) dans le calcul du besoin en capital, car cela permet de réaliser des économies de capital par rapport à la norme actuelle (Directive I) ainsi qu'aux autres normes telles que Solvabilité II, la norme américaine, et le SBR. Enfin, nous avons constaté que le modèle SBR tunisien est particulièrement exigeant, rendant son application plus complexe.

CONCLUSION GENERALE

L'évaluation du besoin en fonds propres pour le risque de souscription non-vie constitue un enjeu central pour les compagnies d'assurance, car elle détermine leur capacité à faire face aux imprévus et à honorer leurs engagements envers les assurés. Cette évaluation est d'autant plus cruciale qu'elle impacte directement la solvabilité de l'entreprise, influençant à la fois sa stabilité financière et sa compétitivité sur le marché.

Ce mémoire a été consacré à l'évaluation du besoin en fonds propres économiques pour la souscription non-vie dans le contexte de MAE Assurances, en explorant diverses différentes approches de modélisation du capital requis, en se basant sur divers modèles utilisés par d'autres normes. L'objectif principal était de déterminer le besoin réel en fonds propres pour le risque de souscription chez MAE en appliquant la formule standard de Solvabilité II, tout en intégrant les paramètres spécifiques à l'entreprise. En outre, une analyse comparative a été réalisée entre différentes normes, notamment Solvabilité II, la norme américaine, ainsi que les modèles SBR et Standard & Poor's afin de repérer le modèle utilisé au sein de la MAE par rapport à ces derniers.

Dans un premier temps, nous avons établi une compréhension approfondie des concepts de base relatifs à la solvabilité et aux différents modèles de solvabilité des différentes normes. Nous avons ensuite appliqué ces concepts à des données réelles de MAE Assurances, permettant ainsi de calculer les fonds propres nécessaires en fonction des différents modèles de solvabilité.

L'analyse des résultats a révélé que le modèle de Solvabilité II avec l'intégration des USP offre des avantages notables en termes de réduction des exigences en capital, tout en fournissant une évaluation plus précise des risques. En effet, le calcul de besoin en capital à l'aide d'USP donne une vision plus précise du risque de souscription pour la MAE.

Le besoin en capital pour le risque de réserves est nettement supérieur à celui lié au risque de primes, ce qui souligne que le risque de sous-provisionnement des sinistres est perçu comme plus significatif et nécessite une attention accrue en termes de capital. Cela suggère que la MAE devrait renforcer sa politique de provisionnement en adoptant une approche plus stable, afin de mieux gérer ce risque.

Il a également été observé que le modèle SBR tunisien, malgré l'utilisation d'une formule simplifiée de la norme de référence Solvabilité II, demeure très exigeant en termes de capital requis pour le risque lié aux primes et aux réserves. Cette exigence accrue pose des défis notables lors de sa mise en œuvre, en raison de la rigueur des exigences en fonds propres.

ANNEXES

Annexe 1 : Écarts-types pour le risque de primes et de réserves en non-vie :

	Segment	Lignes d'activité, telles qu'exposées à l'annexe I, dont se compose le segment	Écart type pour le risque de primes brut du segment	Écart type pour le risque de réserve du segment
1	Assurance de responsabilité civile automobile et réassurance proportionnelle y afférente	4 et 16	10 %	9 %
2	Autre assurance des véhicules à moteur et réassurance proportionnelle y afférente	5 et 17	8 %	8 %
3	Assurance maritime, aérienne et transport et réassurance proportionnelle y afférente	6 et 18	15 %	11 %
4	Assurance incendie et autres dommages aux biens et réassurance proportionnelle y afférente	7 et 19	8 %	10 %
5	Assurance de responsabilité civile générale et réassurance proportionnelle y afférente	8 et 20	14 %	11 %
6	Assurance crédit et cautionnement et réassurance proportionnelle y afférente	9 et 21	12 %	19 %
7	Assurance de protection juridique et réassurance proportionnelle y afférente	10 et 22	7 %	12 %
8	Assurance assistance et réassurance proportionnelle y afférente	11 et 23	9 %	20 %
9	Assurance pertes pécuniaires diverses et réassurance proportionnelle y afférente	12 et 24	13 %	20 %
10	Réassurance accidents non proportionnelle	26	17 %	20 %
11	Réassurance maritime, aérienne et transport non proportionnelle	27	17 %	20 %
12	Réassurance dommages non proportionnelle	28	17 %	20 %

Annexe 2 : Matrice de corrélation pour le risque de primes et de réserves en non-vie

