



Mémoire présenté
devant l'Institut de Science Financière et d'Assurances
pour l'obtention du diplôme d'Actuaire de l'Université de Lyon
le 10 Octobre 2013

Par : Sylvain DUCROS

Titre : Provisionnement d'un portefeuille d'assurance automobile en Malaisie dans le cadre des règles de solvabilité Malaisienne (RBC). Comparaison entre RBC et Solvabilité 2.

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

Membres du jury de l'Institut des Actuaire

M. Christian FETTIG

M. Frédéric PLANCHET

Entreprise : AXA Affin GI BHD

Membres du jury I.S.F.A.

M. Alexis BIENVENÜE

M. Denis CLOT

Directeur de mémoire en entreprise :

M. Emmanuel NIVET

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 Patricia BARTOLO

Résumé en Français

Mot clés

Solvabilité 2, SII, Risk Based Capital, RBC, Capital adequacy ratio, CAR, ratio de solvabilité, Provision for risk adverse deviation, PRAD, marge pour risque, market value margin, MVM, GLM, provision technique, meilleure estimation, charge pour risque, appétit pour le risque, Malaisie.

Résumé

Que ce soit Solvabilité 2 en Europe ou le « *Risk Based Capital* » en Malaisie, nous assistons dans de nombreux pays du globe à une refonte en profondeur des règles de solvabilité. Si l'on note des variations, le concept général est toujours le même : adapter le capital au profil de risques de la compagnie d'assurance d'une part, et à sa capacité à gérer ces derniers d'autre part. Ceci implique ainsi, non seulement un volet quantitatif (mesure des risques) mais également qualitatif et organisationnel.

Tous les postes du bilan sont concernés par cette nouvelle approche quantitative à des degrés divers. Les provisions techniques qui constituent la plus grande partie du passif de la compagnie font l'objet de changements substantiels. La nécessité d'identifier les risques oblige en effet, à séparer de manière explicite au sein de ces provisions, l'estimation moyenne (meilleure estimation) de la marge pour risque. Les méthodes déterministes, comme *Chain Ladder*, uniquement capable d'estimer une moyenne ne suffisent plus et sont remplacées ou complétées par des modèles stochastiques (*GLM, bootstrap, Thomas Mack...*). Ces modèles seront testés sur un portefeuille auto en Malaisie afin d'identifier les différences et expliquer de manière concrète comment sélectionner un modèle plutôt qu'un autre en fonction de la situation. Nous en profiterons pour souligner le caractère plus prudentiel du *RBC* par rapport à Solvabilité 2 et sa vision plus long terme (Vision ultime (*PRAD*) vs vision 1 an (*MVM*)).

Cette évolution des règles change également la donne dans la façon dont la compagnie doit conduire son activité. Après avoir défini son appétit pour le risque, cette dernière devra considérer les métriques qu'elle désire optimiser et la stratégie à adopter.

Résumé en Anglais

Key words

Solvency 2, SII, Risk Based Capital, RBC, Capital adequacy ratio, CAR, solvency ratio, Provision for risk adverse deviation, PRAD, risk margin, market value margin, MVM, GLM, technical reserves, best estimate, risk charge, risk appetite, Malaysia.

Abstract

Major changes on solvency regulations are taking place all around the world. Solvency 2 in Europe and the Risk Based Capital in Malaysia are two examples from a much longer list. Despite some discrepancies, the main concept is very similar from one country to another: to adapt the level of capital of a company to its risk profile and its ability to manage these risks properly. This implies both quantitative and qualitative aspects.

This new quantitative approach is involving every single item of the balance sheet. Technical reserves, which represents most of the liabilities of an insurance company is subject to significant changes. In order to identify the risks, it is necessary to split explicitly from these reserves, the best estimate from the risk margin. Deterministic methods such as Chain Ladder only allow for the calculation of an average whereas the entire distribution is required. Stochastic models (GLM, bootstrap, Thomas Mack...) are then becoming more and more popular as they allow proper measurement of the risks.

These models will be tested on a motor portfolio in Malaysia in order to identify the key differences. The choice of the model is crucial and we will therefore explain concretely which model to select depending on the circumstances. We will take this opportunity to point out the main differences between RBC and Solvency 2 (Ultimate (PRAD) vs. one year (MVM)) and show on numbers that RBC framework is a more conservative approach than Solvency 2.

This evolution in solvency regulation is also going to change the way the company is driving its business. After defining its risk appetite, the company will have to determine which kpi to optimise and what strategy to adopt.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Francois-Xavier Negri pour ses conseils avisés et son aide inestimable dans la relecture ainsi que Stéphane Loisel, pour les mêmes raisons.

Je remercie également ma femme et mes 2 enfants pour leur soutien et leur patience durant ces longs mois de travail.

