



**Mémoire présenté  
devant l'Institut de Science Financière et d'Assurances  
pour l'obtention  
du diplôme d'Actuaire de l'Université de Lyon**

**le 9 janvier 2012**

Par : Bastien GODRIX

Titre: Prévisions d'activité de mutuelles santé sous les réglementations Solvabilité I  
et II

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

*Membre du jury de l'Institut des Actuaire*

Brigitte ECARY

*Entreprise :*

Actélior

*Membres du jury I.S.F.A.*

M. Jean Claude AUGROS  
M. Alexis BIENVENÛE  
M. Areski COUSIN  
Mme Diana DOROBANTU  
Mme Anne EYRAUD-LOISEL  
M. Nicolas LEBOISNE  
M. Stéphane LOISEL  
Mlle Esterina MASIELLO  
Mme Véronique MAUME-DESCHAMPS  
M. Frédéric PLANCHET  
M. François QUITTARD-PINON  
Mme Béatrice REY-FOURNIER  
M. Christian-Yann ROBERT  
M. Didier RULLIERE

*Directeur de mémoire en entreprise :*

David ECHEVIN

*Invité :*

**Autorisation de mise en ligne sur  
un site de diffusion de documents  
actuariels (après expiration de  
l'éventuel délai de confidentialité)**

Signature du responsable entreprise

*Secrétariat*

Mme Marie-Claude MOUCHON

Signature du candidat

*Bibliothèque :*

Mme Michèle SONNIER

## Résumé

Dans le cadre des rapports de solvabilité, le cabinet de conseil Actélior réalise pour ses clients, mutuelles santé, des prévisions d'activité.

L'objectif de ces prévisions est d'obtenir des comptes annuels prévisionnels facilitant la prise de décision des administrateurs des mutuelles clientes mais aussi de s'assurer de la capacité des mutuelles à faire face aux exigences réglementaires.

La construction de prévisions d'activité en conditions « normales » par la méthode proposée ici nécessite des paramètres indiquant la probable évolution de la mutuelle. La réalisation de prévisions d'activité en conditions défavorables repose sur la même méthode qu'en conditions normales mais avec un paramétrage différent. Le paramétrage en conditions défavorables constitue la principale difficulté. Ce mémoire propose une méthode permettant de le choisir en se basant sur les erreurs relatives de prévisions passées.

Les exigences réglementaires en vigueur actuellement, notamment les états C5 (représentation des engagements réglementés) et C6 (marge de solvabilité) doivent être remplis en conditions normales et défavorables. L'outil mis en place ici permet de contrôler l'évolution des couvertures du fonds de garantie, de la marge de solvabilité et des engagements réglementés mais aussi de la couverture du SCR.

La méthode proposée permet des prévisions d'activité sur cinq ans en choisissant à chaque exercice les paramètres centraux d'évolution de l'activité et le choix d'un contexte par exercice, de favorable à très défavorable. L'outil permet ainsi de générer un grand nombre de scénarii pour analyser la capacité de la mutuelle à résister à des exercices défavorables tant au niveau de la protection de son résultat et de ses fonds propres que dans son respect de la réglementation.

Le contexte réglementaire subit actuellement un bouleversement avec l'entrée en vigueur au 1<sup>er</sup> janvier 2013 de Solvabilité II. Le défi principal pour Actélior est de prendre en charge le Pilier I pour ses clients. Ce mémoire détaille les grands principes de Solvabilité II et intègre les calculs de la formule standard à l'outil de prévisions d'activité d'où le calcul de SCR prospectifs. Les possibilités de paramétrer l'outil permettent de plus une comparaison des exigences réglementaires sous Solvabilité I et Solvabilité II.

## **Abstract**

Within the framework of the solvency reports, the Actélior consulting agency realizes forecasts of activity for its customers, complementary health insurance small organisms.

The objective of these forecasts is to obtain projected annual accounts facilitating the decision-making of the administrators of the organisms which are customers of Actélior but also analyzing the capacity of those mutual insurance companies to face the statutory requirements.

The construction of forecasts of activity in "normal" conditions by the method proposed here requires parameters indicating the likely evolution of the mutual insurance company. The realization of forecasts in unfavorable conditions is based on the same method as in normal conditions but with a different parameter setting. It is the choice of this parameter setting in unfavorable conditions that raises problem. This paper proposes a method which calculates them by basing itself on the relative errors made during the previous forecasts.

The current statutory requirements at present, in particular the C5 and the C6 must be filled in normal and unfavorable conditions. The tool set up here allows checking the evolution of the guarantee fund, the solvency margin and the regulated commitments coverage.

The proposed method allows forecasts of activity over five years by choosing in every exercise the central parameters of evolution of the activity and by choosing a context by exercise, from favorable to very unfavorable. The tool so allows to generate a large number of scenarios to analyze the mutual insurance company's ability to resist unfavorable exercises both at the level of the protection of its profit and its equity and on a statutory requirements point of view.

The statutory context undergoes at present a turnover with the coming on January 1st, 2013 of Solvency II. The main challenge for Actélior is to take care of the first pillar for its customers. This report details the major principles of Solvency II and the integration of the standard formula in the tool proposed here and thus on the calculation of forward-looking SCR. The possibilities of choosing many parameters provided by this tool allows a comparison of the statutory requirements under Solvency I and Solvency II.

## **Remerciements**

Dans le cadre de la réalisation de mon mémoire, je tiens à remercier :

-Les membres du cabinet de conseil Actélior pour leur accueil, le temps et les moyens qu'ils m'ont accordés pour ce mémoire ainsi que les compétences que j'ai acquises durant mon alternance.

-Matthias Gorny, agrégé de mathématiques, pour le contrôle des parties les plus techniques de ce mémoire.

-Mes professeurs de classes préparatoires et de l'Institut de Science financière et d'Assurances (ISFA) pour les compétences techniques que j'ai acquises au cours de mes études et qui ont permis la réalisation de ce mémoire.

-Aline Schmitz, Lucile Beudin et ma famille pour leur soutien.

## Sommaire

Résumé.....	2
Abstract .....	3
Remerciements .....	4
Sommaire .....	5
Détail des annexes.....	8
Abréviations utilisées au cours de ce mémoire .....	9
Introduction.....	10
<b>PARTIE I : ENVIRONNEMENT COMPTABLE ET REGLEMENTAIRE.....</b>	<b>11</b>
<b>CHAPITRE I.1 : COMPTES ANNEULS ET ETAT DES PLACEMENTS .....</b>	<b>12</b>
Section I.1.1 : Les spécificités de l'assurance .....	12
Sous-section I.1.1.a : Principes comptables et règles .....	12
Sous-section I.1.1.b : Les spécificités économiques et comptables de l'assurance .....	12
Sous-section I.1.1.c : Les états règlementaires et les rapports de fin d'exercice .....	13
Section I.1.2 : Les comptes annuels.....	14
Sous-section I.1.2.a : Le bilan .....	14
Sous-section I.1.2.b : Les comptes de résultat techniques .....	15
Sous-section I.1.2.c : Le compte de résultat non technique .....	15
Section I.1.3 : L'état détaillé des placements.....	16
Sous-section I.1.3.a : Objectifs .....	16
Sous-section I.1.3.b : Contenu.....	16
<b>CHAPITRE I.2 : CONTEXTE REGLEMENTAIRE .....</b>	<b>17</b>
Section I.2.1 : Le rapport de solvabilité.....	17
Sous-section I.2.1.a : Règlementation et principes généraux .....	17
Sous-section I.2.1.b : Contenu.....	18
Sous-section I.2.1.c : Les prévisions d'activité.....	19
Section I.2.2 : Les placements financiers.....	19
Sous-section I.2.2.a : Engagements réglementés et placements admis en représentation .....	19
Sous-section I.2.2.b : Les règles de limitation .....	20
Sous-section I.2.2.c : Les règles de dispersion.....	21
Section I.2.3 : La marge de solvabilité .....	22
Sous-section I.2.3.a : La marge de solvabilité non-vie .....	22
Sous-section I.2.3.b : Exemple pour une mutuelle non-vie .....	23
Sous-section I.2.3.c : La marge de solvabilité vie .....	24
Sous-section I.2.3.d : Le fonds de garantie.....	24
<b>CHAPITRE I.3 : SOLVABILITE II.....</b>	<b>25</b>
Section I.3.1 : Les grands principes de Solvabilité II .....	25
Sous-section I.3.1.a : Présentation de Solvabilité II .....	25
Sous-section I.3.1.b : Le Pilier II .....	27
Sous-section I.3.1.c : Le Pilier III .....	28
Section I.3.2 : Le Pilier I .....	29
Section I.3.3 : Les enseignements du QIS 5 .....	31
Sous-section I.3.3.a : Présentation du QIS 5 .....	31

Sous-section I.3.3.b : Les enseignements du QIS 5 .....	32
Sous-section I.3.3.c : Les enseignements du QIS 5 pour les mutuelles santé .....	34
PARTIE II : PREVISIONS D'ACTIVITE SOUS LA REGLEMENTATION SOLVABILITE I .....	36
CHAPITRE II.1 : CREATION D'UN OUTIL DETERMINISTE DE PREVISIONS D'ACTIVITE.....	37
Section II.1.1 : Les objectifs de l'outil .....	37
Sous-section II.1.1.a : Bilan prévisionnel .....	37
Sous-section II.1.1.b : Comptes de résultat prévisionnels .....	38
Sous-section II.1.1.c : Etats C5 et C6 prévisionnels .....	39
Section II.1.2 : Paramétrage déterministe des prévisions et application.....	40
Sous-section II.1.2.a : Le choix des paramètres .....	40
Sous-section II.1.2.b : Les comptes et les états C6 prévisionnels .....	41
Sous-section II.1.2.c : Les états C5 prévisionnels .....	44
Section II.1.3 : Les limites de l'outil .....	45
Sous-section II.1.3.a : Le choix des paramètres en condition normale ou défavorable .....	45
Sous-section II.1.3.b : L'importante volatilité .....	46
Sous-section II.1.3.c : La solution proposée .....	46
CHAPITRE II.2 : PARAMETRAGE STOCHASTIQUE DE L'OUTIL .....	47
Section II.2.1 : Analyse des taux d'erreurs passés.....	47
Sous-section II.2.1.a : Le recueil des données.....	47
Sous-section II.2.1.b : Etude statistique .....	49
Sous-section II.2.1.c : Analyse des corrélations.....	51
Section II.2.2 : Génération d'un vecteur gaussien.....	53
Sous-section II.2.2.a : Définition et technique de simulation .....	53
Sous-section II.2.2.b : Paramétrage du vecteur gaussien .....	55
Sous-section II.2.2.c : Calcul du résultat de l'exercice à partir de la balance.....	57
Sous-section II.2.2.d : Application sous R.....	59
Section II.2.3 : L'intégration à l'outil.....	60
Sous-section II.2.3.a : Le tri des simulations .....	60
Sous-section II.2.3.b : L'obtention des paramètres pour l'outil déterministe .....	61
Sous-section II.2.3.c : L'intégration dans l'outil.....	62
CHAPITRE II.3 : L'ANALYSE DES RESULTATS.....	64
Section II.3.1 : Tests de normalité .....	64
Sous-section II.3.1.a : Contrôle de la normalité multivariée des erreurs relatives.....	64
Sous-section II.3.1.b : Analyse des résultats de l'exercice .....	65
Sous-section II.3.1.c : Normalité des résultats de l'exercice .....	66
Section II.3.2 : Analyse paramétrique des résultats.....	68
Sous-section II.3.2.a : Corrélation entre les paramètres et le résultat .....	68
Sous-section II.3.2.b : Analyse des valeurs propres .....	69
Sous-section II.3.2.c : L'ordre des paramètres face à l'ordre des résultats .....	69
Section II.3.3 : Analyse des résultats d'un scénario sur 5 ans .....	70
Sous-section II.3.3.a : Objectifs et paramètres .....	70
Sous-section II.3.3.b : Evolution des résultats et des fonds propres .....	71
Sous-section II.3.3.c : Etats C6 et C5 : Evolution des taux de couverture .....	72
PARTIE III : PREVISIONS D'ACTIVITE SOUS LA REGLEMENTATION SOLVABILITE II .....	74

CHAPITRE III.1 : EXPLOITATION DE LA FORMULE STANDARD .....	75
Section III.1.1 : L’outil “QIS5 – Spreadsheet” .....	75
Sous-section III.1.1.a : Présentation de l’outil.....	75
Sous-section III.1.1.b : Les avantages de cet outil.....	76
Sous-section III.1.1.c : Les inconvénients de cet outil.....	76
Section III.1.2 : Simplification de l’outil « QIS5 – Spreadsheet ».....	77
Sous-section III.1.2.a : Principe de simplification.....	77
Sous-section III.1.2.b : Les onglets d’import.....	78
Sous-section III.1.2.c : Les onglets de calcul.....	79
Section III.1.3 : Calculs de SCR prospectifs .....	80
Sous-section III.1.3.a : Méthode appliquée.....	80
Sous-section III.1.3.b : L’onglet « Placements et créances ».....	81
Sous-section III.1.3.c : Les valeurs de réalisation .....	82
CHAPITRE III.2 : INTEGRATION A L’OUTIL ET PREMIERS RESULTATS.....	84
Section III.2.1 : Fusion des outils .....	84
Sous-section III.2.1.a : Création des balances prévisionnelles .....	84
Sous-section III.2.1.b : Autres liens .....	85
Sous-section III.2.1.c : Création de l’onglet de résultats .....	85
Section III.2.2 : Evolution des SCR pour un scénario sur 5 ans.....	85
Sous-section III.2.2.a : Analyse approfondie du SCR de marché.....	86
Sous-section III.2.2.b : Analyse approfondie du SCR santé .....	87
Sous-section III.2.2.c : Observation des autres SCR .....	88
Section III.2.3 : Analyse des résultats et comparaison avec Solvabilité I .....	88
Sous-section III.2.3.a : Observation du SCR global .....	88
Sous-section III.2.3.b : Analyse de l’évolution des éléments constitutifs .....	89
Sous-section III.2.3.c : Comparaison des résultats obtenus avec Solvabilité I et Solvabilité II ..	90
CHAPITRE III.3 : COMPARAISON DES COUVERTURES SOUS SOLVABILITE I ET II .....	91
Section III.3.1 : Création d’une base de données.....	91
Sous-section III.3.1.a : Objectif.....	91
Sous-section III.3.1.b : Adaptation de l’outil .....	91
Sous-section III.3.1.c : Création de la base de données .....	92
Section III.3.2 : Corrélations entre les paramètres et les outputs.....	93
Sous-section III.3.2.a : Variations des outputs .....	93
Sous-section III.3.2.b : Justification des corrélations négatives.....	94
Sous-section III.3.2.b : Justification des principales corrélations positives.....	95
Section III.3.3 : Corrélations entre les outputs.....	96
Sous-section III.3.3.a : Analyse des corrélations entre les SCR .....	96
Sous-section III.3.3.b : Etude approfondie de l’effet du P/C.....	97
Sous-section III.3.3.c : Corrélations entre C5, C6, résultat et couverture du SCR.....	97
Conclusion .....	99
Bibliographie.....	100
Annexes	

## **Détail des annexes**

- ANNEXE 1 : Alimentation du bilan à l'aide de la balance
- ANNEXE 2 : Les comptes de résultat techniques
- ANNEXE 3 : Le compte de résultat non technique
- ANNEXE 4 : Compte de résultat prévisionnel : Résultat technique non-vie
- ANNEXE 5 : Paramètres utilisés pour le prévisionnel
- ANNEXE 6 : Calculs intermédiaires utilisés pour le prévisionnel
- ANNEXE 7 : Données exportées vers R
- ANNEXE 8 : Normalité multivariée des erreurs relatives
- ANNEXE 9 : Analyse des résultats simulés
- ANNEXE 10 : Valeurs des paramètres de 1 000 simulations triées par ordre de résultats de l'exercice décroissants
- ANNEXE 11 : Evolution des SCR et de leur couverture sur 5 ans
- ANNEXE 12 : Evolution des SCR de marché sur 5 ans
- ANNEXE 13 : Code expliqué de la macro VBA
- ANNEXE 14 : Corrélation entre les paramètres et les outputs

## **Abréviations utilisées au cours de ce mémoire**

ACAM	Autorité de contrôle des assurances et des mutuelles
ACP	Autorité de Contrôle Prudentiel (France)
BMTN	Bon à moyen terme négociable
C5	Etat réglementaire relatif à la couverture des engagements réglementés
C6	Etat réglementaire relatif à la couverture de la marge de solvabilité
CEA	Comité européen des Assurances
CEIOPS	Comité européen des contrôleurs d'assurance et de pensions professionnelles
CMU	Couverture maladie universelle (taxe)
CSR	Capitaux sous risque
EDP	Etat des placements
EIOPA	Anciennement CEIOPS
ER	Engagements réglementés (état C5)
ERM	Technique de management destinée à aider les entreprises à gérer les risques auxquels elles font face
ERP	Etat récapitulatif des placements
FCPI	Fonds commun de placement dans l'innovation
FCPR	Fonds commun de placement à risque
FFSA	Fédération Française des Sociétés d'Assurances
IFRS	Normes internationales d'information financière
ISIN	Identifiant unique propre à chaque actif financier
MCR	Niveau minimum de fonds propres en dessous duquel l'intervention de l'autorité de contrôle sera automatique
MS	Marge de solvabilité
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OPCVM	Organisme de placement collectif en valeurs mobilières
ORSA	Processus d'analyse interne de l'entreprise
P/C	Rapport des prestations sur les cotisations
PM	Provisions mathématiques
PPAP	Provision pour prestations à payer
QIS	Etude quantitative d'impact
SCI	Société civile immobilière
SCR	Capital cible nécessaire pour absorber le choc provoqué par un risque majeur
SICAV	Société d'investissement à capital variable
SLT	« Similar to Life Techniques » : garanties faisant l'objet de calculs utilisant des méthodes similaires à celles de l'assurance vie.
TCEP	Tableau complémentaire à l'état des placements
TCN	Titres de créances négociables

## Introduction

Cabinet de conseil lyonnais en actuariat et assurances, Actélior a été créée fin 1999 par Pascal MUZELLE, actuel président de la structure. Elle s'est développée depuis et emploie à ce jour une dizaine d'actuaire diplômés ou en formation.

Initialement spécialisée dans les assurances de personnes (santé, prévoyance, épargne et retraite), les compétences du cabinet se sont diversifiées avec notamment un pôle consacré à l'assurance emprunteur et un autre dédié à Solvabilité II et au Contrôle interne.

Ayant rejoint le cabinet en juin 2010, j'ai intégré le pôle santé en travaillant majoritairement dans le domaine réglementaire. C'est donc naturellement que mon mémoire s'est orienté vers un document réglementaire : les prévisions d'activité qui doivent figurer au rapport de solvabilité. L'entrée en vigueur de Solvabilité II implique la création d'une méthode de calcul de SCR prévisionnels.

L'entrée en vigueur de la directive n'ayant lieu qu'en 2014 suite à son report, l'outil devra également permettre l'analyse prospective de la couverture des engagements réglementés, de la marge de solvabilité et du fonds de garantie qui sont les éléments principaux du contexte réglementaire actuel. De plus et pour faciliter la prise de décision des administrateurs des mutuelles clientes, l'outil doit intégrer des comptes de résultats et des bilans prévisionnels.

Cette partie peut être réalisée à l'aide d'un outil déterministe en conditions dites normales mais une analyse de la résistance d'une mutuelle à des conditions défavorables est bien plus délicat en terme de paramétrage.

On propose dans ce mémoire une méthode basée sur les erreurs de prévisions passées pour déterminer un paramétrage adapté aux conditions souhaitées (de favorable à très défavorable). L'outil obtenu permet de déduire une analyse de la corrélation entre la couverture de la marge de solvabilité actuelle (état C6) et la couverture du SCR. Cette dernière analyse sera effectuée pour une mutuelle test, les résultats peuvent différer d'une mutuelle à l'autre.

Dans un premier temps, on présentera les normes comptables et réglementaires actuelles (plan comptable français, Solvabilité I) et futures, notamment Solvabilité II pour comprendre les enjeux de ce mémoire. Ensuite, dans un second temps, on présentera un outil déterministe visant à la mise en œuvre de prévisions d'activité sous Solvabilité I ainsi que la solution proposée pour une approche stochastique. Enfin, dans un dernier temps, nous expliquerons la méthode choisie pour incorporer Solvabilité II à ce mémoire et l'étude comparative entre les deux réglementations pour une mutuelle particulière.

# **PARTIE I**

## **ENVIRONNEMENT COMPTABLE ET REGLEMENTAIRE**

# CHAPITRE I.1 :

## COMPTES ANNUELS ET ETAT DES PLACEMENTS

### Section I.1.1 : Les spécificités de l'assurance

#### Sous-section I.1.1.a : Principes comptables et règles

Le principe fondamental de la comptabilité est de faire en sorte que les comptes annuels soient sincères, réguliers et donnent une image fidèle de l'entreprise.

La régularité correspond au respect des textes légaux et réglementaires applicables à la mutuelle. La sincérité correspond à la bonne foi des responsables des comptes dans l'application des règlements compte tenu de leur connaissance de la réalité de la situation de la mutuelle. La notion d'image fidèle reprend les principes précédents de régularité et de sincérité, elle les renforce en introduisant le fait que si une règle comptable ne permet pas de donner une image fidèle de la situation financière de la mutuelle, les responsables des comptes doivent faire figurer à l'annexe ces informations. Un principe supplémentaire est la prudence, par exemple, la comptabilité devra tenir compte des moins values et charges nées durant l'exercice dès leur connaissance mais elle ne pourra tenir compte des plus values qu'une fois celles-ci réalisées. Dans le but de répondre à ces principes, plusieurs règles générales existent comme la permanence des méthodes, l'hypothèse de continuité des exercices et de leur indépendance auxquels s'ajoutent le principe de non compensations entre produits et charges.

Les comptes annuels doivent être établis à la fin de l'exercice, ils comprennent obligatoirement trois documents : le bilan, le compte de résultat et l'annexe. En plus des comptes annuels, les organismes assureurs doivent fournir les états réglementaires qui permettent aux autorités de contrôle de suivre leur activité et des rapports de fin d'exercice. Ces points seront détaillés en sous-section I.1.1.c.

#### Sous-section I.1.1.b : Les spécificités économiques et comptables de l'assurance

Le domaine de l'assurance se caractérise par l'inversion du cycle de production qui donne lieu à une comptabilité spécifique et à l'existence de provisions techniques et à la couverture de ces provisions par des placements.

- L'inversion du cycle de production

Dans le cas d'une entreprise « classique », industrielle par exemple, le prix de revient est connu à l'avance. Dans une entreprise d'assurance, l'assuré paye des primes ou des cotisations pour une prestation dont il ne connaît pas le montant ou même si elle aura lieu, ainsi, le prix de revient est inconnu au moment de la signature du contrat.

- Les provisions techniques

Dans le but de s'assurer que les entreprises d'assurance soient en mesure de faire face aux engagements pris envers leurs assurés/adhérents/participants, le législateur impose la constitution de provisions techniques. On pourra citer les provisions suivantes mentionnées aux articles R 331-1 à R 331-6 du Code des Assurances :

*Figure 1 : Les provisions techniques*

<b>Provisions techniques non-vie</b>	<b>Provisions techniques vie</b>
Provisions mathématiques des rentes	Provisions mathématiques
Provision pour prestations à payer	Provision pour participation aux excédents
Provision pour cotisations non acquises	Réserve de capitalisation
Provision pour risques en cours	Provision de gestion
Réserve de capitalisation	Provision pour risque d'exigibilité
Provision pour risques croissants	Provision pour frais acquisition reportés
Provision mathématique de réassurance	Provision pour égalisation
Provision pour risque d'exigibilité	
Provision pour égalisation	

Les placements affectés à la représentation de ces provisions font l'objet d'une réglementation stricte qui sera détaillée en section I.2.2.

- Le plan comptable des assurances

Le plan comptable des assurances présente des spécificités par rapport au plan comptable classique, ainsi, le législateur a prévu la création de postes spécifiques aux opérations d'assurance dans la balance, on pourra citer par exemple le compte 26 relatif aux placements affectés aux opérations d'assurance. La distinction entre opérations vie et non-vie a également été intégrée dans les comptes de charges et de produits 60 et 70 où le chiffre situé en 4<sup>ème</sup> position informe sur le type d'opération. Ces spécificités créent un bilan et un compte de résultat particuliers à l'assurance. L'un des objectifs de ce mémoire étant la réalisation de prévisions comptables, les comptes annuels des sociétés d'assurances seront traités plus en détail en section I.1.2.

#### Sous-section I.1.1.c : Les états règlementaires et les rapports de fin d'exercice

Les organismes assureurs doivent fournir à la fin de chaque exercice des états règlementaires appelés états annuels et des rapports de fin d'exercice.

Les états annuels sont un fichier Excel normalisé qui doit être rempli par l'organisme assureur à la fin de l'exercice puis transmis aux autorités de contrôle. Il comprend entre autres des renseignements généraux sur l'organisme assureur (dénomination, numéro d'immatriculation au Registre National des Mutuelles), les comptes annuels, les mouvements d'actifs, des états d'analyse des comptes et des états statistiques.

Dans la suite de ce mémoire, nous nous intéresserons en particulier aux états C5 et C6 qui sont relatifs à la représentation des engagements réglementés et à la couverture de la marge de solvabilité qui sont des points réglementaires essentiels d'une mutuelle. En effet, d'après les articles R 334-1 du Code des assurances, R 212-10 du Code de la Mutualité et R 931-10-6 du Code de la Sécurité Sociale, les entreprises d'assurance doivent à tout moment être en mesure de couvrir leur exigence de marge. Ainsi, nos prévisions intégreront un taux prévisionnel de couverture des engagements réglementés et un taux prévisionnel de couverture de la marge de solvabilité.

Le C5 sera détaillé en section I.2.2 et le C6 sera détaillé en section I.2.3.

L'organisme assureur est tenu de faire figurer à l'annexe trois rapports, le rapport de contrôle interne, le rapport sur la politique de réassurance s'il y a lieu et le rapport de solvabilité qui sera expliqué plus en détail en section I.2.1.

Le rapport de réassurance doit être approuvé par le conseil d'administration. Après une description des orientations choisies en matière de réassurance, l'entreprise cherchera à analyser si les formules de réassurance choisies sont appropriées, si elle est en mesure d'en assumer les coûts et si le réassureur est en mesure de faire face aux engagements de la cédante. Ce rapport peut être intégré dans le rapport de solvabilité comme le prévoit l'article R 211-28-2 du Code de la Mutualité.

Le rapport de contrôle interne est fortement codifié, il doit présenter tout d'abord l'organisation, le fonctionnement et les pouvoirs du conseil d'administration puis le fonctionnement du contrôle interne. Il détaille ensuite le contrôle des risques d'assurance, liés aux placements, opérationnels et relatifs à l'information financière. Enfin, le rapport présente l'évaluation du contrôle interne.

## **Section I.1.2 : Les comptes annuels**

La suite de ce mémoire fera l'objet de prévisions d'activité, dans le but de constituer des comptes annuels prévisionnels, nous allons être amenés à travailler sur l'évolution de la balance d'un exercice à l'autre. Cette section présente une description succincte des éléments des comptes annuels et leur obtention grâce à la balance. Dans cette section, on utilise ainsi principalement l'ouvrage [10] de la bibliographie page 100.

### Sous-section I.1.2.a : Le bilan

Le bilan est une photographie du patrimoine de l'entreprise à un moment donné. Il est composé d'un côté de l'actif qui indique ce qui appartient à l'entreprise et l'utilisation faite de ces ressources et de l'autre, le passif qui nous renseigne sur l'origine de ces ressources (capitaux propres et dettes) ainsi que sur les montants des provisions techniques. Ainsi, l'égalité entre actif et passif est un élément fondamental de la comptabilité.

Le bilan est présenté en net d'amortissements et de provisions pour dépréciation des éléments d'actifs. L'une des spécificités de l'assurance est l'existence de nombreuses autres provisions tant à l'actif qu'au passif. Vous trouverez en annexe 1 de ce mémoire un bilan type de

société d'assurances et les comptes de la balance qui correspondent à chaque poste. Cette annexe permettra de contrôler la cohérence entre la balance et le bilan.

L'annexe des comptes annuels complète le bilan. Elle détaille pour l'actif les mouvements des actifs, l'état des placements qui sera expliqué en section I.1.3, la ventilation des créances... Les détails apportés à propos du passif par l'annexe portent sur les fonds propres, les passifs subordonnés, les fonds dédiés et les provisions, notamment leur écart entre l'ouverture et la fermeture de l'exercice.

#### Sous-section I.1.2.b : Les comptes de résultat techniques

L'une des spécificités comptables majeures de l'assurance est l'existence de trois comptes de résultat. Deux sont des comptes de résultat techniques, le troisième est le compte de résultat non technique. Dans cette sous-section, nous nous intéressons aux comptes techniques. Les mutuelles possédant simultanément l'agrément vie et l'agrément non-vie établissent deux comptes de résultat séparés qui permettent de distinguer les résultats des activités vie et non-vie. Des comptes techniques vierges vie et non-vie type sont fournis en annexe 2 de ce mémoire.

Bien que les comptes de résultat soient normalement en valeur absolue, le poste D1b relatif aux variations des provisions pour cotisations non acquises et les postes de charges de provisions en général peuvent être négatifs en cas de diminution de ces provisions. Les comptes de résultat présentent des variations de stock de provisions entre deux exercices alors que le bilan donne le stock de provisions à la fin de l'exercice.

La répartition des charges aux postes D7 et E8 doit s'effectuer en comptabilisant chaque charge selon son origine (une opération vie ou non-vie). Les autres frais (frais généraux) doivent être affectés à l'un des comptes de résultat de la façon la plus juste possible. C'est l'affectation des charges par nature vers les charges par destination. Les frais sont comptabilisés dans les comptes en 9, ils sont ensuite affectés aux comptes de charge par des règles de passage propres à l'organisme.

#### Sous-section I.1.2.c : Le compte de résultat non technique

Le compte de résultat non technique est présenté en annexe 3 de ce mémoire. Il reprend les résultats techniques vie et non-vie et ajoute les résultats non techniques de la mutuelle, notamment le résultat exceptionnel, l'impôt sur le résultat et les résultats financiers non affectés aux comptes techniques. Les opérations qui ont un caractère non récurrent et étranger à l'exploitation sont portées en charges et produits exceptionnels. Le résultat financier est ventilé entre la partie technique et la partie non technique en fonction du poids relatif des provisions techniques et des capitaux propres. Ce point est important pour la création des comptes annuels à partir d'une balance. L'issue du compte non technique est le résultat de l'exercice. On contrôlera qu'il est égal à la somme des comptes en 7 (produits) moins la somme des comptes en 6 (charges) de la balance.

## Section I.1.3 : L'état détaillé des placements

### Sous-section I.1.3.a : Objectifs

Les mutuelles sont tenues de faire figurer à l'annexe un état récapitulatif des placements (ERP) qui sera validé par les commissaires aux comptes. L'état détaillé des placements (EDP) est en revanche optionnel dans l'annexe mais il doit être communiqué aux commissaires aux comptes. Pour concorder avec les comptes, l'état doit reprendre les placements inscrits au bilan, ainsi, le premier contrôle est de vérifier la conformité avec le bilan des informations fournies dans l'état des placements selon la méthode suivante :

$$\text{Total au bilan - amortissements + autres écarts (dépréciations)} = \text{Total EDP}$$

Les entreprises d'assurance sont également tenues de remettre un tableau complémentaire à l'état détaillé des placements (TCEP) sous format informatique unique fourni par l'Autorité de Contrôle Prudentiel (ACP). La réalisation du TCEP permet généralement de déduire l'EDP puis l'ERP par des recoupements. Pour plus de détails, se référer à la note proposée en [2].

### Sous-section I.1.3.b : Contenu

L'état récapitulatif ne fournit une information que sur la valeur brute, la valeur nette et la valeur de réalisation des placements. Les placements sont répartis en plusieurs classes telles les actions et titres à revenus variables hors OPCVM, les parts d'OPCVM, les obligations...

L'information fournie est donc faible. L'état détaillé des placements comprend en plus des valeurs nettes, de réalisation et brutes déjà présentes dans ERP les corrections de valeurs et les valeurs de remboursement. Une distinction est opérée par articles desquels dépendent les placements. Dans le cas du Code de la Mutualité, on trouve des tableaux pour les placements relatifs aux articles R 212-52, R 212-53 et R 212-37. Ces articles précédents concernant chaque classe d'actif pour leurs modes d'enregistrement à l'acquisition et leurs évaluations à l'inventaire. Cette distinction importe pour plusieurs états réglementaires comme le C6 bis.

Disposant de toutes ces informations, nous allons n'en sélectionner qu'une partie qui sera utile pour la suite du mémoire. On entendra à partir d'ici par « Etat des placements » le tableau donnant pour chaque actif son nom et son numéro ISIN, sa contrepartie, l'article duquel il dépend comme expliqué ci-dessus, ses corrections de valeur... Les actifs sont ensuite triés selon leurs classes (obligations garanties par un état de l'OCDE, autres obligations, TCN, BMTN, certificats de dépôts, billets de trésorerie, OPCVM, FCPI, FCPR...).

Ces informations ont été retenues car elles devraient permettre à la fois un remplissage aisé de l'état C5 et fournir une base aux calculs relatifs à Solvabilité II.

## **CHAPITRE I.2 :**

### **CONTEXTE REGLEMENTAIRE**

#### **Section I.2.1 : Le rapport de solvabilité**

Ce chapitre reprend plusieurs notions s'appuyant sur l'ouvrage [8] en bibliographie. Cette section a été approfondie à l'aide de la présentation [6].

##### Sous-section I.2.1.a : Réglementation et principes généraux

A la clôture de chaque exercice, le conseil d'administration de la mutuelle doit établir un rapport de solvabilité conformément à l'article L 212-3 du Code de la Mutualité.

« Art. L. 212-3. - Le rapport de solvabilité établi par le conseil d'administration conformément à l'article L. 114-17 expose les conditions dans lesquelles l'organisme garantit, par la constitution des provisions techniques suffisantes dont les modalités de calcul et les hypothèses retenues sont explicitées et justifiées, les engagements qu'il prend à l'égard des membres participants, de leurs ayants droit ou des organismes réassurés, rappelle les orientations retenues en matière de placements, présente et analyse les résultats obtenus et indique si la marge de solvabilité est constituée conformément à la réglementation applicable. Le rapport de solvabilité contient obligatoirement une analyse des conditions dans lesquelles l'organisme est en mesure, à moyen et long terme, de faire face à l'ensemble de ses engagements. Ce rapport est communiqué aux commissaires aux comptes, ainsi qu'à l'Autorité de contrôle prudentiel ».

De plus, le rapport de réassurance peut être inclus dans le rapport de solvabilité. Il ne doit pas être confondu avec le rapport de gestion qui a une vision plus rétrospective en opposition à l'utilité prospective du rapport de solvabilité.

Si la loi prévoit que le conseil d'administration établit le rapport de solvabilité, sa rédaction peut être confiée à une personne spécialisée, éventuellement à un prestataire extérieur à l'entreprise. En revanche, seul le conseil d'administration peut approuver le rapport de solvabilité et doit en prendre la responsabilité. En effet, l'un des rôles du rapport de solvabilité est de prouver aux autorités de contrôle la compétence des dirigeants dans leurs fonctions.

En plus des commissaires aux comptes, l'autorité de contrôle est également destinataire de ce rapport qui est généralement confidentiel.

Le rapport est donc une synthèse cohérente d'informations provenant de la comptabilité, des services techniques, des états réglementaires... ayant pour but de démontrer que l'entreprise est en mesure de respecter ses engagements. Ainsi, les résultats de la politique de placement, l'évolution des cotisations et des prestations, les frais de gestion... ne doivent pas seulement être énoncés mais aussi analysés dans une démarche à la fois de comparaison par rapport aux exercices

précédents et d'explication des moyens mis en œuvre ou à mettre en œuvre pour les maintenir ou les améliorer dans le futur.

Le rapport de solvabilité permet également d'expliquer les faits marquants d'un exercice comme un évènement exceptionnel qui impacte le résultat mais n'indique pas pour autant une dégradation durable de la situation de l'assureur. Les informations fournies doivent être significatives, ainsi, une mutuelle santé possédant l'agrément vie devra le mentionner et présenter succinctement ses résultats mais pas s'y attarder au détriment d'informations plus importantes sur son activité principale.

#### Sous-section I.2.1.b : Contenu

Le rapport de solvabilité commence par des renseignements formels, entre autres le nom, le numéro d'immatriculation, les agréments, la date d'approbation par le conseil d'administration du rapport de solvabilité, les autres rapports annuels qu'il inclut. S'en suit la « description du métier » expliquant succinctement le type de produits vendus et la clientèle visée.

La loi exige que le rapport fasse état des provisions techniques constituées et justifie leur mode de calcul (méthodes et hypothèses notamment) et qu'ainsi, il démontre leur suffisance pour faire face aux engagements futurs. Il pourra être intéressant pour l'assureur d'observer la valeur des provisions, leur évolution et leur répartition au cours des exercices précédents. En effet, le rapport de solvabilité pouvant aussi synthétiser l'évolution des prestations, il est possible, par comparaison, de remarquer si des risques ont été sous-provisionnés ou sur-provisionnés au cours des exercices précédents. Si un sur-provisionnement durable est constaté, l'assureur pourra revoir sa méthode de calcul afin de ne plus impacter négativement son résultat par des dotations aux provisions trop fortes. En contrepartie, un sous-provisionnement durable constaté dans le rapport de solvabilité nécessitera une justification de l'organisme assureur avec éventuellement la nécessité de revoir la méthode de calcul des provisions.

Le rapport de solvabilité devra également justifier la représentation de ses provisions. L'organisme assureur pourra pour cela inclure le rapport sur sa politique de placement au rapport de solvabilité pour justifier plus facilement de la couverture de ses engagements réglementés (cette partie renvoie à l'état C5 détaillé en section I.2.2). L'observation de l'évolution de cette couverture au cours des derniers exercices pourra alarmer l'organisme assureur si le taux de couverture de ses engagements diminue rapidement afin de le rectifier à l'exercice suivant en révisant sa politique de placement. Si le rapport sur la politique de placement est inclus, il intégrera une étude approfondi de la rentabilité du portefeuille et de son exposition aux risques de marché, de crédit, de liquidité...

Le rapport de solvabilité doit également justifier de la couverture de la marge de solvabilité. Dans le cas d'une mutuelle santé, l'exigence de marge de solvabilité dépend essentiellement des cotisations et des prestations, ainsi, une étude poussée du pilotage de la mutuelle (évolution du volume de cotisations, évolution du P/C...) permettra de comprendre l'évolution de l'exigence de marge de solvabilité et ainsi de justifier de la couverture durable de celle-ci. La couverture de la marge de solvabilité renvoie à l'état C6 détaillé en section I.2.3.