LOB/ LOB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1.00											
2	0.50	1.00										
3	0.50	0.25	1.00									
4	0.25	0.25	0.25	1.00								
5	0.50	0.25	0.25	0.25	1.00							
6	0.25	0.25	0.25	0.25	0.50	1.00						
7	0.50	0.50	0.25	0.25	0.50	0.50	1.00					
8	0.25	0.50	0.50	0.50	0.25	0.25	0.25	1.00				
9	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1.00			
10	0.25	0.25	0.25	0.50	0.25	0.25	0.25	0.50	0.25	1.00		
11	0.25	0.25	0.25	0.25	0.50	0.50	0.50	0.25	0.25	0.25	1.00	
12	0.25	0.25	0.50	0.50	0.25	0.25	0.25	0.25	0.50	0.25	0.25	1.00

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Règlementation

- Commission Européenne. Règlement délégué (UE) 2015/35 de la commission du 10 octobre 2014 complétant la directive 2009/138/CE du Parlement européen et du Conseil sur l'accès aux activités de l'assurance et de la réassurance et leur exercice (Solvabilité II), 2015.
- Parlement Européen et du Conseil. Directive 2009/138/CE du 25 novembre 2009 sur l'accès aux activités de l'assurance et de la réassurance et leur exercice (Solvabilité II), 2009.

Articles, rapports, publications

- CEIOPS. (2010). *Advice for Level 2 Implementing Measures on Solvency II: SCR standard formula – Article 111 j, k Undertaking-specific parameters.*
- CEIOPS. (2009). *Summary of Comments on Consultation Paper 75 - CEIOPS-CP-75/09 CP No. 75 - L2 Advice on Undertaking specific parameters.*
- Eling, M., Schmeiser, H., & Schmit, J. (2007). The Solvency II process: Overview and critical analysis. *Risk Management and Insurance Review*, 10(1), 69-85.
- EIOPA. (2015). *Guidelines on undertaking-specific parameters.*
- FINMA. (2006). *Technical Document on the Swiss Solvency Test.* Bern: FINMA.
- Financial Supervisory Service (FSS). (2017). *Guide to Korea's Risk-Based Capital.*
- International Association of Insurance Supervisors (IAIS). (2018). *Risk-Based Global Insurance Capital Standard Version 2.0: Public Consultation Document.* Basel: IAIS.
- Mack, T. (1993). Distribution-free calculation of the standard error of Chain Ladder reserve estimates. *ASTIN Bulletin*, 23(2), 213-225.
- Pfeifer, D., & Strassburger, D. (2008). Solvency II: Stability problems with the SCR aggregation formula. *Scandinavian Actuarial Journal*, 2008(1), 61-77.
- Rocco, R. C., & Demarco, V. (2016). Undertaking specific parameters under Solvency II: Reduction of capital requirement or not? *Journal of Risk Finance.*
- Schmidt, K. D. (2006). Methods and models of loss reserving based on run-off triangles: A unifying survey. *Casualty Actuarial Society Forum*, Fall 2006, 269-317.
- Technical Specification for the Preparatory Phase Part I. (2014).

Mémoires

- Cheikh Ibrahima, I. (2020). *Adéquation au profil de risque et besoin global de solvabilité.*
- Godrix, P. (2012). *Prévisions d'activité de mutuelles santé sous les réglementations Solvabilité I et II.*
- Lakhdar, K. (2023). *Réglementation prudentielle du marché marocain de l'assurance.*
- Lemaire, J. (2014). *Impacts du provisionnement en norme actuelle et en norme Solvabilité II.*
- Le Tuan, A. (2017). *Les méthodes de provisionnement en assurance non vie.*
- Levy, A. (2015). *Solvabilité II : Exigences quantitatives et impacts comptables sur une société d'assurance mutuelle non-vie.*
- Mahtout, K. (2011). *Solvabilité 2 sous QIS5 : Application à un portefeuille de taille moyenne et multi-branches en non-vie.*
- Meister, V. (2007). *Solvabilité II : Contexte, valorisation et impacts sur l'exigence en capital.*
- Naar, J. (2014). *Utilisation des Undertaking-specific Parameters pour un groupe international d'assistance.*
- Quay-Thevenon, D. (2008). *Une petite mutuelle non-vie et Solvency II*

Sites internet

- Site de l'ACPR : <https://acpr.banque-france.fr>
- Site de l'EIOPA : <https://eiopa.europa.eu>
- Site de CGA : <https://cga.gov.tn>