SOMMAIRE

1.	Introduction générale	7
2.	La Malaisie.....	12
2.1.	Généralités.....	12
2.1.1.	Géographie et climat	12
2.1.2.	Histoire et culture.....	14
2.1.3.	La Malaisie actuelle : Economie et politique.....	17
2.2.	Le marché de l'assurance non vie en Malaisie.....	22
2.2.1.	Généralités et spécificités	22
2.2.2.	L'assurance auto	25
3.	Le <i>Risk Based Capital</i> , comparaison avec Solvabilité II.....	29
3.1.	Aspects quantitatifs du RBC	29
3.1.1.	Capital disponible	31
3.1.2.	Capital requis	32
3.2.	Aspects qualitatifs du RBC: « Internal Capital Adequacy Assesment Process » (ICCAP).....	36
3.2.1.	La gouvernance.....	37
3.2.2.	La revue exhaustive des risques et l'évaluation de la qualité des processus de gestion des risques.....	37
3.2.3.	« <i>Internal Target Captial Level</i> » (ITCL) et <i>Stress tests</i>	38
3.2.4.	Gestion du capital et stratégie	39
3.2.5.	Suivi	39
3.3.	Les points communs et différences avec SII.....	40
3.3.1.	Les principes généraux de Solvabilité II.....	40
3.3.2.	<i>RBC</i> vs Solvabilité II : conclusions	46
4.	Les provisions techniques : généralités et cadre réglementaire	48
4.1.	Les anciennes règles en Malaisie (jusqu'au 31/12/2008).....	50
4.1.1.	Le calcul de la provision pour primes non acquises	50
4.1.2.	Le calcul des IBNR.....	52
4.2.	Nouvelles règles dans le cadre du Risk Based Capital (A partir de Janvier 2009) 53	
4.2.1.	Le <i>best estimate</i>	54
4.2.2.	La « <i>Provision for risk adverse deviation</i> » (<i>PRAD</i>).....	54
4.2.3.	Réserves de sinistres : <i>Claim Liability</i>	55
4.2.4.	Les réserves de primes : <i>Premium Liability</i>	55
4.3.	RBC vs SII	56
4.3.1.	Le <i>Best Estimate</i>	56
4.3.2.	<i>PRAD</i> vs marge pour risques	57
5.	Méthodologie	60
5.1.	Les données	60
5.1.1.	Les triangles de données	60
5.1.2.	La segmentation du portefeuille.....	61
5.1.3.	Les retraitements potentiels	61
5.2.	Modèles déterministes.....	64
5.2.1.	<i>Chain Ladder</i>	64

5.2.2.	Méthode <i>PPCI</i>	65
5.3.	Modèles stochastiques.....	67
5.3.1.	GLM.....	67
5.3.2.	<i>Bootstrap</i>	76
5.3.3.	Mesure du risque à horizon un an	78
5.4.	Conclusions	80
6.	Application aux données d'un portefeuille auto en Malaisie.....	81
6.1.	Données	81
6.1.1.	Généralités	81
6.1.2.	Segmentation du portefeuille	84
6.2.	Résultats	87
6.2.1.	Hypothèses simplificatrices lors de la comparaison <i>RBC</i> et <i>SII</i>	87
6.2.2.	Résultats.....	88
6.2.3.	Conclusion	107
7.	<i>RBC</i> , stratégie et « <i>risk appetite</i> ».....	109
7.1.	Hypothèses	109
7.1.1.	Bilan.....	109
7.1.2.	Compte de résultat	110
7.2.	« <i>Risk appetite</i> ».....	112
7.2.1.	Principe général	112
7.2.2.	Scenarios, seuils et actions.....	113
7.3.	« <i>Risk appetite</i> » et stratégie	121
8.	Conclusion	126
9.	Bibliographie.....	128
10.	Annexes.....	130
10.1.	Annexe 1 : Résultats détaillés des calculs des réserves.....	130
10.1.1.	<i>Own Damage</i>	130
10.1.2.	<i>Third Party Bodily Injury</i>	138
10.2.	Annexe 2 : Taux de rendements des MGS et obligations AAA.....	144

1. Introduction générale

Qu'est ce qu'une marge de solvabilités ?

Du fait de l'inversion de leur cycle de production, les compagnies d'assurance ont depuis toujours placé les problématiques liées aux provisions techniques et à la solvabilité au cœur de leur gestion. On parle d'inversion du cycle de production, car contrairement aux entreprises évoluant dans d'autres secteurs d'activités, les compagnies d'assurance encaissent des primes au début du contrat dans le but de fournir une prestation future dont le coût est inconnu au moment de la fixation du « prix de vente ». En effet, lorsqu'un assuré paye une prime il se soustrait à un risque qu'il transfère à la compagnie. Celle-ci contracte de facto une dette potentielle, un engagement vis-à-vis de l'assuré durant toute la période du contrat d'assurance.