### Sous-section I.2.1.c : Les prévisions d'activité

Le rapport de solvabilité doit aussi comprendre une analyse des conditions dans lesquelles l'entreprise est en mesure à moyen et long terme de faire face à l'ensemble de ses engagements. Ainsi, l'entreprise d'assurance doit tenter de prévoir son activité future. Bien que les autorités de contrôle recommandent de procéder à des analyses prospectives tout au long du rapport de solvabilité, nous opterons ici pour une approche différente.

L'approche qui fait l'objet de ce mémoire consiste à construire des prévisions d'activité en conditions normales et défavorables. Les principaux documents intéressants qui feront l'objet de prévisions sont les comptes annuels, la couverture des engagements réglementés et la couverture de la marge de solvabilité. Nous allons proposer une méthode de simulation de l'activité future d'une mutuelle dans la partie II de ce mémoire et une intégration des calculs relatifs à Solvabilité II en partie III.

Les deux sections suivantes détaillent la couverture des engagements réglementés et de la marge de solvabilité. Les comptes annuels des entreprises d'assurance ont fait l'objet de la section I.1.2. Les principes généraux de Solvabilité II sont détaillés au chapitre I.3.

## **Section I.2.2 : Les placements financiers**

### Sous-section I.2.2.a : Engagements réglementés et placements admis en représentation

Les objectifs de la réglementation sont de constituer des provisions techniques suffisantes et prudentes, de détenir des actifs au moins équivalents aux engagements qui soient suffisants en volume, sûrs, liquides, rentables, diversifiés et dispersés. La couverture des engagements réglementés correspond à l'état C5, elle est un point majeur de la réglementation des mutuelles et fera donc l'objet de C5 prévisionnels dans la suite de ce mémoire.

Les engagements réglementés (ER) sont :

- Les provisions techniques
- Les créances privilégiées (Urssaf, Assedic...)
- Les dépôts de garantie des adhérents
- La réserve d'amortissement des emprunts
- Les provisions relatives aux engagements pris vis-à-vis des salariés de la mutuelle (retraite, participation aux bénéfices)

Les placements admis en représentation des engagements réglementés sont, entre autres :

- Les obligations émises par un Etat de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) ou par une entreprise privée émis sur un marché réglementé
- Les titres de créances négociables privés émis sur un marché réglementé
- Les Bons à Moyen à Terme Négociable privé émis sur un marché réglementé
- Les actions d'entreprises privées émis sur un marché réglementé
- Les actions d'entreprises d'assurance, de réassurance et de capitalisation

## Sous-section I.2.2.b : Les règles de limitation

Les règles de limitation sont fixées par l'article R 212-32 du Code de la Mutualité (équivalent de l'article R 332-3 du Code des Assurances). La valeur à l'actif du bilan ne peut excéder un certain pourcentage des engagements réglementés fixé par décret. La part des placements supérieure au montant des engagements réglementés (ER) peut être affectée librement.

*Figure 2 : Les règles de limitation*

<p style="text-align: center;"><b>Les placements sans limite</b></p> <p><u>Les obligations</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'Etat OCDE</li> <li>- privées sur un marché OCDE</li> <li>- en direct</li> <li>- sous forme de SICAV ou FCP</li> </ul> <p><u>Les titres de créances négociables</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- un an au plus</li> <li>- émis sur un marché OCDE</li> <li>- en direct</li> <li>- sous forme de SICAV ou FCP</li> </ul> <p><u>Les BMTN</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'Etat OCDE</li> <li>- privées sur un marché OCDE</li> <li>- en direct</li> <li>- sous forme de SICAV ou FCP</li> </ul> <p><u>Les dépôts</u></p>	<p style="text-align: center;"><b>Les placements limités à 65 % des ER</b></p> <p><u>Les actions (en directes ou SICAV ou FCP)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'entreprises d'assurance</li> <li>- d'entreprises de réassurance</li> <li>- d'entreprises de capitalisation</li> </ul> <p>dont le siège social est dans l'OCDE</p> <p><u>Les titres de mutuelles de l'OCDE</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- actions</li> <li>- obligations</li> <li>- titres participatifs</li> <li>- titres subordonnés</li> </ul> <p><u>Les parts de FCP risques et innovation</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'Etat de l'OCDE</li> </ul>		
<p style="text-align: center;"><b>Les placements limités à 40 % des ER</b></p> <p><u>Les immeubles</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- il s'agit ici des droits réels</li> </ul> <p><u>Les parts de SCI</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de l'OCDE</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Les placements limités à 10 % des ER</b></p> <p><u>Les Prêts</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- obtenus ou garantis par un Etat OCDE</li> <li>- hypothécaires OCDE</li> <li>- cautionnés aux personnes de l'OCDE</li> </ul>		
<p style="text-align: center;"><b>Les placements limités à 5 % des ER</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td data-bbox="113 1653 796 1977"> <p><u>Les actions (en directes ou SICAV ou FCP)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'entreprises d'assurance</li> <li>- d'entreprises de réassurance</li> <li>- d'entreprises de capitalisation</li> </ul> <p>dont le siège social est situé à l'étranger</p> </td> <td data-bbox="798 1653 1481 1977"> <p><u>Les titres de mutuelles étrangères</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- actions</li> <li>- obligations</li> <li>- titres participatifs</li> <li>- titres subordonnés</li> </ul> <p><u>Les parts de FCP risques et innovation</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'Etats étrangers</li> </ul> </td> </tr> </table>		<p><u>Les actions (en directes ou SICAV ou FCP)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'entreprises d'assurance</li> <li>- d'entreprises de réassurance</li> <li>- d'entreprises de capitalisation</li> </ul> <p>dont le siège social est situé à l'étranger</p>	<p><u>Les titres de mutuelles étrangères</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- actions</li> <li>- obligations</li> <li>- titres participatifs</li> <li>- titres subordonnés</li> </ul> <p><u>Les parts de FCP risques et innovation</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'Etats étrangers</li> </ul>
<p><u>Les actions (en directes ou SICAV ou FCP)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'entreprises d'assurance</li> <li>- d'entreprises de réassurance</li> <li>- d'entreprises de capitalisation</li> </ul> <p>dont le siège social est situé à l'étranger</p>	<p><u>Les titres de mutuelles étrangères</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- actions</li> <li>- obligations</li> <li>- titres participatifs</li> <li>- titres subordonnés</li> </ul> <p><u>Les parts de FCP risques et innovation</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'Etats étrangers</li> </ul>		

### Sous-section I.2.2.c : Les règles de dispersion

Les règles de dispersion sont définies par l'article R 212-32 du Code de la Mutualité (équivalent de l'article R 332-3-1 du Code des Assurances). Le législateur a instauré des montants maximum à détenir par émetteur. Ces règles sont exprimées en pourcentage des engagements réglementés. On retiendra par la suite l'abréviation PpE qui signifie « placements par émetteur ».

*Figure 3 : Les règles de dispersion*

<b>Les PpE sans limite</b>	<b>Les PpE limités à 10 %</b>
<p><u>Les prêts</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- garantis par un Etat OCDE</li></ul> <p><u>Titres émis par la caisse d'amortissement de la dette sociale</u></p> <p><u>Les obligations</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- de l'OCDE</li><li>- détenues en directes dont l'émetteur est l'Etat</li><li>- sous forme de SICAV ou FCP exclusivement composées de valeurs mentionnées ci-dessus</li></ul>	<p><u>Les placements limités à 5 %</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- si leur valeur totale au-delà du ratio de 5 % n'excède pas 40 % de la base de dispersion</li></ul> <p><u>Les immeubles et les parts de SCI</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Par immeuble</li></ul>
<b>Les PpE limités à 5 %</b>	
<p><u>Les obligations</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Détenues en directes</li><li>- Dont l'émetteur est privé</li></ul> <p><u>Les titres de créances négociables d'un an au plus</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Émis sur un marché de l'OCDE</li></ul> <p><u>Les BMTN</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Emis par une personne morale autre qu'un Etat</li></ul> <p><u>Les actions</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Détenues en directes</li><li>- Sous forme de SICAV</li><li>- Émises sur un marché réglementé</li></ul> <p><u>Les actions d'entreprise d'assurance, de réassurance et de capitalisation</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Émises sur un marché de l'OCDE sans dépasser 50 % des actions émises</li><li>- Émises sur un marché réglementé hors OCDE</li></ul> <p><u>Les Prêts</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Hypothécaires OCDE ou cautionnés par une personne physique ou morale de l'OCDE</li></ul>	
<b>Les PpE limités à 0,5 %</b>	
<p><u>Les titres d'organisme d'assurance de l'OCDE</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- actions</li><li>- obligations</li><li>- titres participatifs</li><li>- titres subordonnés</li></ul>	<p><u>Les parts de FCP risques (produits dérivés) et innovation</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Etat OCDE</li></ul> <p><u>Les SICAV bénéficiant d'une procédure allégée non reconnue par l'AMF</u></p>

## Section I.2.3 : La marge de solvabilité

La marge de solvabilité peut être définie comme étant l'ensemble des ressources constituées notamment par le capital social, les réserves, les plus ou moins values latentes (sur option), destinées à pallier une insuffisance des provisions techniques. En effet, le législateur, défenseur des intérêts de l'assuré, a pour constante préoccupation que l'assureur soit en mesure d'honorer ses engagements vis-à-vis des assurés.

La marge de solvabilité renvoie à l'état réglementaire C6. Son importance pour les sociétés d'assurances nous conduira à la calculer pour chaque exercice faisant l'objet de prévisions dans la suite de ce mémoire. Le calcul de la marge de solvabilité diffère selon que les opérations sont relatives à la vie ou à la non-vie. Bien que dans le cas de mutuelles santé, la marge de solvabilité non-vie soit la plus importante, certaines mutuelles disposent d'un agrément vie pour des options comme une garantie obsèques par exemple. Il est donc nécessaire d'expliquer les méthodes de calcul de ces deux marges de solvabilité.

### Sous-section I.2.3.a : La marge de solvabilité non-vie

Les éléments constitutifs de la marge de solvabilité non-vie sont définis par l'article R 212-11 du Code de la Mutualité et l'article R 344-3 du Code des Assurances. La marge de solvabilité (MS) non-vie se calcule à l'aide de la formule suivante :

**+ Postes du passif de l'entreprise**

*Capital social versé ou fonds d'établissement et réserves au sens strict (y compris la réserve de capitalisation). Report à nouveau, débiteur ou créditeur, Résultat de l'exercice après affectation*

**+ Quasi fonds propres**

**+ Plus-values sur les placements**

**- Les actifs « fictifs »**

*Part des frais d'acquisition et certains actifs incorporels comme les fonds de commerce*

Le législateur a cherché à définir une marge minimale qui soit fonction de l'activité de l'entreprise mesurée par le chiffre d'affaires ou la charge de sinistres, nets de cession en réassurance. Ainsi, on est amené à effectuer deux calculs, l'un par rapport aux cotisations, l'autre par rapport aux prestations.

#### *Calcul par rapport aux cotisations*

Le taux utilisé est fonction de l'activité de l'entreprise d'assurance, ainsi, les entreprises d'assurance sont séparées en deux tranches. La tranche 1 pour un chiffre d'affaire inférieur à 57,1 millions d'euros et la tranche 2 pour un chiffre d'affaire supérieur à 57,1 millions d'euros. Les taux des tranches 1 et 2 sont respectivement de 18 % et 16 %, ils sont à appliquer au chiffre d'affaire pour obtenir le résultat du calcul par rapport aux cotisations. Par chiffre d'affaire, on entend le chiffre d'affaire brut du dernier exercice pour des cotisations exprimées par la formule suivante :

**Cotisations = Cotisations directes + acceptation réassurance - Cotisations annulées - taxes - impôts**

### *Calcul par rapport aux prestations*

Le taux utilisé est fonction de l'activité de l'entreprise d'assurance, ainsi, les entreprises d'assurance sont séparées en deux tranches. La tranche 1 pour une charge moyenne des prestations inférieure à 40,3 millions d'euros et la tranche 2 pour une charge moyenne des prestations est supérieure à 40,3 millions d'euros. Les taux des tranches 1 et 2 sont respectivement 26 % et 23 %, ils sont à appliquer à la moyenne des charges de prestations pour obtenir le résultat du calcul par rapport aux prestations. Par charges moyenne des prestations, on entend la moyenne sur les trois derniers exercices des prestations brutes exprimées par la somme suivante :

**Prestations acceptation + PPAP fin exercice - Prestations début exercice - recours à encaisser**

### *Prise en compte de la réassurance*

Les résultats obtenus doivent être ajustés afin de prendre en compte la réassurance, on multiplie donc les deux résultats précédents par le ratio suivant limité à 50 % :

**Charge de prestations nette du dernier exercice / Charge de prestations brute du dernier exercice**

### *Exigence de marge de solvabilité non-vie*

L'exigence minimale de la marge de solvabilité non-vie est égale au maximum entre les deux résultats obtenus (par rapport aux prestations et par rapport aux cotisations). Le législateur, dans un souci de protection des assurés, prévoit que dans le cas particulier où les calculs par rapport aux cotisations et aux prestations donnent un résultat inférieur à l'exigence de marge de solvabilité de l'exercice précédent, l'exigence de marge de solvabilité soit au moins égale à :

**Exigence de MS de l'exercice précédent x PPAP fin exercice / PPAP début exercice**

Le taux de couverture de la marge de solvabilité IARD se déduit facilement des calculs précédents, en effet, il est égal au rapport de la marge de solvabilité IARD sur la marge de solvabilité IARD exigée.

### Sous-section I.2.3.b : Exemple pour une mutuelle non-vie

Cet exemple est repris du cours indiqué en [5] dans la bibliographie.

<b>BILAN</b>			
Actifs incorporels	600	Situation nette	10 000
Actifs de placement	100 000	Provisions techniques	100 600
Divers	1 000		
<b>TOTAL Actif</b>	<b>110 600</b>	<b>TOTAL Passif</b>	<b>110 600</b>

Les placements sont évalués (market-to-market) à 150 000 et le chiffre d'affaires représente 100 000. La moyenne de la charge des sinistres des trois derniers exercices est de 65 000. Le ratio charge nette / charge brute de réassurance est de 80%. L'exigence de marge de solvabilité était de 11 250 à l'exercice précédent.

### Marge disponible

- Situation nette + 10 000
- Actif fictif - 600
- Plus-value + 50 000 (= 150 000 - 100 000)
- Total 59 400

Marge minimale (selon primes) :  $100\,000 * 0,8 * 0,18 = 14\,400 > 11\,250$

Marge minimale (selon sinistres) :  $65\,000 * 0,8 * 0,26 = 13\,520 > 11\,250$

La marge disponible est donc suffisante (59 400 comparé à 14 400). On dit que la marge est couverte 4,12 fois.

### Sous-section I.2.3.c : La marge de solvabilité vie

Les éléments constitutifs de la marge de solvabilité vie sont définis par l'article R 212-11 du Code de la Mutualité et l'article R 334-11 du Code des Assurances.

La marge de solvabilité (MS) vie se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$\text{MS Vie} = \text{MS non-vie} - \text{emprunt fonds social} - \text{rappel cotisations}$$

Les bénéfices futurs s'obtiennent en multipliant le bénéfice annuel estimé par un facteur représentant la durée résiduelle moyenne des contrats.

#### *Montant minimal de la marge de solvabilité vie*

Avec une limite de 0,85 sur la mesure de conservation après réassurance, le calcul d'après les provisions mathématiques (PM) brutes est le suivant :

$$\text{Calcul d'après les PM} = \text{PM brutes pour contrats vie/décès} * 4 \% * \text{PM nettes} / \text{PM brutes}$$

Avec une limite de 0,5 sur la mesure de conservation après réassurance, le calcul d'après les capitaux sous risque (CSR) bruts est le suivant :

$$\text{Calcul d'après les CSR} = \text{CSR bruts} * 0,3 \% * \text{CSR nets} / \text{CSR bruts}$$

Les CSR sont les capitaux décès après déduction des provisions mathématiques.

La marge minimale réglementaire correspond à la somme du calcul par rapport aux provisions mathématiques et du calcul par rapport aux capitaux sous risque.

$$\text{MS vie minimale} = \text{Calcul d'après les PM} + \text{Calcul d'après les CSR}$$

### Sous-section I.2.3.d : Le fonds de garantie

En plus de couvrir l'exigence de marge de solvabilité, les éléments constitutifs doivent couvrir un fonds de garantie égal à 1 800 000 € en non-vie et à 2 600 000 € en vie. Pour une mutuelle de taille réduite, ce fonds de garantie peut dépasser l'exigence de marge de solvabilité et donc être plus difficile à couvrir, surtout si la mutuelle santé a une activité vie. En effet, cette activité est généralement mineure en termes de résultat mais elle augmente fortement le fonds de garantie.

## CHAPITRE I.3 : SOLVABILITE II

### Section I.3.1 : Les grands principes de Solvabilité II

#### Sous-section I.3.1.a : Présentation de Solvabilité II

Solvabilité II est un projet réglementaire européen qui concerne les organismes assureurs. Son but est d'établir des règles prudentielles à l'échelle européenne. Dans la lignée de Bâle II et de la directive européenne sur les fonds propres réglementaires « Capital Requirements Directive » (CRD) qui concerne les banques, Solvabilité II repose sur une réglementation ayant pour but de prendre en compte l'ensemble des risques auxquels sont soumis les organismes assureurs pour mettre en place une réglementation à l'échelle européenne.

L'objectif premier est une meilleure adaptation des fonds propres aux risques encourus par les organismes assureurs avec une réglementation plus adaptée aux risques de chaque organisme assureur que les règles imposées par Solvabilité I qui se limitaient principalement à contrôler la solvabilité par la couverture d'une marge dépendant de pourcentages des cotisations et des prestations. Ainsi, Solvabilité II prend mieux en compte les risques à travers une formule standard proposée par l'Union Européenne ou grâce à un modèle interne spécifique à l'entreprise.

Solvabilité II repose sur trois piliers :

- Le Pilier I : il a pour but de mettre en place des formules de calcul des provisions et des fonds propres nécessaires notamment grâce à deux outils : le SCR et le MCR.
- Le Pilier II : il fixe des règles qualitatives ayant pour but de vérifier que l'entreprise connaît et maîtrise ses risques en interne.
- Le Pilier III : il définit les informations qui devront être librement accessibles aux particuliers et aux autorités de contrôle.

Le Pilier I sera expliqué en détail en section I.3.2 tant dis que les Piliers II et III qui ont un intérêt moindre dans la suite de ce mémoire feront respectivement l'objet des sous-sections I.3.1.b et I.3.1.c.

- Les études quantitatives d'impact

Le CEIOPS (Comité européen des contrôleurs de l'assurance et des pensions professionnelles) est un organe de contrôle à l'échelle européenne constitué des principaux représentants des autorités de contrôle des états membres de l'Union Européenne. L'une de ses missions est la mise en place de Solvabilité II en partenariat avec les autorités de contrôle de différents états membres comme l'ACP. Le CEIOPS a été mandaté par la Commission Européenne pour réaliser des études quantitatives d'impacts couramment appelées QIS (Quantitative Impact Study).

Le but des QIS est de demander aux organismes assureurs de tester la mise en place des orientations choisies par le CEIOPS. Ainsi, les QIS constituent une forme de navette qui permet d'observer la mise en pratique par les organismes assureurs des théories proposées par le CEIOPS.

Les QIS sont donc primordiaux, en effet, ils facilitent un passage « en douceur » vers Solvabilité II et permettent d'avoir des retours non seulement quantitatifs mais aussi qualitatifs (difficultés de mise en place, suggestions d'améliorations ou d'aménagements). Ces retours des acteurs du marché permettent au CEIOPS de faire évoluer et d'améliorer les réponses initiales qu'il avait proposées à la Commission Européenne.

Les études quantitatives d'impact sont au nombre de cinq. On estime que le QIS 5, en cours actuellement, sera la dernière.

Le QIS 1 portait sur l'évaluation des provisions, il est apparu que les acteurs français avaient tendance à sur-provisionner.

Le QIS 2 avait un rôle majoritairement méthodologique, le but était d'esquisser la façon dont seraient traités les risques et comment seraient évalués les besoins en capitaux.

Le QIS 3 a eu un but de calibration des modèles. En effet, le SCR et le MCR étaient déjà prévus mais il était nécessaire de calibrer leurs calculs pour mettre en place la formule standard.

Le QIS 4 a pour but de mettre en place les mesures conduisant à l'élaboration des mesures d'exécution. Ceci correspond au deuxième niveau du Processus Lamfalussy dont l'objectif est d'assurer un dialogue permanent et transparent entre le législateur et les acteurs du marché, notamment par le biais de consultations publiques à chaque niveau de la procédure. Plus de détails sont disponibles en [1].

- Planning de Solvabilité II

2006 : Analyse des résultats des QIS 1 et 2.

2007 : Réalisation du QIS 3 qui permet au CEIOPS de proposer un premier projet de directive à la Commission Européenne.

2008 : Le CEIOPS fournit son avis final sur les calculs du MCR et du SCR. Réalisation du QIS 4.

2009 : Vote de la réforme par le Parlement Européen par 93 voix pour, 80 voix contre et 3 abstentions.

2010 : Lancement du QIS 5 et premiers résultats.

2013/2014 : A l'heure de l'écriture de ce mémoire, le parlement européen semble disposé à repousser l'entrée en vigueur de la réforme du 1<sup>er</sup> janvier 2013 au 1<sup>er</sup> janvier 2014.

Les enseignements du QIS 5 commencent à être connus. Ils seront détaillés en section I.3.3

### Sous-section I.3.1.b : Le Pilier II

Solvabilité II a pour cœur la mise en place d'un système de gouvernance qui a pour but d'obtenir une gestion saine, prudente et transparente des activités des organismes assureurs. L'organisation des tâches et les règles de prise de décision doivent ainsi être structurées. L'audit interne est donc primordial, il repose sur deux systèmes, la gestion des risques et le contrôle interne.

Le rôle de la gestion des risques est notamment de les identifier et de vérifier l'adéquation de leur système de gestion. Son rôle est aussi la mise en place du système de contrôle interne. Les fonctions sur lesquelles reposent les systèmes de gestion des risques et de contrôle interne peuvent être externalisées. Il sera alors indispensable de contrôler le sous-traitant. Le Pilier II conduit donc à la mise en place d'une démarche de type « Enterprise Risk Management » (ERM).

L'ORSA (« Own Risk and Solvency Assesment ») fait partie intégrante du système de « risk management ». C'est un processus d'analyse interne de l'entreprise qui doit faire partie intégrante des décisions stratégiques. Elle repose sur une évaluation régulière des besoins en termes de solvabilité (SCR, MCR, provisions techniques). Le but est qu'ils soient respectés en permanence et que l'évaluation soit faite en tenant compte des évolutions de l'environnement et de la stratégie de l'entreprise.

Pour remplir son rôle, l'ORSA doit justifier son efficacité et donc montrer que la formule standard ou le modèle interne utilisé par l'organisme assureur correspondent en permanence à son profil de risque. Si le modèle interne n'est pas indispensable, il permet à ceux qui le choisissent de disposer non seulement d'un outil réglementaire mais aussi d'un outil de décision stratégique adapté et remplissant les besoin de l'ORSA. On comprendra cependant que les organismes assureurs de petite taille n'aient ni les moyens ni le besoin de recourir à un modèle interne.

L'ORSA a pour but le respect permanent des obligations réglementaires mais il ne signifie pas pour autant que les SCR doivent être recalculés en permanence. L'évaluation annuelle obligatoire est suffisante à moins qu'un changement important ne vienne perturber le profil de risque de l'organisme assureur. L'ORSA peut donc paraître complexe, cependant, il a l'avantage d'être de difficulté proportionnelle à la complexité de l'entreprise. Ainsi, une importante société d'assurances qui gère de nombreuses activités et est soumise à de nombreux risques devra mettre en place une gestion de ses risques bien plus complexe qu'une petite mutuelle santé. De même, l'ORSA n'a pas pour but le calcul précis d'un besoin en termes de solvabilité mais plus d'une estimation se basant sur des outils dont la complexité est elle aussi proportionnelle au risque (du « stress test » simple à la modélisation stochastique).

La solution la plus simple mais pas forcément la plus précise reste d'utiliser les anciennes méthodes comme par exemple le rapport de solvabilité et l'état C6 bis qui est un test d'exigibilité servant à contrôler la résistance de l'organisme assureur à plusieurs chocs simples comme la dégradation de ses actions.

Grâce à l'ORSA, le régulateur aura la possibilité de contrôler la bonne gestion des risques des organismes assureurs. Si le régulateur juge que les risques ont été mal appréciés, il pourra exiger la mise en place d'une marge de solvabilité supplémentaire appelée « Capital add-on ».

### Sous-section I.3.1.c : Le Pilier III

Le Pilier III de Solvabilité II a pour but l'information financière des administrateurs, des particuliers (assurés, actionnaires) et des autorités de contrôle. L'objectif est de leur permettre de juger si les méthodes mises en place pour réaliser Solvabilité II sont adaptées. Les organismes assureurs devront donc rendre publiques les informations clés qui conduisent à la détermination du besoin en capital.

Ainsi, les organismes assureurs doivent fournir un rapport sur la solvabilité financière dont la composition est expliquée dans le « consultation paper » CP 58. Les « consultation papers » sont disponibles sur le site de l'EIOPA, nouveau nom du CEIOPS, à l'adresse suivante : <https://eiopa.europa.eu/consultations/consultation-papers/index.html>. Le CP58 spécifie que les informations requises pour le Pilier III doivent inclure :

- Les éléments nécessaires au superviseur pour évaluer sa situation en termes financiers et de solvabilité, c'est-à-dire les informations quantitatives et qualitatives qui ont permis la réalisation des Piliers I et II.
- Les éléments quantitatifs et qualitatifs nécessaires pour prouver le respect de la transparence et de la discipline de marché.
- Dans la lignée des normes IFRS, les informations fournies doivent être utiles, accessibles, fiables, comparables et compréhensibles. Elles doivent de plus être fournies dans des délais raisonnables. L'objectif est ici de faciliter les prises de décisions des différents acteurs.
- La justification de l'utilisation des modèles et les hypothèses retenues, notamment par des principes économiques reconnus.

De plus, ces informations doivent être fournies annuellement au minimum. Toute modification des méthodes ou du profil de risque nécessite une nouvelle publication de ces informations. Dans le cas d'une modification entre deux publications annuelles, le choix d'une publication partielle ne comprenant que les informations impactées est le plus probable.

Les besoins pour l'organisme sont donc de disposer :

- de données détaillées dont l'actualisation est industrialisée.
- d'outils de reporting assurant la présentation des résultats et les simulations.
- d'un historique des données, des hypothèses et des simulations précédentes afin de pouvoir justifier les décisions passées auprès du régulateur.

Il est donc essentiel de disposer d'une architecture technique solide et adaptée qui soit automatisée au maximum afin d'éviter les « boîtes noires » qui viennent empêcher l'automatisation des processus et rendre artisanaux les calculs et les rapports ce qui représente un coût important en effort et en temps. On peut donc dire que la clé du Pilier III est de s'attacher à automatiser et à documenter au mieux tous les processus. Comme bien détaillé en [3], le pilier III permet une meilleure information des investisseurs mais risque de dévoiler des stratégies confidentielles.

## Section I.3.2 : Le Pilier I

Le Pilier I a pour but de normaliser la détermination des besoins en fonds propres des organismes assureurs. Le Pilier I est donc l'aspect quantitatif de Solvabilité II, les mesures reposent principalement sur deux outils : le SCR et le MCR. Une formule standard a été mise en place pour faciliter le calcul des fonds propres requis. Les organismes assureurs peuvent cependant utiliser un modèle interne à la place de la formule standard à condition que le modèle interne soit accepté par les autorités de contrôle et justifié.

Plusieurs principes sont retenus pour les aspects quantitatifs, notamment l'utilisation de la « fair-value » pour le calcul des provisions techniques. La « fair-value » correspond au prix actuel à payer pour se décharger de toutes les obligations inhérentes à un contrat. On distinguera les risques « couvrables » qui sont ceux qui peuvent être répliqués au moyen d'instruments financiers, la « fair-value » est alors le prix de cette couverture. Les autres risques sont provisionnés comme la somme du « best-estimate » qui est la valeur actuelle probable des flux de trésorerie futurs et de la « risk-margin » qui correspond au coût de l'immobilisation des fonds propres nécessaires pour faire face aux engagements.

On retiendra le schéma suivant :

*Figure 4 : Bilan en normes Solvabilité II simplifié*

Valeur de réalisation des actifs	Capital libre	
	Solvency Capital Requirement	
	Provisions techniques	Risk margin
		Best estimate

- Le « minimum capital requirement » (MCR)

Le MCR est le Minimum de Capital Requis, il représente le niveau minimal de fonds propres en dessous duquel les autorités de contrôle interviennent. En effet, si les fonds propres passent en dessous du MCR, on estime que les personnes vis-à-vis desquelles l'organisme a des engagements ou pourraient en souscrire seraient exposées à un risque trop important. Son calcul doit être simple, clair et robuste pour être facilement vérifié.

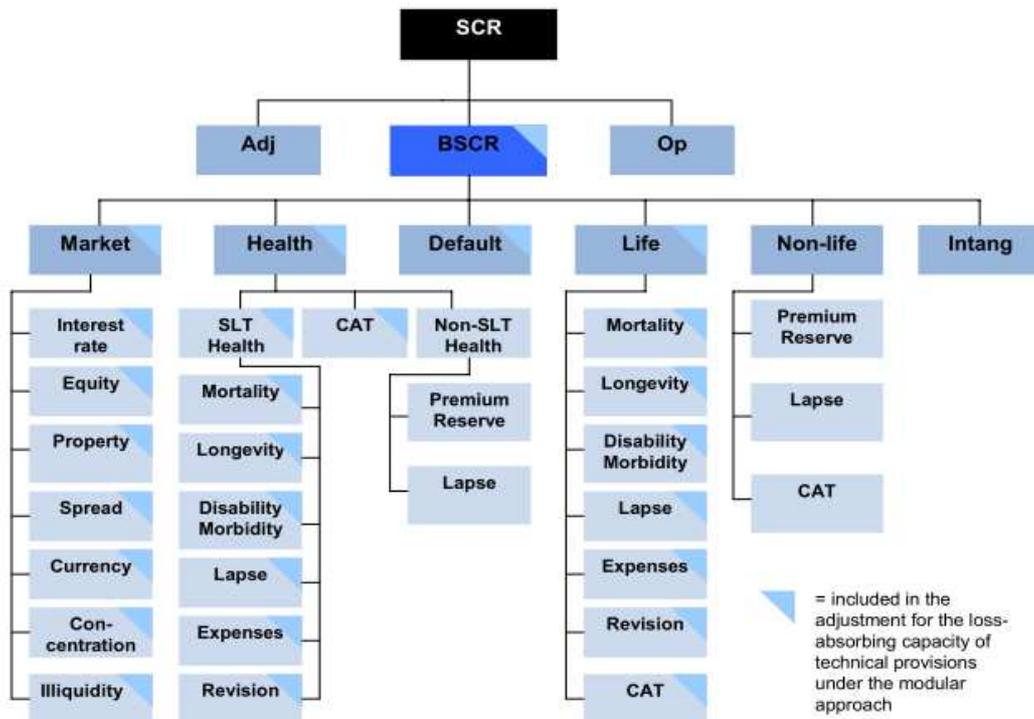
- Le « solvency capital requirement » (SCR)

Le SCR est le Capital de Solvabilité Requis, il est le capital cible nécessaire pour absorber des chocs majeurs. Il correspond à la Valeur en Risque (« Value-at-Risk ») des fonds propres permettant d'assurer la non ruine à 99,5 %. Pour cela, il prend en compte l'ensemble des risques liés à l'activité. Il doit être calculé annuellement et à chaque fois qu'un changement dans l'exposition au risque de la compagnie le nécessite. Le SCR doit en permanence être inférieur aux fonds propres.

Le calcul du SCR repose sur le calcul de plusieurs SCR spécifiques à chaque risque auquel est soumis l'organisme. La formule standard impose le calcul de plusieurs SCR qui sont regroupés grâce à

leurs corrélations. Le schéma suivant, repris des spécifications techniques du QIS 5 publiées par la commission européenne le 5 juillet 2010, résume cette méthode partant des cas particuliers pour remonter au SCR global :

Figure 5 : Architecture du calcul du SCR



- Le modèle interne

Le calcul du SCR ne doit pas obligatoirement être réalisé via la formule standard proposée par Solvabilité II. Les organismes peuvent préférer l'utilisation d'un modèle interne. Ce processus est cependant complexe, par exemple, il peut recourir à des modélisations stochastiques et à des simulations. Le modèle interne devant être approuvé par les autorités de contrôle, il doit être complet et bien justifié.

Il a cependant l'avantage d'être particulièrement adapté aux risques de l'organisme assureur, il peut donc devenir un outil de pilotage à part entière, notamment pour les activités principales de l'organisme ou les activités pour lesquelles la formule standard n'est pas adaptée.

Un choix possible est d'opter pour une solution intermédiaire, c'est-à-dire se baser sur la formule standard en calculant quelques SCR à l'aide d'un modèle interne et les autres par la formule standard. Il sera également possible de proposer comme modèle interne la formule standard paramétrée différemment pour mieux refléter les spécificités de l'organisme.

## Section I.3.3 : Les enseignements du QIS 5

### Sous-section I.3.3.a : Présentation du QIS 5

- Les objectifs du QIS 5

Le QIS 5 est la cinquième étude d'impact, elle vise principalement les exigences quantitatives, c'est-à-dire le Pilier I et notamment le calcul du SCR. Tous les organismes européens ont été invités à participer, cette étude est donc basée sur le volontariat.

Ses objectifs sont les suivants :

- Permettre aux organismes assureurs de comparer leur solvabilité selon la directive Solvabilité II avec leur solvabilité actuelle.
- Vérifier que les spécifications techniques proposées correspondent bien aux objectifs de la directive.
- Encourager les organismes assureurs et les contrôleurs à préparer la mise en place de Solvabilité II, par exemple, la mise en place d'un système d'import des données nécessaires.
- Préparer un système de surveillance issu de discussions entre organismes assureurs et autorités de contrôle (ACP en France).
- Collecter les données nécessaires à l'affinement du calibrage de la formule standard.
- Collecter les avis qualitatifs et politiques des organismes assureurs sur la mise en place de Solvabilité II.

- Le calendrier du QIS 5

06/07/2010	Mise en ligne sur les sites internet de la Commission européenne et celui du CEIOPS des spécifications techniques définitives pour le QIS 5
21/07/2010	Pré-test sur les fichiers Excel du QIS 5 (jusqu'au 30 juillet)
01/08/2010	Lancement officiel de l'exercice QIS 5
31/10/2010	Date limite de transmission des contributions au QIS 5 des entités « solo »
15/11/2010	Date limite de transmission des contributions au QIS 5 des groupes
29/04/2011	Publication du rapport européen sur le QIS 5 par le CEIOPS
Courant 2012	Transposition de la Directive et des mesures de niveau 2 en droit français
01/01/2013 ou 2014	Entrée en vigueur de Solvabilité II

### Sous-section I.3.3.b : Les enseignements du QIS 5

Dans cette sous-section, on synthétise les résultats des travaux [3] et [4] de la bibliographie.

- Les résultats du QIS 5

L'EIOPA, fédération européenne des autorités de contrôle de l'assurance, a livré le 14 mars 2011 les résultats de la cinquième étude quantitative d'impact, le QIS 5. L'importance du taux de participation, 68 % des sociétés d'assurances en Europe soit 167 groupes, souligne la préparation des organismes assureurs à cette réforme et l'utilité pour ces organismes d'y participer activement.

La difficulté de mise en application des principes du Pilier I et notamment des calculs de SCR par le développement d'un modèle interne ou grâce à la formule standard constituent l'une des principales craintes des organismes assureurs et cette 5<sup>ème</sup> étude d'impact a été la première expérience relative à Solvabilité II pour plus de la moitié des participants. La difficulté de mise en œuvre des calculs du Pilier I a nécessité une aide technique. Par exemple, la traduction des spécifications techniques en français par l'ACP. Le bilan prudentiel, basé sur les récentes normes IFRS, constitue une autre difficulté, le passage de la valeur nette à la « fair-value » (valeur économique) se révèle complexe, notamment pour les plus petits organismes qui n'ont pas encore intégré les normes IFRS.

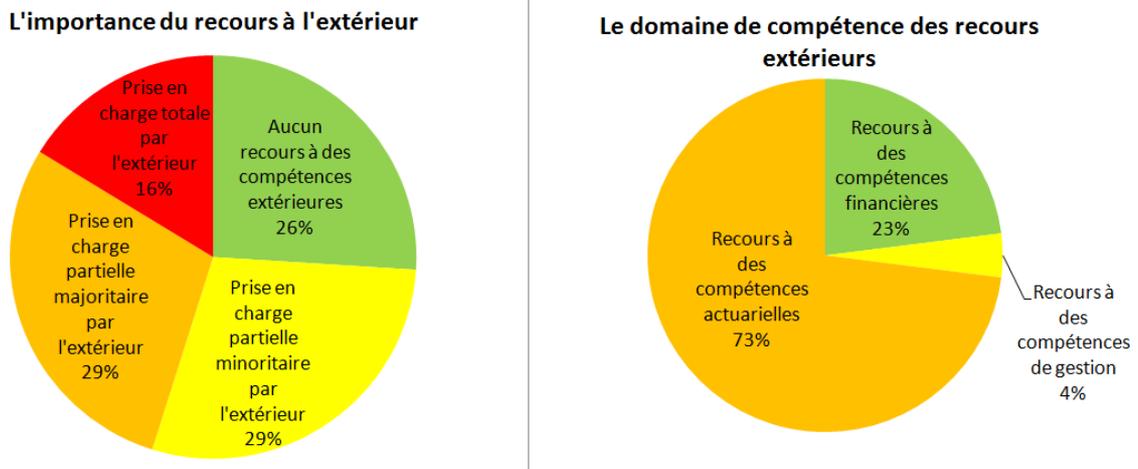
L'un des principaux enseignements du QIS 5 est donc la difficulté rencontrée par les organismes assureurs. Il est donc primordial pour eux de se préparer activement avant l'entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2013 ou 2014. Les résultats, eux, se révèlent globalement bons puisque seulement 5 % des organismes ayant fait le test ont des fonds propres insuffisants avec les modalités de calcul de Solvabilité II. Ces 5 % font partie des 10 % d'organismes européens, c'est-à-dire 13 acteurs, qui ont échoué à l'exercice. Les résultats montrent que les méthodes de calculs des provisions techniques font diminuer la prudence vis-à-vis d'elles mais que l'exigence en termes de fonds propres augmente en contrepartie.