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : CONTEXTE ET CADRE DE SOLVABILITE.....	3
Introduction :	4
SECTION 1 : SOLVABILITE DES COMPAGNIES D'ASSURANCE ET EXIGENCE QUANTITATIVE	4
1. Définition de la solvabilité	4
2.Histoire et motifs du développement de la marge de solvabilité	6
3.Capital cible	7
4.Capital disponible	7
SECTION 2 : APPROCHES USUELLES DE MODELISATION DU CAPITAL EXIGE RELATIF AUX RISQUES DE SOUSCRIPTION NON VIE	7
1.Cadre théorique	8
2.Calcul de SCR sous solvabilité II	10
2.1.Formule standard du SCR	11
2.1.1.Principe de la formule standard	11
2.1.2.Focus sur le risque souscription Non Vie	12
2.1.2.1. Calcul du SCR de souscription Non Vie sous le cadre de la formule standard	14
2.1.3. Limites de la formule standard	15
2.2. Modèles internes	16
2.3. Formule standard avec paramètres spécifiques à l'entreprise (USP).....	17
2.3.1. Définition de l'approche	18
2.3.2. Calcul du risque de souscription Non Vie avec les « USP »	19
2.3.2.1. Méthodes de calcul de paramètre USP du « Risque de primes ».....	20

2.3.2.2. Méthodes de calcul de paramètre USP du « Risque de réserves »	20
SECTION 3 : NORME EUROPEENNE.....	21
1. Solvabilité I.....	21
1.1. Cadre prudentiel de Solvabilité I.....	21
1.2. Bilan de la directive Solvabilité I.....	22
1.3. Les limites de la directive Solvabilité I.....	22
1.4. Besoin d'un nouveau cadre prudentiel et nécessité de passer de la solvabilité historique à la solvabilité économique.....	23
2. Solvabilité II.....	24
2.1- Présentation de la Solvabilité II	24
2. 2. Les piliers de Solvabilité II :	25
2.2.1. PILIER 1 : Exigences Quantitatives	26
2.2.1.1. Bilan Prudentiel de la directive Solvabilité II.....	27
2.2.1.1.1 Valorisation d'Actif du Bilan prudentiel.....	30
2.2.1.1.2 Valorisation du passif du Bilan prudentiel.....	30
A. Provisions Techniques	31
B. Impôts différés	32
2.2.1.1.3.Fonds Propres du Bilan prudentiel	32
2.2.1.2. Exigences de capital.....	33
2.2.2. PILIER 2: Exigences Qualitatives et surveillance prudentielle.....	34
A.Gestion des risques	34
B.Gouvernance	34
B.Activités de contrôle	35
2.2.3. PILIER 3: Reporting et Communication	35
A.Reporting au superviseur	35
B. Communication vers le public	35
SECTION 4 : NORMES INTERNATIONALES : MODELE AMERICAIN RBC ET MODELE STANDARD AND POOR'S	36

1.Modèle NAIC RBC : La norme américaine : Le capital basé sur le risque.....	36
2.Modèle de Standard and Poor's	37
2.1Présentation de Standard and Poor's.....	37
2.2.Présentation du modèle de Standard and Poor's	38
SECTION 5: MODELES DE SOLVABILITE BASEE SUR LES RISQUES.....	40
1.Solvabilité Basée sur les Risques au Maroc	40
2.Solvabilité Basée sur les Risques en Tunisie	42
2.1.Marché tunisien de l'assurance	42
2.2.Cadre réglementaire en Tunisie.....	42
2.2.1Norme actuelle.....	42
2.2.2.Nouvelle norme de solvabilité	43
Conclusion :.....	45
CHAPITRE II : EVALUATION DU BESOIN DE LA MAE EN FONDS PROPRES DE SOUSCRIPTION NON VIE SELON DIFFERENTS MODELES	46
Introduction	47
SECTION I : PRESENTATION DE LA MUTUELLE ASSURANCE DE L'ENSEIGNEMENT.....	47
1.Présentation générale de la Mutuelle Assurance de l'Enseignement.....	47
1.2. Chiffres clés de la MAE	48
1.2.1. Chiffre d'affaires	48
1.2.2. Portefeuille de la MAE	49
1.3.Marge de solvabilité de la MAE	50
1.4. Branche Automobile chez MAE	51
1.4.1. Positionnement dans le marché	51
1.4.2.Indicateurs techniques	51
1.4.3.Détermination de SCR prime et réserve non vie sous la norme actuelle	52