Par conséquent, lors de chaque arrêté des comptes, toute compagnie d'assurance se doit d'estimer les montants des sinistres survenus ou non, qu'il lui reste à payer sur tous les contrats d'assurances souscrits afin de provisionner les sommes nécessaires pour faire face à ses engagements. Ces montants provisionnés constituent l'élément principal au passif du bilan, ce sont les provisions techniques que l'on appelle communément les réserves.

Si ces dernières permettent de faire face aux engagements vis-à-vis des assurés, elles ne peuvent prendre en compte tous les scénarios possibles. La nature aléatoire des risques qu'elles couvrent induit automatiquement avec une probabilité significative que les provisions techniques ne soient pas suffisantes. Ainsi tout élément imprévu non provisionné pourrait conduire la compagnie d'assurance à la ruine. Afin de préserver les assurés contre l'insolvabilité des compagnies d'assurances, ces dernières ont l'obligation légale de disposer d'un capital minimum suffisant pour pouvoir absorber financièrement les éléments causant des pertes imprévues. C'est ce capital minimum qui est régi par les règles de solvabilité.

Une évolution en profondeur des règles

Depuis quelques années, de nombreux pays ont fait évoluer ou réfléchissent à une évolution de ces règles de solvabilité. Que ce soit en Europe, qui a conduit une série d'études quantitatives d'impact dans le but d'implémenter des règles dites de solvabilité 2 (prévus pour 2014), ou encore en Asie, comme à Singapour ou en Malaisie qui ont déjà mis en place le « Risk Based Capital », les réformes ou projets de réformes fourmillent. Si ces dernières diffèrent d'un pays à l'autre, les évolutions vont toujours dans le même sens : la marge de solvabilité qui par le passé était une mesure très simple dépendant principalement du montant de prime et du niveau des sinistres, doit maintenant être le reflet des risques pris par chaque compagnie d'assurance. Le niveau de capital requis est donc dépendant du profil de risques de chaque compagnie ; le calcul doit ainsi inté-

grer une évaluation de tous les risques pesant sur le bilan afin de pouvoir quantifier l'impact de chacun d'eux sur le besoin en capital.

Le « Risk Based Capital » en Malaisie

Dans le cas de la Malaisie, de nouvelles règles de solvabilités sont entrées en vigueur au 1^{er} Janvier 2009. Avant cette date, le calcul du besoin en fond propre était défini de manière très simple, et résultait de la différence entre, d'un coté les actifs admissibles, et d'un autre la somme des passifs et d'un montant égal au maximum de x% des primes émises brutes, y% des primes émises nettes, z% de la moyenne de la charge nette de sinistres des 3 dernières années et de 50 millions de Ringgit Malaysien (RM). Ces règles se bornaient donc d'une part à définir les actifs dits éligibles et d'autre part à considérer que les risques qui pèsent sur le bilan sont uniquement liés, et de manière proportionnelle, au volume de prime et/ou de charge sinistre, toutes branches confondues.

Ainsi, un certain nombre de risques n'étaient pas ou peu pris en compte dans le calcul. Les risques liés à la structure du portefeuille d'actifs (actifs plus ou moins risqués, risques liés à l'évolution des marchés...) par exemple n'étaient considérés que de manière très partielles (dans la sélection des actifs éligibles), sans être pour autant quantifiés. Les risques opérationnels ou encore ceux liés à la nature des contrats souscrits (branches courtes, longues, très volatiles, peu volatiles, incertitude liées au calcul des réserves...) étaient, comme bien d'autres, absents du calcul. Il est intéressant de noter que ce calcul ne différait pas significativement de ce qui est fait en France par exemple.

Au même titre que Solvabilité 2, le *Risk Based Capital* a pour vocation d'identifier les risques, de les quantifier et d'en déterminer la charge sur le capital. Les risques sont classés en 4 grandes familles : les risques de marché, les risques liés aux provisions techniques, les risques opérationnels et les risques de contre partie. La charge de chacun de ces risques est estimée séparément et le capital requis dans le cadre du RBC est ainsi la somme des charges de capital. La mesure finale est le ratio entre le capital disponible et le capital requis. Ce ratio de solvabilité est appelé *Capital Adequacy Ratio (CAR)*.

Cette mesure de *CAR*, s'accompagne de test de sensibilités permettant de répondre à la question suivante : comment évolue le *CAR* face à une baisse des marchés financiers, une hausse de la sinistralité, une baisse de la souscription, une inflation imprévue ou à tout autre événement susceptible d'affecter ce dernier. Ces scénarios renvoyant chacun d'eux une valeur de *CAR* sont appelés « stress tests ».

Ces stress tests s'accompagnent d'une approche qualitative, mise en place formellement en Malaisie depuis Septembre 2012, permettant de rendre compte de la façon dont la compagnie gère ces risques et les actions mises en place afin de les minimiser. Si la stratégie et la gestion des risques ne sont pas des éléments pris en compte de manière explicite dans le calcul du *CAR*, elles font néanmoins partie intégrante du processus global de gestion du capital, notamment dans la détermination des scénarios, le degré de liberté accordé par les autorités de régulations du niveau minimum du *CAR*, ou encore dans le choix des indicateurs à suivre, des seuils d'alerte et des actions associées.