Le SCR est globalement couvert puisque les fonds propres cumulés des participants dépassent 180 % des SCR cumulés. On a également observé que 60 % des organismes ont un taux de couverture supérieur à 250 % du SCR. Le MCR cumulé est lui couvert à plus de 400 % par les fonds propres éligibles.

- L'avis des organismes assureurs européens

Si la participation au QIS 5 a été aussi élevée, elle a été l'occasion pour les organismes assureurs de détecter les difficultés de mise en place. La complexité de la tâche se constate à travers le recours aux ressources externes notamment en actuariat et en gestion avec parfois une prise en charge totale de Solvabilité II par un organisme extérieur. Les graphiques suivants ont été conçus à partir d'une étude réalisée par le cabinet de conseil Sinequa Risk et Management sur un panel de six cent professionnels de l'assurance.

Figure 6 : Le recours à l'extérieur dans la réalisation de Solvabilité II



On constate à travers cette enquête le manque de temps ou de compétence en interne pour aborder sereinement la réforme. Les résultats de cette enquête montrent également que 11 % se déclarent certains de ne pas être prêts à une entrée en vigueur de Solvabilité II le 01/01/2013. Les représentants des organismes assureurs comme le CEA, Comité européen des Assurances, dénoncent la complexité de mise en application de la réforme, complexité admise par la Commission Européenne, notamment pour les petites et moyennes entreprises.

- Les résultats en France

Tous les assureurs français ont passé le QIS 5 avec succès, le SCR et le MCR sont largement couverts. Le taux de participation en France est élevé avec 546 réponses soit 68 % de participants parmi les organismes ce qui représente environ 70 % du marché de l'assurance non-vie et 60 % du marché de l'assurance vie.

Les petits assureurs non-vie (ce qui inclut donc les mutuelles santé de taille réduite) représentent près de la moitié des participants. Ce taux de participation a pour origine leur nombre important et la relative simplicité de l'exercice pour ces entités. A l'inverse, les réassureurs et les grands assureurs représentent une minorité de participants.

Trois scénarii ont été testés pour constater la couverture du MCR : un choc financier négatif (immobilier, crédits, marchés, taux...), une brutale remontée des taux des banques centrales et des chocs sur les activités vie et non-vie. Les organismes assureurs français ont tous été capables de couvrir le MCR dans tous les scénarii testés. Malgré ces bons résultats français, la Fédération Française des Sociétés d'Assurances (FFSA) a estimé que les résultats « ne permettent pas de valider le projet dans son état actuel » du fait des problèmes de calibration de certains risques (risques longs notamment) mais aussi des méthodes de calcul des ratios prudentiels qu'elle juge extrêmement sensibles aux paramètres de marché.

La FFSA réclame également une révision de la définition des fonds propres tels que définis dans la réforme.

### Sous-section I.3.3.c : Les enseignements du QIS 5 pour les mutuelles santé

Si les résultats du QIS5 ne semblent pas remettre en cause la solvabilité des mutuelles santé et prévoyance dont la santé financière est bonne en normes Solvabilité I, ils mettent en exergue certains risques peut être sous-évalués dans l'univers Solvabilité I.

Si dans les normes actuelles seul le risque de souscription est pris en compte dans l'évaluation de la solvabilité des organismes d'assurance, l'intégration des éléments relatifs à l'actif et surtout aux contreparties change de manière drastique le panorama.

- Des évolutions au bilan

Les calculs de « Best Estimate » et de « Marge Pour Risque », qui supplantent l'ensemble des provisions techniques de passif calculées jusqu'ici font apparaître un souci croissant d'utilisation de formules actuarielles précises et de taux d'actualisation justifiés.

Bien que leur impact sur les risques santé reste relativement limité, du fait des horizons de projection très courts et de la stabilité des risques couverts, cette approche peut conduire à des modifications importantes des montants provisionnés, en particulier au titre des provisions pour risques croissants.

L'approche en valeur de marché conduit pour la grande majorité des acteurs à une hausse des éléments constitutifs, en particulier pour les structures disposant de placements dans l'immobilier.

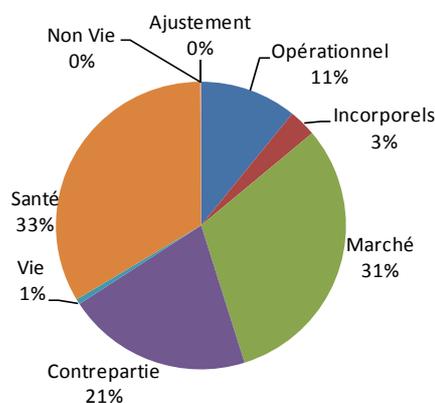
- Le risque de marché : Soigner la dispersion des placements

Si les mutuelles adoptent en général une gestion d'actifs prudente, le risque de marché représente tout de même près du tiers du Niveau de Solvabilité Requis.

- Un coût des actions important : l'exposition au risque actions est traditionnellement basse chez les mutuelles santé, bien que souvent présente indirectement au travers des OPCVM diversifiés. Le coût de ce risque reste cependant élevé, et conduit, malgré cette exposition relative faible, à un poids dans le SCR parfois élevé.
- Un coût de l'immobilier surévalué : le risque immobilier, matérialisé par un choc de 25% sur la valeur de marché de l'immeuble ou de la valeur de la part de SCI, apparaît relativement élevé en comparaison des autres risques, pénalisant les acteurs ayant favorisé ces investissements.

*Figure 7 : La répartition de SCR en santé*

#### **Répartition du SCR (Expérience Actélior)**



- Proposition alternative : une approche radicalement nouvelle du risque immobilier : Le risque immobilier, matérialisé par un choc de 25% sur la valeur de marché de l'immeuble ou de la valeur de la part de SCI, apparaît relativement élevé. La contrepartie très avantageuse pour les acteurs ayant privilégié ce type d'investissement est l'intégration de la plus value latente dans la valeur d'actif.
  - Un risque de concentration souvent prépondérant : le grand enseignement de l'exercice réside dans le poids du risque de concentration, reflet de la dispersion des placements entre non pas les différents supports, mais les contreparties concernées. Ainsi, sur le périmètre étudié, ce risque représente souvent près de 50 % du risque de marché.
- Le risque de souscription : Un pilotage précis peut conduire à des gains significatifs

Le risque de souscription représente à lui seul près des deux tiers de l'exigence de solvabilité telle que calculée actuellement, avec des différences significatives entre organismes :

Pour les risques de tarification et de provisionnement, la possibilité, voire l'encouragement à utiliser des paramètres propres à l'organisme favorise les structures dont l'activité et la sinistralité sont stables. Sous condition de données historiques complètes, ceci peut conduire à des niveaux de SCR pouvant être jusqu'à divisés par deux par rapport à une situation dite « de marché ».

Le risque catastrophe, lui, fonction de la « plus forte concentration » d'adhérents, varie fortement en considérant le type de produits : sur les contrats individuels classiques, ce risque est négligeable, alors qu'il peut représenter jusqu'à 100% du risque de tarification pour des contrats collectifs ou destinés à des populations spécifiques (étudiants, fonctionnaires...).

- Le risque de contrepartie : gestion de trésorerie, concentration et contreparties

Le poids du risque de contrepartie représente pour beaucoup une surprise de cet exercice, avec un poids pouvant représenter jusqu'à 50 % du SCR total. Les éléments marquants sur ce point sont :

- L'importance de contreparties bien notées, en particulier pour les comptes bancaires et les réassureurs.
- Le coût élevé de certaines créances directement liées à l'activité, en particulier envers les éventuels partenaires, délégataires ou délégants, peut conduire à des montants de créances au bilan potentiellement importants et s'avérer pénalisants pour les mutuelles ayant délégation de gestion du Régime Obligatoire de la part des Caisses Primaires d'Assurance Maladie, les organismes travaillant en partenariat avec d'autres mutuelles ou sociétés d'assurances et pour les organismes déléguant une partie de leur gestion.
- Le coût particulier des créances d'impayés envers les adhérents.

## **PARTIE II**

### **PREVISIONS D'ACTIVITE SOUS LA REGLEMENTATION SOLVABILITE I**

## CHAPITRE II.1 :

### CREATION D'UN OUTIL DETERMINISTE DE PREVISIONS D'ACTIVITE

#### Section II.1.1 : Les objectifs de l'outil

Dans cette section, nous allons présenter les résultats que l'outil doit produire en sortie : une présentation des comptes de résultat, du bilan et des états C5 et C6 sur 5 ans. L'annexe 4 donne un exemple de cette présentation dans le cas du compte du résultat non-vie. Ce schéma est reproduit pour les autres calculs avec un onglet chacun pour : le C5, le C6, l'actif, le passif, le compte de résultat vie et le compte de résultat non technique. Le but est qu'avec les exercices précédents et quelques paramètres, on prévoit les exercices suivants.

##### Sous-section II.1.1.a : Bilan prévisionnel

- L'actif poste par poste :
  - A1 : Les actifs incorporels : on suppose que les actifs incorporels ne varient pas.
  - A2 : Les placements d'assurance : on les calcule par différence entre le total de l'actif et les autres postes, le total de l'actif étant donné par le total du passif.
  - A3 : Ce poste est relatif aux placements en unités de compte et ne concerne pas les clients d'Actélior.
  - A4 : Part des cessionnaires et rétrocessionnaires dans les provisions techniques : elle est déduite de la différence entre opérations brutes et nettes dans les calculs des comptes de résultat prévisionnels.
  - A5 : Ce poste est relatif aux opérations en substitution et ne concerne pas les clients d'Actélior.
  - A6, A7 et A8 : Créances et autres actifs : on suppose leur évolution égale à celle des cotisations.
  
- Le passif poste par poste :
  - B1 : Les fonds propres : on suppose le fonds de dotation sans droit de reprise constant. Les autres réserves et report à nouveau (RaN) sont calculés selon la formule suivante :  
**Autres réserves et RaN N+1 = Autres réserves et RaN N + résultat de l'exercice N**  
Le résultat de l'exercice N+1 se détermine lui grâce au compte de résultat non technique.
  - B2 : Les passifs subordonnés sont sans objet pour les clients d'Actélior.
  - B3 : Les provisions techniques brutes sont calculées comme la somme des provisions techniques brutes de l'exercice précédent auxquelles on ajoute la dotation aux provisions techniques calculée dans le compte de résultat.
  - B4 à B10 : Engagements et dettes : on suppose leur évolution égale à celle des cotisations.

## Sous-section II.1.1.b : Comptes de résultat prévisionnels

- Le compte de résultat technique non-vie poste par poste

- D1 : Cotisations acquises : elles suivent un paramètre qui est le taux d'évolution des cotisations.
- D2 : Produits des placements alloués au compte non technique : ils correspondent aux revenus des placements correspondant aux provisions. On applique un taux de rendement des placements sur l'estimation des provisions basée sur l'évolution des prestations (calculée à partir de D4).
- D3 et D8 : Autres produits et autres charges techniques : calculés à partir d'un taux d'évolution constaté sur les exercices précédents. Ils correspondent essentiellement à la gestion du régime obligatoire.
- D4 : Charge des prestations : les prestations sont calculées à partir des cotisations en D1 et du P/C qui est un paramètre. Les provisions sont calculées comme suivant l'évolution des prestations. Les frais payés sont calculés à partir d'un taux de frais de gestion des prestations appliqué à la somme des prestations et des provisions prévisionnelles.
- D5, D6, D9 : sans objet pour la plupart des clients d'Actélior, sinon, supposés constants.

Ces calculs sont effectués en brut et en net de réassurance avec un taux de réassurance renseigné par le client. Les onglets de présentation se limitent aux résultats nets de réassurance.

- Le compte de résultat technique vie

Les clients d'Actélior étant des mutuelles santé, le compte de résultat vie est soit absent (pas d'agrément) soit quasiment négligeable. On se limite donc à des cotisations calculées à partir du même taux qu'en non-vie et à des frais d'acquisition et d'administration calculés à partir d'un taux de frais appliqué sur les cotisations prévisionnelles.

- Le compte de résultat non-technique poste par poste :

- F1 et F2 : Ce sont les résultats techniques vie et non-vie, ils sont calculés à partir de la méthode ci-dessus.
- F3 : Produits des placements : ils sont calculés à partir du total des placements à l'actif et d'un taux de rendement des placements.
- F4 et F6 : Produits des placements affectés aux comptes vie et non-vie : ils sont repris des comptes de résultat techniques précédents.
- F5 : Charges des placements : elles sont calculées à partir des produits des placements auxquels on applique un taux de chargement
- F7 et F8 : Autres produits et charges non techniques : ils sont calculés à partir des postes F7 et F8 de l'exercice précédent auxquels on applique un taux d'évolution.
- F9 : Résultat exceptionnel : Il est supposé nul car imprévisible par définition.
- F10 : Impôt sur le résultat : Il est calculé à partir d'un taux de 33,33 % appliqué à la somme du solde non technique et du résultat du régime obligatoire.

### Sous-section II.1.1.c : Etats C5 et C6 prévisionnels

- Le C5

Pour des mutuelles de taille réduite, la base de dispersion visée à l'article R.931-10-22 prévisionnelle se calcule facilement comme la somme des provisions pour prestations à payer prévisionnelles (déjà calculées au détail du poste B3 au passif), des dépôts de garantie des assurés, agents et tiers (valeur faible et supposée constante) et des dettes privilégiées supposées suivre l'évolution des cotisations comme le poste B9 au passif.

Le total des placements et actifs assimilés se calcule comme la somme des dépôts mentionnés au 18° de l'article R.212-31 déjà calculée au poste A7 de l'actif, des intérêts courus déjà présents à l'actif au poste A8 et des autres placements mentionnés du 1° au 17° de l'article R.212-31 qui comprennent les placements obligataires d'Etat, les placements monétaires, les placements immobiliers et les autres produits tels que les prêts. Les placements mentionnés du 1° au 17° de l'article R.212-31 se retrouvent en fait dans les comptes en 2 de la balance qui doivent suivre l'évolution des postes correspondants au bilan, c'est-à-dire le poste « A2 » des placements « d'assurance ». On considère donc que la valeur nette de ces placements évolue d'un exercice à l'autre comme le poste A2. On peut alors appliquer les règles définies en section I.2.2 à ces placements en suivant l'hypothèse que la mutuelle conservera le même portefeuille.

La division du total des placements et actifs assimilés prévisionnels par la base de dispersion prévisionnelle donne le taux prévisionnel de couverture des engagements réglementés.

- Le C6 non-vie

Les calculs sont expliqués en section I.2.3, le calcul par rapport aux cotisations se réalise facilement à partir des données présentes au bilan et aux comptes de résultat. Le calcul par rapport aux prestations ainsi que le calcul du facteur multiplicatif dû à la réassurance nécessitent cependant d'ajouter comme paramètres les prestations et les provisions brutes et nettes de réassurance des trois derniers exercices. Les seuils utilisés et les fonds de garantie pour les exercices futurs doivent cependant être progressivement augmentés en prévision des évolutions futures de la réglementation. Les publications ont lieu au Journal Officiel de l'Union Européenne.

- Le C6 vie

Les contrats vie proposés par les mutuelles santé de taille réduite étant basiques, ils permettent un calcul simple du C6 vie en retenant les contrats comme des temporaires décès égaux ou inférieurs à 3 ans. Cependant, leur impact est faible en comparaison de l'exigence en fonds propres non-vie. De plus, la faible taille des mutuelles concernées fait que le fonds de garantie est généralement supérieur à la marge de solvabilité. La principale difficulté posée par le C6 est donc généralement la couverture du fonds de garantie. Les éléments constitutifs se résument eux généralement aux fonds propres.

## Section II.1.2 : Paramétrage déterministe des prévisions et application

### Sous-section II.1.2.a : Le choix des paramètres

Les paramètres retenus pour la réalisation des prévisions d'activité sont les suivants :

- Evolution annuelle des cotisations (vie et non-vie) : appliqué aux fonds propres et aux provisions techniques pour obtenir les produits des placements.
- Rendement des placements : appliqué sur les placements présents dans les comptes techniques et non techniques.
- Taux de commission de réassurance : appliqué sur les cotisations cédées.
- Taux de frais de gestion des sinistres (vie et non-vie) : appliqué sur la charge de prestations.
- Taux de frais d'acquisition (vie et non-vie) : appliqué sur les cotisations brutes.
- Taux de frais d'administration (vie et non-vie) : appliqué sur les cotisations brutes.
- Taux d'évolution des autres charges techniques (non-vie) : appliqué sur la moyenne des autres charges techniques des deux exercices précédents.
- Taux d'évolution des autres produits techniques (non-vie) : appliqué sur les autres produits techniques.
- Taux de charges des placements : appliqué sur les produits des placements.
- Taux d'évolution des charges autres provisions techniques : appliqué sur la charge des autres provisions techniques de l'exercice précédent.
- Taux d'impôt sur les sociétés : appliqué sur le résultat de l'exercice.
- Evolution des autres produits non techniques : appliqué sur la moyenne des autres produits non techniques des deux exercices précédents.
- Evolution des autres charges non techniques : appliqué sur la moyenne des autres charges non techniques des deux exercices précédents.
- Taux de cession en réassurance : appliqué pour le passage du brut au net de réassurance.
- P/C : appliqué aux cotisations prévisionnelles pour en déduire les prestations.

Les sous-sections suivantes montrent qu'avec uniquement ces paramètres, il est possible de mettre en place un outil déterministe de prévisions d'activité. Dans le but d'éviter une multiplication des paramètres de l'outil qui alourdirait son utilisation, on se contente donc des précédents. En plus de ces paramètres, on ajoute les prestations et provisions des trois derniers exercices ainsi que les seuils et fonds de garantie vie et non-vie pour le C6.

Ces paramètres doivent être indiqués pour chacun des exercices futurs qui font l'objet de prévisions. Un extrait de l'onglet de paramétrage est présenté en annexe 5 de ce mémoire. L'annexe 6 présente les calculs intermédiaires réalisables à partir de ces paramètres et des données de l'exercice en cours. Ces paramètres permettent d'alimenter le bilan, les comptes de résultat et les états C5 et C6 prévisionnels. Les sous-sections suivantes schématisent l'ensemble des relations qui ont permis de réaliser les comptes et états C6 prévisionnels (sous-section II.1.2.b) ainsi que les états C5 prévisionnels (sous-section II.1.2.c).

Sous-section II.1.2.b : Les comptes et les états C6 prévisionnels

<b>BILAN : ACTIF</b>		<i>Figure 8.1 : Remplissage de l'actif</i>
<b>A1 Actifs incorporels</b>		<b>Actifs incorporels N-1</b>
<b>A2 Placements "d'assurance" :</b>		<b>Total de l'actif - autres postes</b>
Terrains et constructions		Règle de 3 avec N-1 sur le total de A2
Placements dans les entreprises liées		Règle de 3 avec N-1 sur le total de A2
Autres placements		Règle de 3 avec N-1 sur le total de A2
Créances en espèces déposées auprès des cédantes		Règle de 3 avec N-1 sur le total de A2
<b>A3 Placements représentant les provisions techniques afférentes aux opérations en UC</b>		<b>Nul pour les clients Actélior</b>
<b>A4 Part des cessionnaires et récessionnaires dans les provisions techniques</b>		<b>Somme des 5 lignes suivantes</b>
Provision pour cotisations non acquises		Suit l'évolution des cotisations
Provision pour prestations à payer		N-1 + différence brut/net sur les comptes de résultat
Provision pour participation aux excédents		Supposée nulle
Provision d'égalisation		Supposée nulle
Autres provisions techniques		N-1 + différence brut/net sur les comptes de résultat
<b>A5 Part des garants dans les engagements techniques donnés en substitution</b>		<b>Nul ou négligeable pour les clients Actélior</b>
<b>A6 Créances :</b>		<b>Somme des trois catégories ci-dessous</b>
Créances nées d'opérations d'assurance directe		Suit l'évolution des cotisations
Créances nées d'opérations de réassurance		Suit l'évolution des cotisations
Autres créances :		Suit l'évolution des cotisations
<b>A7 Autres actifs</b>		<b>Somme des deux postes suivants</b>
Actifs corporels d'exploitation		Suit l'évolution des cotisations
Avoirs en banque, CCP et caisse		Suit l'évolution des cotisations
<b>A8 Comptes de régularisation – actif</b>		<b>Suit l'évolution des cotisations</b>
<b>A9 Différences de conversion</b>		<b>Suit l'évolution des cotisations</b>
<b>Total de l'actif</b>		<b>Egal au total du passif</b>

<b>BILAN : PASSIF</b>		<i>Figure 8.2 : Remplissage du passif</i>
<b>B1 Fonds propres et réserves</b>		<b>Somme des fonds propres et autres fonds mutualistes</b>
Fonds propres		Somme des quatre postes suivants
<i>Fonds de dotation sans droit de reprise</i>		<i>Identique à N-1</i>
<i>Ecart de réévaluation</i>		<i>Supposé nul</i>
<i>Autres réserves et report à nouveau</i>		<i>Valeur en N-1 augmentée du résultat N-1</i>
<i>Résultat de l'exercice</i>		<i>Poste F14 du compte de résultat non technique</i>
Autres fonds mutualistes		Nul pour les clients Actélior
<b>B2 Passifs subordonnés</b>		<b>Nul pour les clients Actélior</b>
<b>B3 Provisions techniques brutes</b>		<b>Somme des cinq postes suivants</b>
Provision pour cotisations non acquises		<b>N-1 + poste D1b du compte de résultat (PPNA vie négligeable)</b>
Provision pour prestations à payer		N-1 + postes D4b et E5b des comptes de résultat
Provision pour participation aux excédents		Nul ou négligeable pour les clients Actélior
Provision d'égalisation		Supposée nulle
Autres provisions techniques		N-1 + postes D5 et E6 des comptes de résultat
<b>B4 Provisions techniques des opérations en UC</b>		<b>Nul pour les clients Actélior</b>
<b>B5 Engagements techniques sur opérations données en substitution</b>		<b>Nul pour les clients Actélior</b>
<b>B6 Provisions pour risques et charges</b>		<b>Suit l'évolution des cotisations</b>
<b>B7 Fonds dédiés</b>		<b>Supposé nul</b>
<b>B8 Dettes pour dépôts en espèces reçus des cessionnaires</b>		<b>Nul pour les clients Actélior</b>
<b>B9 Autres dettes</b>		<b>Somme des quatre catégories ci-dessous</b>
Dettes nées d'opérations d'assurance directe		Suit l'évolution des cotisations
Dettes nées d'opérations de réassurance		Suit l'évolution des cotisations
Dettes envers des établissements de crédit		Suit l'évolution des cotisations
Autres dettes		Suit l'évolution des cotisations
<b>B10 Comptes de régularisation – passif</b>		<b>Suit l'évolution des cotisations</b>
<b>B11 Différences de conversion</b>		<b>Suit l'évolution des cotisations</b>
<b>Total du passif</b>		<b>B1+B2+B3+B4+B5+B6+B7+B8+B9+B10+B11</b>

<b>COMPTE DE RESULTAT TECHNIQUE NON-VIE</b>		<i>Figure 9.1 : Remplissage du compte de résultat non-vie</i>
<b>D1 Cotisations acquises</b>		<b>Somme des deux postes suivants</b>
D1a Cotisations		Suit l'évolution des cotisations
D1b Charges des provisions pour cotisations non acquises		PCNA N - PCNA N-1
<b>D2 Produits des placements alloués du compte non technique</b>		<b>Stock des provisions techniques (bilan) x rendement des placements</b>
<b>D3 Autres produits techniques</b>		<b>Valeur en N-1 x (1 + taux d'évolution des autres produits techniques)</b>
<b>D4 Charge des prestations</b>		<b>Somme des trois postes suivants</b>
D4a (1) Prestations		Charge sinistre (produit des cotisations par le P/C) - D4b dotation à la PPAP
D4a (2) Frais payés		(D4a(1) + D4b) x taux de frais de gestion des sinistres
D4b Charge des provisions pour prestations à payer		Stock de PPAP N - stock de PPAP N-1 (bilan)
<b>D5 Charges des autres provisions techniques</b>		<b>Nulle pour les clients Actélior</b>
<b>D6 Participation aux résultats</b>		<b>Règle de 3 sur l'exercice précédent par rapport aux prestations cédées</b>
<b>D7 Frais d'acquisition et d'administration</b>		<b>Somme des trois postes suivants</b>
D7a Frais d'acquisition		D1 x taux de frais d'acquisition
D7b Frais d'administration		D1 x taux de frais d'administration
D7c Commissions reçues des réassureurs		Nulle ou négligeable pour les clients Actélior
<b>D8 Autres charges techniques</b>		<b>Moyenne (N-1,N-2) x (1 + taux d'évolution des autres charges techniques)</b>
<b>D9 Charge de la provision pour égalisation</b>		<b>Supposée nulle</b>
<b>Résultat technique des opérations Non-Vie</b>		<b>D1 + D2 + D3 - D4 - D5 - D6 - D7 - D8 - D9</b>

<b>COMPTE DE RESULTAT TECHNIQUE VIE</b>		<i>Figure 9.2 : Remplissage du compte de résultat vie</i>
<b>E1 Cotisations</b>		<b>Suit l'évolution des cotisations</b>
<b>E2 Produits des placements</b>		<b>Nul sinon même répartition avec le compte non-vie qu'en N-1</b>
<b>E3 Ajustements ACAV (plus values)</b>		<b>Nul pour les clients Actélior</b>
<b>E4 Autres produits techniques</b>		<b>Nul pour les clients Actélior</b>
<b>E5 Charges des prestations (E5a + E5b)</b>		<b>Négligeable sauf pour un unique client qui fournit ses propres prévisions vie</b>
<b>E6 Charge des provisions d'assurance vie et d'autres provisions techniques</b>		<b>Négligeable sauf pour un unique client qui fournit ses propres prévisions vie</b>
<b>E7 Participation aux résultats</b>		<b>Nul pour les clients Actélior</b>
<b>E8 Frais d'acquisition et d'administration</b>		<b>Somme des trois postes suivants</b>
E8a Frais d'acquisition		E1 x taux de frais d'acquisition
E8b Frais d'administration		E1 x taux de frais d'administration
E8c Commissions reçues des réassureurs		Nulle ou négligeable pour les clients Actélior
<b>E9 Charges des placements</b>		<b>Négligeable sauf pour un unique client qui fournit ses propres prévisions vie</b>
<b>E10 Ajustement ACAV (moins-values)</b>		<b>Nul pour les clients Actélior</b>
<b>E11 Autres charges techniques</b>		<b>Négligeable sauf pour un unique client qui fournit ses propres prévisions vie</b>
<b>E12 Produits des placements transférés au compte non-technique</b>		<b>Nul ou négligeable pour les clients Actélior</b>
<b>Résultat technique des opérations Vie</b>		<b>E1 + E2 + E3 + E4 - E5 - E6 - E7 - E8 - E9 - E10 - E11 - E12</b>

<b>COMPTE DE RESULTAT NON TECHNIQUE</b>		<i>Figure 9.3 : Remplissage du compte de résultat non technique</i>
<b>F1 Résultat technique des opérations Non - Vie</b>		<b>Repris du compte de résultat technique non-vie</b>
<b>F2 Résultat technique des opérations Vie</b>		<b>Repris du compte de résultat technique vie</b>
<b>F3 Produits des placements</b>		<b>(Stock de provisions techniques + fonds propres) x rendement des placements</b>
<b>F4 Produits des placements alloués du compte technique vie</b>		<b>Repris du compte de résultat technique vie (E12)</b>
<b>F5 Charges des placements</b>		<b>F3 x taux de charge des placements</b>
<b>F6 Produit des placements transférés au compte technique non-vie</b>		<b>Repris du compte de résultat technique non-vie (D2)</b>
<b>F7 Autres produits non techniques</b>		<b>Moyenne (N-1,N-2) x (1+taux d'évolution des autres produits non techniques)</b>
<b>F8 Autres charges non techniques</b>		<b>Moyenne (N-1,N-2) x (1+taux d'évolution des autres charges non techniques)</b>
<b>F9 Résultat exceptionnel</b>		<b>Supposé nul</b>
<b>F10 Impôts sur le résultat</b>		<b>Règle de 3 par rapport aux produits des placements</b>
<b>F14 Résultat de l'exercice</b>		<b>F1 + F2 + F3 + F4 - F5 - F6 + F7 - F8 + F9 - F10</b>

<b>C6 BRANCHE NON-VIE : CALCULS PAR RAPPORT AUX COTISATIONS</b>		<i>Figure 10.1 : Etat C6, calcul sur les cotisations</i>
A	Total des cotisations émises en opérations directes	D1a du compte de résultat non-vie
B	Total des cotisations acquises en opérations directes	D1 du compte de résultat non-vie
C à K	Méthode de calcul en section 1.2.3.a à l'aide des seuils (qui figurent dans les paramètres) et des lignes ci-dessus	
L à O	Idem que de P à T en brut de réassurance	
P	Provisions pour sinistres à payer nettes de réassurance au début du premier des 3 derniers exercices	Reprise des provisions N-2 (dans les paramètres)
Q	Total des sinistres payés pour les opérations directes au cours des trois derniers exercices en net de réassurance	Prestations + frais N-2 et N-1 dans les paramètres et prestations + frais N en D4a
R	Provisions pour sinistres à payer nettes de réassurance au début du dernier exercice	Poste S du C6 non-vie de N-1
S	Provisions pour sinistres à payer nettes de réassurance à la fin du dernier exercice	Dans le détail du poste B3 au passif
T	Montant des sinistres des trois derniers exercices après cession en réassurance	-P+Q+S
U	Rapport de T/O	
V	Rapport de T/O si T/O > 0,5 sinon 0,5	
W	<b>Premier résultat en Euros</b>	<b>K x V</b>

<b>C6 BRANCHE NON-VIE : CALCULS PAR RAPPORT AUX PRESTATIONS</b>		<i>Figure 10.2 : Etat C6, calcul sur les prestations</i>
X à AI	Méthode de calcul en section 1.2.3.a à l'aide des seuils (qui figurent dans les paramètres) et de la reprise des prestations en lignes L à S	
AJ	<b>Deuxième résultat en Euros</b>	

<b>RECAPITULATIF : C6 BRANCHE NON-VIE</b>		<i>Figure 10.3 : Etat C6 non-vie</i>
Premier résultat en Euros		K x V
Deuxième résultat en Euros		AJ
Exigence minimale de marge à constituer en Euros		Max (W;AJ)
Montant de la marge de l'exercice précédent		Présent dans les paramètres
PPAP nettes de réassurance à la fin du dernier exercice		S
PPAP nettes de réassurance au début du dernier exercice		R
Coefficient multiplicateur		Min (1;S/R)
<b>Exigence minimum de solvabilité</b>	<b>Max (exigence minimale de marge à constituer ; montant de la marge à l'exercice précédent x coefficient multiplicateur ci-dessus)</b>	

<b>C6 BRANCHE VIE</b>		<i>Figure 10.4 : Etat C6 vie</i>
A	Montant des PM	Suit l'évolution des provisions d'assurance vie
A'	A x 0,04 (arrondi au nombre entier le plus proche)	
B	Montant des PM après cession en réassurance	D4a du compte de résultat non-vie
C	Montant des provisions mathématiques brutes de réassurance	D4a du compte de résultat non-vie
D	Rapport B/C s'il est supérieur ou égal à 0,85 sinon 0,85	Min (0,85;B/C)
E	<b>Résultat du calcul d'après les PM</b>	<b>A'xD</b>
F à J'	Les PM et les capitaux sous risque suivent l'évolution des cotisations, ceci alimente la méthode de calcul en sous-section 1.2.3.b	
K	<b>Résultat du calcul d'après les capitaux sous risque</b>	<b>Provisions pondérées x rapport net/brut de réassurance des capitaux sous risque</b>

<b>COUVERTURE DE LA MARGE DE SOLVABILITE</b>		<i>Figure 10.5: Etat C6, marge de solvabilité</i>
K'	Exigence minimale de marge	E+K+ exigence minimale de marge non-vie
L	Fonds de garantie à constituer	max(seuil vie dans les paramètres si la mutuelle a l'agrément vie, seuil non-vie sinon;K'/3)
M	Eléments constitutifs	Valeur en N-1 + résultat de l'exercice
Ratio de couverture du fonds de garantie		M/L
Ratio de couverture de la marge de solvabilité		M/K'

### Sous-section II.1.2.c : Les états C5 prévisionnels

<b>ETAT C5</b>	
Provisions techniques des opérations collectives relevant de l'article L.222-1	Nul pour tous les clients Actélior
Provisions d'assurance vie des autres opérations	Nul pour tous les clients Actélior
Provisions pour cotisations non acquises	Nul pour tous les clients Actélior
Provisions pour risques en cours	Nul pour tous les clients Actélior
Provisions pour sinistres à payer	Dans le détail du poste B3 au passif
Provisions mathématiques (non-vie)	Nul pour tous les clients Actélior
Provisions pour participation aux excédents et ristournes + assurance vie	Dans le détail du poste B3 au passif
Provisions pour égalisation	Nul pour tous les clients Actélior
Provisions pour risque d'exigibilité des engagements techniques	Nul pour tous les clients Actélior
Autres provisions techniques	Dans le détail du poste B3 au passif
Engagements au titre des opérations relevant de la branche 25 de l'article R.211-2	Nul pour tous les clients Actélior
Réserve de capitalisation	Nul pour tous les clients Actélior
Dettes privilégiées	Même évolution que les cotisations non-vie (D1a)
Dépôts de garantie des assurés, des agents et des tiers	Supposé constant avec l'exercice précédent
Réserves d'amortissement des emprunts et réserves pour cautionnements	Nul pour tous les clients Actélior
<b>Total des passifs réglementés (A)</b>	<b>Somme des lignes ci-dessus</b>
<b>Total des actifs admissibles divers (B)</b>	<b>Nul pour tous les clients Actélior</b>
<b>Base de la dispersion visée à l'article R.931-10-22 ( A - B)</b>	<b>Passifs réglementés (A) - Base de dispersion (B)</b>
Valeurs couvrant les engagements pris dans le cadre d'opérations relevant de la branche 25 de l'article R.211-2	Nul pour tous les clients Actélior
Autres placements mentionnés du 1° au 17° de l'article R.212-31	Sommes des quatre lignes ci-dessous
<i>dont placements obligatoires d'Etat</i>	<i>Calculés selon la méthode proposée après ce tableau</i>
<i>dont placement monétaires</i>	
<i>dont placements immobiliers</i>	
<i>Autres</i>	
Dépôts mentionnés au 18° de l'article R.212-31	Avoirs en banque, CCP et caisse au poste A7 de l'actif
Intérêts courus des placements mentionnés à l'article R.212-31	Intérêts et loyers acquis non échus au poste A8 du bilan
Créances garanties sur les réassureurs mentionnées à l'article R.212-35	Nul pour tous les clients Actélior
<b>Total des placements et actifs assimilés</b>	<b>Somme des trois lignes en bleu ci-dessus</b>
<b>Taux de couverture des engagements règlementés</b>	<b>Total des placements et actifs assimilés/Base de dispersion</b>

Figure 11 : Remplissage de l'état C5

L'état C5 n'admet qu'un certain pourcentage de chaque placement en couverture des engagements réglementés. Les règles déterminant la valeur admise pour chaque placement sont les règles de dispersion et de limitation figurant en section I.2.2.

Ainsi, comme pour chaque exercice on dispose de la base de dispersion telle que définie ci-dessus, on calcule pour chaque exercice 0,5 %, 1 %, 5 %, 10 %, 40 % et 65 % de ce montant. On trie ensuite par type et par émetteur chacun des placements détenus par la mutuelle, on dispose de la valeur nette de chacun de ces placements grâce à la méthode proposée en sous-section 2.1.1.c. Si un titre était nanti en intégralité ou en parti à l'origine, on considère que ce taux de nantissement se conservera dans les exercices futurs, on applique donc les règles de limitation et de dispersion uniquement sur la partie non nantie.

A chaque placement on affecte ensuite un taux qui est celui défini par les règles de dispersion. Par exemple, les obligations détenues émises par un émetteur privé sont retenues à hauteur de leur valeur nette avec un maximum égal à 5 % de la base de dispersion. On applique cette première règle à chaque placement avec un maximum correspondant à la part de la base de dispersion définie en figure 1 (section I.2.2). Sur les valeurs obtenues, on doit ensuite appliquer les règles de limitation. On calcule la somme des valeurs retenues après application de la première règle pour chaque type de placement défini en figure 2 (section I.2.2). On vérifie que ces sommes sont inférieures aux pourcentages de la base de dispersion requis, sinon, on ne retient ces placements que dans la limite où le maximum possible est atteint. Par exemple, si on constate que le total des montants obtenus pour les actions de l'OCDE après application de la première règle dépasse 65 % de la base de dispersion, on ne retient pour la totalité de ces placements que 65 % de la base de dispersion.

La somme des montants obtenus après application de ces deux règles nous donne le total des actifs admis en représentation des engagements réglementés, c'est-à-dire le montant à inscrire au C5 pour les « Autres placements mentionnés du 1° au 17° de l'article R.212-31 ». Les placements étant triés par titre, la répartition de ce montant entre placements obligataires d'état, monétaires, immobiliers et autres est immédiate.

### **Section II.1.3 : Les limites de l'outil**

#### Sous-section II.1.3.a : Le choix des paramètres en condition normale ou défavorable

La méthode proposée permet d'obtenir une méthode déterministe de prévisions d'activité de mutuelles santé de taille réduite en se basant sur des paramètres d'évolution. Ces paramètres sont des hypothèses choisies soit par les clients d'Actélior soit par Actélior en observant les évolutions moyennes au cours des exercices précédents.

Le terme « conditions normales » correspond ici aux prévisions d'activité les plus probables, cependant, ces prévisions ayant pour but d'apparaître dans le rapport de solvabilité, on peut supposer que les mutuelles puissent être tentées de faire des prévisions centrales plutôt optimistes. C'est d'ailleurs ce que révèle la comparaison entre la réalité constatée a posteriori et les paramètres choisis dans l'ancien outil d'Actélior (remplacé par celui-ci) au cours des exercices passés.

Cependant, les paramètres centraux ne peuvent pas être modifiés en tenant compte de ces erreurs moyennes sachant qu'ils sont imposés comme hypothèse dans la réalisation des prévisions d'activité. Ainsi, si cette limite de l'outil ne présente actuellement pas de solution parfaite, recourir aux observations passées ou s'appuyer sur la connaissance que la mutuelle cliente a d'elle-même reste le meilleur moyen de poser les hypothèses nécessaires aux prévisions d'activité.

En plus des prévisions en conditions normales, le rapport de solvabilité requiert également des prévisions d'activité en conditions défavorables. Il est naturel pour ces prévisions de réutiliser l'outil ci-dessus avec des paramètres moins avantageux comme des taux de frais de gestion plus élevés et des taux de rendement des placements plus faibles qui feront baisser le résultat et altéreront la couverture des engagements réglementés et de la marge de solvabilité.