SECTION 2: DETERMINATION DE SCR PRIME ET RESERVE NON VIE PAR DIFFERENTS MODELES.....	52
1.Détermination de SCR prime et réserve non vie par la formule standard	52
1.1.Détermination de volume pour le risque de prime et de réserve pour chaque Lob :	54
1.2.Calcul de la volatilité de prime et réserve « Le coefficient de variation » σ	56
2.Détermination de SCR prime et réserve non vie selon le modèle américain et le modèle Standard and Poor's	57
2.1.Modèle RBC.....	57
2.2.Modèle Standard and Poor's	58
3. Détermination de SCR prime et réserve non vie selon le modèle de solvabilité basée sur les risques	58
3.1.Modèle de Solvabilité basé sur les risques Marocain	59
3.2.Calcul du SCR Prime et Réserve Non Vie selon le modèle de Solvabilité basée sur les risques Tunisien	60
SECTION 3: DETERMINATION DE SCR PRIME ET RESERVE NON VIE PAR LA FORMULE STANDARD-CALIBRAGE DES USP	61
1.Calibrage des USP pour le risque de primes et réserves.....	61
1.1 Calcul d'écart-type USP pour le risque de prime.....	61
1.1.1. Présentation des données	61
1.1.2. Validation des hypothèses pour le segment RC auto et Dommages auto	62
1.1.3. Méthodes standards de calcul d'écart-type pour le risque de prime.....	65
1.1.4. Présentation des résultats et interprétation	68
1.2. Calcul d'écart-type USP pour le risque de réserve	69
1.2.1. Présentation des données	69
1.2.2. Validation des hypothèses pour le segment RC auto et Dommages auto	69
1.2.3. Méthode standard de calcul d'écart-type pour le risque de réserve	71
1.2.4. Présentation des résultats et interprétation	74

2. Détermination SCR primes et réserves	75
SECTION 4 : ANALYSE COMPARATIVE DES BESOINS DE LA MAE EN FONDS PROPRES DE SOUSCRIPTION SELON LES DIFFERENTS MODELES ETUDIES.....	
1.Comparaison basée sur les facteurs de risques	76
2. Comparaison basée sur la diversification entre les risques intra-modulaires	77
3.Comparaison basée sur les exigences de capital.....	79
Conclusion	81
CONCLUSION GENERALE	82
ANNEXES.....	84
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	85
Table des Matières	87

RESUME

La marge de solvabilité, ou capital de solvabilité requis, représente le montant minimal de fonds propres éligibles qu'une compagnie d'assurance doit détenir pour continuer ses activités sans restrictions. Ce montant est fixé de façon réglementaire et vise donc à prévenir les situations d'insolvabilité pour protéger les assurés.

Ce mémoire porte sur l'évaluation des besoins en fonds propres de souscription non-vie au sein de la MAE selon divers modèles de solvabilité avec un accent particulier sur la formule standard de Solvabilité II, recalibrée à l'aide des paramètres spécifiques à la MAE, appelés USP. L'objectif principal est de déterminer avec précision les fonds propres nécessaires pour couvrir le risque de souscription non-vie de la MAE, en comparant les résultats obtenus avec divers modèles de solvabilité, notamment le modèle de solvabilité basé sur les risques en Tunisie et au Maroc, le modèle RBC américain, le modèle Solvabilité II, ainsi que le modèle de Standard and Poor's. Pour ce faire, des maquettes Excel ont été créées pour calculer le capital requis selon chaque modèle. Le mémoire débute par une revue de la littérature qui explore les fondements théoriques et les principes réglementaires de chaque modèle étudié. Il examine également des études antérieures sur l'évaluation des modèles de solvabilité. Ensuite, chaque modèle est présenté en détail, mettant en évidence ses caractéristiques spécifiques et ses méthodes de calcul du capital requis. Une attention particulière est accordée au calibrage des USP pour déterminer le besoin réel en fonds propres de souscription non-vie pour la MAE.

Les résultats obtenus avec la formule standard de Solvabilité II, recalibrée par les USP, sont ensuite comparés à ceux des autres modèles, en particulier avec la formule standard de Solvabilité II et le modèle SBR utilisé en Tunisie. L'objectif est d'identifier les modèles de solvabilité qui se rapprochent le plus du modèle Solvabilité II avec USP. En conclusion, cette étude théorique et pratique offre des informations précieuses à la MAE pour améliorer sa gestion des risques et renforcer sa stabilité financière. Des recommandations spécifiques sont formulées pour renforcer les pratiques de solvabilité au sein de la MAE.