Pourquoi ces changements ?

Les principes régissant le *Risk Based Capital* sont très proches des 3 « piliers » sur lesquels reposent les principes de solvabilité 2 :

- *Le Pilier 1* (Exigence en Capital (quantitatif)) vise à mesurer les risques afin de définir 2 seuils de capitalisations ; le MCR (*Minimum Capital Requirement*) et le SCR (*Solvency Capital Requirement*). Le SCR correspond au capital nécessaire pour prévenir la ruine de la compagnie d'assurance à horizon un an dans 99,5 cas sur 100.
- *Le Pilier 2* (Contrôle des risques (qualitatif)) a pour objectif de fixer des normes qualitatives du suivi des risques afin d'améliorer la gestion des risques, le contrôle interne et la bonne gouvernance des compagnies d'assurance.
- *Le Pilier 3* (Exigence de transparence) définit les obligations de publication vis-à-vis des autorités mais aussi des assurés et des investisseurs.

Au même titre que la brève description du Risk Based Capital au paragraphe précédent, les 3 axes de développement de Solvabilité 2 illustrent la multiplicité des objectifs visés. Ainsi, elle ne se résume pas à un objectif qui serait unique, visant à inciter les compagnies d'assurance à prendre conscience des risques qu'elles prennent et s'assurer qu'elles sont en mesure de les évaluer.

L'aspect qualitatif de ces approches, encourage les compagnies à se tourner vers une culture de gestion du risque forte et à se doter d'outils et de moyens afin de maîtriser ces risques. Cela passe par la bonne compréhension des risques mais aussi un renforcement des contrôles internes et une bonne gouvernance. Une bonne gouvernance implique une structure et des responsabilités bien définies mais aussi de la transparence.

Cette incitation à plus de transparence est présente à tous les niveaux. On la retrouve dans l'obligation de publication vis-à-vis des différents acteurs, mais aussi, dans la méthodologie relative à l'évaluation des éléments du bilan, obligeant, notamment pour les provisions techniques, une quantification explicite de la marge prudentielle.

Outre les contraintes, ces principes de solvabilités visent à plus de flexibilité. D'une part en permettant d'ajuster au mieux la stratégie de souscription ou de la gestion d'actif au niveau de risque et au niveau de capital souhaité. D'autre part en invitant les compagnies d'assurances à développer leurs propres modèles d'évaluation de leur besoin en fond propre, offrant ainsi un cadre souple adaptable aux spécificités de chacune d'elle. Solvabilité 2, comme le Risk Based Capital (même si les calculs à l'aide de modèle interne ne sont pas encore reconnus) se posent, bien plus comme des outils efficaces de suivi des risques, utiles à l'entreprise d'assurance, que comme des contraintes réglementaires supplémentaires dénuées de signification économique.

Enfin, ces règles permettent une plus grande réactivité grâce à la mise en place des *stress test* (évoqués dans le paragraphe précédent), ou de simulations diverses dérivées d'un modèle interne. Ces derniers constituent un très bon signal d'alarme afin

d'anticiper d'éventuels problèmes de capital. Ils permettent d'évaluer les seuils critiques des facteurs pouvant mettre en danger la marge de solvabilité et encouragent ainsi les compagnies d'assurance à mettre en place des actions préventives et correctrices (réajustement de la stratégie de souscription, rééquilibrage du portefeuille d'actif...) avant que les problèmes ne surviennent ou ne soient trop sérieux. Tout ce processus qui permet à la compagnie de définir les métriques qu'elle souhaite protéger et l'« appétit » qu'elle a pour le risque, est connue sous l'appellation anglaise de *Risk appetite*.

Solvabilité et provisions techniques

D'une part, la nécessité de mesurer les risques implique la mise en place de mesure de l'incertitude. D'autre part, l'obligation de transparence invite les assureurs à une quantification explicite de cette incertitude.

Les provisions techniques n'échappent pas à cette règle et ces contraintes légales se traduisent, par une obligation, de distinguer le montant de réserve résultant d'un scénario moyen (la meilleure estimation ou *Best Estimate*) et celui constituant une marge prudentielle, liée à l'incertitude autour de ce *Best Estimate*. Cette marge pour risque est appelée *PRAD* (*provision for Risk Adverse Deviation*) ou *MVM* (*Market Value Margin*) dans le cadre respectivement du *Risk Based Capital* ou de solvabilité 2.