Si le choix des paramètres en conditions normales repose sur l'observation du passé ou la connaissance de la mutuelle cliente de son évolution future, le choix des paramètres en conditions défavorables est bien plus complexe. L'ancienne méthode d'Actélior consistait à fixer arbitrairement des paramètres en les détériorant légèrement par rapport aux conditions normales. Cette méthode arbitraire repose donc sur des hypothèses difficilement justifiables en comparaison à celles en conditions normales. Dans la suite de ce mémoire, nous nous attacherons à trouver une méthode qui calibrera les paramètres en conditions défavorables.

#### Sous-section II.1.3.b : L'importante volatilité

Bien que cohérente, la méthode proposée ci-dessus repose sur des paramètres dont les différences avec la réalité peuvent être importantes, ainsi, l'évolution des cotisations qui est le paramètre le plus utilisé peut générer d'importantes erreurs. En effet, une augmentation des cotisations de 1 % au lieu de 2 % divise par deux l'évolution d'un nombre important de postes.

La plupart des paramètres sont touchés par ces erreurs d'appréciation qui ont le défaut de se cumuler comme par exemple dans le cas des frais d'acquisition. En effet, ce poste repose sur la multiplication de deux paramètres : l'évolution des cotisations et le taux de frais d'acquisition.

#### Sous-section II.1.3.c : La solution proposée

L'erreur de paramétrage centrale ne pouvant être résolue, nous allons étudier les paramètres pour lesquelles nous disposons de prévisions passées et qui ont le plus d'impact sur le résultat et analyser les erreurs de prévisions des exercices précédents.

Nous devrions ainsi obtenir des informations sur les taux d'erreur dans le choix des paramètres ainsi que les variances et les corrélations entre ces erreurs.

L'idée est de générer plusieurs exercices pour des paramétrages différents et de classer ces exercices selon leur qualité. En retenant les moins bons, on pourra ainsi déterminer le paramétrage à utiliser en conditions défavorables.

La mise en œuvre est traitée en chapitre II.2 et l'analyse des résultats de cette méthode en chapitre II.3.

## **CHAPITRE II.2 : PARAMETRAGE STOCHASTIQUE DE L'OUTIL**

### **Section II.2.1 : Analyse des taux d'erreurs passés**

#### Sous-section II.2.1.a : Le recueil des données

Dans le but de trouver une solution aux difficultés mises en évidence en section I.I.3, nous allons étudier les taux d'erreurs relatives des prévisions faites aux exercices précédents.

Les paramètres étudiés sont :

- L'évolution annuelle des cotisations (vie et non-vie)
- Le taux de rendement des placements
- Le taux de frais de gestion des sinistres (vie et non-vie)
- Le taux de frais d'acquisition (vie et non-vie)
- Le taux de frais d'administration (vie et non-vie)
- Le taux d'évolution des autres charges techniques (non-vie)
- Le taux d'évolution des autres produits techniques (non-vie)
- Le taux de charges des placements (par rapport aux produits des placements)
- Le P/C net de frais de gestion brut de réassurance

L'ancien outil Actélior utilisait entre autres ces paramètres pour réaliser ses prévisions, on dispose donc d'un historique sur les trois derniers exercices des prévisions faites pour six clients. La réalisation de leurs rapports de solvabilité nous permet également de disposer des informations sur les taux réels a posteriori. On peut donc comparer les taux réels à ceux prévus. Le but est d'étudier les taux d'erreur afin de déterminer la structure de nos erreurs et de l'exploiter pour paramétrer l'outil.

Le calcul des taux a posteriori se fait simplement grâce à l'observation des bilans et des comptes de résultat des exercices écoulés. Par exemple, le taux de frais d'administration réel se déduit facilement comme le quotient des frais d'administration figurant au compte de résultat technique par les cotisations acquises figurant sur ce même compte de résultat.

Pour chaque client, chaque exercice et chaque paramètre, on peut donc calculer un taux d'erreur relative entre les prévisions et les réalisations. On obtient donc pour chaque paramètre un tableau du type suivant :

Figure 12.1 : Evolution des cotisations prévues et réalisées

Evolution annuelle des cotisations (vie et non-vie)									
	2010 prévu	2010 réalisé	2010 écart	2009 prévu	2009 réalisé	2009 écart	2008 prévu	2008 réalisé	2008 écart
client 1	9,0%	12,2%	-26,2%	16,0%	6,6%	142,4%	15,5%	17,9%	-13,4%
client 2	-26,0%	-36,2%	-28,1%	-18,8%	-13,8%	36,4%		-21,8%	-100,0%
client 3	1,0%	1,7%	-39,4%	1,0%	-1,7%	-158,1%	-1,0%	1,4%	-171,4%
client 4	2,0%	2,0%	-2,0%	2,0%	-5,0%	-139,8%	6,0%	-5,0%	-219,0%
client 5	2,5%	1,3%	91,4%	3,0%	0,4%	597,7%	4,0%	1,7%	139,5%
client 6	1,0%	-2,4%	-141,7%	1,0%	-6,4%	-115,6%	1,0%	-11,3%	-108,8%

Les données en rouge sont relatives à une information absente. Par exemple, on ne dispose pas des prévisions faites pour l'exercice 2008 pour le client 2 car ce client n'avait pas encore recours à Actélior pour la réalisation de son rapport de solvabilité.

En regroupant les neuf tableaux de paramètres, on obtient un tableau donnant pour chaque paramètre, client et exercice, l'erreur relative de prévision.

Figure 12.2 : Erreurs relatives de prévisions

Taux d'erreur des prévisions par rapport aux réalisations	client 1			client 2	
	2010	2009	2008	2010	2009
Evolution annuelle des cotisations (vie et non-vie)	-26%	142%	-13%	-28%	36%
Rendement des placements	-26%	-5%	-21%	-48%	-26%
Taux de frais de gestion des sinistres (vie et non-vie)	11%	3%	11%	-11%	37%
Taux de frais d'acquisition (vie et non-vie)	8%	0%	2%	-42%	46%
Taux de frais d'administration (vie et non-vie)	1%	39%	12%	-22%	-7%
Taux d'évolution des autres charges techniques (non-vie)	706%	-75%	-491%	-56%	-1987%
Taux d'évolution des autres produits techniques (non-vie)	37%	-85%	-273%	#DIV/0!	#DIV/0!
Taux de charges des placements (par rapport aux produits des placements)	61%	-246%	-7%	100%	-74%
P/C net de frais de gestion brut de réassurance	7%	-6%	-2%	19%	1%

Les données en rouge correspondent ici au fait que le client 2 n'affiche jamais d'autres produits techniques dans son compte de résultat.

On remarque que les erreurs relatives sont très fortes pour certains paramètres comme le taux d'évolution annuelle des cotisations ou le taux d'évolution des autres charges techniques alors qu'il est plus faible pour le rendement des placements ou le taux de frais de gestion des sinistres. Cette différence provient de la nature de ces paramètres. Les premiers sont des taux d'évolutions qui sont donc souvent faibles, par exemple, si les cotisations évoluent de 2 % au lieu des 1 % prévus, l'erreur relative est de 100 %. En revanche, les autres taux ne sont pas des taux d'évolution. Ainsi, une erreur relative de 100 % sur les taux de frais d'administration serait très importante.

## Sous-section II.2.1.b : Etude statistique

- Etude des moyennes et des variances des erreurs relatives

Avec six clients étudiés, pour chaque paramètre on dispose d'un nombre d'erreurs relatives pouvant aller jusqu'à 17 (le client 2 est étudié sur deux exercices et les autres sur trois. Le nombre n'est pas toujours 17 car pour certains clients, des informations sur plusieurs paramètres sont manquantes ou sans objet).

On note  $E_j$  la  $i^{\text{ème}}$  erreur relative du paramètre  $j$ . Les erreurs relatives étant ordonnées par clients et par exercice. On note  $n_j$  le nombre d'erreurs relatives connues pour le paramètre  $j$ . Ainsi, pour chaque paramètre, on calcule les éléments suivants :

$$\text{Moyenne du paramètre } j : E_j = \sum_{i=1}^{n_j} E_{ij}$$

$$\text{Variance statistique du paramètre } j : \text{Var}S_j = \frac{1}{n_j - 1} \sum_{i=1}^{n_j} (E_{ij} - E_j)^2$$

$$\text{Variance du paramètre } j : \text{Var}S_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} (E_{ij} - E_j)^2$$

On obtient le tableau suivant :

*Figure 12.3 : Calcul des espérances et des variances des erreurs de prévisions*

Taux d'erreur des prévisions par rapport aux réalisations	Erreur relative	Variance	
	moyenne	statistique	Variance
Evolution annuelle des cotisations (vie et non-vie)	-9%	3,60	3,39
Rendement des placements	-25%	0,06	0,06
Taux de frais de gestion des sinistres (vie et non-vie)	0%	0,07	0,06
Taux de frais d'acquisition (vie et non-vie)	-3%	0,19	0,18
Taux de frais d'administration (vie et non-vie)	-1%	0,06	0,05
Taux d'évolution des autres charges techniques (non-vie)	-196%	28,78	26,98
Taux d'évolution des autres produits techniques (non-vie)	-100%	0,63	0,59
Taux de charges des placements (par rapport aux produits des placements)	-20%	0,64	0,60
P/C net de frais de gestion brut de réassurance	4%	0,01	0,01

Comme on pouvait s'y attendre, les variances sont les plus élevées pour les taux d'évolution (évolution annuelle des cotisations, évolution des autres charges techniques, évolution des autres produits techniques). Hormis sur ces paramètres, on constate que les erreurs relatives moyennes élevées concernent le taux de rendement des placements globalement surestimé, cela provenant des prévisions faites juste avant la crise. Le taux de charge des placements a lui aussi été sous estimé, le rapport entre les charges des placements et les produits des placements a donc été moins bon que prévu. Une fois de plus, ceci provient de produits des placements faibles du fait de la crise.

### Etude des covariances

On rappelle la formule utilisée pour calculer la covariance entre deux paramètres j et k pour un nombre n d'observations :

$$cov_{j,k} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_{ij} \times E_{ik} - E_j \times E_k$$

On utilise cette formule pour calculer la covariance entre les erreurs relatives constatées ci-dessus. Cependant, on a vu que selon les paramètres, le nombre d'observations peut différer, par exemple, on ne dispose pas des taux d'évolution des autres produits techniques du client 2. Ainsi, pour calculer la covariance entre l'évolution des autres produits techniques et le taux d'évolution des cotisations, il est nécessaire de reprendre le tableau des erreurs relatives en ôtant les colonnes qui correspondent au client 2. On est donc amené à réaliser plusieurs tableaux partiels.

Par exemple, là où la covariance entre l'évolution des cotisations et le rendement des placements repose sur 17 observations, la covariance entre les autres produits techniques et le taux de charge des placements ne repose que sur 13 observations.

A la suite de ces retraitements, on peut finalement déduire la matrice de variance-covariance de nos erreurs relatives, soit :

*Figure 12.4 : Variances et covariances des erreurs de prévision*

<b>Matrice de variance - covariance</b>									
Evolution annuelle des cotisations (vie et non-vie)	3,39	0,17	0,04	0,08	0,04	-0,74	0,22	-0,47	-0,03
Rendement des placements	0,17	0,06	-0,01	-0,03	0,00	-0,10	0,02	-0,09	-0,01
Taux de frais de gestion des sinistres (vie et non-vie)	0,04	-0,01	0,06	0,10	0,04	-0,38	-0,05	-0,01	0,00
Taux de frais d'acquisition (vie et non-vie)	0,08	-0,03	0,10	0,18	0,08	-0,47	-0,07	0,00	0,00
Taux de frais d'administration (vie et non-vie)	0,04	0,00	0,04	0,08	0,05	0,09	-0,05	-0,06	0,00
Taux d'évolution des autres charges techniques (non-vie)	-0,74	-0,10	-0,38	-0,47	0,09	26,98	1,16	1,17	0,09
Taux d'évolution des autres produits techniques (non-vie)	0,22	0,02	-0,05	-0,07	-0,05	1,16	0,59	-0,02	-0,01
Taux de charges des placements (par rapport aux produits des placements)	-0,47	-0,09	-0,01	0,00	-0,06	1,17	-0,02	0,60	0,03
P/C net de frais de gestion brut de réassurance	-0,03	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,09	-0,01	0,03	0,01

Cette matrice servira de base à la génération des exercices qui nous permettront de paramétrer notre outil selon les conditions choisies (favorables, normales, défavorables, très défavorables).

L'analyse des taux d'erreurs relatives et surtout de leurs corrélations est intéressante pour Actélior et aussi pour vérifier la cohérence de nos résultats. Cependant, la matrice de variance-covariance est difficilement lisible.

## Sous-section II.2.1.c : Analyse des corrélations

### Matrice des corrélations

Comme on l'a vu précédemment, la matrice de variance-covariance ne permet pas d'analyser les résultats correctement. Pour chaque couple de paramètres, plutôt que la covariance, on va s'intéresser à la corrélation. On va donc créer la matrice des corrélations. Plusieurs matrices des corrélations comme celles basées sur les coefficients de Kendall et de Spearman sont possibles. On choisit d'utiliser la matrice des coefficients de corrélation linéaire de Pearson. Ainsi, la matrice des corrélations utilisée est la matrice de variance-covariance des variables réduites, c'est-à-dire de variance 1. Pour deux variables A et B, la corrélation est donc donnée par la formule suivante :

$$corr_{A,B} = \frac{cov_{A,B}}{\sqrt{Var_A} \times \sqrt{Var_B}}$$

On reconnaît au dénominateur la moyenne géométrique des variances des variables A et B, on réalise donc la matrice des moyennes géométriques des variances. Une division terme à terme de la matrice de variance-covariance par la matrice des moyennes géométriques des variances permet donc de déduire la matrice des corrélations. Ainsi :

Figure 12.5 : Préparation de la matrice des corrélations

Moyennes géométriques des variances		3,39	0,06	0,06	0,18	0,05	26,98	0,59	0,60	0,01
Evolution annuelle des cotisations (vie et non-vie)	3,39	3,39	0,44	0,46	0,77	0,43	9,56	1,41	1,42	0,15
Rendement des placements	0,06	0,44	0,06	0,06	0,10	0,06	1,25	0,18	0,19	0,02
Taux de frais de gestion des sinistres (vie et non-vie)	0,06	0,46	0,06	0,06	0,10	0,06	1,29	0,19	0,19	0,02
Taux de frais d'acquisition (vie et non-vie)	0,18	0,77	0,10	0,10	0,18	0,10	2,17	0,32	0,32	0,03
Taux de frais d'administration (vie et non-vie)	0,05	0,43	0,06	0,06	0,10	0,05	1,21	0,18	0,18	0,02
Taux d'évolution des autres charges techniques (non-vie)	26,98	9,56	1,25	1,29	2,17	1,21	26,98	3,98	4,01	0,42
Taux d'évolution des autres produits techniques (non-vie)	0,59	1,41	0,18	0,19	0,32	0,18	3,98	0,59	0,59	0,06
Taux de charges des placements (par rapport aux produits des placements)	0,60	1,42	0,19	0,19	0,32	0,18	4,01	0,59	0,60	0,06
P/C net de frais de gestion brut de réassurance	0,01	0,15	0,02	0,02	0,03	0,02	0,42	0,06	0,06	0,01

Figure 12.6 : Matrice des corrélations

Matrice des corrélations									
Evolution annuelle des cotisations (vie et non-vie)	1,00	0,37	0,10	0,10	0,10	-0,08	0,15	-0,33	-0,18
Rendement des placements	0,37	1,00	-0,18	-0,27	-0,04	-0,08	0,11	-0,48	-0,34
Taux de frais de gestion des sinistres (vie et non-vie)	0,10	-0,18	1,00	0,93	0,76	-0,30	-0,26	-0,03	-0,03
Taux de frais d'acquisition (vie et non-vie)	0,10	-0,27	0,93	1,00	0,81	-0,22	-0,21	0,00	0,09
Taux de frais d'administration (vie et non-vie)	0,10	-0,04	0,76	0,81	1,00	0,07	-0,27	-0,32	-0,13
Taux d'évolution des autres charges techniques (non-vie)	-0,08	-0,08	-0,30	-0,22	0,07	1,00	0,29	0,29	0,22
Taux d'évolution des autres produits techniques (non-vie)	0,15	0,11	-0,26	-0,21	-0,27	0,29	1,00	-0,03	-0,09
Taux de charges des placements (par rapport aux produits des placements)	-0,33	-0,48	-0,03	0,00	-0,32	0,29	-0,03	1,00	0,56
P/C net de frais de gestion brut de réassurance	-0,18	-0,34	-0,03	0,09	-0,13	0,22	-0,09	0,56	1,00

## Analyse

Dans cette partie nous allons analyser les principales corrélations déduites des calculs précédents.

On remarque un trio fort de paramètres corrélés ensemble :

- Le taux de frais d'acquisition
- Le taux de frais d'administration
- Le taux de frais de gestion des sinistres

La corrélation entre taux de frais d'acquisition et taux de frais d'administration est logique, en effet, surestimer ou sous-estimer l'un conduit généralement à surestimer ou sous-estimer l'autre car il s'agit dans les deux cas de frais de gestion des cotisations, les frais au sein d'un même organisme sont logiquement gérés d'une façon similaire d'où la corrélation. De plus, ce couple de frais de gestion des cotisations est fortement corrélé aux frais de gestion des prestations. On peut donc déduire qu'une erreur sur l'un des postes de gestion est généralement suivie par les autres postes de gestion. Ce résultat est logique.

On remarque une corrélation négative de près de 50 % entre l'erreur relative sur le rendement des placements et l'erreur relative sur le taux de charge des placements. Le taux de charge des placements étant en fait la part des produits des placements servant à payer les charges de ces placements, il est logique qu'une augmentation des produits induise une baisse du taux de charge selon la méthode de calcul proposée.

On observe de plus que les erreurs sur les produits des placements ont une corrélation négative avec les erreurs sur les P/C et que les erreurs relatives sur les charges des placements ont une corrélation positive avec les erreurs sur les P/C. Ceci signifie qu'un paramétrage trop optimiste (ou pessimiste) en termes de placements induit un P/C trop optimiste (pessimiste). Le résultat des placements n'intervenant pas dans le calcul du P/C, la corrélation n'est pas due au lien entre les postes mais aux paramètres choisis par la mutuelle cliente ou fixés par Actélior. On en déduit que si l'utilisateur est trop optimiste sur les résultats techniques, il a fortement tendance à l'être aussi sur le résultat des placements.

Cette idée se retrouve pour la corrélation positive entre l'évolution des cotisations et le rendement des placements, ces postes ne sont pas liés mais un paramétrage trop optimiste de l'un des postes s'accompagne généralement d'un paramétrage trop optimiste de l'autre.

On en déduit que le résultat du portefeuille, sa croissance et les résultats des placements ont des erreurs corrélées signifiant que si l'utilisateur est trop optimiste, ceci s'applique à tous les paramètres.

L'utilisation de la matrice de variance-covariance pour le choix des paramètres de l'outil est donc importante pour prendre en compte à la fois le lien entre les erreurs relatives sur les frais de gestion, les erreurs relatives sur les produits et les charges des placements et les erreurs relatives dues à un optimisme ou un pessimisme qui s'applique sur la globalité du paramétrage.

## Section II.2.2 : Génération d'un vecteur gaussien

### Sous-section II.2.2.a : Définition et technique de simulation

Dans cette sous-section, on s'inspire de l'ouvrage [9] de la bibliographie.

#### Définition d'un vecteur gaussien

- *Définition par projections univariées :*

X est un vecteur gaussien d-dimensionnel si toute combinaison linéaire de ses composantes suit une loi gaussienne, c'est-à-dire :

$$\forall a \in \mathbb{R}^d, \langle a, X \rangle_{\mathbb{R}^d} = a^T X = \sum_{j=1}^d a_j X_j \sim \mathcal{N}$$

- *Définition par fonctions caractéristiques :*

X est un vecteur gaussien d-dimensionnel si sa fonction caractéristique s'écrit sous la forme suivante :

$$\forall u \in \mathbb{R}^d, \Phi_X(u) = e^{i \langle m, u \rangle_{\mathbb{R}^d} - \frac{1}{2} \langle u, Su \rangle_{\mathbb{R}^d}}$$

Avec  $m \in \mathbb{R}^d$  et  $S \in \mathcal{M}_d(\mathbb{R})$  une matrice symétrique positive.

- *Définition par transformation affine :*

X est un vecteur gaussien d-dimensionnel si :

$\exists m \in \mathbb{R}^d$  et  $A \in \mathcal{M}_d(\mathbb{R})$  une matrice symétrique définie positive tels que :

$$X = m + AN \text{ (égalité en loi) où } N \sim \mathcal{N}(0, I_d)$$

C'est cette définition que nous exploiterons pour simuler un vecteur gaussien par la suite.

- *Propriété :*

Les composantes d'un vecteur gaussien sont gaussiennes mais un vecteur de composantes gaussiennes peut ne pas être gaussien.

- Grossièrement, simuler un vecteur gaussien permet donc d'obtenir un échantillon de lois normales corrélées entre elles.

### Simulation d'une loi normale centrée réduite

Pour simuler un vecteur gaussien, on va utiliser des lois normales. On explique ici la méthode Box-Muller qui permet de simuler des lois normales à partir de simulations de lois uniformes. La méthode de Box-Muller permet de générer deux lois normales centrées réduites à partir de deux lois uniformes sur  $[0,1]$ .

Soit  $U_1$  et  $U_2$  deux simulations de la loi uniforme sur  $[0,1]$ , les formules suivantes permettent d'obtenir  $X_1$  et  $X_2$  de loi normale centrée réduite :

$$\begin{aligned}X_1 &= \sqrt{-2 \ln U_1} \times \cos(2\pi U_2) \\X_2 &= \sqrt{-2 \ln U_1} \times \sin(2\pi U_2)\end{aligned}$$

On notera que le terme  $\sqrt{-2 \ln U_1}$  correspond à la simulation d'une loi exponentielle à l'aide de la méthode d'inversion. Les lois uniformes sont générées par le logiciel utilisé pour les simulations grâce à la simulation pseudo-aléatoire d'une série de 0 et de 1. Cette méthode ne sera pas utilisée par la suite, en effet, le logiciel R peut générer directement des lois normales.

### Simulation d'un vecteur gaussien

L'utilisation de la troisième définition d'un vecteur gaussien permet de déduire une méthode de simulation à partir de lois normales centrées réduites, en effet, pour :

$$\begin{aligned}X &= m + AN \\ \text{avec } m &\in \mathbb{R}^d, A \in \mathcal{M}_d(\mathbb{R}) \text{ une matrice symétrique positive et } N \sim \mathcal{N}(0, I_d)\end{aligned}$$

on a :

$$\begin{aligned}E(X) &= m + A E(N) = m \\ \text{Var}(X) &= \Sigma_X = AA^t\end{aligned}$$

On simule donc un vecteur gaussien  $X \sim \mathcal{N}(m, \Sigma_X)$  à partir du vecteur des espérances des composantes  $m$  et de la matrice de variance-covariance  $\Sigma_X$ . Il s'agit donc de déterminer  $A$  tel que  $\Sigma_X = AA^t$

Or, si  $M$  est une matrice symétrique et définie positive alors elle possède une décomposition de la forme précédente où  $A$  est une matrice triangulaire inférieure. Cette décomposition est appelée décomposition de Choleski. Cette décomposition s'obtient en déterminant chaque élément de la matrice  $A$  terme à terme. R propose directement la décomposition de Choleski à l'aide de la fonction `chol()`. Ainsi, pour simuler un vecteur gaussien de dimension  $d$ , de moyenne  $m$  et de matrice de variance-covariance  $\Sigma_X$  (qui est symétrique définie positive), on simule  $d$  lois normales centrées réduites à l'aide de la méthode de Box-Muller, on calcule la décomposition de Choleski de  $\Sigma_X$  et on calcule  $X = m + AN$ .

## Sous-section II.2.2.b : Paramétrage du vecteur gaussien

### Application à la matrice de variance-covariance des erreurs relatives

On choisit d'utiliser un vecteur gaussien pour obtenir une simulation des erreurs relatives commises pour nos paramètres. Comme on doit supposer corrects les paramètres prévisionnels centraux des clients, le vecteur des erreurs relatives est centré. On simule donc un vecteur gaussien centré de dimension 9 et de matrice de variance-covariance celle proposée en sous-section II.2.1.b.

On utilise le logiciel de calcul statistique R pour déduire la décomposition de Choleski de notre matrice de variance-covariance, on obtient la matrice suivante notée choleski :

*Figure 13 : Matrice de Choleski associée à la matrice des corrélations*

Matrice de Choleski associée								
1.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.09	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.02	-0.06	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.04	-0.14	0.36	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.02	-0.02	0.18	0.07	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.40	-0.29	-1.63	0.71	2.52	4.15	0.00	0.00	0.00
0.12	0.04	-0.21	0.06	-0.14	0.29	0.65	0.00	0.00
-0.10	-0.12	-0.03	-0.01	-0.13	0.17	-0.10	0.13	0.00
-0.01	-0.02	-0.01	0.02	-0.02	0.03	-0.02	0.00	0.06

Nous simulons maintenant neuf lois normales centrées réduites dont les valeurs sont notées  $N = (n_i)_{i=1...9}$

Notons  $E = (e_i)_{i=1...9}$  le vecteur des erreurs relatives, il est obtenu grâce au produit matriciel :

$$E = \text{choleski } N$$

Notons maintenant  $C = (c_i)_{i=1...9}$  le vecteur des prévisions centrales fourni par la mutuelle cliente ou par l'analyse des résultats passés de la mutuelle par Actélior. On obtient un vecteur aléatoire de neuf paramètres noté  $P = (p_i)_{i=1...9}$  grâce aux calculs :

$$\forall i \in \{1; \dots; 9\}, p_i = c_i \times (1 + e_i)$$

L'idée est donc de générer des séries de neuf paramètres. Chaque série de paramètres permettra de générer un exercice à l'aide de la méthode expliquée au chapitre II.1.

## Mise en œuvre

L'annexe 5 à ce mémoire présente l'onglet de paramétrage des prévisions, on peut y observer les neuf paramètres retenus sur fond orange et leur valeur en rouge. C'est sur ces paramètres que nous allons agir. Nous créons donc un nouvel onglet qui a pour but de préparer la création des vecteurs aléatoires prenant en compte les erreurs définies ci-dessus. On y réalise le tableau suivant qui fournit les prévisions centrales pour les cinq prochains exercices :

*Figure 14 : Tableau des prévisions centrales*

	pour N+1	pour N+2	pour N+3	pour N+4	pour N+5
Evolution annuelle des cotisations (vie et non-vie)	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
Rendement des placements	<b>0.07</b>	<b>0.06</b>	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>
Taux de frais de gestion des sinistres (vie et non-vie)	<b>0.06583412</b>	<b>0.06583412</b>	<b>0.06583412</b>	<b>0.06583412</b>	<b>0.06583412</b>
Taux de frais d'acquisition (vie et non-vie)	<b>0.00762848</b>	<b>0.00762848</b>	<b>0.00762848</b>	<b>0.00762848</b>	<b>0.00762848</b>
Taux de frais d'administration (vie et non-vie)	<b>0.02194031</b>	<b>0.02194031</b>	<b>0.02194031</b>	<b>0.02194031</b>	<b>0.02194031</b>
Taux d'évolution des autres charges techniques (non-vie)	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
Taux d'évolution des autres produits techniques (non-vie)	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
Taux de charges des placements	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>
P/C	<b>0.54</b>	<b>0.54</b>	<b>0.53</b>	<b>0.53</b>	<b>0.53</b>

On en déduit facilement le code R suivant grâce à une formule Excel :

```
param=c(0.01,0.07,0.065834123110289,0.00762848206772117,0.0219403103903902,0.01,0.01,0.6,0.54)
```

En effet, dans le but de faciliter l'utilisation aux personnes non familiarisées au logiciel R, on prendra soin durant tout ce mémoire à ce qu'Excel écrive directement le code à entrer dans R.

Le code suivant permet de générer 100 000 lots de neuf paramètres et donc potentiellement 100 000 exercices (la matrice de Choleski est tronquée pour une plus grande lisibilité).

```
n=100000
choleski=matrix(data=c(1.84008179,0, [...]),nrow=9,ncol=9,byrow=TRUE)
param=c(0.01,0.07,0.065834123110289,0.00762848206772117,0.0219403103903902,0.01,0.01,0.6,0.54)
identite=rep(1,9)
simu=matrix(data=0,nrow=9,ncol=n,byrow=FALSE)
for (k in 1:n)
{gauss=choleski%*%rnorm(9)+identite
for (j in 1:9)
{simu[j,k]=gauss[j]*param[j]}}
```

Il faut maintenant exploiter ces paramètres en tentant d'en déduire un résultat permettant un tri. On va tenter d'obtenir le résultat de l'exercice pour chaque lot de paramètres.

### Sous-section II.2.2.c : Calcul du résultat de l'exercice à partir de la balance

L'utilisation des paramètres en annexe 5 de ce mémoire cumulée aux comptes annuels de l'exercice écoulé permet de déduire par les opérations présentées en chapitre II.1 le résultat de l'exercice, cependant, cette méthode est complexe et son implémentation sous R laborieuse et surtout, elle est couteuse en temps de calcul pour un grand nombre d'exercices simulés.

On propose donc une méthode alternative pour obtenir le résultat de l'exercice : l'utilisation de la balance.

Le résultat de l'exercice peut être défini comme étant :

$$Résultat_N = Produits_N - Charges_N = Total\ comptes\ en\ 7 - Total\ comptes\ en\ 6$$

Chaque client présente cependant ses propres spécificités en termes de remplissage de la balance, on se propose donc de créer une balance type d'une mutuelle santé de taille réduite. Cette balance est simplifiée et prend en compte un degré de raffinement suffisant pour effectuer les calculs nécessaires à ce mémoire. Elle prend en compte les spécificités de chacun des clients d'Actélior pour lesquels des prévisions d'activité sont faites.

On prendra soin de vérifier que cette balance simplifiée de l'exercice N permet d'obtenir (avec quelques paramètres supplémentaires comme l'affectation des produits financiers) le bilan et les comptes de résultats de l'exercice N. On met donc en place un système permettant de passer de la balance simplifiée aux comptes annuels, pour chaque différence, on devra rechercher l'origine de celle-ci.

L'objectif est d'être certain non seulement du remplissage de la balance simplifiée mais aussi des postes des comptes annuels auxquels sont affectés les comptes de la balance. On utilise pour cela par exemple le tableau proposé en annexe 1.

Ci-dessous, un extrait de cette balance simplifiée qui présente le fait que selon qu'un compte soit créditeur ou débiteur, il peut être affecté à des postes différents :

*Figure 15 : Extrait de la balance simplifiée*

420	-475	A6CA	B9DB	B9DB	Comité d'entreprise
421	2304.9	A6CA	B9DB	A6CA	Avances et acomptes
422	-1311.77	A6CA	B9DB	B9DB	Rémunérations dues
423	0	A6CA	B9DB	A6CA	Indemnités
424	-8670.74	A6CA	B9DB	B9DB	Frais et autres charges de personnel
425	-166210.47	A6CA	B9DB	B9DB	Provisions pour engagements sociaux

La première colonne correspond au compte, la deuxième au solde de ce compte, la troisième, le poste d'affectation si le solde est créditeur, la quatrième, le poste si le solde est débiteur, la cinquième, le poste choisi du fait du solde créditeur ou débiteur et la dernière colonne, l'intitulé du compte simplifié.

On applique cette méthode aux comptes en 6 et en 7, on observe que le total des comptes est égal au résultat de l'exercice qui figure au compte de résultat non technique. Le tableau précédent présente la méthode permettant d'affecter chaque compte à son poste. Ainsi, chaque compte en 6 ou en 7 se voit affecter un poste D (compte de résultat technique non-vie), E (compte de résultat technique vie) ou F (compte de résultat non technique).

Selon la méthode déterministe, les postes suivants sont nécessaires au calcul des postes D, E, F de l'exercice suivant, ils sont également importés :

B3D : Provisions pour prestations à payer

D8 utilisé : Poste D8 de l'exercice N-1 car on réalise une moyenne (voir sous-section II.1.2.b)

A1 : Actifs incorporels

Fonds propres

F8 ex préc : Poste F8 de l'exercice N-1 car on réalise une moyenne (voir sous-section II.1.2.b)

A partir de ces informations et des paramètres en annexe 5, on peut déduire les comptes de résultats techniques et non technique de l'exercice suivant en obtenant exactement le même résultat qu'avec la méthode en chapitre II.1. Les données utilisées pour chaque calcul sont indiquées ci-dessous (les montants ont été modifiés) :

Figure 16 : Passage des comptes de résultat N aux comptes de résultat N+1

Calcul déterministe du résultat non technique N+1	N	N+1	
		Valeur	Paramètres utilisés
D1A	-1 407 500	-1 421 575	D1A N, évolution des cotisations
D3	-3 071 254	-3 101 966	D3 N, évolution des autres produits techniques
D4A (1)	707 993	767 047	D1 N+1, P/C N+1, D4B N+1
D4A (2)	50 052	50 538	D4A(1) N+1, D4B N+1, frais de gestion des sinistres
D4B	-23 480	603	B3D N+1, P/C N+1 et N, D1A N+1 et N
D7A	10 734	10 844	D1A N, taux de frais d'acquisition
D7B	30 873	31 190	D1A N, taux de frais d'administration
D8	3 304 885	2 875 499	D8 N, D8 utilisé, évolution des autres charges techniques
E1	-5 924	-5 983	E1 N, évolution des cotisations
E11	1	0	0
E5A	223	0	0
E8A	48	46	E1 N+1, taux de frais d'acquisition
E8B	138	131	E1 N+1, taux de frais d'administration
F10	22 036	7 941	F10 N, F3 N+1 et N
F3	-1 245 268	-448 743	Rendement des placements, fonds propres, A1, D4B N+1, B3D
F5	607 948	269 246	F3 N+1, taux de charge des placements
F8	1 374	2 876	F8 ex préc, F8 N, évolution des autres charges non techniques
<b>Résultat de l'exercice</b>	<b>1 017 120</b>	<b>962 306</b>	
B3D	60 330		
D8 utilisé	2 389 172		
A1	29 404		
Fonds propres	6 379 080		
F8 ex préc	4 158		

La comparaison avec les résultats par la méthode en chapitre II.1 donne les mêmes résultats.

### Sous-section II.2.2.d : Application sous R

On a vu ci-dessus comment déduire le résultat de l'exercice à partir de données de l'exercice précédent, des neuf paramètres choisis, et de l'évolution des autres charges non techniques. Il faut donc exporter les valeurs centrales des neuf paramètres choisis par la mutuelle ou fixés par Actélior et les données de la première colonne du tableau précédent. On crée un tableau du type de celui en annexe 7. L'utilisation de fonctions Excel permet d'écrire le code R afin qu'un vecteur intitulé *param* soit créé, ce vecteur de 34 éléments permet la génération des exercices futurs.

On inclut également dans le code le nombre *n* de simulations (lui aussi choisi via Excel et transformé en code R) et le code permettant d'obtenir directement la matrice de Choleski.

On crée ensuite une matrice appelé *simu* de *n* colonnes et 27 lignes dont les neuf premières sont les paramètres simulés à l'aide du vecteur gaussien et les 18 autres, les valeurs en troisième colonne du tableau précédent calculées à partir des paramètres des neuf premières lignes de *simu* et des données présentes dans *param*. Ainsi, la 27<sup>ème</sup> ligne de *simu* est le résultat de l'exercice qui serait obtenu par la méthode déterministe avec le lot de neuf paramètres renvoyé par la simulation du vecteur gaussien. Chacune des *n* colonnes correspond à un lot de neuf paramètres.

Ci-dessous, une version tronquée du code utilisé.

```
n=100000
choleski=matrix(data=c(1.84008179,[...]),nrow=9,ncol=9,byrow=TRUE)
param=c(0.01,0.07,[...])
paramgauss=param
length(paramgauss)=9
identite=rep(1,9)
simu=matrix(data=0,nrow=27,ncol=n,byrow=FALSE)
for (k in 1:n)
{
  gauss=choleski%*%rnorm(9)+identite
  for (j in 1:9)
  {
    simu[j,k]=gauss[j]*param[j]
  }
  simu[10,k]=param[10]*(1+simu[1,k])
  [... calcul des lignes 11 à 26 ...]
  for (l in 10:26)
  {
    simu[27,k]=simu[27,k]-simu[l,k]
  }
}
```

On a ici simulé 100 000 comptes de résultats techniques vie, non-vie et non techniques possibles selon la méthode de l'outil déterministe en simulant à chaque fois un paramétrage tenant compte à la fois des attentes de la mutuelle cliente et des erreurs relatives commises par le passé.

## Section II.2.3 : L'intégration à l'outil

### Sous-section II.2.3.a : Le tri des simulations

On rappelle qu'on dispose désormais d'une matrice *simu* de n exercices N+1 possibles. Chaque simulation commence par les neuf paramètres principaux et se termine en 27<sup>ème</sup> ligne par le résultat de l'exercice. On choisit d'utiliser le résultat de l'exercice comme critère de la qualité d'un exercice, en effet il est le premier souci à court terme des petites mutuelles et un indicateur à la fois de la qualité de la gestion technique ou non de la mutuelle. On crée ainsi une relation d'ordre entre les exercices simulés :

$$Exercice_A > Exercice_B \Leftrightarrow Résultat\ non\ technique_A > Résultat\ non\ technique_B$$

Selon cette relation, on peut dire qu'un exercice A est supérieur à un autre B si le résultat de A est plus élevé que celui de B.

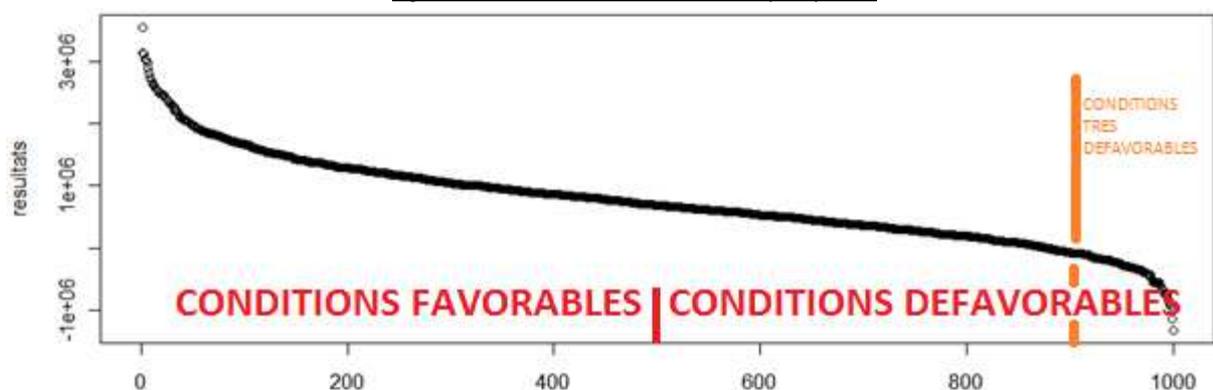
On trie les résultats par ordre décroissant. Ainsi, l'exercice en colonne 1 est le meilleur. L'opération est facilement réalisée sous R.

Le calcul de la moyenne avec les simulations montre que la moyenne des résultats des exercices simulés est légèrement différente du résultat de l'exercice obtenu dans l'outil déterministe en utilisant les valeurs centrales des neuf paramètres. La raison est que le résultat de l'exercice n'est pas une fonction linéaire des neuf paramètres, ainsi, la moyenne des résultats pour plusieurs paramètres n'est pas le résultat pour la moyenne de ces paramètres.

Ceci n'a pas d'importance pour la suite car les n résultats de l'exercice obtenus par les simulations ne servent que de critère de tri.

La structure des résultats triés pour 1 000 exercices simulés est la suivante :

*Figure 17 : Résultats de l'exercice triés par qualité*



On observe que les résultats sont plutôt stables entre 200 et 800 et que les extrémités ont une pente bien plus importante. Ceci provient de l'interaction entre les paramètres dans les calculs. Par exemple, si le P/C est mauvais et engendre des prestations fortes et qu'en plus le taux de frais de gestion des sinistres est important, l'effet sur le résultat est d'autant plus important que les deux paramètres sont multipliés pour obtenir les frais de gestion.

### Sous-section II.2.3.b : L'obtention des paramètres pour l'outil déterministe

Le tri des résultats permet de déduire facilement une méthode pour déterminer les paramètres à utiliser en conditions favorables, normales, défavorables et très défavorables. Le critère choisi est le suivant :

- Conditions favorables : on retient les 50 % de simulations les plus favorables. Ainsi, pour 100 000 simulations, on retient les 50 000 premières colonnes de la matrice triée par résultat. On choisit alors comme paramètres pour l'outil déterministe les moyennes des valeurs des paramètres sur la matrice de 50 000 colonnes retenue. Par exemple, l'évolution annuelle des cotisations en conditions favorables est la moyenne des évolutions annuelles des cotisations de la première moitié des simulations triées par qualité décroissante. Les données retenues sont visualisables en figure 17.

- Conditions normales : de même en retenant toutes les simulations, la moyenne obtenue sur les neuf paramètres correspond alors aux paramètres centraux fixés par la mutuelle ou Actélior.

- Conditions défavorables : de même en retenant les 50 % des simulations les plus défavorables. Les données retenues sont visualisables en figure 17.

- Conditions très défavorables : de même en retenant les 10 % des simulations les plus défavorables, l'observation de la courbe précédente montre que ce critère est d'autant plus défavorable que la courbe a une pente élevée pour les dernières simulations. Les données retenues sont visualisables en figure 17.

On numérote ces conditions dans le code, ainsi les conditions choisies correspondent à un chiffre entre 0 et 3 associé à la condition choisie par l'utilisateur. L'ordre est le même que ci-dessus.

En ayant nommé *trisini* la matrice triée, le code est alors simple. Par exemple, dans le cas de conditions défavorables, il s'agit d'ajouter au début du code *conditions = 2* et à la fin du code :

```
colDefav=rep(1,n/2)
for (i in 1:n/2)
{colDefav[i]=n/2+i}
Defav=trisini[,colDefav]
resultfin=rep(0,10)
if (conditions==2)
{
  for (z in 1:9){resultfin[z]=mean(Defav[z,])}
  resultfin[10]=mean(Defav[27,])
}
```

On obtient un vecteur *resultfin* de dix éléments dont les neuf premiers sont les paramètres à exporter vers l'outil et le dixième, la moyenne des 50 % plus mauvais résultats, c'est-à-dire une « Tail Value at Risk » à 50 % qui donne une approximation du résultat qu'obtiendra l'outil déterministe avec les neuf paramètres figurant dans *resultfin*. On obtient ainsi un moyen de contrôler les résultats obtenus.

### Sous-section II.2.3.c : L'intégration dans l'outil

L'outil Excel est proposé pour des prévisions d'activité sur 5 ans, ainsi les tableaux de paramètres présentés précédemment sont prévus pour quatre exercices de plus, de même que les onglets de résultats et de paramètres comme on peut le voir en annexes 4, 5 et 6.

Le code R est par contre prévu pour un exercice uniquement, ainsi, on doit partir des données de l'exercice N et utiliser les paramètres pour N+1 pour obtenir le vecteur *param* à utiliser sous R. Excel génère alors automatiquement le code à copier-coller sur R.

Le code exécuté sous R renvoie alors le vecteur *resultfin* qu'il convient de renvoyer vers Excel. Les neufs premiers éléments du vecteur sont les paramètres à retenir, on colle ce vecteur sous R sur une interface prévue pour déduire les valeurs en format Excel. Une fois convertis, les paramètres sont directement pris en comptes pour le calcul déterministe de l'exercice N+1 sous Excel. Ceci permet de déduire les données nécessaires au calcul de N+2. Ces données ajoutées aux prévisions centrales pour N+2 permettent de générer un nouveau code R. On répète ainsi cinq fois l'opération.

Ci-dessous, un extrait de l'interface de passage d'Excel vers R.

Figure 18.1 : Extrait de l'interface d'export du code R

Nombre de simulations	100 000				
	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Hypothèse d'activité	Normale	Défavorable	Très défavorable	Normale	Favorable
	Copier coller ce code dans R pour obtenir les paramètres pour N+1	Copier coller ce code dans R pour obtenir les paramètres pour N+2	Copier coller ce code dans R pour obtenir les paramètres pour N+3	Copier coller ce code dans R pour obtenir les paramètres pour N+4	Copier coller ce code dans R pour obtenir les paramètres pour N+5
	n=100000 conditions=1 choleski=matrix(c(0.01,0.01,0.01,0.01,0.01),n,n) param=c(0.01,0.01,0.01,0.01,0.01) paramgauss=paramgauss+parlength(paramgauss) identite=rep(1,9) simu=matrix(data,9,n)	n=100000 conditions=2 choleski=matrix(c(0.01,0.01,0.01,0.01,0.01),n,n) param=c(0.01,0.01,0.01,0.01,0.01) paramgauss=paramgauss+parlength(paramgauss) identite=rep(1,9) simu=matrix(data,9,n)	n=100000 conditions=3 choleski=matrix(c(0.01,0.01,0.01,0.01,0.01),n,n) param=c(0.01,0.01,0.01,0.01,0.01) paramgauss=paramgauss+parlength(paramgauss) identite=rep(1,9) simu=matrix(data,9,n)	n=100000 conditions=1 choleski=matrix(c(0.01,0.01,0.01,0.01,0.01),n,n) param=c(0.01,0.01,0.01,0.01,0.01) paramgauss=paramgauss+parlength(paramgauss) identite=rep(1,9) simu=matrix(data,9,n)	n=100000 conditions=0 choleski=matrix(c(0.01,0.01,0.01,0.01,0.01),n,n) param=c(0.01,0.01,0.01,0.01,0.01) paramgauss=paramgauss+parlength(paramgauss) identite=rep(1,9) simu=matrix(data,9,n)
	for (k in 1:n)				

L'utilisateur remplit les cases grisées. Le nombre de simulations choisi s'inscrit directement dans la première ligne de code. L'hypothèse d'activité choisie à l'aide d'une liste déroulante s'inscrit directement dans la deuxième ligne de code. La troisième ligne correspond à un code créant directement la matrice de Choleski (ne pas la recalculer réduit les temps de réponse), la quatrième ligne est le vecteur *param* qui est alimenté directement par les paramètres centraux choisis par l'utilisateur et par les données nécessaires provenant notamment de l'exercice précédant celui à simuler.

L'utilisateur, même non initié à R, peut donc facilement utiliser l'outil. Il suffit juste de copier-coller dans R la zone désignée sur Excel. R exécute alors le code et renvoie une réponse du type :

```
> resultfin
[1] 1.009035e-02
[2] 7.011182e-02
[3] 6.586270e-02
[4] 7.628772e-03
[5] 2.195532e-02
[6] 9.932826e-03
[7] 9.966132e-03
[8] 5.973747e-01
[9] 5.397815e-01
[10] 7.538946e+05
```

L'utilisateur n'a qu'à copier cette zone et la coller dans l'interface Excel prévue à cet effet :

Figure 18.2 : Extrait de l'interface d'import du code R

TRANSFORMATEUR DE CODE		
Copier dans R la matrice renvoyée en fin d'exécution du code et la coller en		Paramètres à reporter ci-dessous (copier en valeur)
I8		
[1]	1.01E-02	1.01% Evolution annuelle des cotisations (vie et non vie)
[2]	7.01E-02	7.01% Rendement des placements
[3]	6.59E-02	6.59% Taux de frais de gestion des sinistres (vie et non vie)
[4]	7.63E-03	0.76% Taux de frais d'acquisition (vie et non vie)
[5]	2.20E-02	2.20% Taux de frais d'administration (vie et non vie)
[6]	9.93E-03	0.99% Taux d'évolution des autres charges techniques (non vie)
[7]	9.97E-03	1.00% Taux d'évolution des autres produits techniques (non vie)
[8]	5.97E-01	59.74% Taux de charges des placements
[9]	5.40E-01	53.98% P/C
[10]	7.54E+05	
Résultat approximatif de l'exercice		753 895 €

	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Evolution annuelle des cotisations (vie et non vie)	1.01%				
Rendement des placements	7.01%				
Taux de frais de gestion des sinistres (vie et non vie)	6.59%				
Taux de frais d'acquisition (vie et non vie)	0.76%				
Taux de frais d'administration (vie et non vie)	2.20%				
Taux d'évolution des autres charges techniques (non vie)	0.99%				
Taux d'évolution des autres produits techniques (non vie)	1.00%				
Taux de charges des placements	59.74%				
P/C	53.98%				

Coller le résultat renvoyé par R dans la zone grisée alimente directement les cases à droite du premier tableau. Il suffit alors de les recopier en valeur dans le deuxième tableau pour l'exercice concerné. Une fois cette opération effectuée (ici pour N+1), le bilan, les comptes de résultat, les C5, les C6 et les données de N+1 nécessaires à N+2 sont directement alimentés. Il suffit alors de recommencer le copier-coller du code R à partir d'Excel mais pour le code dans la colonne correspondant à N+2. A terme, on obtient les prévisions d'activité sur 5 ans pour les paramètres (évolution des cotisations, P/C...) et les conditions (favorables, normales...) choisis.

## CHAPITRE II.3 : L'ANALYSE DES RESULTATS

### Section II.3.1 : Tests de normalité

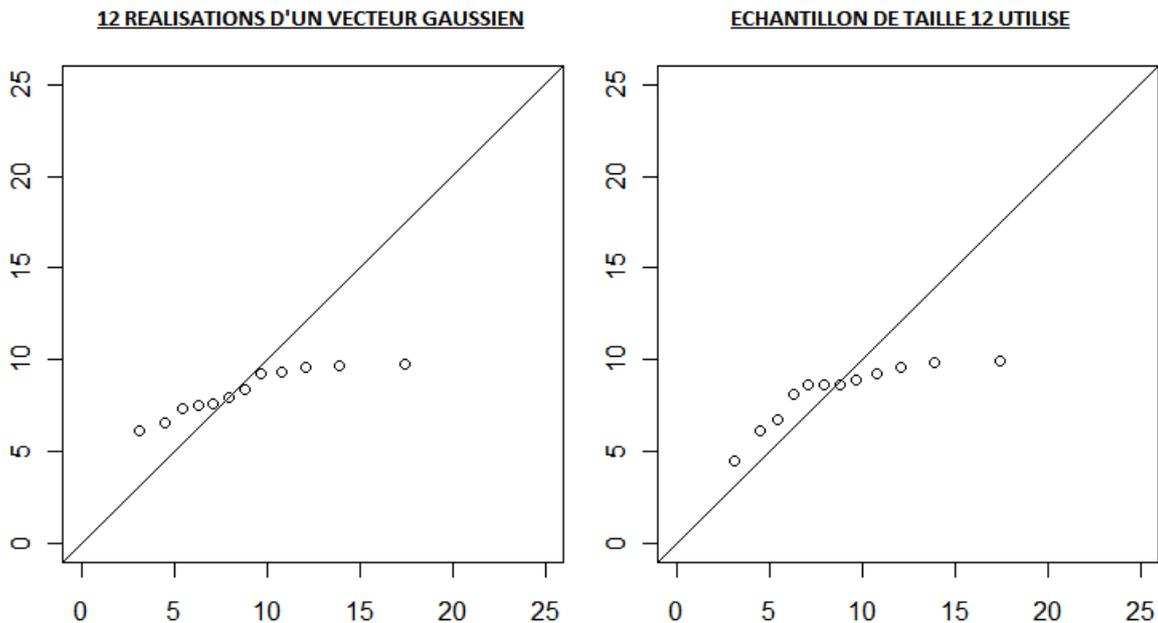
#### Sous-section II.3.1.a : Contrôle de la normalité multivariée des erreurs relatives

On souhaite contrôler que les données utilisées pour créer la matrice de Choleski et donc le vecteur gaussien suivent bien une loi normale multivariée. On ne retient que les clients et les exercices pour lesquels on dispose de toutes les erreurs relatives sur les paramètres. On dispose alors d'une matrice à neuf lignes (une par paramètre) et douze colonnes. L'échantillon de taille 12 est très petit et pour tenter de simplifier l'analyse, on va comparer cette matrice, appelée  $y$  à une matrice [9 ; 12] dont on est sûr qu'elle suit une loi gaussienne, on retient pour cela la technique de simulation proposée précédemment avec la même matrice de Choleski. On propose tout d'abord une analyse graphique grâce à un QQ-Plot. On choisit en ordonnée la distance de Mahalanobis. Pour un vecteur multivarié  $x$  de vecteur des moyennes  $m$  et de matrice de variance-covariance  $\Sigma$ , la distance de Mahalanobis est définie par :

$$D_M(x) = \sqrt{(x - m)^t \Sigma^{-1}(x - m)}$$

L'abscisse est ici constituée des 12 quantiles de la loi du Chi 2 à neuf degrés de liberté.

*Figure 19 : QQ-plots de nos données et d'un vecteur gaussien*



On observe que la proximité avec la diagonale est globalement similaire dans les deux cas, on ne peut donc pas rejeter l'hypothèse de normalité. Le code servant à créer le QQ-plot figure en annexe 8 de ce mémoire.

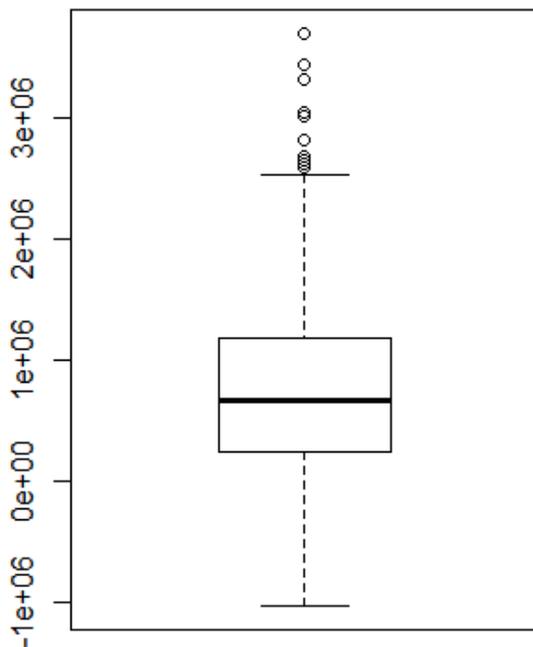
Pour obtenir une p-value, on va utiliser le test de normalité multivariée *mshapiro.test* sous R. Cette fonction figure dans le package *mvnrmtest*. Ce test renvoie une p-value de  $6,92 \times 10^{-6}$  dans le cas de la loi gaussienne simulée et une p-value de  $1,65 \times 10^{-5}$  dans le cas de notre échantillon.

La faible quantité de données est suffisante pour observer et analyser les matrices de variance-covariance de nos erreurs relatives mais pas pour déterminer si les erreurs suivent une loi connue. Le choix d'un vecteur gaussien nous oblige donc à poser en hypothèse la normalité multivariée nos erreurs relatives.

### Sous-section II.3.1.b : Analyse des résultats de l'exercice

Dans cette sous-section, nous allons observer la structure des résultats de l'exercice obtenus avec la méthode proposée en chapitre II.2. La boîte à moustache des résultats pour 1 000 simulations est la suivante :

*Figure 20.1 : Boîte à moustache des résultats de l'exercice*



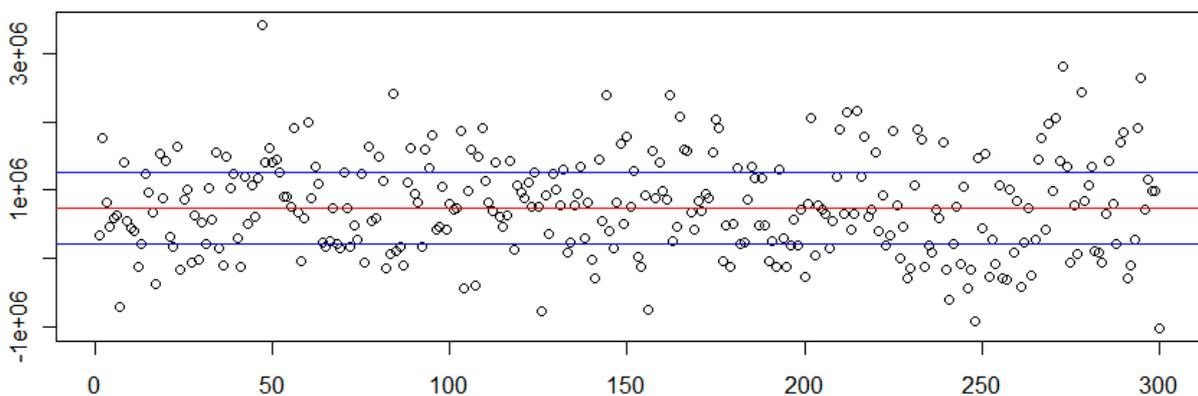
On observe que les données sont relativement symétriques par rapport à la valeur moyenne.

L'observation des déciles et des valeurs hors de l'intervalle créé par les déciles montre que les meilleurs résultats ont tendance à être plus éloignés de la moyenne que les plus mauvais résultats.

Ainsi, on peut en déduire que la méthode choisie favorise l'existence de très bons résultats.

Ce phénomène peut également être observé sur le nuage de points suivant auquel ont été ajoutés la moyenne et les quartiles :

*Figure 20.2 : Nuage de points des résultats de l'exercice*



Le code nécessaire à la création de ces graphiques est proposé en annexe 9.

On peut maintenant s'intéresser à la variance des résultats des exercices simulés. On voudrait savoir si la dispersion de nos résultats vu notre méthode reflète ce que serait la dispersion réelle des résultats d'une mutuelle pour un même exercice dans des conditions différentes. Il est évidemment impossible de disposer de telles données.

Faute de pouvoir étudier les résultats d'un même exercice en conditions différentes, on va étudier les résultats des exercices successifs de mutuelles clientes d'Actélior qui ont atteint un certain « régime de croisière ». Ainsi, on se rapproche le plus possible de mêmes exercices en conditions différentes. Idéalement, on doit donc s'attendre à ce que la dispersion obtenue par notre modèle soit légèrement plus faible que celle obtenue pour les mutuelles clientes étudiées car dans notre modèle, il s'agit d'un même exercice.

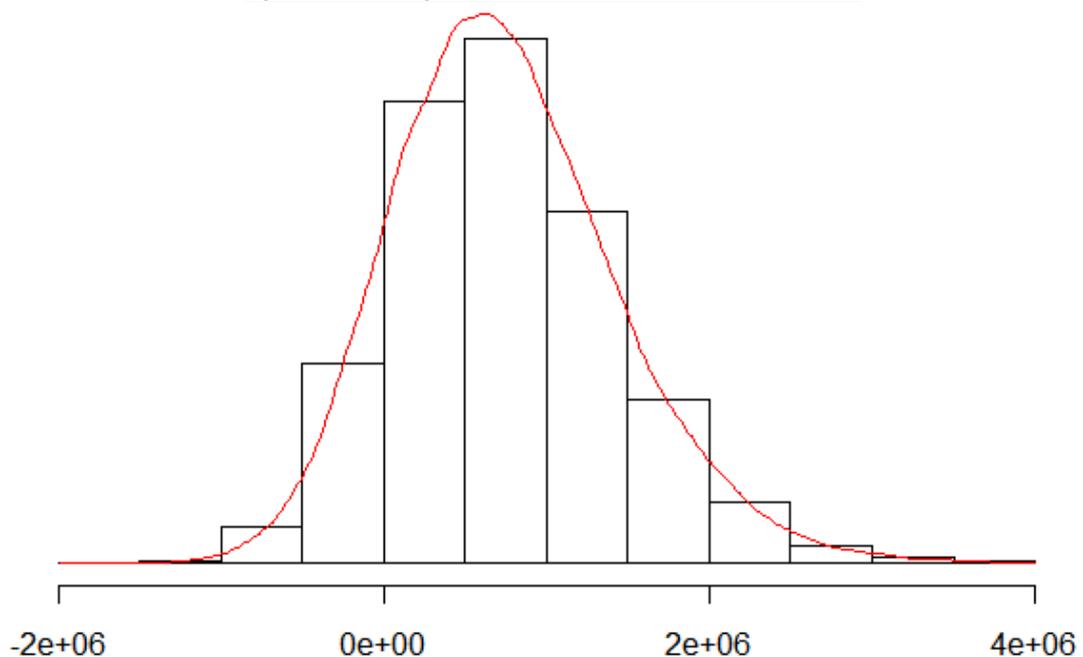
On dispose de ce type de données pour neuf clients que l'on étudie sur une période de quatre ans. On choisit comme mesure de dispersion le coefficient de variation qui est le rapport de l'écart type à la moyenne. On déduit pour chaque mutuelle son coefficient de variation et on calcule la moyenne des valeurs absolues de ces coefficients de variation. On obtient un coefficient de variation type de 158 %. Les calculs sont proposés en annexe 9.

Le calcul du coefficient de variation des résultats de 100 000 exercices simulés avec notre méthode est de 92,7 %, ce qui est acceptable selon le critère proposé ci-dessus. Le code utilisé figure en annexe 9.

#### Sous-section II.3.1.c : Normalité des résultats de l'exercice

Malgré la dissymétrie observée sur le nuage de points et la boîte à moustache, on peut s'interroger sur la possible normalité des résultats de l'exercice. On propose de commencer par une analyse graphique à l'aide d'un histogramme et de la densité. Le code utilisé figure en annexe 9.

*Figure 20.3 : Histogramme et densité des résultats de l'exercice*



L'observation du graphique des densités montre que les résultats se rapprochent légèrement de ceux d'une loi normale, cependant, on observe encore une fois l'asymétrie positive de la courbe.

Testons d'abord si la loi est normale à l'aide du test de Kolmogorov Smirnov disponible sous R grâce à la fonction `ks.test` dont la répartition testée est la loi normale. Le code utilisé se trouve en annexe 9 :

#### One-sample Kolmogorov-Smirnov test

```
data: simu[27, ]
D = 0.0313, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: two-sided
```

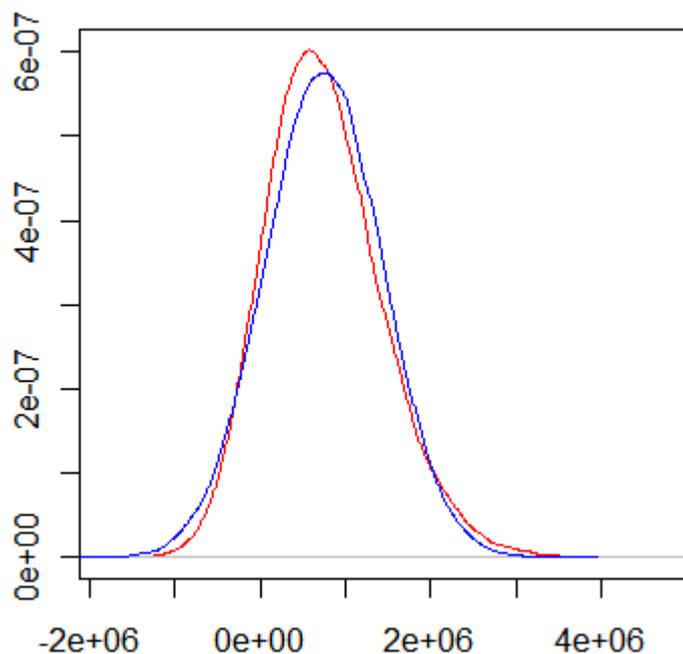
La p-value obtenue est très faible, les résultats de l'exercice ne suivent clairement pas une loi normale.

Intéressons nous maintenant à l'asymétrie de la densité des résultats de nos simulations. Nous allons pour cela calculer le coefficient de dissymétrie (« skewness »). Ce coefficient correspond au moment centré standardisé d'ordre 3. L'asymétrie semble ici positive, c'est-à-dire que la queue de distribution est plus grosse ou plus longue à droite. On devrait donc avoir un coefficient de dissymétrie positif. On rappelle que la loi normale étant parfaitement symétrique, son coefficient de dissymétrie est nul. On applique à nos résultats la fonction `skewness` du package Moments. On obtient un coefficient de dissymétrie de 0,46. Ce résultat confirme la tendance de la courbe à avoir des queues de distribution plus fortes à droite.

Nous pouvons aussi observer le kurtosis qui est le moment centré standardisé d'ordre 4, c'est le coefficient d'aplatissement, plus il est élevé, plus la courbe de la densité est « pointue ». De ce point de vue, notre courbe ressemble à une loi normale, elle devrait donc avoir un kurtosis proche de 3. La fonction `kurtosis` de R figurant dans le package Moments permet de calculer le kurtosis. Il est ici d'une valeur de 3,44.

Figure 20.4 : Densité des résultats de l'exercice et de la loi normale

Nos résultats ont donc l'allure générale d'une loi normale mais la distribution est asymétrique avec des queues de distribution plus fortes à droite et notre densité est moins aplatie. Les défauts d'aplatissement et d'asymétrie s'observent facilement sur le graphique ci-contre où la courbe rouge correspond à la densité de nos résultats et la courbe bleue à la densité de la loi normale de même espérance et variance. Le code se trouve en annexe 9.



## Section II.3.2 : Analyse paramétrique des résultats

### Sous-section II.3.2.a : Corrélation entre les paramètres et le résultat

On va étudier l'impact de chaque paramètre sur le résultat de l'exercice. Pour cela, on crée une matrice appelée *data* de dix colonnes et 100 000 lignes, les neuf premières colonnes représentent les paramètres, la dixième, le résultat de l'exercice correspondant, pour en faciliter l'analyse, on choisit de normer les dix vecteurs, c'est-à-dire de les centrer et les réduire. On en déduit facilement le tableau suivant des corrélations de chaque paramètre avec le résultat de l'exercice :

*Figure 21 : Corrélation du résultat de l'exercice avec les paramètres*

Paramètre	Corrélation avec le résultat
Evolution annuelle des cotisations	34%
Rendement des placements	54%
Taux de frais de gestion des sinistres	5%
Taux de frais d'acquisition	-2%
Taux de frais d'administration	14%
Taux d'évolution des autres charges techniques	-59%
Taux d'évolution des autres produits techniques	0%
Taux de charges des placements (par rapport aux produits des placements)	-90%
P/C net de frais de gestion brut de réassurance	-64%

Le code utilisé est le suivant :

```
data=matrix(data=rep(0,n*10),nrow=n,ncol=10)
for (i in 1:9) {data[,i]=trisimu[i,]}
data[,10]=trisimu[27,]
#centrage et réduction
datanorme=scale(data)
#matrice de corrélation
cor(datanorme)
#corrélations du résultat de l'exercice
cor(datanorme)[10,]
```

On observe que cinq paramètres ont un effet important sur le résultat, l'évolution annuelle des cotisations, le rendement des placements, l'évolution des autres charges techniques, le taux de charge de placements et le P/C.

Les taux de frais ont un effet plus limité car les sommes en jeu sont moins importantes. Seul le taux de charge des placements fait figure d'exception mais son impact est d'autant plus fort qu'on a permis à ce paramètre d'avoir une très forte variance lors de la création du vecteur gaussien.

### Sous-section II.3.2.b : Analyse des valeurs propres

Considérons le cas où on découvrirait la matrice précédente sans savoir à quoi elle correspond et qu'on veuille avoir une idée du nombre de degrés de liberté.

Le package `ade4` de R permet d'écrire le code suivant :

```
dudi.pca(datanorme, scann=FALSE, nf=10)$eig*100/  
sum(dudi.pca(datanorme, scann=FALSE, nf=10)$eig)
```

Ce code renvoie le vecteur trié des valeurs propres divisées par la somme des valeurs propres sous la forme d'un pourcentage. On voit ainsi la part de l'inertie totale prise en compte par chaque vecteur propre. Le résultat obtenu est le suivant :

*Figure 22 : Part de l'inertie absorbée par les vecteurs propres (par ordre de valeur propre)*

<b>Pourcentage de l'inertie par vecteur propre</b>	32,4 %	28,2 %	12,7 %	8,5 %	7,8 %	4,9 %	4,6 %	0,6 %	0,2 %	0,2 %
<b>Part cumulée de l'inertie totale</b>	32 %	61 %	73 %	82 %	90 %	95 %	99 %	100 %	100 %	100 %

On observe que six vecteurs sont nécessaires pour prendre en compte 95 % de l'inertie totale de nos données. Comparé au nombre de paramètres qui est de neuf, le nombre de vecteurs propres nécessaire est très élevé. On en déduit que les paramètres retenus sont utiles.

### Sous-section II.3.2.c : L'ordre des paramètres face à l'ordre des résultats

Les paramètres utilisés dans l'outil pour les prévisions sont calculés à partir du tri des simulations par résultat de l'exercice. Ainsi, les paramètres les plus influents devraient eux aussi avoir tendance à être triés. On se propose d'observer ce phénomène.

Avoir utilisé `trisimu` dans le code en section II.3.2.a nous permet d'avoir des simulations ordonnées par résultats de l'exercice. Ainsi, on peut tracer les valeurs des paramètres par ordre de résultat de l'exercice correspondant à la simulation. On devrait voir apparaître une « structure » pour les paramètres les plus influents. On ajoute donc une courbe de tendance linéaire dans ce but. Les neuf graphiques obtenus sont présentés en annexe 10.

On observe une structure et une pente très importante pour les charges des placements qui est donc le paramètre le plus influent sur les résultats de l'exercice. Les rendements des placements, l'évolution des cotisations, l'évolution des autres charges techniques et le P/C ont également une forte structure et une pente en accord avec le signe de leur corrélation avec le résultat calculée en sous-section II.3.2.c. L'observation de ces graphiques ne nous donne pas que des informations en amont sur le résultat obtenu d'après les paramètres simulés. Il nous renseigne aussi sur les paramètres qui seront exportés de R vers Excel pour alimenter l'outil déterministe. Par exemple, en conditions favorables, le taux d'évolution des cotisations retenu dans l'outil sera la moyenne des taux d'évolution situés dans la moitié gauche du premier graphique proposé en annexe 10. Ainsi, les paramètres qui influencent peu le tri des simulations (frais de gestion, d'administration, d'acquisition et autres produits techniques) auront peu tendance à varier donc ne seront pas particulièrement « bons ou mauvais » selon les conditions choisies.

## Section II.3.3 : Analyse des résultats d'un scénario sur 5 ans

### Sous-section II.3.3.a : Objectifs et paramètres

Dans cette partie, on propose de réaliser un exemple d'utilisation de l'outil avec plusieurs objectifs :

- Vérifier le bon fonctionnement de l'outil
- Contrôler l'effet des paramètres sur le taux de couverture de la marge de solvabilité, le taux de couverture des engagements réglementés, l'évolution des fonds propres et les résultats techniques et non techniques
- Présenter les graphiques réalisés par l'outil
- Proposer une analyse type qui pourrait être effectuée grâce à l'outil

Dans ce but, on choisit un scénario sur 5 ans qui permette d'analyser ces éléments. On va prendre comme prévisions centrales les prévisions utilisées jusqu'ici, c'est-à-dire celles qui figurent en annexe 5 de ce mémoire.

On opte pour 100 000 simulations à chaque exercice et on choisit un scénario selon le tableau suivant :

*Figure 23.1 : Conditions retenues pour le scénario*

	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Hypothèse d'activité	Très défavorable	Normale	Normale	Normale	Favorable

L'objectif est donc de voir l'effet provoqué par des paramètres très défavorables en exercice N+1 et de voir la capacité de la mutuelle à se redresser après trois années en conditions normales. Les conditions sont fixées à favorables en N+5 pour voir l'effet de ce paramétrage sur les résultats obtenus. Après réalisation de tous les calculs, on a obtenu le tableau de paramétrage suivant :

*Figure 23.2 : Paramètres retenus suite aux simulations*

	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Evolution annuelle des cotisations (vie et non-vie)	0,03 %	1,00 %	1,00 %	1,00 %	1,50 %
Rendement des placements	5,87 %	6,00 %	5,00 %	5,00 %	5,50 %
Taux de frais de gestion des sinistres (vie et non-vie)	6,26 %	6,59 %	6,58 %	6,58 %	6,68 %
Taux de frais d'acquisition (vie et non-vie)	0,74 %	0,76 %	0,76 %	0,76 %	0,76 %
Taux de frais d'administration (vie et non-vie)	2,05 %	2,20 %	2,19 %	2,19 %	2,23 %
Taux d'évolution des autres charges techniques (non-vie)	6,99 %	1,00 %	1,01 %	1,01 %	-1,85 %
Taux d'évolution des autres produits techniques (non-vie)	1,05 %	1,00 %	1,00 %	1,00 %	0,99 %
Taux de charges des placements	131,80 %	60,02 %	60,01 %	60,09 %	27,91 %
P/C	58,90 %	53,99 %	53,00 %	53,02 %	50,78 %

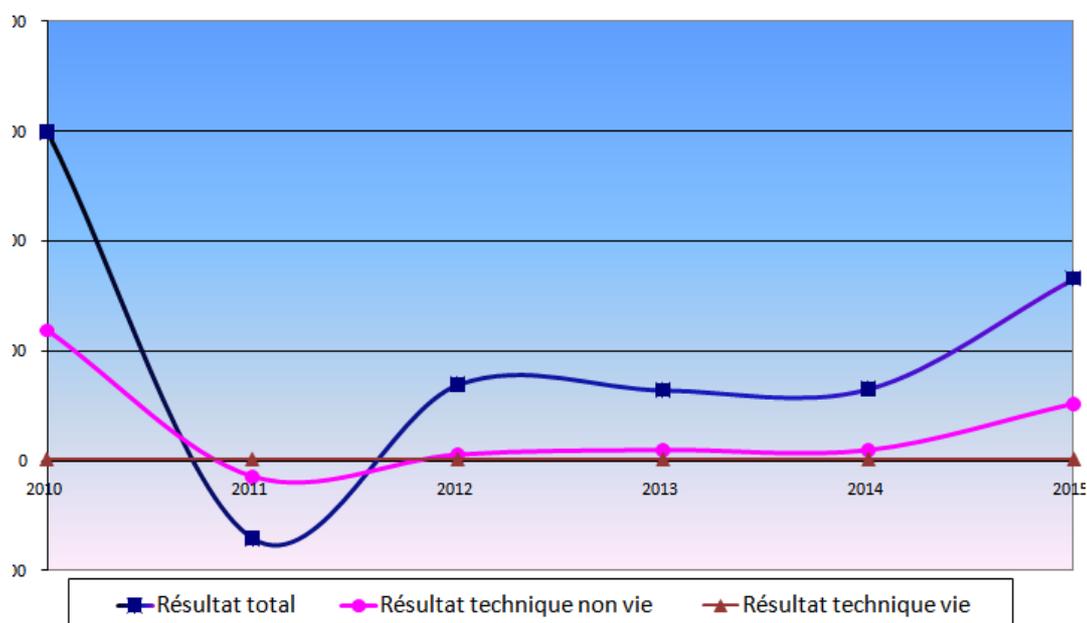
Après les cinq allers-retours, on observe que R a renvoyé des paramètres à la fois cohérents et en accord avec les conditions choisies.

### Sous-section II.3.3.b : Evolution des résultats et des fonds propres

L'outil fournit directement un graphique des résultats techniques et des résultats non techniques pour chaque exercice.

Figure 24.1 : Résultats sur 5 ans

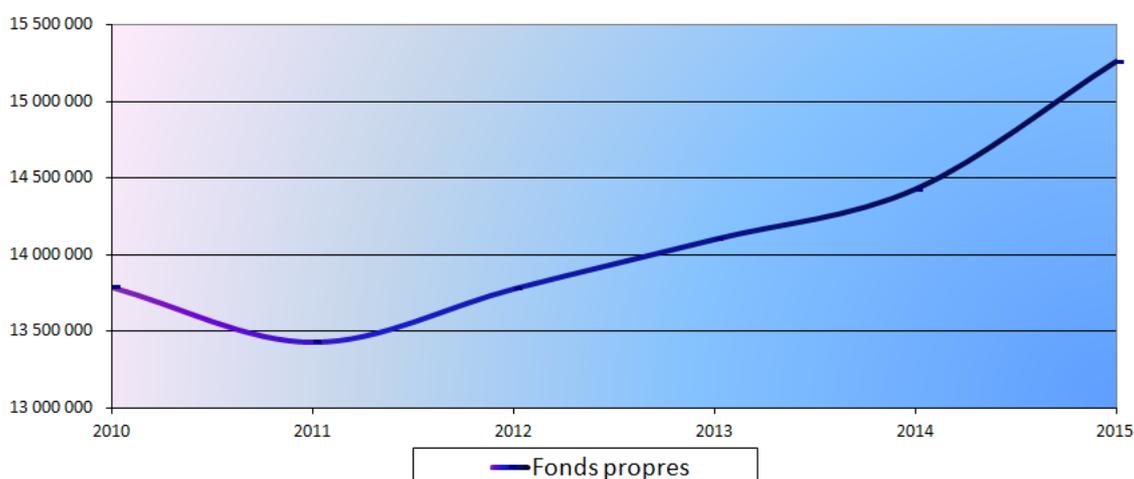
#### Evolution des résultats techniques et du résultat non technique sur 5 ans



Ce graphique reflète l'impact immédiat des paramètres sur le résultat total. L'année 2011, choisie en conditions très défavorables connaît une vraie chute. Le retour en conditions normales permet de redresser le résultat en 2012 et de le stabiliser jusqu'en 2014. Les conditions favorables de 2015 permettent une augmentation du résultat à la fin du scénario. (On peut observer que l'échelle de l'axe des ordonnées est tronquée, ceci est volontaire pour des raisons de confidentialité).