De nombreuses méthodes actuarielles ont été développées pour estimer les provisions techniques, cependant la grande majorité de ces méthodes sont non paramétriques et la plupart ne permettent pas de mesurer l'incertitude liée à ces réserves. Ainsi, si elles fournissent un calcul de l'espérance des réserves, et apportent donc une plus-value certaine quant à l'estimation du *Best estimate*, elles ne donnent aucun renseignement sur la variabilité ou la distribution de ces réserves. Afin d'estimer la *PRAD* ou la *MVM* il est donc nécessaire de recourir à des méthodes stochastiques. Là où par le passé l'actuaire devait estimer, parfois non sans mal, une moyenne, il est maintenant contraint de déterminer une distribution complète....

Le mémoire

L'objet de ce mémoire porte principalement sur la présentation du *Risk based Capital* en Malaisie ainsi que sur l'étude comparative du calcul des provisions techniques entre l'approche *Risk Based Capital* et Solvabilité 2 appliquée à un portefeuille d'assurance Auto en Malaisie.

Après une description du *RBC* dans son ensemble, nous aborderons dans le détail les problématiques liées au calcul des provisions techniques et le besoin en capital qui en résulte, avant d'évoquer le *Risk appetite*.

Après ce présent chapitre d'introduction, nous présenterons dans un deuxième chapitre quelques généralités sur la Malaisie, sa géographie, son histoire et sa culture, son économie et sa politique actuelle mais aussi son marché de l'assurance non vie en général et de l'assurance auto en particulier, avant d'entrer dans le vif du sujet.

Le troisième chapitre sera consacré à la présentation du cadre général du *RBC* et ses exigences tant quantitatives que qualitatives. Nous clorons ce chapitre par un bref résumé des points communs et des différences entre *RBC* et Solvabilité 2.

Un quatrième chapitre reviendra sur les principales règles de calcul des provisions techniques, avant la mise en place du *Risk Based Capital* en Malaisie puis dans le cadre du *Risk Based Capital* d'une part et dans le cadre de solvabilité 2 d'autre part. Nous comparerons notamment les principes de calcul respectifs de la *PRAD* et de la *MVM* afin de mettre en évidence les principales différences. Nous constaterons notamment que bien que le *Risk Based Capital* et Solvabilité 2 soient mus par la même idée générale, les modalités de calcul des marges pour risques respectives diffèrent sensiblement dans la méthode comme dans l'esprit.

Le cadre ainsi fixé, le cinquième chapitre reviendra sur quelques méthodes d'évaluation des provisions techniques. Une première partie traitera des méthodes déterministes et donc non paramétriques que sont la méthode de *Chain Ladder* et la méthode dite *PPCI (Payment Per Claim Incurred)*.

La première parce qu'elle est de loin la plus répandue et qu'elle sert de référence à de nombreux autres modèles et la deuxième parce qu'elle est assez communément utilisée en Asie.

La deuxième partie de ce chapitre sera consacrée à la présentation de 3 modèles stochastiques permettant donc des mesures du risque : un, non paramétrique, basé sur des simulations générées par ré échantillonnage, le *Bootstrap* ; un autre semi-paramétrique (le modèle de *Thomas Mack* et sa variante à horizon un an le modèle de *Merz & Wuthrich*) et enfin un troisième, paramétrique, s'appuyant sur les modèles *GLM (Generalised Linear Model)*. Nous noterons ainsi au passage que la méthode de *Chain Ladder* n'est autre que la face non stochastique d'un modèle paramétrique avec comme hypothèse sous jacente des distributions de Poisson.

Un sixième chapitre permettra une application numérique des 2 chapitres précédents appliquée à un portefeuille d'assurance automobile en Malaisie. Nous estimerons les provisions techniques au 31/12/2012 ainsi que les charges de capital associées dans un cadre respectivement du *Risk Based Capital* et de Solvabilités 2.

Cette application numérique nous donnera très concrètement des renseignements sur les niveaux de provisions requis pour satisfaire aux règles du *Risk Based Capital* d'une part et celles de Solvabilité 2 d'autre part, et de compléter ainsi l'analyse des différences conceptuelles et méthodologiques entre la *PRAD* et la *MVM* par des résultats chiffrés.

Nous terminerons ce mémoire par un chapitre plus général consacré aux liens entre « *risk appetite* » et stratégie dans le cadre du *RBC*.

2. La Malaisie

2.1. Généralités



Fig 2.1.

2.1.1. Géographie et climat

La Malaisie est située en Asie du Sud-Est, juste au dessus de l'équateur. Le pays couvre une superficie de 329 758 Km² pour environ 25 millions d'habitants. Il est divisé en 13 états (plus 2 états fédéraux). La capitale est Kuala Lumpur (environ 1,3 millions d'habitants), mais c'est Putra Jaya, une ville nouvelle située à une cinquantaine de kilomètres de celle-ci qui abrite depuis quelques années la plupart des administrations et des ministères.

Un pays séparé en deux par la mer de Chine

Le pays est scindé en deux, une partie de son territoire se situe sur le continent lui même (Malaisie péninsulaire), l'autre sur l'île de Bornéo (Malaisie orientale).