Les fonds propres, élevés à l'origine pour cette mutuelle, sont relativement peu impactés par la baisse puis se développent par la suite grâce aux exercices bénéficiaires à partir de 2012.

Figure 24.2 : Fonds propres sur 5 ans



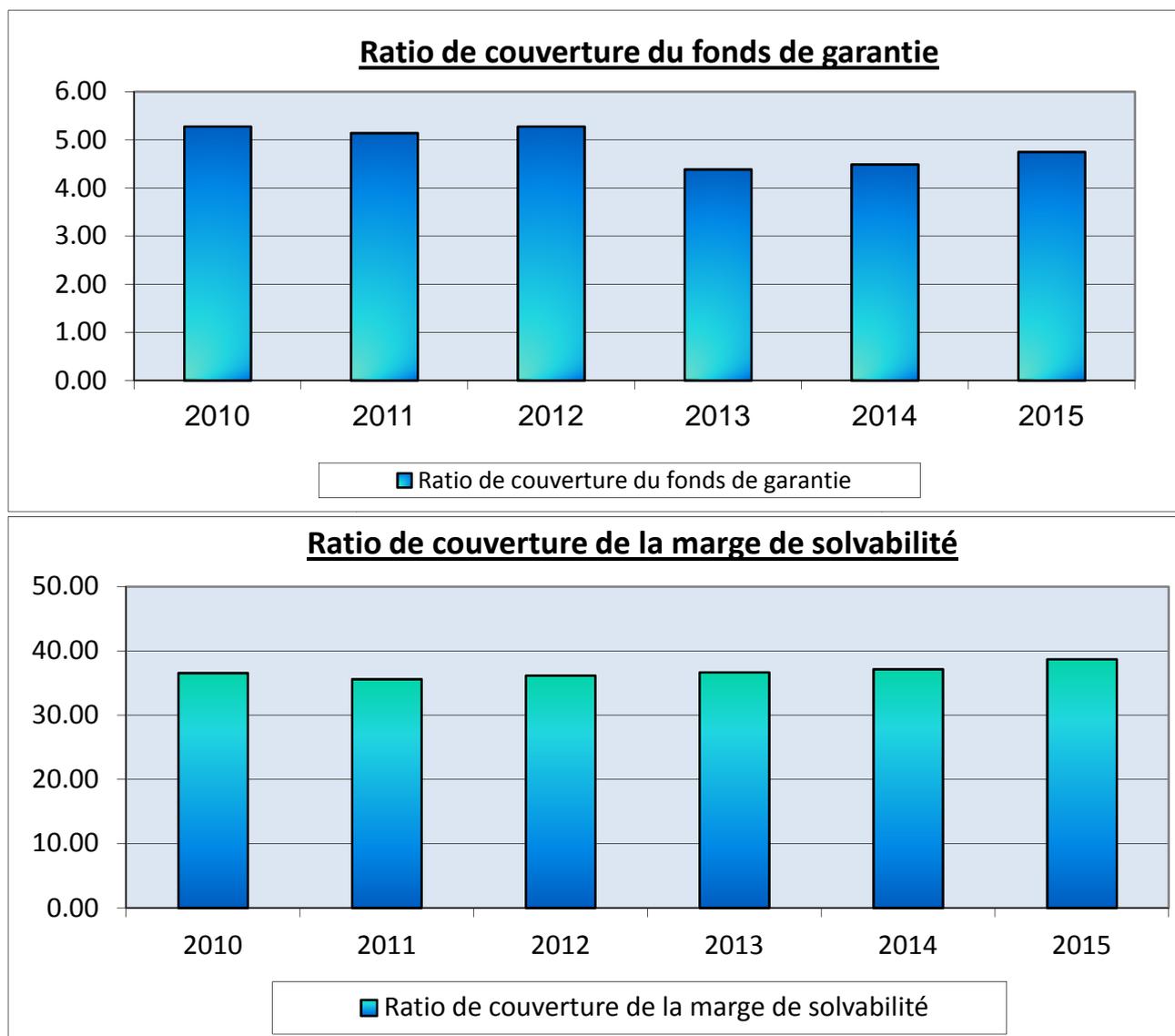
### Sous-section II.3.3.c : Etats C6 et C5 : Evolution des taux de couverture

L'état C6 prévisionnel permet de tracer les histogrammes suivants qui représentent l'évolution des taux de couverture du fonds de garantie et de la marge de solvabilité.

Les taux de couverture de la marge de solvabilité et du fonds de garantie restent stables, la mutuelle résiste bien à un exercice défavorable en terme de couverture du fonds de garantie et de la marge de solvabilité. On remarque des niveaux très importants de couverture de la marge de solvabilité, ceci est du à la petite taille des mutuelles clientes d'Actélior : le fonds de garantie est bien plus élevé que l'exigence de marge de solvabilité.

On remarque une baisse en 2013 du ratio de couverture du fonds de garantie, ceci est du à une modification réglementaire faisant passer le fonds de garantie à constituer de 2 600 000 € jusqu'en 2012 à 3 200 000 € à partir de 2013 pour prendre en compte l'arrivée de Solvabilité II. On constate ici la forte sensibilité des petits organismes aux modifications réglementaires.

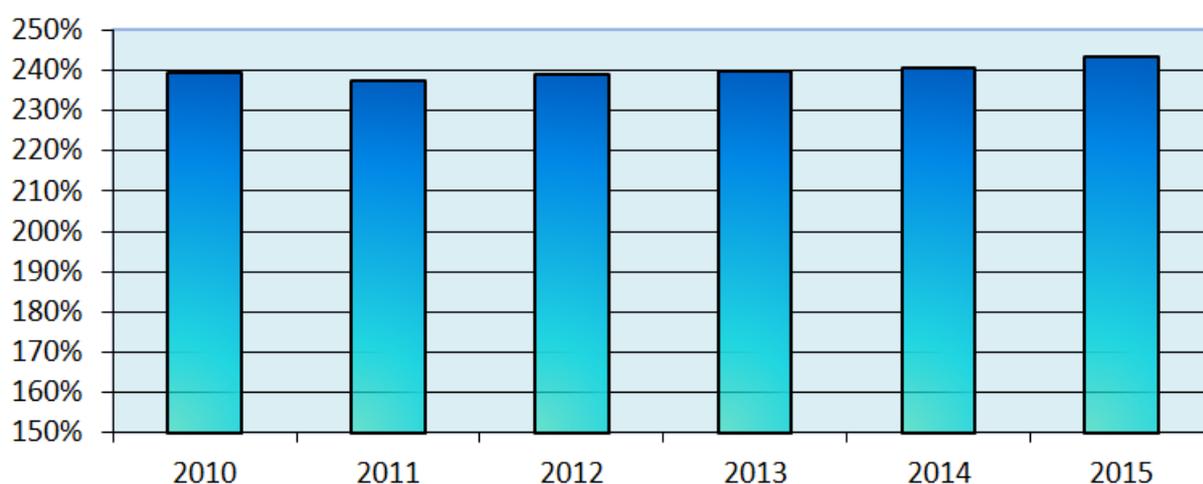
*Figure 24.3 : Couverture du fonds de garantie t de la marge de solvabilité sur 5 ans*



Le C5 prévisionnel permet de réaliser le graphique suivant, on observe que les importants fonds propres de la mutuelle étudiée permettent ici une bonne couverture des engagements réglementés malgré un exercice difficile. La couverture des engagements réglementés est majoritairement assurée par les placements mentionnés du 1° au 17° de l'article R.212-31, or, ces placements et actifs sont admis en représentation dans une certaine limite qui est la base de dispersion. Ainsi, si la base de dispersion augmente ou diminue, les limites admises pour les placements augmentent et diminuent respectivement. Donc, dans le cas où la majorité des placements dépasse les règles de limitation, plus la base de dispersion augmente, plus le total des actifs admis en représentation augmente. La mutuelle étudiée étant plutôt « riche » en termes de fonds propres, la plupart de ses placements dépassent les règles de limitation et donc la valeur des actifs admis en représentation évolue avec les engagements qu'ils servent à couvrir.

On observe alors le type de graphique suivant :

*Figure 24.4 : Couverture des engagements réglementés sur 5 ans*



Le taux de couverture varie très peu, on observe qu'il se détériore légèrement en conditions défavorables. En effet, les valeurs nettes des placements ayant connu une chute en conditions très défavorable, les quelques placements qui ne dépassent pas les règles de limitation offrent une représentation plus faible des engagements réglementés.

Ainsi, une mutuelle moins « riche » ou aux placements plus diversifiés ayant moins tendance à dépasser les règles de limitation est plus sensible à une baisse de la valeur nette de ses placements en termes de couverture des engagements réglementés car son taux de couverture sera directement lié à la valeur nette de ses placements.

Au final, cette analyse uniquement graphique des résultats obtenus permet de contrôler que l'outil répond aux attentes et qu'il permet de générer un nombre important de scénarii différents dont l'intérêt principal est d'observer la capacité de la mutuelle à se redresser après un exercice difficile tant au niveau de son résultat que de sa capacité à faire face aux exigences réglementaires.

## **PARTIE III**

# **PREVISIONS D'ACTIVITE SOUS LA REGLEMENTATION SOLVABILITE II**

## **CHAPITRE III.1 :**

### **EXPLOITATION DE LA FORMULE STANDARD**

#### **Section III.1.1 : L’outil “QIS5 – Spreadsheet”**

##### Sous-section III.1.1.a : Présentation de l’outil

Le 6 octobre 2010, le CEIOPS a proposé aux organismes assureurs un outil du nom de « QIS5 – Spreadsheet » téléchargeable gratuitement sur son site.

Cet outil se trouve désormais sur le site de l’European Insurance and Occupational Pensions Authority (EIOPA) à l’adresse : <https://eiopa.europa.eu/consultations/qis/quantitative-impact-study-5/spreadsheets-and-it-tools/index.html>.

Le classeur « Spreadsheet » est le plus important mais d’autres classeurs sont disponibles au téléchargement :

- Des « simplifications tabs » : leur rôle est de permettre d’intégrer aux calculs les simplifications autorisées dans les spécifications techniques du QIS 5.
- Des « helper tabs » : ils sont fournis à l’initiative du CEIOPS pour aider les organismes mais ils ne reprennent pas les spécifications techniques.

Les résultats obtenus peuvent être intégrés dans le classeur principal (« QIS5 Spreadsheet »).

A l’aide de ces outils, il est possible de mettre en œuvre la formule standard facilement pour les organismes individuels comme pour les groupes. Dans un souci de simplification, les onglets relatifs aux groupes sont séparés et non indispensables. Actélior ne traitant que des mutuelles individuelles, on va donc pouvoir utiliser cet outil en se limitant aux premiers onglets.

Nous n’allons pas reprendre ici le fonctionnement interne de ce classeur car ceci impliquerait de reprendre toutes les spécifications techniques du QIS 5, ce qui n’est pas l’objet de ce mémoire. Nous allons simplement observer les points positifs et négatifs de cet outil pour la mise en œuvre de calculs de SCR prévisionnels.

### Sous-section III.1.1.b : Les avantages de cet outil

Le premier avantage évident de cet outil est sa fiabilité et la facilité de mise en œuvre de la formule standard qu'il offre :

- Des liens hypertextes vers les spécifications techniques qui correspondent aux calculs effectués.
- Des classeurs protégés avec liste déroulantes pour éviter les boîtes noires mais avec un code fourni qui permet de le dupliquer pour être modifié dans un souci de meilleure compréhension. (Les réponses soumises doivent cependant être envoyées à l'aide d'un classeur non modifié).
- Un code couleur simple : les onglets bleu ciel servent aux imports, les onglets bleus foncés aux calculs de la formule standard, les autres sont relatifs à l'utilisation de modèles internes ou de groupes.
- Les cellules à saisir sont en bleu ciel et uniquement sur les onglets bleu ciel et bleu foncé.

### Sous-section III.1.1.c : Les inconvénients de cet outil

Le principal inconvénient de cet outil est son caractère général, les calculs qui reprennent les modèles internes et les groupes alourdissent inutilement le classeur. De plus, les cellules à saisir sont réparties sur un nombre important d'onglets et il y a un risque d'en oublier certaines dans le cas d'une actualisation.

De plus, la compréhension des formules est complexe car les données en entrée et en sortie sont regroupées sur un onglet unique « D.Datasets » sous la forme d'une liste.

La dernière difficulté est le recours aux « simplifications tabs » et « helper tabs » qui sont des classeurs séparés. Pour réaliser des calculs prévisionnels, les liens avec d'autres classeurs peuvent rapidement poser des problèmes de temps de calcul, ainsi, intégrer ces classeurs au classeur « QIS5 – Spreadsheet » devient rapidement indispensable, alourdissant encore plus l'outil.

## Section III.1.2 : Simplification de l’outil « QIS5 – Spreadsheet »

### Sous-section III.1.2.a : Principe de simplification

Dans un souci de simplification des calculs relatifs au Pilier I de Solvabilité II, l’idée est de partir des fichiers Excel fournis par le CEIOPS pour arriver à un classeur unique ne comprenant que quelques onglets d’import.

Cette partie étant principalement de la mise en lien de formules et de la mise en forme sans autre modification, on se limite ici à une explication générale et concise.

Les formules qui reprenaient régulièrement l’onglet D.Dataset ont été mises en liens direct entre elles, il est alors plus simple de suivre les enchainements de calcul. Les onglets vides comme ceux relatifs aux groupes et aux modèles internes ont été supprimés.

Il ne reste alors d’importants que les onglets suivants :

- I.Participant : Informations sur la mutuelle
- I.Valuation : Vérification de la cohérence des bilans entre Solvabilité I et II
- I.Assets : Informations détaillées sur les actifs
- IOwn funds items details : Informations détaillées sur les fonds propres
- I.Current situation : Etat des provisions
- I.Premiums : Primes par segment d'activité (vie, santé...)
- I.QIS5 insurance obligations : Calculs relatifs aux engagements d'assurance
- I.Geographical diversification : Primes et provisions par segment d'activité et zone géographique
- SF.SCR\_G : Résultats intermédiaires et données pour le calcul du SCR
- SF.MCR\_G : Calculs globaux et détaillés du MCR

A ces onglets s’ajoutent les « helper tabs » et « simplifications tabs » qui sont intégrés au classeur principal.

L’analyse des QIS5 réalisés pour les clients d’Actélior permet d’arriver à un classeur simplifié en supprimant les calculs inutilisés, c’est-à-dire dont les valeurs en entrée sont toujours nulles car elles ne concernent pas les mutuelles de taille réduite clientes d’Actélior.

On obtient au final un classeur avec simplement six onglets d’import, neuf onglets de calcul et un onglet de résultat auxquels s’ajoutent pour les titres obligataires détenus par le client un onglet permettant de calculer leurs valeurs « best estimate » en déroulant les flux futurs actualisés avec des taux sans risque, des taux à la hausse (« Up shock ») ou des taux à la baisse (« Down Shock »).

### Sous-section III.1.2.b : Les onglets d'import

Après les simplifications effectuées, on obtient un classeur ne comprenant que six onglets d'import, les autres sont automatisés. Les onglets d'import sont les suivants :

Données : C'est l'onglet d'import principal, il reprend des informations du compte de résultat non vie (cotisations nettes et brutes de l'année analysée, prévision pour l'année suivante), le bilan (actif et passif) aux normes Solvabilité I, c'est-à-dire le plan comptable français dans notre cas. On y ajoute une décomposition des comptes A8a, A8d, B6 et B10 à l'aide de la balance. On y fait aussi figurer les « best estimate » des PPAP non vie pour différents taux. Ce calcul ainsi que le calcul de l'IFC (qui fait parti du poste B6 : provisions pour risques et charges) sont les seuls à être calculés à l'extérieur du classeur créé. Il comprend aussi des informations relatives à la vie pour les clients qui disposent de l'agrément comme les cotisations vie brutes de l'année en cours et précédente, le nombre de clients, les capitaux sous risques, les prestations et les prévisions décès.

Historique C10 : Les calculs nécessitant un historique important de provisions, de cotisations et de prestations, le classeur inclus un historique des six précédents états C10. Le C10 utilise à la base les cotisations, les provisions et les prestations pour déterminer un cout moyen et un P/C par année de survenance des prestations.

Notations : Dans le cadre du calcul des SCR de marché et de défaut, il est indispensable de disposer des notations des émetteurs des titres détenus par la mutuelle. Cet onglet est très simple puisqu'il se limite à la liste des émetteurs suivis de leur notation.

Taux et synthèse : Cet onglet n'est qu'une reprise de la courbe des taux, il sert principalement au calcul du SCR de marché et aux calculs effectués dans des onglets dédiés aux obligations qui alimentent eux même l'onglet de calcul du SCR de marché.

Placements et créances : Cet onglet d'import est le plus volumineux mais il s'alimente facilement à l'aide du TCEP. Il donne entre autres la liste des placements avec pour chacun d'eux son type, sa valeur nette, ses décotes/surcotes, le nombre détenu, la valeur de réalisation, l'émetteur ou la contrepartie ainsi que pour les obligations et titres assimilés la date de terme, le montant du coupon, sa date de versement... Cet onglet alimente les onglets de calcul des SCR de marché et de défaut ainsi que les onglets des calculs relatifs aux obligations et l'onglet « Bilan » qui calcule le bilan aux normes Solvabilité II.

Balance : Cet onglet sert notamment à effectuer des contrôles. Il alimente aussi l'onglet SCR\_Int.

### Sous-section III.1.2.c : Les onglets de calcul

En plus des onglets d'obligation déjà évoqués, les simplifications ont permis d'obtenir un onglet de calcul pour chacun des SCR. Ces onglets ont les suivants :

SCR\_mkt : Cet onglet sert à calculer le SCR de marché, il comprend donc plusieurs calculs de SCR qui sont regroupés à l'aide d'une matrice de corrélation. Les SCR calculés sur cet onglet sont les risques de taux, actions, immobilier, de spread, de change, de contrepartie, d'illiquidité.

SCR\_def : Cet onglet relatif au risque de défaut s'alimente à partir des onglets « Placements et créances » et « Notations ».

SCR\_life : Cet onglet regroupe les calculs des risques de mortalité, de longévité... à partir de l'onglet « Données ». Seul le risque catastrophe décès a un impact significatif sur les résultats. En effet, les clients d'Actélior ont rarement l'agrément vie et s'ils l'ont, il est négligeable.

SCR\_nonlife : Cet onglet est vide actuellement, il ne sera étudié que si des cas de non-vie se présentent à Actélior dans le futur.

SCR\_health : C'est l'un des onglets les plus importants, le calcul est cependant bien automatisé à l'exception de la nécessité de lancer le solveur pour utiliser l'une des méthodes proposées dans la version envoyée par le CEIOPS. Quelques informations de l'onglet « Données » et l'historique des C10 permettent de remplir facilement les différentes valeurs d'entrée.

SCR\_Int : Cet onglet concerne le calcul du SCR relatif aux actifs incorporels. Le calcul de ce SCR est très simple : il est égal à 80 % de la valeur des actifs incorporels qui se trouve directement dans la balance.

SCR\_Op : On calcule ici un SCR opérationnel sur les primes et sur les provisions à l'aide des informations comprises dans « Données » (les montants des primes et le « best estimate » des provisions).

Deux autres onglets sont utilisés, l'un pour l'établissement du bilan aux normes Solvabilité II avec une réconciliation par rapport au plan comptable français ; l'autre sert au calcul de la « risk margin » qui s'alimente avec l'onglet « Données » qui comprend les best estimates des différentes provisions.

Un dernier onglet est l'onglet de synthèse. Il reprend l'ensemble des SCR précédents et calcule le SCR global à partir d'une matrice de corrélation. On déduit alors le taux de couverture du SCR à partir des éléments constitutifs qui sont déduits de l'onglet « Bilan ».

Au final, l'outil obtenu permet un calcul rapide des différents SCR avec un faible nombre d'imports, de plus, il est simplifié au maximum dans la limite de la possibilité de calculer les SCR des mutuelles clientes qui ont délégué leur Pilier I à Actélior.

## Section III.1.3 : Calculs de SCR prospectifs

### Sous-section III.1.3.a : Méthode appliquée

La section III.1.2 décrit un outil simplifié permettant le calcul des SCR avec un nombre limité de données à fournir en entrée. Les calculs de SCR étant liés directement à ces onglets d'import, la méthode choisie pour calculer des SCR sur les cinq années suivantes consiste à dupliquer cinq fois tous ces onglets sur le même classeur. On obtient ainsi les onglets d'import de l'année N qui alimentent les calculs de SCR de l'année N, les onglets d'import de l'année N+1 qui alimentent les calculs de SCR de l'année N+1...

La mise à jour des données dans les onglets d'import des exercices des N+1 à N+5 suffit donc à calculer les SCR des exercices N+1 à N+5.

Les onglets de balances prévisionnelles seront mis à jour en intégrant cet outil à celui de prévisions d'activité vu en partie II.

Les onglets « Notations » et « Taux et Synthèses » restent identiques à ceux d'origine.

Les onglets de calculs relatifs aux obligations des exercices futurs sont liés aux onglets « Placements et Créances » correspondants.

Les onglets de données comprennent principalement le bilan et des extraits du compte de résultat, ils seront donc mis à jour lors de l'intégration de cet outil à celui de prévisions d'activité vu en partie II. La décomposition des postes A8a, A8d et B10 se déduit de la balance. La décomposition du poste B6 (Provisions pour risque et charges et provision pour l'indemnité de fin de carrière) se fait en conservant les mêmes proportions qu'à l'exercice N.

La PPAP prévisionnelle est indiquée au bilan, il est cependant nécessaire de l'évaluer en best estimate pour d'autres taux d'actualisation. Cette opération demanderait des triangles de liquidation prévisionnels. Intéressons nous d'abord à l'impact de ces calculs sur le SCR. On utilise le calcul du SCR pour l'année N avec les valeurs de PPAP pour les différents taux puis en supposant la valeur constante et on observe la valeur du SCR global dans les deux cas.

*Figure 25.1 : Impact des chocs sur les taux d'actualisation des calculs de la PPAP sur le SCR global*

	Valeur d'origine	Valeur modifiée
Best Estimate (PPAP) - - - (Taux 0.625%) - taux sans risque	130 367 €	130 367 €
Best Estimate (PPAP) - - - (Taux 0.673%) - prime d'illiquidité	130 355 €	130 367 €
Best Estimate (PPAP) - - - (Taux 1.0625%) risque tx d'interet choc à la hausse	130 262 €	130 367 €
Best Estimate (PPAP) - - - (Taux 0.21875%) risque tx d'interet choc à la baisse	130 465 €	130 367 €
<b>SCR global</b>	<b>4 307 158 €</b>	<b>4 307 165 €</b>

La modification affecte le risque d'illiquidité et le risque de taux pour une modification négligeable du SCR global de 7 €. Il n'est donc pas nécessaire de créer des triangles de liquidation prospectifs pour remplir ces informations dans les onglets de données des exercices à prévoir. On se contente d'utiliser une règle de trois avec les données en N.

Les onglets d'historiques du C10 sont simplement décalés. L'historique C10 de l'exercice N devient ainsi celui de l'exercice N-1 à l'exercice suivant et ainsi de suite. Il faut donc remplir pour chaque exercice futur le C10 correspondant. Les cotisations acquises N+k se trouvent dans l'onglet de données N+k. En effet, celui-ci comprend les comptes de résultat. Les paiements et les provisions de l'exercice N+k doivent être éclatés entre les exercices précédents comme le montre le tableau suivant relatif aux paiements de l'exercice 2011.

*Figure 25.2 : Extrait du C10 prévisionnel 2011*

ANNEE DE SURVENANCE	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Paiements nets dans l'exercice inventorié	-	-	0,17	5,65	108,77	999,73
Provisions nettes à la clôture de l'exercice inventorié	-	-	-	0,20	4,50	122,76

On dispose dans la balance prévisionnelle du total des paiements net de l'exercice (comptes 602) et du total des provisions nettes à la clôture de l'exercice (comptes 332). En considérant que la liquidation se fait au même rythme qu'à l'exercice N, on peut alors facilement répartir ces paiements et ces provisions sur les exercices précédents en conservant les mêmes proportions.

#### Sous-section III.1.3.b : L'onglet « Placements et créances »

La méthode proposée dans ce mémoire supposant que l'activité de la mutuelle cliente va se poursuivre de la même façon, on considère que les placements détenus par la mutuelle resteront les mêmes. En effet, même si elle en vendait ou en achetait, l'hypothèse de continuité impliquerait qu'elle remplace ses placements vendus par des placements du même type.

Ainsi, les informations suivantes restent inchangées :

- Nom et code ISIN
- Contrepartie
- Valeur d'achat
- Type de placement et contrepartie
- Part de devise étrangère dans les OPCVM (pour le calcul du risque de change)
- Les coupons et les dates de paiements de ces coupons pour les placements obligataires

Les obligations présentent comme information supplémentaire leurs durations, elles sont calculées dans les onglets d'obligations. Les obligations présentent également comme problème leur date d'échéance qui peut se produire au cours des cinq années à prévoir. Pour résoudre ce problème, on observe pour chaque obligation détenu le nombre d'année entre l'échéance et la date d'achat (hors obligations perpétuelles). On observe ainsi une moyenne de 5,07 années. La mutuelle achète donc en moyenne des obligations pour cinq ans. Ainsi, si une obligation arrive à l'échéance au

cours d'un exercice à prévoir, on considère qu'elle est remplacée par une obligation identique dont l'échéance se produit cinq ans plus tard.

Au cours des prévisions d'activité faites en partie II, on constate une évolution de la valeur nette totale des placements. Cette évolution se retrouve dans les balances prévisionnelles en sommant les comptes en 2. De plus, les valeurs des décotes/surcotes se retrouvent dans les comptes 668. On peut ainsi déterminer un coefficient d'évolution de la valeur totale des décotes/surcotes et de la valeur totale des valeurs nettes des placements. L'hypothèse de continuité dans les placements de la mutuelle conduit donc à appliquer ce coefficient à chacun des placements. Dans le cas des placements de type obligataire, obligations et bons à moyen terme négociables par exemple, on applique également ce coefficient au nombre de titres détenus. En effet, si les valeurs d'achat restent identiques et que la valeur nette évolue, il est nécessaire d'augmenter le nombre de titres détenus.

Le but ici n'est pas d'obtenir un état des placements prévisionnel mais un état des placements dont la structure reflète la stratégie de la mutuelle et qui présente donc les mêmes risques.

#### Sous-section III.1.3.c : Les valeurs de réalisation

La valeur de réalisation des placements est le seul paramètre difficile à prévoir d'autant qu'il n'a pas été anticipé dans l'outil présenté en partie II.

Intéressons nous d'abord aux conditions normales, avec l'hypothèse que les placements détenus restent identiques, on peut envisager de faire en sorte que l'évolution des valeurs de réalisation des placements suivent globalement l'évolution des valeurs nettes. Ceci suppose que le taux de plus-value latente globale du portefeuille soit constant en conditions normales. Pour cela, observons les taux de plus values latentes globales de plusieurs clients qui se calculent selon la formule suivante :

$$\text{Taux de plus – value latente} = \frac{\text{Valeur de réalisation} - \text{Valeur nette}}{\text{Valeur nette}}$$

*Figure 26.1 : Taux de plus-values latentes observés pour plusieurs mutuelles sur 3 ans*

	Taux de plus-value latente		
	2010	2009	2008
client 1	18%	16%	13%
client 2	15%	12%	13%
client 3	34%	38%	37%
client 4	3%	3%	2%
client 5	18%	18%	17%
client 6	18%	15%	18%

On observe que les taux de plus-values latentes restent stables au cours des exercices, on applique donc la formule suivante en conditions normales :

$$\text{Valeur de réalisation normale}_{N+1} = \text{Valeur de réalisation}_N \times \frac{\text{Valeur nette}_{N+1}}{\text{Valeur nette}_N}$$

Cette formule est appliquée à tous les placements hormis ceux de type obligataire, en effet, la valeur actuelle d'une obligation peut évoluer dans le temps. On dispose pour chaque exercice d'onglets relatifs aux placements obligataires détenus, ces onglets permettent de calculer le « best estimate » de chaque obligation à l'aide du coupon unitaire, de la valeur et de la date de remboursement et du nombre d'obligations. Le taux d'actualisation est choisi égal à celui de la courbe des taux pour le nombre d'années qui sépare la date de calcul de la date d'échéance de l'obligation.

Comme on dispose pour chaque obligation, titre de créance négociable admissible et bon à moyen terme négociable d'un calcul du « best estimate » à chaque exercice, on préférera pour ces placements la méthode de calcul suivante :

$$\text{Valeur de réalisation normale}_{N+1} = \text{Valeur de réalisation}_N \times \frac{\text{Best Estimate}_{N+1}}{\text{Best Estimate}_N}$$

On doit maintenant impacter les conditions (favorables, défavorables, très défavorables) aux valeurs de réalisation des placements. On choisit d'appliquer deux types de choc, l'un sur les taux, l'autre directement sur la valeur du titre en fonction de sa notation.

#### Choc sur les taux

Une hausse des taux fait diminuer la valeur des placements obligataires, ainsi, en conditions défavorables et très défavorables, on utilise pour le calcul de la valeur de réalisation N+1 non pas le « best estimate » du placement en N+1 calculé avec le taux sans risque mais calculé avec un taux à la hausse. On applique de la même façon une baisse des taux en conditions favorables.

Dans le cas des OPCVM investis dans des valeurs de taux, on applique de la même manière un choc sur les taux dépendant de la sensibilité de l'OPCVM.

Les chocs sur les taux appliqués dans cette partie sont en fait ceux utilisés dans le cadre du calcul de SCR de taux donc du SCR de marché.

#### Choc relatif aux notations

La formule standard ayant recours aux notations des contreparties des placements, la méthode proposée ici retient ce critère pour appliquer un choc sur les valeurs de réalisation selon les conditions. A chaque notation, on affecte un taux (d'autant plus élevé que la note est faible). En conditions défavorables, ce taux sera la part déduite de la valeur de réalisation. Le taux est doublé en conditions très défavorables.

Pour illustrer cette méthode, dans le cas d'une obligation notée AA en conditions défavorables, on utilise la formule suivante :

$$\begin{aligned} \text{Valeur de réalisation}_{N+1} \\ = \text{Valeur de réalisation}_N \times \frac{\text{Best Estimate}_{N+1}^{\text{taux après choc à la hausse}}}{\text{Best Estimate}_N^{\text{taux sans risque}}} \times (1 - 2\%) \end{aligned}$$

Dans le cas où on a affecté un taux de 2 % au choc sur la notation AA.

## CHAPITRE III.2 : INTEGRATION A L'OUTIL ET PREMIERS RESULTATS

### Section III.2.1 : Fusion des outils

#### Sous-section III.2.1.a : Création des balances prévisionnelles

L'outil de prévisions d'activité et celui de calcul de SCR prospectifs ont été regroupés dans un unique classeur. Il convient donc de les mettre en lien afin que notre outil de prévisions d'activité soit apte à calculer des SCR prospectifs et leurs taux de couverture.

Comme vu précédemment, seuls quelques onglets de données ont besoin d'être remplis. Le principal est l'onglet « Balance ». L'objectif est de déterminer les balances des exercices N+1 à N+5. Pour cela, on reprend la méthode décrite en sous-section II.2.2.c qui établissait les liens entre les comptes de la balance et les postes des comptes annuels (bilan et comptes de résultat).

Ainsi, en prenant la balance de l'année N et en associant à chaque compte de cette balance un poste dans les comptes annuels, on peut déterminer l'évolution de chaque compte d'un exercice à l'autre en calculant l'évolution des postes associés. Le travail réalisé en partie II de ce mémoire nous donnant des comptes annuels prévisionnels sur 5 ans, on peut calculer le taux d'évolution de chacun de ces postes. Ci-dessous, un extrait du tableau associé :

*Figure 27.1 : Extrait du tableau des évolutions des postes des comptes annuels*

EVOLUTION DES POSTES SUR LES 5 EXERCICES					
Affectation	N+1/N	N+2/N+1	N+3/N+2	N+4/N+3	N+5/N+4
A1	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
A2A	98 %	102 %	102 %	102 %	105 %
A2B	98 %	102 %	102 %	102 %	105 %

A chaque compte de la balance, on peut donc associer un taux d'évolution égal à celui du compte correspondant comme le montre l'extrait suivant :

*Figure 27.2 : Extrait du tableau des évolutions des comptes de la balance*

EVOLUTION DES COMPTES SUR LES 5 EXERCICES						
Compte	Affectation	N+1/N	N+2/N+1	N+3/N+2	N+4/N+3	N+5/N+4
10210000	B1A	1	1	1	1	1
10630000	B1C	1,12790802	0,97324057	1,02704826	1,02439634	1,02419657
10680000	B1C	1,12790802	0,97324057	1,02704826	1,02439634	1,02419657
12000000	B1E	1	1	1	1	1
12900000	B1E	1	1	1	1	1
15180000	B6	1,00029896	1,00998247	1,00997736	1,00996996	1,01499746

On en déduit alors les balances des exercices N+1 à N+5 à partir de la balance de l'exercice N.

### Sous-section III.2.1.b : Autres liens

L'autre onglet à mettre à jour est l'onglet « Données » qui comprend pour chaque exercice le bilan de cet exercice et des extraits des comptes de résultats techniques. On remplit donc cet onglet à l'aide des comptes de résultats et des bilans prévisionnels réalisés en partie II de ce mémoire.

On réalise également le lien entre le calcul des taux de plus-values latentes et les conditions telles que définies par l'utilisateur.

### Sous-section III.2.1.c : Création de l'onglet de résultats

Les onglets de calculs des SCR prospectifs étant très nombreux, ils sont résumés dans les onglets « Synthèse » de chaque exercice. Pour rappel, cet onglet indique les valeurs de tous les SCR et la couverture du SCR global comme du fond de garantie. Pour faciliter la lecture de ces résultats de SCR prospectifs et en faciliter l'analyse, un onglet intitulé « Solvabilité II » permet de synthétiser ces résultats. Un exemple de cet onglet figure en annexe 11 à ce mémoire.

## **Section III.2.2 : Evolution des SCR pour un scénario sur 5 ans**

Cette section a pour objet la présentation des différents résultats et un exemple d'analyse réalisable des SCR prospectifs à l'aide de l'outil proposé. Les paramètres choisis pour la réalisation de cet outil sont les mêmes que ceux choisis pour l'étude sur 5 ans réalisée en section II.3.3. Les tableaux suivants rappellent les paramètres retenus :

*Figure 23.1 : Conditions retenues pour le scénario*

	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Hypothèse d'activité	Très défavorable	Normale	Normale	Normale	Favorable

*Figure 23.2 : Paramètres retenus suite aux simulations*

	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Evolution annuelle des cotisations (vie et non-vie)	0.03%	1.00%	1.00%	1.00%	1.50%
Rendement des placements	5.87%	6.00%	5.00%	5.00%	5.50%
Taux de frais de gestion des sinistres (vie et non-vie)	6.26%	6.59%	6.58%	6.58%	6.68%
Taux de frais d'acquisition (vie et non-vie)	0.74%	0.76%	0.76%	0.76%	0.76%
Taux de frais d'administration (vie et non-vie)	2.05%	2.20%	2.19%	2.19%	2.23%
Taux d'évolution des autres charges techniques (non-vie)	6.99%	1.00%	1.01%	1.01%	-1.85%
Taux d'évolution des autres produits techniques (non-vie)	1.05%	1.00%	1.00%	1.00%	0.99%
Taux de charges des placements	131.80%	60.02%	60.01%	60.09%	27.91%
P/C	58.90%	53.99%	53.00%	53.02%	50.78%

### Sous-section III.2.2.a : Analyse approfondie du SCR de marché

Les résultats présentés en annexe 11 montrent que le SCR qui contribue le plus au SCR global est le SCR marché. Cette sous-section a pour but d'observer et d'expliquer les évolutions des SCR qui composent le SCR de marché. Ces évolutions sont proposées en annexe 12.

Le risque de taux d'intérêt : Il se calcule comme la différence entre l'actif net initial et sa valeur en cas de choc à la hausse ou à la baisse sur les taux. Les taux d'actualisation choisis pour les chocs sont différents pour chaque obligation car les taux d'actualisation utilisés pour les chocs proviennent de la courbe des taux à une date dépendant de l'obligation étudiée. Plus l'échéance de l'obligation approche, moins le choc a d'impact. Ainsi, ce mémoire posant comme hypothèse une activité qui se poursuit avec les mêmes placements, la durée avant l'échéance diminue et donc le SCR relatif au risque de taux également sauf lorsqu'une nouvelle obligation doit être achetée pour compenser une obligation arrivée à échéance.

Le risque action : Il se calcule comme la différence entre l'actif net initial en actions et sa valeur en cas de choc à la baisse sur les valeurs à l'actif. On entend actif net au sens de Solvabilité II, c'est-à-dire la valeur de réalisation dans le cas des actions. Ainsi, on prévoit des chocs à la baisse sur les participations stratégiques (cotées), les participations stratégiques (non cotées), les actions cotées et les autres types d'actions à hauteurs respectives de 22 %, 40 %, 30 % et 40 % de leurs valeurs. Ainsi, un exercice défavorable qui fait baisser la valeur nette totale des placements fait diminuer le risque action.

Le risque immobilier : Il se calcule comme la différence entre l'actif net initial en immobilier et sa valeur en cas de choc à la baisse à hauteur de 25 %. Ainsi, le risque immobilier vaut 25 % de la valeur de marché des immeubles. Comme pour le risque action, un exercice en conditions défavorables qui fait baisser la valeur des immeubles fera baisser le SCR immobilier.

Le risque de spread : Il est calculé pour chaque obligation, il augmente avec la durée et avec la valeur de marché et il est d'autant plus élevé que la contrepartie de l'obligation a une faible notation. La baisse de la valeur de marché en 2011 fait baisser le risque de spread qui augmente par la suite, à partir de 2014, on observe une nouvelle baisse qui a pour origine la chute des durations déjà expliquée dans le cadre de l'observation du risque de taux d'intérêt.

Le risque de concentration : La méthode de calcul est complexe et fait appel aux notations des contreparties et aux valeurs de réalisation. Les notations étant les mêmes sur six ans par hypothèse, le seul facteur modifié d'un exercice à l'autre est la valeur de réalisation totale des placements. Une fois de plus, un exercice défavorable génère un SCR plus faible.

Le risque de devises : Le SCR du risque de devise se calcule par un choc de 25 % sur la valeur de réalisation des placements en devises étrangères. Dans le cas d'OPCVM comprenant des valeurs en devises étrangères, le choc s'applique sur le pourcentage de devises étrangères dans chaque OPCVM.

Conclusion : Après observation des différents SCR le composant, on comprend que le SCR de marché diminue en conditions défavorables et augmente en conditions favorables. Ainsi, un mauvais exercice n'a pas d'impact négatif sur le SCR de marché. Le rôle de la formule standard de Solvabilité II est ici rempli, l'évaluation dépend plus des risques pris que de la qualité des résultats. On observe donc que les paramètres qui influencent un fort SCR de marché sont une présence importante d'actions, une forte duration des obligations, des contreparties mal notées, la présence de devises étrangères notamment dans le cas d'OPCVM de taux et la présence d'investissements immobiliers. Ce dernier point peut être critiquable dans le cas de petites mutuelles qui n'ont souvent comme actifs immobiliers que les locaux d'exploitation qui ne sont donc pas détenus dans un but spéculatif, le choc de 25 % est élevé et impacte fortement le SCR de marché.

#### Sous-section III.2.2.b : Analyse approfondie du SCR santé

Les risques santé couverts par la mutuelle cliente ont une gestion similaire à celle des activités non vie. Ainsi, le SCR santé provient de deux SCR : le SCR Non-SLT Health (« non similar to life technics health » donc le risque santé non assimilable à de l'activité vie) et le SCR catastrophe.

Le SCR Non-SLT Health : La mutuelle n'offre pas de possibilité de rachat pour ses contrats santé qui sont reconductibles annuellement. Le risque provient donc uniquement du SCR sur les primes et les provisions. La seule branche concernée dans le cas de la mutuelle cliente est celle des frais de soin. Plusieurs méthodes sont proposées dans le cadre du QIS 5, la méthode 2 est retenue dans ce mémoire. Cette méthode se base sur les P/C passés pour déduire deux paramètres qui sont un P/C et un bêta qui modélisent le risque de primes. La méthode utilisée est le maximum de vraisemblance. Il faut donc utiliser un solveur pour déterminer ces paramètres. Comme 6 exercices en tout sont calculés, une macro permet d'exécuter les 6 successivement. Pour chaque calcul, on déduit un écart-type pour le risque de prime. Associé à une mesure de volume qui est le volume de cotisations. Ainsi, les facteurs qui font augmenter le SCR santé sont des volumes de cotisations et de provisions élevés ainsi qu'un fort écart-type qui provient de résultats précédents dont la qualité varie fortement. On observe ainsi une hausse en N+1 due à la forte augmentation de la variance des résultats du fait de leur dégradation. On observe une autre hausse en N+2 due à la hausse des cotisations donc à la mesure de volume. Les conditions normales successives favorisent l'apparition d'un P/C progressivement plus faible en N+4 en N+5 malgré l'augmentation des volumes de cotisations.

Le SCR Catastrophe : Dans le cas de la mutuelle cliente, il dépend du risque de concentration. On considère ainsi le risque de blessures dues à un accident dans un lieu où seraient regroupés des clients de la mutuelle. Ainsi, on suppose la probabilité de cet événement et son intensité constants au cours des exercices futurs. On affecte cependant au SCR l'augmentation de dépenses de santé à hauteur de 3 % par an. Ainsi, le SCR catastrophe augmente d'exercice en exercice de 3 %.

Conclusion : L'évolution des dépenses de santé et les valeurs successives de P/C sont les principales sources de l'évolution du SCR santé au cours des exercices prévus.

### Sous-section III.2.2.c : Observation des autres SCR

Le risque de défaut de contrepartie : Ce risque se décompose en deux risques. Tout d'abord, le risque de défaut de contrepartie de type 1 qui concerne les avoirs en banque et les dettes des réassureurs, il se calcule à partir de la notation des contreparties et des valeurs de réalisation. La méthode proposée ici considérant que les contreparties et leurs notations ne changent pas au cours des exercices futurs, le risque de défaut de contrepartie de type 1 dépend ici uniquement de la valeur de réalisation. L'autre est le risque de défaut de contrepartie de type 2 : ce risque concerne les créances. Le risque est évalué par un choc dépendant de la durée de la créance, c'est-à-dire si elle dure plus ou moins de trois mois. Ce choc s'applique sur la valeur de réalisation. On en déduit donc que le risque de défaut de contrepartie augmente ou diminue avec les valeurs de réalisations des placements concernés. Les placements étant supposés rester les mêmes au cours des exercices futurs, seule la valeur de réalisation influe sur ce SCR. Par conséquent, il diminue en N+1 du fait des conditions très défavorables et augmente par la suite.

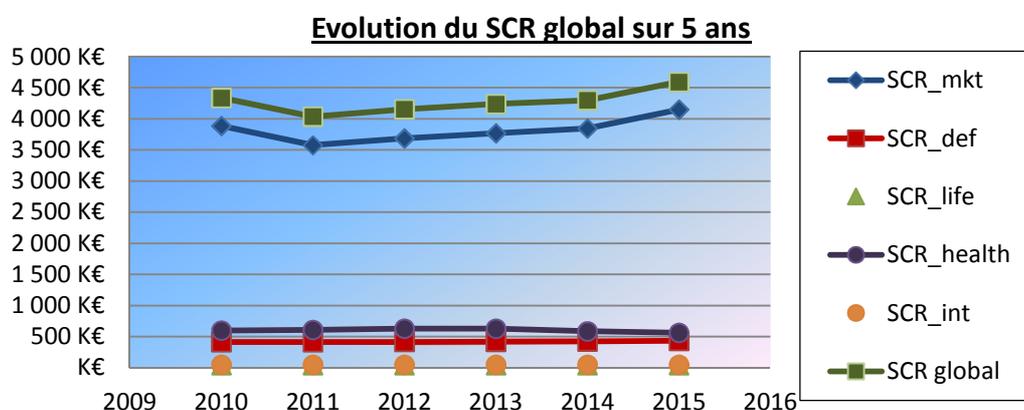
Le SCR int : Ce risque correspond à celui portant sur les actifs incorporels comme les droits au bail, les marques, les bases de données... Les actifs incorporels correspondent au poste A1 du bilan qui est considéré comme constant dans la méthode proposée dans ce mémoire. Le SCR\_int se calcule par un choc de 80 % sur la valeur de réalisation de ces actifs. Ainsi, le SCR\_int est constant sur les cinq exercices prévus.

Le SCR vie : Il provient en grande partie du risque catastrophe vie qui est calculé à partir des capitaux sous risques. La méthode proposée ici suppose que le nombre d'adhérents au contrat vie est constant et que le capital garanti reste identique et égal à 1 800 €. En effet, un seul contrat vie est proposé par la mutuelle dont l'activité principale reste la santé. Le SCR vie reste donc constant au cours des exercices futurs.

## Section III.2.3 : Analyse des résultats et comparaison avec Solvabilité I

### Sous-section III.2.3.a : Observation du SCR global

Figure 29 : Evolution du SCR global



A partir des SCR expliqués en section III.2.2, on a déterminé le SCR global de chaque exercice à l'aide d'une matrice de corrélation. A noter que le calcul du SCR global prend aussi en compte le SCR opérationnel qui est calculé à partir des primes et des provisions de l'exercice.

On observe que le SCR de marché est majoritairement à l'origine du SCR global. Ainsi, ce sont les chocs sur les actions et les actifs immobiliers qui génèrent le plus important besoin en fonds propres pour couvrir le SCR. En confrontant ce résultat à la marge de solvabilité calculée en état C6 de Solvabilité I, on se rend compte que Solvabilité II modifie totalement le calcul du besoin en marge de solvabilité qui dépendait précédemment des volumes de cotisations, de prestations et de provisions. Le SCR de marché, qui concerne donc l'activité non technique est huit fois plus élevé en moyenne que le SCR santé. De plus, la plupart des SCR et a fortiori le SCR global sont fonctions de l'activité de la mutuelle. Ainsi, un exercice moins bon induit un SCR global plus faible à gestion des risques identique. Le Pilier I remplit donc son rôle, c'est-à-dire une évaluation des risques encourus.

#### Sous-section III.2.3.b : Analyse de l'évolution des éléments constitutifs

Le tableau présenté en annexe 11 résume les résultats obtenus avec notre paramétrage. Nous allons tout d'abord observer les éléments constitutifs, le graphique suivant propose leur évolution de 2010 à 2015 :

*Figure 30 : Evolution des éléments constitutifs*



On observe une chute des éléments constitutifs en 2011 due aux conditions très défavorables puis un redressement progressif jusqu'en 2014, c'est-à-dire en conditions normales. La valeur des éléments constitutifs augmente ensuite plus fortement en 2015 qui est la seule année paramétrée en conditions favorables.

Le calcul des éléments constitutifs s'effectue dans les onglets « Bilan » qui calculent les fonds propres de base en normes Solvabilité II. L'élément de ce calcul qui est majoritairement à l'origine de cette variation est le poste « Report à nouveau (y compris résultat annuel net) ». On peut donc mettre ce graphique en relation avec la figure 24.1 (page 71) et observer que les éléments constitutifs évoluent de la même façon que le résultat net.

On remarque cependant que le résultat net stagne voire baisse légèrement en 2013 et 2014 alors que les éléments constitutifs augmentent. La raison est une augmentation des réserves statutaires qui sont incluses dans les éléments constitutifs. En effet, 2012 et 2013 étant bénéficiaires et le résultat d'un exercice N étant affecté aux réserves à l'exercice N+1, les réserves statutaires augmentent en 2013 et en 2014 ce qui permet de poursuivre la croissance des éléments constitutifs sur ces deux années. L'augmentation des réserves statutaires dues au résultat positif en 2014 associé au bon résultat 2015 permet d'expliquer l'augmentation plus rapide en 2015 des éléments constitutifs. On constate donc que les résultats obtenus sont cohérents avec les résultats obtenus en partie II et avec le paramétrage choisi.

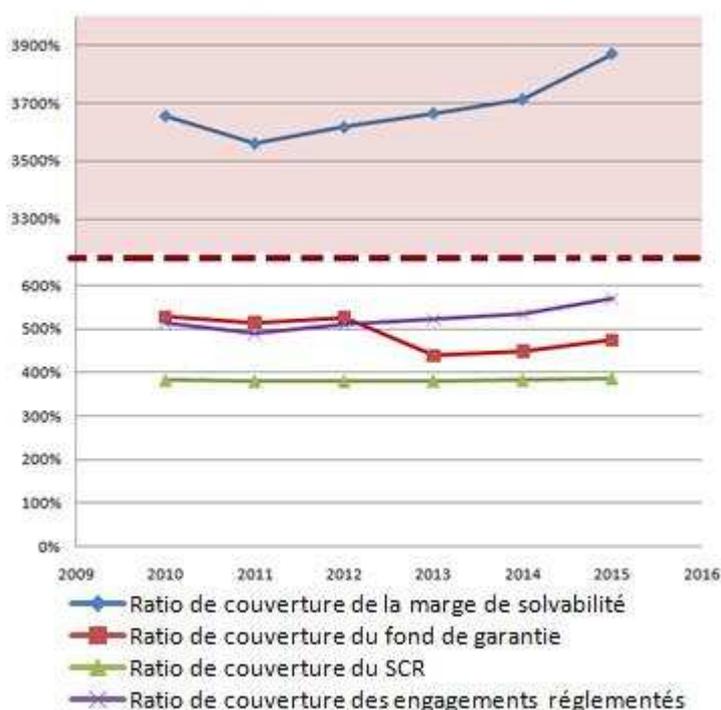
### Sous-section III.2.3.c : Comparaison des résultats obtenus avec Solvabilité I et Solvabilité II

La marge de solvabilité à constituer dans le cadre de Solvabilité I et le SCR dans le cadre de Solvabilité II sont des marges à remplir, ainsi, elles n'ont de sens qu'une fois rapportées aux éléments constitutifs. Il convient donc d'analyser les ratios de couverture de la marge de solvabilité et du SCR plutôt que leurs valeurs. L'étude réalisée en partie II a montré que pour une mutuelle de taille réduite, la marge de solvabilité était inférieure au fond de garantie, il est donc nécessaire d'observer la couverture de ce fond. Pour rappel, en partie II, on avait de plus donc considéré que le fond de garantie sous Solvabilité I passerait à 3 200 000 € à partir de 2013 pour mieux refléter le passage à Solvabilité II. Le tableau ci-dessous présente la couverture de la marge de solvabilité et du fond de garantie sous Solvabilité I ainsi que la couverture du SCR et du fond de garantie sous Solvabilité II.

Figure 31 : Ratios de couverture des marges de Solvabilité et des SCR sur 5 ans

		2010	2011	2012	2013	2014	2015
Solvabilité I	Ratio de couverture de la marge de solvabilité	3656 %	3561 %	3617 %	3665 %	3714 %	3870 %
	Ratio de couverture du fond de garantie	528 %	514 %	528 %	439 %	449 %	475 %
Solvabilité II	Ratio de couverture du SCR	379 %	373 %	372 %	373 %	377 %	384 %
	Ratio de couverture du fond de garantie	514 %	489 %	511 %	522 %	534 %	569 %

Couvertures des différents ratios sur 5 ans



On observe que l'évolution de la marge de solvabilité est similaire à celle du SCR à l'exception de l'année 2012 pour laquelle le SCR ne se redresse pas contrairement à la couverture de la marge de solvabilité. De plus, le ratio de couverture du SCR est bien plus faible que celui de couverture de la marge de Solvabilité. Dans le cas de la mutuelle cliente, Solvabilité II est donc bien plus exigeante que l'état C6. On observe aussi que sous Solvabilité I, pour des mutuelles santé de taille réduite, la couverture de la marge de Solvabilité n'était pas une préoccupation importante seule importait la couverture du fond de garantie.

On observe que sous la réglementation Solvabilité II, le SCR est plus important que le fond de garanti et est donc plus difficile à couvrir. L'arrivée de la directive Solvabilité II aura donc pour conséquence un besoin de couvrir non pas un montant arrêté mais un montant fonction de la gestion des risques faite par la mutuelle. On en conclut une fois de plus que le rôle de Solvabilité II est rempli.

## **CHAPITRE III.3 :**

### **COMPARAISON DES COUVERTURES SOUS SOLVABILITE 1 ET 2**

#### **Section III.3.1 : Création d'une base de données**

##### Sous-section III.3.1.a : Objectif

On dispose désormais d'un outil permettant de simuler des exercices futurs de mutuelles santé ainsi que de déterminer leur respect des réglementations sous Solvabilité I et Solvabilité II.

L'objectif de ce chapitre est d'utiliser cet outil pour générer un grand nombre d'exercices afin de comparer le respect des exigences selon les réglementations choisies. Ainsi, on va partir de l'exercice N d'une mutuelle test qui est certain et utiliser l'outil pour générer suffisamment d'exercices N+1 pour observer si, pour un même exercice N+1, la marge de solvabilité et le SCR global ont tendance à évoluer de manière similaire. La méthode est la suivante :

- Choisir une liste de paramétrages possibles
- Simuler l'exercice N+1 correspondant à chaque paramétrage à l'aide de l'outil
- Calculer pour chaque paramétrage le SCR et la marge de solvabilité
- Observer si les exigences sont plus importantes avec un paramétrage défavorable pour confirmer la cohérence de l'outil
- Observer la sensibilité aux paramètres de la marge de solvabilité et du SCR
- Observer et comparer les corrélations de la marge de solvabilité et des SCR avec les paramètres
- Donner une mesure de la corrélation entre les résultats sous Solvabilité I et Solvabilité II

##### Sous-section III.3.1.b : Adaptation de l'outil

L'outil a été simplifié pour cette partie. Ainsi, il ne réalise plus que des prévisions à horizon un an et le choix des paramètres à l'aide de simulations des comptes de résultat simulés sur R a été supprimé.

Les paramètres, désormais déterministes, sont choisis selon trois possibilités :

- Paramétrage favorable
- Paramétrage normale
- Paramétrage défavorable

Les paramètres sont les neuf décrits en partie II de ce mémoire auxquels s'ajoute le dixième qui concerne l'évolution plus ou moins favorable des valeurs de réalisation selon la méthode proposée en sous-section III.1.3.c.

Les valeurs choisies pour les paramètres sont les suivantes :

Figure 32 : Valeur de chaque paramètre en conditions défavorables, normales et favorables

	Défavorable	Normale	Favorable
Evolution des cotisations	0,50 %	1,00 %	1,50 %
Taux de rendement des placements	3,50 %	7,00 %	10,50 %
Taux de frais de gestion des sinistres	9,88 %	6,58 %	3,29 %
Taux de frais d'acquisition	1,14 %	0,76 %	0,38 %
Taux de frais d'administration	3,29 %	2,19 %	1,10 %
Evolution des autres charges techniques	1,50 %	1,00 %	0,50 %
Evolution des autres produits techniques	0,50 %	1,00 %	1,50 %
Taux de chargement des placements	90,00 %	60,00 %	30,00 %
P/C	67,50 %	54,00 %	40,50 %
Plus-Values latentes	Défavorable	Normale	Favorable

A partir de ces paramétrages, on peut donc réaliser  $3^{10} = 59\,049$  prévisions à horizon un an avec un même exercice d'origine. Aux conditions défavorables, normales et favorables on affecte à chaque paramètre les valeurs respectives de -1, 0 et 1. Ces valeurs seront utiles pour l'étude des corrélations en section III.3.3.

On a ainsi 10 inputs, les outputs choisis sont les suivants :

- Marge de solvabilité à constituer N+1
- Taux de couverture de la marge de solvabilité N+1
- Taux de couverture du fond de garantie N+1
- SCR\_mkt N+1
- SCR\_def N+1
- SCR\_life N+1
- SCR\_health N+1
- SCR\_nonlife N+1
- SCR\_int N+1
- SCR global N+1
- Eléments constitutifs sous Solvabilité II N+1
- Taux de couverture du SCR N+1

#### Sous-section III.3.1.c : Création de la base de données

Pour observer au mieux l'effet des paramètres, le plus efficace est d'étudier les valeurs des outputs qui sont les résultats importants sous les réglementations Solvabilité I et II pour chaque combinaison de paramètres possible. Il est donc nécessaire de créer un fichier de 59 049 lignes avec en colonnes les paramètres et les résultats obtenus avec ces paramètres. Cette partie a été réalisée avec une macro codée sous VBA d'où l'intérêt de simplifier l'outil en amont en raison des temps de calculs relativement importants pour autant de lignes. Le code de cette macro est proposé et expliqué en annexe 13 à ce mémoire.

## Section III.3.2 : Corrélations entre les paramètres et les outputs

### Sous-section III.3.2.a : Variations des outputs

Dans le but d'observer les corrélations, on va affecter à chaque valeur d'un input une valeur numérique. Ainsi, pour chaque input, les conditions défavorables, normales et favorables se voient affecter respectivement les valeurs -1, 0 et 1.

Ainsi, on calcule chaque output pour chaque valeur possible d'un vecteur de 10 éléments appartenant à [-1 ; 0 ; 1]<sup>10</sup>.

L'intérêt est qu'une corrélation positive entre un output et un input signifiera que l'output augmente si le paramètre devient plus favorable.

Commençons par observer les coefficients de variation des différents outputs pour ne retenir que ceux qui varient le plus lorsque les paramètres sont modifiés :

*Figure 33 : Variations des outputs selon les conditions*

	Ecart-type	Moyenne	Coefficient de variation
Marge de solvabilité à constituer (C6, Solvabilité I)	1 532	379 080	0,40 %
Ratio de couverture de la marge de solvabilité (C6, Solvabilité I)	103 %	3804 %	2,72 %
Ratio de couverture du fond de garantie, Eléments constitutifs (C6, Solvabilité I)	15 %	555 %	2,69 %
Ratio de couverture des engagements réglementés (C5)	3 %	242%	1,04 %
SCR de marché (Solvabilité II)	135	4 059	3,32 %
SCR de défaut (Solvabilité II)	2	418	0,41 %
SCR vie (Solvabilité II)	0	45	0,12 %
SCR santé (Solvabilité II)	45	654	6,92 %
SCR non vie (Solvabilité II)	0	0	-
SCR sur les actifs incorporels (Solvabilité II)	0	51	0,00 %
SCR global (Solvabilité II)	140	4 531	3,10 %
Eléments constitutifs (selon les normes solvabilité II)	641	17 260	3,71 %
Taux de couverture SCR (Solvabilité II)	3 %	381 %	0,73 %

On observe que les SCR vie, non vie et sur les actifs incorporels sont très faibles et varient peu ou pas. Leur impact est donc minime dans le cas de la mutuelle cliente, on choisit de ne pas les retenir. Le coefficient de variation de la marge de solvabilité à constituer est faible mais il pourra en partie expliquer les variations du ratio de couverture de la marge de solvabilité, on le retient donc dans notre étude.

### Sous-section III.3.2.b : Justification des corrélations négatives

On utilise le résultat de nos calculs expliqués en sous-section III.3.1.c pour calculer les matrices de covariances entre les inputs et les outputs. On rappelle que les inputs ne prennent que les valeurs -1, 0 et 1. Ainsi, comme la variance de chaque input est égale à 2/3 et que les variances des outputs sont connues, on peut en déduire les corrélations entre les paramètres et les outputs.

Les résultats obtenus sont proposés en annexe 14 ce mémoire.

On a déjà remarqué que les conditions favorables avaient tendance à faire augmenter les différents SCR mais également les éléments constitutifs. Ceci reflète l'objectif de solvabilité II qui est d'obtenir des SCR reflétant les risques pris par la mutuelle mais aussi leurs volumes.

Cette remarque est ici confirmée, tous les SCR étudiés ainsi que les éléments constitutifs ont une corrélation positive avec le fait que les paramètres soient de plus en plus favorables.

En revanche, on observe trois corrélations négatives, plus l'évolution des cotisations est importante plus la couverture à la fois des engagements réglementés, de la marge de solvabilité et du SCR global se dégradent. Pour tous les autres paramètres, ces ratios s'améliorent où restent constants quand le paramètre devient plus favorable. Observons la raison de la dégradation de chaque ratio avec l'augmentation des cotisations.

Dans le cas du ratio de couverture de la marge de solvabilité, l'augmentation des cotisations induit une augmentation de la marge de solvabilité à constituer. On observe que la marge de solvabilité ne dépend ici que de l'évolution des cotisations, en effet, dans le cas de notre mutuelle, c'est toujours le calcul par rapport aux cotisations qui est retenu car il donne un résultat supérieur à celui par rapport aux prestations. Sachant que la marge de solvabilité est en majorité couverte par les fonds propres, ceux-ci n'augmentent pas aussi rapidement car ils ne sont augmentés que du gain en résultat de l'exercice induit par l'augmentation des cotisations. C'est une problématique connue du monde de l'assurance et de l'état C6, une augmentation du chiffre d'affaire cause généralement une perte en couverture de la marge de solvabilité et nécessite une hausse des fonds propres pour les assureurs dont le ratio initial est faible.

L'augmentation des cotisations induit une hausse des prestations (nous sommes ici dans le cas d'un P/C constant) et donc des provisions. Ainsi, les engagements réglementés à couvrir sont plus élevés. On peut également signaler que la hausse du chiffre d'affaire se fait généralement aux dépens du P/C car on sacrifie de la marge au profit de l'augmentation du nombre d'adhérents. En compensation, les placements n'évoluent que grâce au résultat supplémentaire engendré par la hausse des cotisations. Ce résultat augmenterait d'autant moins si le P/C avait du se détériorer pour augmenter le chiffre d'affaire. Ainsi, l'augmentation de la valeur nette totale des placements autorisée par la hausse du résultat reste relativement faible, d'autant qu'elle est limitée par les règles de dispersion et de limitation spécifiques au C5. Les engagements augmentent plus que les placements qui les représentent, la couverture du C5 se détériore.

Dans le cas de solvabilité II, on constate qu'une hausse des cotisations induit une hausse des différents SCR et donc du SCR global tandis que les éléments constitutifs ne sont augmentés que du gain en résultat. La couverture du SCR global pose donc le même problème que la couverture de la

marge de solvabilité. Une hausse de l'activité devrait générer une perte en taux de couverture du SCR et donc un besoin en fonds propres.

Que ce soit dans le cas du C5, du C6 ou du Pilier I de Solvabilité II, les dirigeants des mutuelles et autres organismes assureurs doivent anticiper une baisse de la couverture de leurs ratios en cas d'augmentation du chiffre d'affaire. Les solutions sont alors d'augmenter les fonds propres ou de gérer les risques de façon plus prudente pour diminuer le SCR global.

#### Sous-section III.3.2.b : Justification des principales corrélations positives

Le tableau proposé en annexe 14 montrent que seuls cinq des dix paramètres ont un effet important au niveau de la formule standard. Il s'agit de l'évolution des cotisations, du rendement des placements, des charges de ces placements, du P/C et des conditions dans lesquelles évoluent les placements en termes de valeurs de réalisation.

Les corrélations les plus fortes sont en violet. La corrélation entre l'évolution des cotisations et la marge de solvabilité a déjà été expliquée ci-dessus. La hausse des cotisations induit également une hausse du résultat, donc du passif total. La hausse de l'actif sous-jacente induit une hausse du total des valeurs nettes des placements et donc de leurs valeurs de réalisation (pour une conjoncture et une répartition des placements identiques). La hausse des valeurs de réalisation induit celle du SCR de défaut.

Une amélioration des conditions pour les placements induit une hausse des valeurs de réalisation. Bien qu'elle fasse augmenter les SCR de marché et donc la SCR global, la hausse générée dans les éléments constitutifs est bien plus importante car entièrement impactée à la valeur des placements. Ainsi, une conjoncture financière favorable permet d'améliorer la couverture du SCR.

L'effet du P/C sur le SCR santé est plus complexe, en effet, un P/C « normal », c'est-à-dire ni favorable ni défavorable renvoi un SCR santé plus faible. Ceci provient de la prise en compte de l'écart type pour le calcul du SCR santé. Ainsi, selon la méthode 2 du calcul du SCR santé de la formule standard, un P/C stable est plus prudent qu'un P/C qui s'améliore fortement en raison du risque sous-jacent à cette volatilité. Cette méthode est donc très prudente. Pour une mutuelle santé moins riche que la mutuelle étudiée et donc plus sensible au SCR santé qu'au SCR de marché, cette information est importante dans le cas où la mutuelle souhaiterait améliorer sa marge. On remarque cependant que le P/C, en augmentant les éléments constitutifs grâce aux meilleurs résultats, permet d'améliorer la couverture du SCR.

Les autres corrélations importantes (en jaune) sont facilement explicables. En effet, une amélioration du P/C ou des charges des placements conduit à un meilleur résultat donc à des éléments constitutifs plus élevés et à une meilleure couverture de la marge de solvabilité.

Une amélioration de la conjoncture financière induit l'augmentation des valeurs de réalisation et donc augmente le SCR de marché et donc le SCR global tout comme les éléments constitutifs. On observe en outre qu'une amélioration du P/C induit une augmentation des principaux SCR, c'est-à-dire ceux de marché, de défaut et santé et donc du SCR global.

## Section III.3.3 : Corrélations entre les outputs

### Sous-section III.3.3.a : Analyse des corrélations entre les SCR

Dans cette sous-section, on propose d'observer les corrélations qui existent entre les SCR de marché, de défaut, santé et global ainsi qu'avec les éléments constitutifs et les taux de couverture du SCR.

Figure 34.1 : Corrélations entre les principaux éléments de calcul du Pilier I

	SCR de marché	SCR de défaut	SCR santé	SCR global	Éléments constitutifs	Taux de couverture du SCR
SCR de marché	100,0%	36,5%	37,2%	<b>99,3%</b>	<b>99,9%</b>	<b>86,1%</b>
SCR de défaut	36,5%	100,0%	20,6%	37,7%	35,3%	19,2%
SCR santé	37,2%	20,6%	100,0%	48,2%	38,2%	-10,3%
SCR global	99,3%	37,7%	48,2%	100,0%	<b>99,3%</b>	<b>79,8%</b>
Éléments constitutifs	99,9%	35,3%	38,2%	99,3%	100,0%	<b>86,4%</b>
Taux de couverture du SCR	86,1%	19,2%	-10,3%	79,8%	86,4%	100,0%

On observe une fois de plus la prédominance du SCR de marché qui est corrélé à plus de 99 % avec le SCR global et les éléments constitutifs. Les éléments du triplet SCR de marché, SCR global éléments constitutifs sont corrélés à plus de 99 % deux à deux. En comparaison, les SCR santé et de défaut qui sont les seuls à avoir un impact réel sur le SCR global ne dépassent pas les 50 % de corrélation avec le SCR global ou les éléments constitutifs.

La forte corrélation entre éléments constitutifs et taux de couverture du SCR est logique car une hausse des éléments constitutifs induit une hausse du ratio.

Le fait qu'une hausse du SCR global induise une hausse de sa propre couverture avec une corrélation de près de 80 % suggère qu'une hausse du SCR global est ici généralement accompagnée d'une hausse plus importante des éléments constitutifs. La corrélation entre ces deux éléments est en effet de 99,3 %.

On en déduit donc qu'une augmentation du SCR de marché pour un portefeuille du même type induit un SCR mieux couvert. Comme on l'a vu précédemment, la hausse du SCR de marché pour un portefeuille présentant les mêmes risques peut avoir deux origines. Soit une bonne conjoncture financière durant l'exercice qui améliore d'une part les valeurs de réalisation des placements conservés mais aussi le taux de rendement des placements. Soit une hausse des valeurs nettes des placements du fait d'un exercice avec un résultat qui s'améliore grâce à un meilleur P/C ou à une meilleure gestion, par exemple, une baisse des charges des placements ou des frais de gestion. On en déduit donc que la hausse du SCR de marché pour les prévisions faites avec notre méthode est une bonne nouvelle pour la mutuelle.

### Sous-section III.3.3.b : Etude approfondie de l'effet du P/C

A contrario, on constate qu'une augmentation du SCR santé sembler causer une dégradation du taux de couverture du SCR donc en s'accompagnant d'une augmentation plus forte du SCR global que des éléments constitutifs. On a observé précédemment que le SCR santé avait pour principale origine le P/C.

*Figure 34.2 : Impact du P/C sur le SCR santé et la couverture du SCR*

	P/C	SCR santé	SCR global	Eléments constitutifs	Couverture du SCR
Défavorable	67,50%	622	4448	1691	380,1 %
Normale	54,00%	624	4518	17262	382,0 %
Favorable	40,50%	718	4626	17605	380,5 %

On distingue deux effets dus au P/C. Un effet dû à son augmentation ou sa diminution qui est qu'une hausse du P/C devrait induire une amélioration du SCR santé et qu'une baisse du P/C devrait induire une détérioration du SCR santé, en effet, on a déjà vu que les SCR ont tendance à augmenter avec la qualité des paramètres. L'autre effet est un effet dû à la variation du P/C qui génère forcément une augmentation du SCR santé pour des raisons de prudence face à la volatilité. Ces deux effets semblent se compenser en conditions défavorables avec un SCR santé qui varie de moins de 0,5 % entre les conditions défavorables et normales. En revanche, ces effets s'additionnent et causent une variation de 15 % entre les conditions normales et favorables. Ceci favorise une augmentation du SCR global forte avec un P/C favorable au point d'en détériorer la couverture.

Les conclusions sont ici les mêmes que précédemment, dans le cadre de la directive Solvabilité II, une amélioration de la marge ou du chiffre d'affaire s'accompagne d'une dégradation de la couverture du SCR toutes choses égales par ailleurs. L'effet du SCR de marché étant déterminant, surtout pour la mutuelle étudiée ici, des placements plus prudents ou une bonne conjoncture financière permettent de facilement maintenir le ratio de couverture du SCR.

### Sous-section III.3.3.c : Corrélations entre C5, C6, résultat et couverture du SCR

On dispose pour un même exercice N de 59 049 exercices N+1. Chaque exercice N+1 est déterminé par 10 paramètres. La connaissance de ces paramètres permet de calculer facilement le résultat de l'exercice pour chacun de ces 59 049 exercices possibles à l'aide de la méthode présentée en sous-section II.1.2.b.

Assurons nous d'abord de la cohérence de nos résultat en observant la corrélation du résultat de l'exercice avec les paramètres.

*Figure 34.3 : Corrélation entre le résultat de l'exercice et les paramètres*

P/C	Charges des placements	Rendement des placements	Frais de gestion sinistres	Autres charges techniques	Frais d'administration	Autres produits techniques	Frais d'acquisition	Evolution des cotisations	Conditions (valeurs de réalisation)
63%	61%	39%	8%	5%	5%	5%	2%	1%	0%

On observe que plus un paramètre est favorable, plus le résultat est élevé. L'effet des paramètres est donc logique. Le P/C définissant le taux de marge, il est logique que son influence soit majeure sur le résultat de l'exercice. De même, une baisse des charges ou un meilleur rendement des placements conduisent également à un meilleur exercice.

On a déjà constaté que l'amélioration du P/C et la hausse du chiffre d'affaires n'étaient pas nécessairement avantageuses en termes de couverture du SCR. Le tableau suivant présente les corrélations entre C5, C6, résultat et couverture du SCR.

*Figure 34.4 : Corrélation entre C5, C6, résultat et couverture du SCR*

	Résultat de l'exercice	Ratio de couverture de la marge de solvabilité	Ratio de couverture du fond de garantie	Ratio de couverture des engagements réglementés	Ratio de couverture du SCR
Résultat de l'exercice	100%	99%	100%	91%	38%
Ratio de couverture de la marge de solvabilité	99%	100%	99%	91%	39%
Ratio de couverture du fond de garantie	100%	99%	100%	91%	38%
Ratio de couverture des engagements réglementés	91%	91%	91%	100%	26%
Taux de couverture SCR	38%	39%	38%	26%	100%

L'amélioration des résultats de l'exercice permet à la fois l'augmentation des fonds propres et des valeurs nettes des placements. Ainsi, on constate que le résultat de l'exercice et la couverture du fond de garantie, de la marge de solvabilité et des engagements réglementés sont fortement corrélés entre eux. Bien que la corrélation soit également positive entre ce quadruplet la couverture du SCR, la corrélation est ici bien plus faible. Cette matrice des corrélations montre une fois de plus que sous la directive Solvabilité II, la qualité d'un exercice n'est pas suffisante pour assurer la couverture du SCR. Des placements prudents associés à un taux de marge et à un chiffre d'affaire stables sont les meilleurs moyens d'assurer une bonne couverture du SCR. Avec la disparition du C6, le ratio de couverture des engagements réglementés reste un élément important qui peut lui aussi être amélioré par des placements prudents.

Dans le cas de la mutuelle étudiée ici, l'important niveau de fonds propres garantit une couverture des ratios actuels comme futurs. Les mutuelles moins riches rencontrant des difficultés de couverture du SCR vont en revanche devoir augmenter leurs fonds propres. Les difficultés générées par les nouvelles réglementations devraient donc conduire à un nombre important de fusions de petites mutuelles régionales. Cette perte de diversité de l'offre est concédée au profit d'une meilleure gestion des risques et d'une amélioration de la protection des adhérents. Le rôle de la directive Solvabilité II semble donc être rempli.

## Conclusion

L'objectif premier de ce mémoire est la réalisation de prévisions d'activité de mutuelles santé de taille réduite sur cinq ans. Après avoir détaillé les principes comptables et les principaux points réglementaires auxquels sont soumises les mutuelles dans une première partie, nous avons proposé une méthode de prévisions d'activité.

Notre méthode repose avant tout sur la création d'un outil déterministe qui réalise des prévisions de comptes annuels, de C5 et de C6 en fonction des comptes annuels de l'exercice écoulé et de plusieurs paramètres.

La nécessité de réaliser ces prévisions dans des conditions différentes, notamment normales et défavorables, nous a amené à alimenter notre outil déterministe avec différents paramètres selon les conditions souhaitées.

Les conditions normales sont paramétrées avec l'aide de la mutuelle cliente ou sur observation de son activité passée. Les paramètres dans d'autres conditions ont été calculés à partir de simulations d'exercices futurs. Les paramètres de ces simulations sont basés sur l'observation des erreurs relatives de prévision passées.

La greffe de l'outil relatif à la formule standard simplifiée pour ne retenir que les calculs relatifs aux mutuelles clientes d'Actélior a permis le calcul de SCR prospectifs.

On a abouti à un outil efficace et simple d'utilisation ne nécessitant que quelques paramètres centraux et le choix des conditions dans lesquelles se dérouleront les cinq exercices futurs.

L'analyse des résultats obtenus a permis de constater que les hypothèses posées et les résultats obtenus étaient cohérents.

La création d'un outil détourné a permis d'observer les corrélations entre nos paramètres et les réglementations actuelles et futures pour une mutuelle test. On a constaté que la gestion des risques sous Solvabilité II était bien plus fine mais aussi plus exigeante pour les petites mutuelles habituées à ne devoir couvrir que le fond de garantie.

De plus, le besoin en fond propre en cas d'augmentation du chiffre d'affaire, déjà connu dans le cadre de l'état C6, se répète sous la directive Solvabilité II.

Le principal défi pour les petites mutuelles santé régionales sera de modifier leur gestion en adéquation avec Solvabilité II ou d'augmenter leurs fonds propres, par exemple par une fusion.

## **Bibliographie**

[1] AUTORITE DE CONTRÔLE DES ASSURANCES ET DES MUTUELLES. (2008) *Lancement de la quatrième étude quantitative d'impact (QIS 4)*. Conférence du 15 avril 2008.

([http://www.acam-france.fr/?action=download&fileName=conf\\_rence\\_mutuelles\\_150408\\_517.pdf](http://www.acam-france.fr/?action=download&fileName=conf_rence_mutuelles_150408_517.pdf))

[2] AUTORITE DE CONTRÔLE DES ASSURANCES ET DES MUTUELLES. (2010) *Note de présentation du tableau complémentaire aux états des placements*.

(<http://www.banque-france.fr/acp/supervision-assurances/documents/noticeTCEP2010.pdf>)

[3] AUTORITE DE CONTRÔLE PRUDENTIEL. (2011) *Solvabilité II, Enseignements de la 5ème étude d'impact*. Communiqué de presse du 15 mars 2011.

(<http://www.banque-france.fr/acp/communiques/20110315-comminique-presse-solvabilite2.pdf>)

[4] AUTORITE DE CONTRÔLE PRUDENTIEL THIERRY J.P. (2011) *Conférence de l'Autorité de Contrôle Prudentiel du 27 avril 2011*. La revue de l'autorité de Contrôle Prudentiel. N°1. Mai-Juin 2011.

[5] BOUTARD J.P. (2011) *Cours de comptabilité des assurances*. ISFA.

[6] COMMISSION DE CONTRÔLE DES ASSURANCES, DES MUTUELLES ET DES INSTITUTIONS DE PREVOYANCE (2005) *Note d'information sur le rapport de solvabilité*.

([http://www.acam-france.fr/?action=download&fileName=NI-rapports-solvabilit\\_\\_258.pdf](http://www.acam-france.fr/?action=download&fileName=NI-rapports-solvabilit__258.pdf))

[7] DOURNEAU J. (2008) *Solvency II : Du risque de marché au modèle interne de risque*. Mémoire soutenu à l'ENASS en 2008.

([http://www.enas.preprod.kahiloa.com/classeurs/mpd\\_27/solvency\\_ii\\_enass\\_judith\\_dourneau.pdf](http://www.enas.preprod.kahiloa.com/classeurs/mpd_27/solvency_ii_enass_judith_dourneau.pdf))

[8] EFFISOFT (2007) *Dossier sur la réglementation des assureurs français*.