La Malaisie péninsulaire qui occupe l'extrémité de la péninsule thaïlandaise représente 40% de la terre du pays mais regroupe 83% de la population sur 11 états. Elle est bordée par la Thaïlande au nord, la mer de Chine méridionale à l'est, Singapour au sud, et le détroit de Malacca à l'ouest

La Malaisie orientale se situe sur la côte nord de l'île de Bornéo. Elle est peu peuplée et constituée de 2 états : Sabah et Sarawak. Elle est bordée par la mer de Chine au nord et l'Indonésie au sud (Kalimantan). La continuité de sa côte est coupée par l'enclave que constitue le Sultanat indépendant de Brunei.

La Malaisie péninsulaire comme orientale est en majeure partie montagneuse ; on y trouve deux des plus hauts sommets de l'Asie du Sud-Est : le Gunung Tahan (2 190 m), au cœur du massif de Titiwangsa, dans la péninsule malaise, et le Gunung Kinabalu (4 100 m), dans l'État de Sabah en Malaisie orientale. Émergences calcaires, cascades et grottes spectaculaires caractérisent le paysage des montagnes de Malaisie.

Ses deux principaux fleuves sont le Rajang et le Kinabatangan, situés tous 2 sur l'île de Bornéo. Le Rajang est situé dans l'état de Sarawak et le Kinabatangan qui coule sur plus de 560 kilomètres est situé dans la région de Sabah. Le Pahang de taille plus modeste est le principal fleuve de la Malaisie péninsulaire.

Des sous sol très riches, une faune et une flore abondante mais à surveiller

La Malaisie regorge de ressources naturelles. Elle recèle notamment les plus importants gisements d'étain au monde, de grandes réserves de pétrole et de gaz naturel, et ses forêts renferment de précieuses espèces d'arbres à bois dur. Elle est également le premier producteur mondial de caoutchouc et d'huile de palme.

En effet, environ deux-tiers de la Malaisie est constitué de forêts tropicales. Le Taman Negara situé au centre de la péninsule est la plus vieille forêt primaire du monde. Ces forêts tropicales forment l'un des écosystèmes les plus riches de la planète. Elle abrite environ 15 000 espèces de plantes et d'arbres comprenant de nombreuses espèces de bois précieux (le camphre, le bois d'ébène, le bois de santal, le teck...), quelques 800 espèces d'orchidées ou 200 variétés de palmiers.

Bien que le gouvernement malaisien protège près de 1,5 million d'hectares du développement, l'écosystème est menacé par la déforestation croissante nécessaire au développement de plantation de palmiers à huile.

Le pays renferme également une faune unique regroupant pas moins de 600 espèces d'oiseaux (une des plus grandes et des plus diverses populations d'oiseaux au monde) et 210 espèces de mammifères. On y trouve encore quelques rares tigres Malais, mais également des éléphants, des buffles sauvages, des orangs-outans sauvage, des gibbons, des léopards ou encore quelques très rares rhinocéros. Bien que des lois aient été adoptées pour sauvegarder la forêt tropicale et sa faune, la plupart des animaux précités sont en voie d'extinction.

Un climat tropical

Le climat de la Malaisie est chaud et humide. La température oscille entre 21 °C et 32 °C et le taux d'humidité se maintient toute l'année à environ 80 %. Les vents de mousson soufflent du nord-est de novembre à mars et du sud-ouest de mai à septembre. Les périodes de transition entre les deux moussons sont marquées par des pluies abondantes. Du fait du réchauffement climatique, les alternances de saisons sèches et saisons humides sont de moins en moins marquées.

2.1.2. Histoire et culture

Les premiers peuplements

Le premier peuple connu de la Malaisie fut celui des Orang Asli (qui signifie en Malais habitants originels) dont les descendants vivent encore dans le pays. Ils seraient arrivés sur le territoire au début du III^e millénaire av. J.-C. Les Malais, ethnie majoritaire aujourd'hui, arrivèrent aux environs de l'an 1000 av. J.-C. Marins et commerçants, les Malais entrèrent en contact avec d'autres peuples, notamment les Indiens et les Chinois.

Peu à peu se sont formés deux types d'états : des royaumes intérieurs, fondés sur le contrôle de la terre et le développement de l'agriculture, et des cités-états marchandes le long des côtes.

Les premières influences et la formation des états Malais

La péninsule malaise subit très tôt l'influence de l'Inde, qui devient prépondérante vers le I^{er} siècle. Ses négociants introduisent l'hindouisme et le bouddhisme et convertissent les princes malais. L'islam sera introduit dans le pays dès le XIII^e siècle, par des marchands, mais la plupart des conversions ont lieu à partir du XV^e siècle.