(<http://effisoft-consulting.com/Pages/Solutions/Solutions.aspx?Action=Solution&downOblReg=true>)

[9] KROESE D.P., RUBINSTEIN R.Y. (2008) *Simulation and the Monte Carlo method*. John Wiley & Sons.

[10] MARCENAC P., MAREY C. (2002) *Le nouveau plan comptable de la Mutualité*. Economica

***Annexes au mémoire :  
Prévisions d'activité de  
mutuelles santé  
sous les réglementations  
Solvabilité I et II***

**Bastien Godrix**

## SOMMAIRE DES ANNEXES

ANNEXE 1 :	Alimentation du bilan à l'aide de la balance	3
ANNEXE 2 :	Les comptes de résultat techniques	4
ANNEXE 3 :	Le compte de résultat non technique	5
ANNEXE 4 :	Compte de résultat prévisionnel : Résultat technique non-vie	6
ANNEXE 5 :	Paramètres utilisés pour le prévisionnel	7
ANNEXE 6 :	Calculs intermédiaires utilisés pour le prévisionnel	8
ANNEXE 7 :	Données exportées vers R	9
ANNEXE 8 :	Normalité multivariée des erreurs relatives	10
ANNEXE 9 :	Analyse des résultats simulés	11
ANNEXE 10 :	Valeurs des paramètres de 1 000 simulations triées par ordre de résultats de l'exercice décroissants	12
ANNEXE 11 :	Evolution des SCR et de leur couverture sur 5 ans	13
ANNEXE 12 :	Evolution des SCR de marché sur 5 ans	14
ANNEXE 13 :	Code expliqué de la macro VBA	15
ANNEXE 14 :	Corrélation entre les paramètres et les outputs	16

**ANNEXE 1 : ALIMENTATION DU BILAN A L'AIDE DE LA BALANCE**

**Bilan - Actif**

	<b>Comptes dans la balance</b>
<b>A1 Actifs incorporels</b>	50 net de 58, 59
<b>A2 Placements (A2a + A2b + A2c + A2d)</b>	
A2a Terrains et constructions	21, 22 nets de 28, 29
A2b Placements dans les entreprises liées et avec lesquelles il existe un lien de participation	25, 26 nets de 29
A2c Autres placements	23 sauf 235 net de 29
A2d Créances pour espèces déposées auprès des entreprises cédantes	235 net de 29
<b>A3 Placements représentant les provisions techniques afférentes aux opérations en unités de compte</b>	24
<b>A4 Part des cessionnaires et récessionnaires dans les provisions techniques (A4a + A4b + A4c + A4d + A4e + A4f + A4g + A4h + A4i + A4j + A4k)</b>	
A4a Provisions pour cotisations non acquises (Non-Vie)	3 912
A4b Provisions d'assurance Vie	3 900
A4c Provisions pour prestations à payer (Vie)	3 920
A4d Provisions pour prestations à payer (Non-Vie)	3 932
A4e Provisions pour participation aux excédents et ristournes (Vie)	3 940
A4f Provisions pour participation aux excédents et ristournes (Non-Vie)	3 952
A4g Provisions pour égalisation (Vie)	39 600
A4h Provisions pour égalisation (Non-Vie)	39 622
A4i Autres Provisions techniques (Vie)	39 700
A4j Autres Provisions techniques (Non-Vie)	39 722
A4k Provisions techniques des opérations en unités de compte	3 980
<b>A5 Part des garants dans les engagements techniques donnés en substitution</b>	3913, 3901, 3921, 3933, 3941, 3953, 39601, 39623, 39701, 39723
<b>A6 Créances (A6a + A6b + A6c)</b>	
A6a Créances nées d'opérations directes et de prises en substitution (A6aa + A6ab)	
A6aa Cotisations restant à émettre	400, 401
A6ab Autres créances nées d'opérations directes et de prises en substitution	40 sauf 400 et 401 si débiteur net de 49
A6b Créances nées d'opérations de réassurance et de cessions en substitution	41 si débiteur net de 49
A6c Autres créances (A6ca + A6cb + A6cc)	
A6ca Personnel	42 si débiteur net de 49
A6cb Etat, organismes sociaux, collectivités publiques	43 et 44 si débiteur net de 49
A6cc Débiteurs divers	45, 46 et 475 si débiteur net de 49
<b>A7 Autres actifs (A7a + A7b)</b>	
A7a Actifs corporels d'exploitation	51 net de 58, 59
A7b Avoirs en banque, CCP et caisse	52 si débiteur
<b>A8 Compte de régularisation - Actif (A8a + A8b + A8c + A8d)</b>	
A8a Intérêts et loyers acquis non échus	480
A8b Frais d'acquisition reportés (Vie)	4 810
A8c Frais d'acquisition reportés (Non-Vie)	4 811
A8d Autres comptes de régularisation	482, 483
<b>A9 Différences de conversion</b>	476, 477 si solde global débiteur
<b>Total de l'actif (A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + A6 + A7 + A8 + A9)</b>	

**Bilan - Passif**

	<b>Comptes dans la balance</b>
<b>B1 Fonds mutualistes et réserves (B1.1 + B1.2)</b>	
<b>B1.1 Fonds propres (B1a + B1b + B1c + B1d + B1e)</b>	
B1a Fonds de dotation sans droit de reprise	102
B1b Ecart de réévaluation	105
B1c Réserves	106
B1d Report à nouveau	11
B1e Résultat de l'exercice	12
<b>B1.2 Autres fonds mutualistes (B1f + B1g)</b>	
B1f Fonds de dotation avec droit de reprise	103
B1g Subventions nettes	13
<b>B2 Passifs subordonnés</b>	160
<b>B3 Provisions techniques brutes (B3a + B3b + B3c + B3d + B3e + B3f + B3g + B3h + B3i + B3j)</b>	
B3a Provisions pour cotisations non acquises (Non-Vie)	31 net de 3913
B3b Provisions d'assurance Vie	30 net de 3901
B3c Provisions pour prestations à payer (Vie)	32 net de 3921
B3d Provisions pour prestations à payer (Non-Vie)	33 net de 3933
B3e Provisions pour participation aux excédents et ristournes (Vie)	34 net de 3941
B3f Provisions pour participation aux excédents et ristournes (Non-Vie)	35 net de 3953
B3g Provisions pour égalisation (Vie)	360 net de 39601
B3h Provisions pour égalisation (Non-Vie)	362 net de 39623
B3i Autres Provisions techniques (Vie)	370, 374, 377 nets de 39701
B3j Autres Provisions techniques (Non-Vie)	372, 375 nets de 39723
<b>B4 Provisions techniques des opérations en unités de compte</b>	38 net de 3981
<b>B5 Engagements techniques sur opérations données en substitution</b>	Poste A5
<b>B6 Provisions pour risques et charges</b>	14,15
<b>B7 Fonds dédiés</b>	19
<b>B8 Dettes pour dépôt en espèces reçus des cessionnaires</b>	17
<b>B9 Autres dettes (B9a + B9b + B9c + B9d)</b>	
B9a Dettes nées d'opérations directes et de prises de substitution	40 sauf 400 et 401 si créateur
B9b Dettes nées d'opérations de réassurance et de cessions en substitution	41 si créateur
B9c Dettes envers des établissements de crédit	164, 52 si créateur
B9d Autres dettes (B9da + B9db + B9dc + B9dd)	
B9da Autres emprunts, dépôts et cautionnements reçus	161, 165, 168
B9db Personnel	42 si créateur
B9dc Etat, organismes sociaux, collectivités publiques	43, 44 si créateur
B9dd Créateurs divers	18, 45, 46 si créateur
<b>B10 Comptes de régularisation - passif</b>	484, 485
<b>B11 Différences de conversion</b>	476, 477 si solde global créateur
<b>Total du passif (B1 + B2 + B3 + B4 + B5 + B6 + B7 + B8 + B9 + B10 + B11)</b>	

Les affectations aux comptes sont reprises de : "Le nouveau plan comptable de la Mutualité". Economica.

**ANNEXE 2 : LES COMPTES DE RESULTAT TECHNIQUES**

	Opérations brutes totales (A)*	Opérations données en substitution (B)**	Cessions et rétrocessions (C)	Opérations nettes	Opérations nettes
				Exercice N (A-B-C)	Exercice N-1
<b>D1 Cotisations acquises (D1a - D1b)</b>					
D1a Cotisations					
D1b Charges des provisions pour cotisations non acquises					
<b>D2 Produits des placements alloués du compte non technique</b>					
<b>D3 Autres produits techniques</b>					
<b>D4 Charge des prestations (D4a + D4b)</b>					
D4a Prestations et frais payés					
D4b Charge des provisions pour prestations à payer					
<b>D5 Charges des autres provisions techniques</b>					
<b>D6 Participation aux résultats</b>					
<b>D7 Frais d'acquisition et d'administration (D7a + D7b - D7c)</b>					
D7a Frais d'acquisition					
D7b Frais d'administration					
D7c Commissions reçues des réassureurs et des garants en substitution					
<b>D8 Autres charges techniques</b>					
<b>D9 Charge de la provision pour égalisation</b>					
<b>Résultat technique des opérations Non-Vie (D1 + D2 + D3 - D4 - D5 - D6 - D7 - D8 - D9)</b>					

\* y compris les opérations données en substitution

\*\* cette colonne ne sera utilisée et servie que si la mutuelle ou l'union a donné des opérations en substitution

	Opérations brutes totales (A)*	Opérations données en substitution (B)**	Cessions et rétrocessions (C)	Opérations nettes	Opérations nettes
				Exercice N (A-B-C)	Exercice N-1
<b>E1 Cotisations</b>					
<b>E2 Produits des placements (E2a + E2b + E2c)</b>					
E2a Revenus des placements					
E2b Autres produits des placements					
E2c Produits provenant de la réalisation des placements					
<b>E3 Ajustements ACAV (plus values)</b>					
<b>E4 Autres produits techniques</b>					
<b>E5 Charges des prestations (E5a + E5b)</b>					
E5a Prestations et frais payés					
E5b Charge des provisions pour prestations à payer					
<b>E6 Charge des provisions d'assurance vie et d'autres provisions techniques (E6a + E6b + E6c + E6d)</b>					
E6a Provisions d'assurance vie					
E6b Provisions pour opérations en unités de compte					
E6c Provision pour égalisation					
E6d Autres provisions techniques					
<b>E7 Participation aux résultats</b>					
<b>E8 Frais d'acquisition et d'administration (E8a + E8b - E8c)</b>					
E8a Frais d'acquisition					
E8b Frais d'administration					
E8c Commissions reçues des réassureurs et des garants en substitution					
<b>E9 Charges des placements (E9a + E9b + E9c)</b>					
E9a Frais de gestion interne et externe des placements et intérêts					
E9b Autres charges de placements					
E9c Pertes provenant de la réalisation des placements					
<b>E10 Ajustement ACAV (moins-values)</b>					
<b>E11 Autres charges techniques</b>					
<b>E12 Produits des placements transférés au compte non-technique</b>					
<b>Résultat technique des opérations Vie (E1 + E2 + E3 + E4 - E5 - E6 - E7 - E8 - E9 - E10 - E11 - E12)</b>					

\* y compris les opérations données en substitution

\*\* cette colonne ne sera utilisée et servie que si la mutuelle ou l'union a donné des opérations en substitution

## ANNEXE 3 : LE COMPTE DE RESULTAT NON TECHNIQUE

	Exercice N	Exercice N-1
<b>F1 Résultat technique des opérations Non - Vie</b>		
<b>F2 Résultat technique des opérations Vie</b>		
<b>F3 Produits des placements (F3a + F3b + F3c)</b>		
F3a Revenus des placements		
F3b Autres produits des placements		
F3c Profits provenant de la réalisation des placements		
<b>F4 Produits des placements alloués du compte technique vie</b>		
<b>F5 Charges des placements (F5a + F5b + F5c)</b>		
F5a Frais de gestion internes et externes des placements et des frais financiers		
F5b Autres charges des placements		
F5c Pertes provenant de la réalisation des placements		
<b>F6 Produit des placements transférés au compte technique non-vie</b>		
<b>F7 Autres produits non techniques</b>		
<b>F8 Autres charges non techniques (F8a + F8b)</b>		
F8a Charges à caractère social		
F8b Autres charges non techniques		
<b>F9 Résultat exceptionnel (F9a - F9b)</b>		
F9a Produit exceptionnels		
F9b Charges exceptionnelles		
<b>F10 Impôts sur le résultat</b>		
<b>F11 Résultat de l'exercice</b> <b>(F1 + F2 + F3 + F4 - F5 -F6 + F7 - F8 + F9 - F10)</b>		

**ANNEXE 4 : COMPTE DE RESULTAT PREVISIONNEL - RESULTAT TECHNIQUE DES OPERATIONS NON-VIE**

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	Opérations nettes						
<b>D1 Cotisations acquises</b>	<b>1 442 069</b>	<b>1 407 500</b>	<b>1 421 575</b>	<b>1 435 791</b>	<b>1 450 149</b>	<b>1 464 650</b>	<b>1 479 297</b>
D1a Cotisations	1 442 069	1 407 500	1 421 575	1 435 791	1 450 149	1 464 650	1 479 297
D1b Charges des provisions pour cotisations non acquises	0	0	0	0	0	0	0
<b>D2 Produits des placements alloués du compte non technique</b>	<b>4 694</b>	<b>5 971</b>	<b>6 270</b>	<b>5 428</b>	<b>4 484</b>	<b>4 529</b>	<b>4 574</b>
<b>D3 Autres produits techniques</b>	<b>3 031 253</b>	<b>3 071 254</b>	<b>3 101 966</b>	<b>3 132 986</b>	<b>3 164 316</b>	<b>3 195 959</b>	<b>3 227 919</b>
<b>D4 Charge des prestations</b>	<b>941 242</b>	<b>734 564</b>	<b>818 188</b>	<b>826 370</b>	<b>819 178</b>	<b>827 369</b>	<b>835 643</b>
D4a (1) Prestations	893 068	707 993	766 764	774 431	769 366	775 368	783 122
D4a (2) Frais payés	71 815	50 052	50 538	51 043	50 599	51 105	51 616
D4b Charge des provisions pour prestations à payer	-23 641	-23 480	887	896	-787	897	906
<b>D5 Charges des autres provisions techniques</b>	<b>0</b>						
<b>D6 Participation aux résultats</b>	<b>0</b>						
<b>D7 Frais d'acquisition et d'administration</b>	<b>59 150</b>	<b>41 607</b>	<b>42 034</b>	<b>42 455</b>	<b>42 879</b>	<b>43 308</b>	<b>43 741</b>
D7a Frais d'acquisition	18 110	10 734	10 844	10 953	11 062	11 173	11 285
D7b Frais d'administration	41 040	30 873	31 190	31 502	31 817	32 135	32 456
D7c Commissions reçues des réassureurs	0	0	0	0	0	0	0
<b>D8 Autres charges techniques</b>	<b>3 512 083</b>	<b>3 304 885</b>	<b>3 442 569</b>	<b>3 476 994</b>	<b>3 511 764</b>	<b>3 546 882</b>	<b>3 582 351</b>
<b>D9 Charge de la provision pour égalisation</b>	<b>0</b>						
<b>Résultat technique des opérations Non-Vie</b>	<b>-34 459</b>	<b>403 668</b>	<b>227 020</b>	<b>228 386</b>	<b>245 127</b>	<b>247 579</b>	<b>250 054</b>

Les valeurs ont été modifiées et ne correspondent pas à celles du client pris comme base pour la réalisation de l'outil.

**ANNEXE 5 : PARAMETRES UTILISES POUR LE PREVISIONNEL**

Dernier exercice clos	2010					
Mois de cloture (9 si sept et 12 si décembre)	12					
		2011	2012	2013	2014	2015
Evolution annuelle des cotisations (vie et non vie)		1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%
Rendement des placements		7.00%	6.00%	5.00%	5.00%	5.00%
Taux de commission de réassurance		0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Taux de frais de gestion des sinistres (vie et non vie)		6.58%	6.58%	6.58%	6.58%	6.58%
Taux de frais d'acquisition (vie et non vie)		0.76%	0.76%	0.76%	0.76%	0.76%
Taux de frais d'administration (vie et non vie)		2.19%	2.19%	2.19%	2.19%	2.19%
Taux d'évolution des autres charges techniques (non vie)		1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%
Taux d'évolution des autres produits techniques (non vie)		1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%
Taux de charges des placements		60%	60%	60%	60%	60%
Taux d'évolution des charges autres provisions techniques		0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Taux d'impôt sur les sociétés		33.33%	33.33%	33.33%	33.33%	33.33%
		2011	2012	2013	2014	2015
évolution des autres produits non techniques		0%	0%	0%	0%	0%
évolution des autres charges non techniques		4%	4%	4%	4%	4%
Gain de productivité sur adm. et gestion des sinistres par rapport à N-1		0%	0%	0%	0%	0%

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Taux de cession réassurance du portefeuille non vie</b>						
	0%	0%	0%	0%	0%	0%

	<b>P/C</b>					
Opérations brutes	54%	54%	54%	53%	53%	53%
Opérations cédées	54%	53%	52%	52%	52%	52%

	30/12/2007	30/12/2008	30/12/2009	30/12/2010
<b>provisions des trois dernières années</b>				
	123 043	135 806	112 165	88 685
<b>provisions nettes des trois dernières années</b>				
	123 043	135 806	112 165	88 685

	2008	2009	2010
Presta brutes hors frais	996 460	893 068	707 993
Frais	118 669	71 815	50 052
Presta nettes hors frais	996 460	893 068	707 993
Frais	118 669	71 815	50 052
Montant de la marge de solvabilité N-1		296 271	

**Seuils utilisés pour le C6:**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
cotis non vie	57 500 000	57 500 000	57 500 000	60 400 000	60 400 000	60 400 000
prest non vie	40 300 000	40 300 000	40 300 000	42 300 000	42 300 000	42 300 000
fond de garantie NV	1 800 000	1 800 000	1 800 000	2 200 000	2 200 000	2 200 000
fond de garantie V	2 600 000	2 600 000	2 600 000	3 200 000	3 200 000	3 200 000

Les valeurs ont été modifiées et ne correspondent pas à celles du client pris comme base pour la réalisation de l'outil.

**ANNEXE 6 : CALCULS INTERMEDIAIRES UTILISES POUR LE PREVISIONNEL**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>COTISATIONS</b>						
Opérations brutes	1 407 500	1 414 472	1 428 616	1 442 903	1 457 332	1 471 905
Opérations cédées	0	0	0	0	0	0

	<b>Charges de sinistres</b>					
Opérations brutes	760 050	796 038	803 998	764 738	772 386	780 110
Opérations cédées	0	0	0	0	0	0

PPAP	<b>Stock des Provisions Techniques</b>					
Opérations brutes	88 685	92 884	93 813	89 232	90 124	91 026
Opérations cédées	0	0	0	0	0	0

PPNA						
Opérations brutes	0	0	0	0	0	0
Opérations cédées	0	0	0	0	0	0

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Dotation annuelle à la PPAP</b>						
Opérations brutes	0	4 199	929	-4 581	892	901
Opérations cédées		0	0	0	0	0

	<b>Dotation annuelle à la PPNA</b>					
Opérations brutes		0	0	0	0	0
Opérations cédées		0	0	0	0	0

	<b>Prestations payées</b>					
Opérations brutes	760 050	791 839	803 069	769 319	771 493	779 208
Opérations cédées	0	0	0	0	0	0

	<b>Produit des placements des provisions techniques</b>					
		5 825	5 629	4 462	4 506	4 551

	<b>Produit des placements des fonds propres</b>					
		585 406	567 693	480 031	489 249	498 585

	<b>Produit des placements totaux</b>					
		591 231	573 321	484 493	493 755	503 136

<b>Fonds propres au 31/12/N - actifs incorporels</b>						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	9 334 024	9 461 542	9 600 627	9 784 973	9 971 700	10 160 352

<b>Actifs admis en représentation au 31/12/N</b>						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	2 397 849	2 529 566	2 669 580	2 849 345	3 036 965	3 226 518

Les valeurs ont été modifiées et ne correspondent pas à celles du client pris comme base pour la réalisation de l'outil.

## ANNEXE 7 : DONNES EXPORTEES VERS R

Type de paramètre	Intitulé	pour N+1
paramètre pour prévoir N+1	Evolution annuelle des cotisations (vie et non vie)	1.00%
paramètre pour prévoir N+1	Rendement des placements	7.00%
paramètre pour prévoir N+1	Taux de frais de gestion des sinistres (vie et non vie)	6.58%
paramètre pour prévoir N+1	Taux de frais d'acquisition (vie et non vie)	0.76%
paramètre pour prévoir N+1	Taux de frais d'administration (vie et non vie)	2.19%
paramètre pour prévoir N+1	Taux d'évolution des autres charges techniques (non vie)	1.00%
paramètre pour prévoir N+1	Taux d'évolution des autres produits techniques (non vie)	1.00%
paramètre pour prévoir N+1	Taux de charges des placements	60.00%
paramètre pour prévoir N+1	P/C	54.00%
données N	D1A	-1 407 500
données N	D3	-3 071 254
données N	D4A (1)	707 993
données N	D4A (2)	50 052
données N	D4B	-23 480
données N	D7A	10 734
données N	D7B	30 873
données N	D8	3 304 885
données N	E1	-5 924
données N	E11	1
données N	E5A	223
données N	E8A	48
données N	E8B	138
données N	F10	22 036
données N	F3	-1 245 268
données N	F5	607 948
données N	F8	1 374
données N	Résultat de l'exercice	1 017 120
données N	B3D	88 685
données N-1	D8	3 512 083
données N	A1	43 224
données N	Fonds propres	9 377 248
données N-1	F8	6 112
données N	P/C	54.00%
paramètre pour prévoir N+1	évolution des autres charges non techniques	4.00%

Les valeurs ont été modifiées et ne correspondent pas à celles du client pris comme base pour la réalisation de l'outil.

## ANNEXE 8 : NORMALITE MULTIVARIEE DES ERREURS RELATIVES

### TESTS DE NORMALITE MULTIVARIEE DES ERREURS RELATIVES DE PREVISIONS D'ACTIVITE

**# Soit y la matrice [9;12] des erreurs relatives constatées**

**# Création du QQ-plot de notre échantillon**

```
x1 <- as.matrix(t(y))
center1 <- colMeans(x1)
cov1 <- cov(x1);
d1 <- mahalanobis(x1,center1,cov1)
qqplot(qchisq(ppoints(12),df=9),d1, xlim=c(0,25),ylim=c(0,25))
abline(a=0,b=1)
```

**# Test de normalité multivariée**

```
mshapiro.test(y) #package mvnrmtest
```

### MEMES TESTS SUR UN VECTEUR GAUSSIEN

```
simu=matrix(data=0,nrow=9,ncol=12,byrow=FALSE)
for (k in 1:12)
{
gauss=choleski%*%rnorm(9)
```

**# Où choleski désigne la matrice de Choleski utilisée précédemment.**

```
simu[,k]<-gauss
}
```

**# Création du QQ-plot de notre échantillon**

```
x2 <- as.matrix(t(simu))
center2 <- colMeans(x2)
cov2 <- cov(x2);
d2 <- mahalanobis(x2,center2,cov2)
qqplot(qchisq(ppoints(12),df=9),d2, xlim=c(0,25),ylim=c(0,25))
abline(a=0,b=1)
```

**# Test de normalité multivariée**

```
mshapiro.test(simu) #mvnrmtest
```

## ANNEXE 9 : ANALYSE DES RESULTATS SIMULES

### #Création de la boîte à moustache

```
pourbam=simu[27,]
length(pourbam)=1000
boxplot(pourbam)
```

### #Création du nuage de points

```
pournuage=simu[27,]
length(pournuage)=300
plot(pournuage)
abline(a=quantile(pournuage)[2],b=0,col="blue")
abline(a=quantile(pournuage)[4],b=0,col="blue")
abline(a=quantile(pournuage)[3],b=0,col="red")
```

RESULTATS DES EXERCICES DE MUTUELLES CLIENTES	2007	2008	2009	2010
Client a	251 625 €	236 353 €	124 144 €	125 567 €
Client b	162 177 €	1 345 427 €	219 211 €	180 335 €
Client c	213 905 €	-395 442 €	301 448 €	1 017 120 €
Client d	-23 912 €	7 165 €	56 295 €	120 470 €
Client e	490 674 €	109 321 €	206 231 €	50 768 €
Client f	45 879 €	-194 656 €	-108 789 €	96 024 €
Client g	259 267 €	-740 874 €	-111 614 €	-323 034 €
Client h	560 405 €	260 277 €	257 138 €	244 028 €
Client i	367 914 €	608 762 €	350 324 €	1 099 244 €

ANALYSE DE CES RESULTATS	MOYENNE	ECART TYPE	COEFFICIENT DE VARIATION	VALEUR ABSOLUE
Client a	184 422 €	79 751 €	43%	43%
Client b	476 787 €	669 243 €	140%	140%
Client c	284 258 €	668 106 €	235%	235%
Client d	40 005 €	72 737 €	182%	182%
Client e	214 248 €	225 301 €	105%	105%
Client f	-40 386 €	155 674 €	-385%	385%
Client g	-229 064 €	482 144 €	-210%	210%
Client h	330 462 €	177 197 €	54%	54%
Client i	606 561 €	402 962 €	66%	66%

**COEFFICIENT DE VARIATION TYPE (moyenne des valeurs absolues)**

**158%**

Les résultats des exercices des clients ont été modifiés par un facteur multiplicatif.  
Ceci n'affecte pas le calcul des coefficients de variation.

### #Calcul du coefficient de variation

```
coeffdevar=sqrt(var(simu[27,]))/mean(simu[27,])
```

```
> coeffdevar
[1] 0.9268254
```

### #Création de l'histogramme et de la densité

```
densite=density(simu[27,])
hist(simu[27,], probability=T, ylim=c(0,max(densite$y)))
lines(densite, col="red")
```

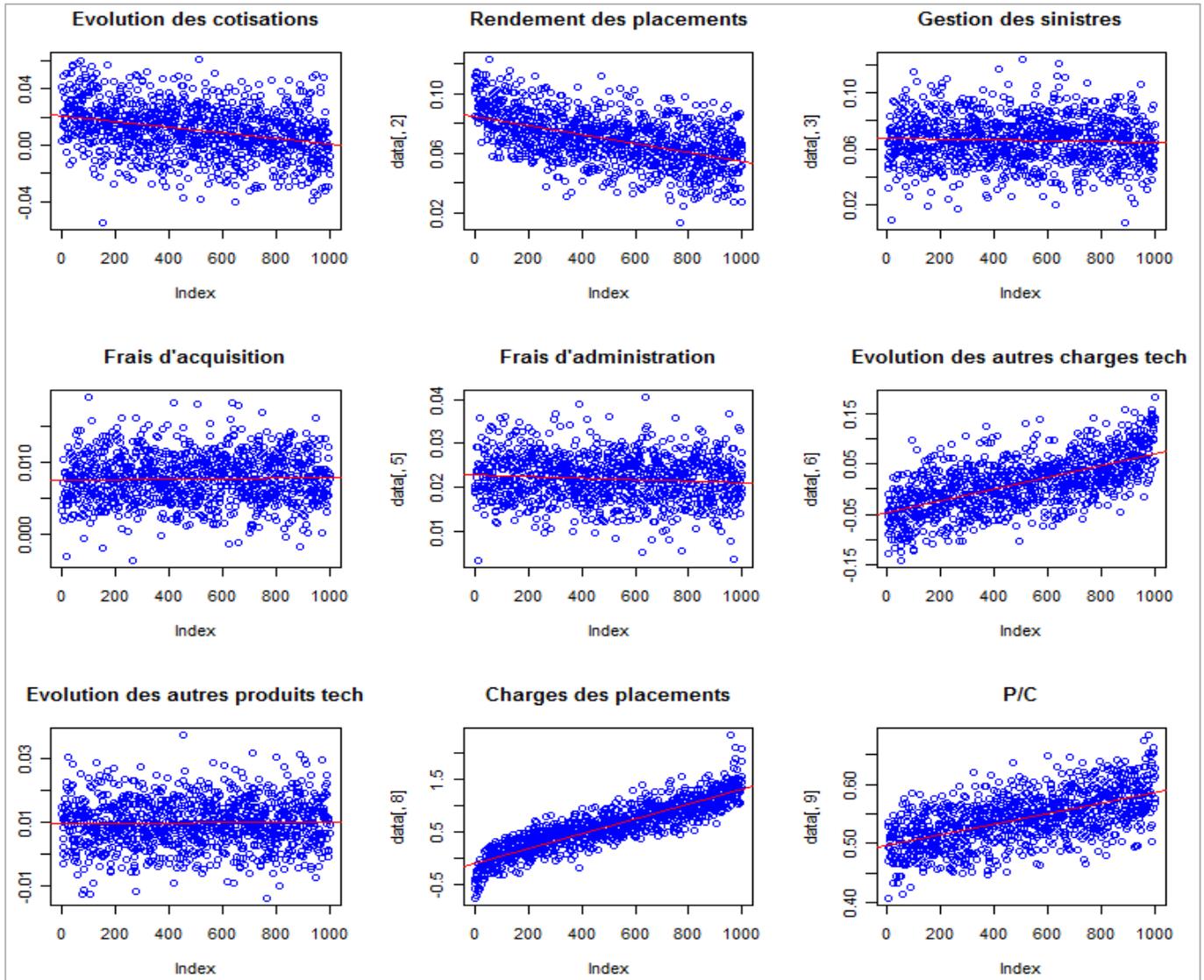
### #Test de normalité

```
ks.test(simu[27,],"pnorm",mean=mean(simu[27,]), sd=sd(simu[27,]))
```

### #Comparaison des densités

```
vectnorm=mean(simu[27,])+rnorm(n)*sd(simu[27,])
densnorm=density(vectnorm)
plot(densite, col="red")
lines(densnorm, col="blue")
```

**ANNEXE 10 : VALEURS DES PARAMETRES DE 1 000 SIMULATIONS TRIÉES PAR ORDRE DE RESULTATS DE L'EXERCICE DECROISSANTS**



## ANNEXE 11 : EVOLUTION DES SCR ET DE LEURS COUVERTURES SUR 5 ANS

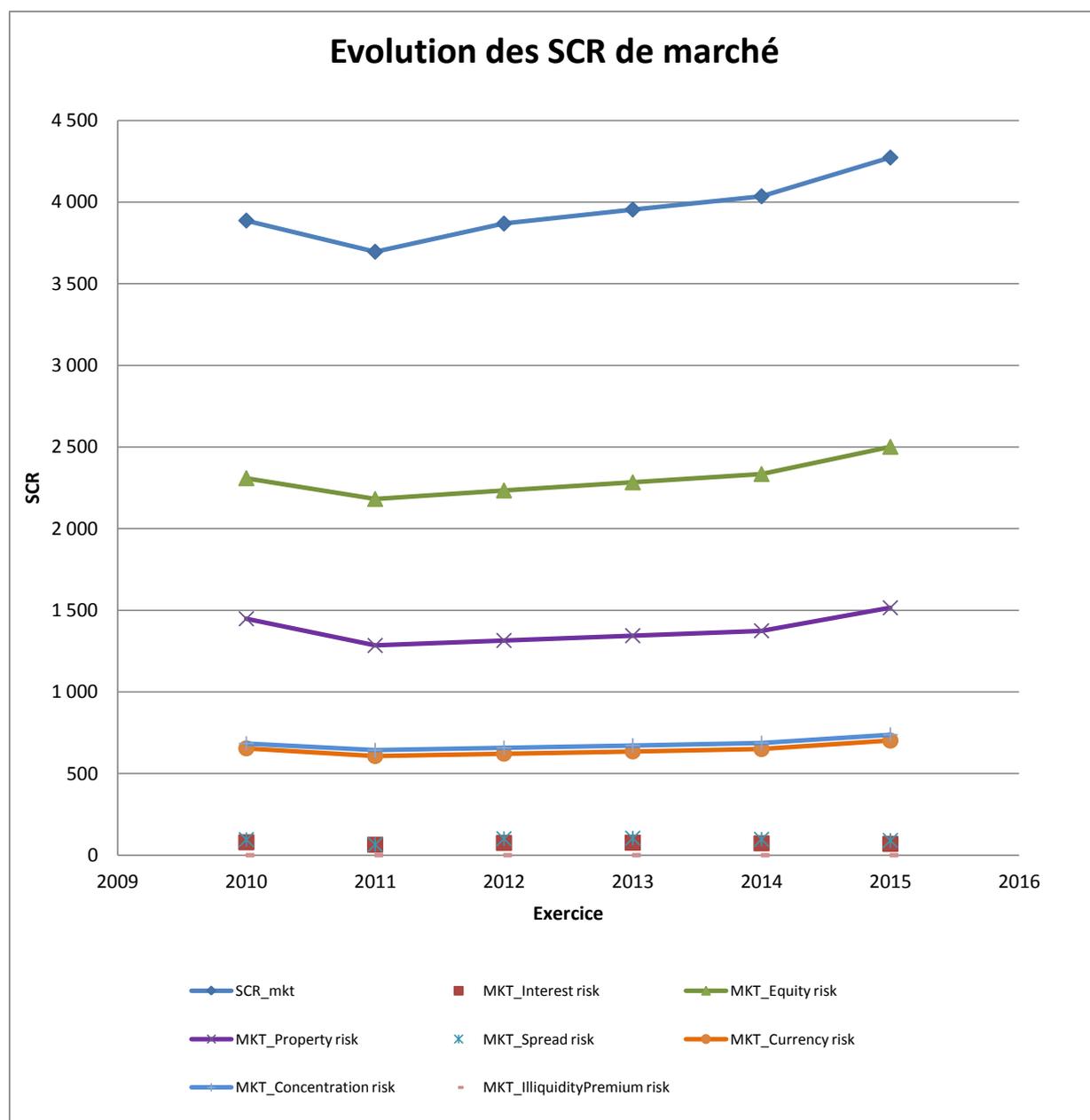
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
SCR_mkt	3 887 K€	3 576 K€	3 686 K€	3 769 K€	3 846 K€	4 151 K€
SCR_def	413 K€	412 K€	417 K€	421 K€	425 K€	433 K€
SCR_life	45 K€					
SCR_health	600 K€	611 K€	631 K€	630 K€	587 K€	564 K€
SCR_nonlife	0	0	0	0	0	0
SCR_int	51 K€					
BSCR	4 276 K€	3 974 K€	4 092 K€	4 175 K€	4 235 K€	4 528 K€
SCR_Op	62 K€	62 K€	63 K€	64 K€	64 K€	65 K€
<b>SCR global</b>	<b>4 338 K€</b>	<b>4 037 K€</b>	<b>4 155 K€</b>	<b>4 238 K€</b>	<b>4 299 K€</b>	<b>4 593 K€</b>

Eléments constitutifs	16 452 K€	15 054 K€	15 465 K€	15 826 K€	16 187 K€	17 628 K€
<b>Taux de couverture du SCR</b>	<b>379%</b>	<b>373%</b>	<b>372%</b>	<b>373%</b>	<b>377%</b>	<b>384%</b>

Fond de garantie	3 200 K€					
Taux de couverture FG	514%	470%	483%	495%	506%	551%

## ANNEXE 12 : EVOLUTION DES SCR DE MARCHE SUR 5 ANS

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>SCR_mkt</b>	<b>3 887</b>	<b>3 696</b>	<b>3 869</b>	<b>3 955</b>	<b>4 036</b>	<b>4 273</b>
MKT_Interest risk	79	64	75	76	73	69
MKT_Equity risk	2 309	2 182	2 234	2 284	2 335	2 501
MKT_Property risk	1 448	1 285	1 315	1 345	1 375	1 515
MKT_Spread risk	95	65	100	104	97	90
MKT_Currency risk	654	607	622	636	650	702
MKT_Concentration risk	684	643	658	672	687	738
MKT_IlliquidityPremium risk	0	0	0	0	0	0



## ANNEXE 13 : CODE EXPLIQUE DE LA MACRO VBA

```
Application.ScreenUpdating = False
    Cette commande n'actualise l'image qu'une fois tous les calculs effectués pour un gain de temps important
Dim i As Long
    Les types "integer" s'arrêtent à 32 767, ce qui est insuffisant.
For i = 2 To 59050
    On crée une boucle qui réalise les calculs ligne à ligne.
    Range("K" & i & ":T" & i).Select
        Les colonnes K à T sont les 10 valeurs des paramètres choisis.
    Selection.Copy
    Range("AJ2").Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False
        De AJ2 à AS2 se trouvent des cellules qui alimentent les paramètres de l'outil.
    Sheets("SCR_health_2").Select
    SolverOk SetCell:="$C$101", MaxMinVal:=1, ValueOf:="0", ByChange:="$C$99,$C$100"
    SolverSolve (True)
    Sheets("pour vba").Select
        Cette commande exécute le solveur de la méthode 2 du calcul du SCR santé.
    Range("AT2:BG2").Select
        Les autres calculs sont automatiques, les résultats de l'outil sont renvoyés sur la plage de AT2 à BG2.
    Selection.Copy
    Range("U" & i).Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False
        Les résultats qui sont en AT2/BG2 sont copiés en valeur sur la ligne correspondant au paramétrage en cours.
Next
Application.ScreenUpdating = True
End Sub
```

**ANNEXE 14 : CORRELATIONS ENTRE LES PARAMETRES ET LES OUTPUTS**

Corrélations avec les paramètres	Marge de solvabilité à consituter (C6)	Ratio de couverture de la marge de solvabilité (C6)	Ratio de couverture du fond de garantie (C6)	Ratio de couverture des engagements réglementés (C5)	SCR de marché (Solvabilité II)	SCR de défaut (Solvabilité II)	SCR santé (Solvabilité II)	SCR global (Solvabilité II)	Eléments constitutifs (Solvabilité II)	Taux de couverture SCR (Solvabilité II)
Evolution des cotisations	100%	-14%	1%	-8%	2%	92%	2%	2%	1%	-6%
Rendement des placements	0%	39%	39%	23%	30%	15%	0%	28%	28%	23%
Charges des placements	0%	61%	61%	36%	47%	23%	0%	44%	44%	36%
P/C	0%	62%	63%	89%	43%	21%	86%	52%	44%	5%
Conditions (valeurs de réalisation)	0%	0%	0%	0%	68%	13%	0%	65%	70%	84%
Frais de gestion sinistres	0%	8%	8%	5%	6%	3%	9%	7%	6%	0%
Frais d'acquisition	0%	2%	2%	1%	1%	1%	0%	1%	1%	1%
Frais d'administration	0%	5%	5%	3%	4%	2%	0%	3%	3%	3%
Autres charges techniques	0%	5%	5%	3%	4%	2%	0%	4%	4%	3%
Autres produits techniques	0%	5%	5%	3%	4%	2%	0%	3%	3%	3%