Le premier état malais vraiment autonome date de la fondation de Malacca en 1402, Le port prend un essor rapide et devient le principal entrepôt des épices venues d'Indonésie, le lieu de rencontre des navires et des marchands chinois, thaïs, indiens, arabes, javanais. En 1420, l'islam gagne le pays, où l'introduisent des marchands arabe et indiens du Gujerat. De Malacca il progresse rapidement vers l'est.

Les XVI^e et XVII^e siècles connaissent l'essor des sultanats dont la religion est, comme à Sumatra ou à Malacca, l'islam. L'unité culturelle qui s'affirme dans la péninsule malaise ne s'accompagne pas d'une unification politique, chacun des sultans demeurant attaché à son indépendance.

Les débuts de la colonisation européenne : Malacca et la route des épices

C'est en recherchant une nouvelle route des Indes (en vue de supplanter le monopole arabe du commerce) que les premiers européens débarquent en Malaisie au 16^{ème} siècle. La ville de Malacca, fondée vers le début du XV^e siècle sur le détroit qui portera son nom, devient bientôt un important carrefour cosmopolite sur la Route des épices.

Trois nations se sont disputées et ont pris successivement le contrôle du détroit de Malacca: les Portugais, les Néerlandais et les Britanniques.

D'abord les Portugais qui en 1511 prirent possession de Malacca, poussant ainsi le sultan Mahmud à déplacer sa cour plus au sud et à fonder Johor (située à la frontière actuelle avec Singapour). Les XVI^e et XVII^e siècles qui voient l'essor des sultanats verraient aussi une succession de tentatives de reprises de la ville notamment par Johor et

Aceh (royaume situé à Sumatra), qui s'avéreront toutes infructueuses. Il faut attendre 1641 pour voir les Hollandais (alliés à Johor) chasser les Portugais de Malacca. C'est également à cette époque que la Malaisie commence à représenter un intérêt non plus seulement pour sa position stratégique sur une grande route de commerce, mais aussi pour ses ressources propres.

De leur côté, les Anglais fondent en 1600, la Compagnie anglaise des Indes Orientales, constituant les prémisses de la main mise de l'Angleterre sur la péninsule au XVIIIe et XIXe siècle.

L'implantation britannique (XVIIIe siècle et XIXe siècle)

Le XVIIIe siècle voit l'essor de la Compagnie anglaise des Indes Orientales en Malaisie. Cette dernière s'établira sur l'île de Penang en 1786 (en échange d'une protection militaire au Sultan de Kedah contre les Birman et les Siamois). Les hollandais céderont Malacca aux anglais en 1795.

Ce n'est cependant que 30 ans plus tard, par le Traité de Londres de 1824, que les Hollandais abandonnent officiellement tous leurs droits sur toute la péninsule malaise (Malacca et Singapour compris). Ce traité consacre la division du monde malais en deux parties, entre les futures Malaisie et Indonésie. À partir de 1830, les Britanniques organisent leur implantation: d'abord, par la création des établissements des détroits (Penang, Malacca, Singapour), dont Singapour devient la capitale en 1837. Finalement, en 1874, les Anglais signent le Traité de Pangkor avec le sultanat de Perak, où ils installent un résident. C'est le début de l'intervention britannique dans les affaires des états malais et les prémisses du protectorat anglais.

En 1896, sont groupés en une fédération les quatre États de Perak, Selangor, Negeri Sembilan et Pahang et en 1914 la puissance britannique s'étend sur les États non fédérés: les cinq sultanats de Kelantan, Trengganu, Kedah, Perlis, Johor, et jusqu'au nord de Bornéo avec Sarawak et le sultanat de Brunei, donnant petit à petit à la Malaisie sa forme actuelle.

La rupture de la Seconde Guerre mondiale et l'indépendance de la Malaisie

La Malaise est annexée par le Japon en 1941 puis libérée en 1945. La communauté chinoise jouera un rôle important dans la résistance et la constitution du front de libération nationale. Ainsi, si la souveraineté britannique est rétablie en 1945, une guérilla inspirée par le parti communiste, particulièrement fort dans la population chinoise, va se mettre en place.

La montée du sentiment nationaliste dans toutes les communautés et les vagues de violentes protestations permettent d'aboutir à l'indépendance de 11 états groupés dans une fédération en 1957.

L'Indépendance (Merdeka) de la fédération de Malaisie, dans le cadre du Commonwealth, est proclamée le 31 août 1957, jour de la promulgation de la constitution:

Abdul Rahman, le chef de l'UMNO (*United Malay National Organization*), devient Premier ministre. En septembre 1957, la Malaisie est admise à l'ONU.

L'état d'urgence qui durait depuis 12 ans est finalement levé en 1960 et en 1963, une «Grande Malaisie» est formée en ajoutant aux États péninsulaires, Sabah, Sarawak et Singapour (Cette dernière mit cependant très vite fin à l'expérience et devint une république indépendante en 1965).

La période de l'après-indépendance est également marquée par des relations parfois difficiles avec les voisins de la Malaisie avant que les relations ne se normalisent et que soit créée l'association des nations du Sud-Est asiatique (ASEAN) le 8 août 1967.

De la crise de 1969 à la nouvelle politique économique

Les années 1960 sont marquées par une montée des tensions entre une majorité malaise pauvre et une minorité chinoise détenant les clés du commerce. Le 13 mai 1969, à la suite de l'échec électoral de l'Alliance et donc de la victoire de candidats chinois d'opposition aux élections à Kuala Lumpur, des nationalistes malais se livrent à des violences contre les Chinois, manquant de provoquer une guerre civile. Le Premier ministre doit accepter l'état d'urgence, la suspension du parlement jusqu'à 1971 et la mise en place d'un "conseil national des opérations". Officiellement, 196 personnes ont été tuées entre le 13 mai et le 31 juillet durant les émeutes, bien que journalistes et observateurs estiment ce nombre bien en deca de la réalité. Ces émeutes meurtrières permettront cependant au gouvernement de justifier sa politique d'après 1969, comme la NPE (Nouvelle Politique Economique).

En septembre 1970, après la démission d'Abdul Rahman, Abdul Razak devient chef de l'UMNO et Premier ministre. Il préside à l'édification d'un système de discrimination positive en faveur des Malais et des communautés indigènes du pays (regroupés sous l'appellation de Bumiputras, "fils du sol ») : la NPE, Nouvelle Politique Économique avec pour objectif à 20 ans de :

- 1) Élever la part de l'actionnariat des Bumiputras ("fils du sol", c'est-à-dire les Malais) de 2 à 30%, des autres Malaisiens de 35 à 40%, réduire celle des étrangers de 63 à 30%.
- 2) Éliminer le lien entre ethnie et fonction économique.
- 3) Éradiquer la pauvreté.

La croissance sous le premier ministre Mahathir Mohamad

Après des premiers résultats contrastés de la NEP, Mahathir Mohamad parvient au poste de Premier ministre le 16 juillet 1981. Il s'y maintiendra jusqu'au 1er novembre 2003, date à laquelle il remet la conduite des affaires à Abdullah Badawi, Vice-Premier ministre. L'époque du gouvernement Mahathir est marquée par la personnalité du Premier ministre. Mahathir réussit, en s'appuyant sur les revenus des ressources pétrolières et gazières et sur l'essor des industries manufacturières (électronique, automobile), à transformer la Malaisie en pays émergent. Il parvient, par des méthodes étatistes, à limi-

ter les effets de la crise financière qui frappe l'Asie en 1997-1998. Il quitte le pouvoir en 2003.

2.1.3. La Malaisie actuelle : Economie et politique

2.1.3.1. *Le système politique*

La Malaisie est une fédération monarchique, parlementaire et multiethnique, membre du Commonwealth. La fédération Malaisienne regroupe quinze Etats :

- 9 sultanats héréditaires: Perak, Perlis, Kedah, Kelantan, Terengganu, Pahang, Selangor, Johor, Negeri Sembilan ;
- 4 Etats non monarchiques : Malacca, Penang, Sabah et Sarawak ;
- 2 " territoires fédéraux " : Kuala Lumpur et Labuan.

Cette monarchie constitutionnelle a pour particularité d'avoir à sa tête un souverain coopté tous les 5 ans par ses pairs, et choisi parmi les Sultans des neufs sultanats fédérés. L'islam est reconnu comme religion officielle.

Le Parlement fédéral comprend deux chambres, l'Assemblée du peuple (Dewan Rakyat), qui compte 192 députés élus au suffrage universel direct pour cinq ans et le Sénat (Dewan Negara), qui comprend 68 membres, dont 26 sont élus par les assemblées des Etats (2 par Etat). Les 42 autres membres sont nommés par le roi.

Le Premier ministre, responsable devant une Chambre des députés élue au suffrage universel, est le vrai chef du gouvernement.

Chaque Etat de la fédération dispose d'une assemblée locale, élue au suffrage universel direct. A leur tête se trouve soit un sultan, soit un gouverneur désigné par le roi. Chaque assemblée désigne en son sein un comité exécutif ou gouvernement local, dirigé par un ministre en chef. Le partage des compétences entre le parlement fédéral et les assemblées locales est défini par la constitution fédérale de 1957.

2.1.3.2. *Les religions*

L'islam est religion d'Etat mais n'impose pas de contraintes spécifiques aux ressortissants étrangers. La Constitution accorde la liberté de culte.

Après l'islam, religion la plus pratiquée (60%), viennent le bouddhisme (19%), le christianisme (9%) et l'hindouisme (6%), le confucianisme et le taoïsme comptant 2.6% d'adeptes.

Les forces de sécurité semblent avoir contré la menace posée par le groupe islamiste Jemaah Islamiyah présent dans tout le Sud-Est asiatique, même si certains de ses membres, comme le cerveau des attentats de Bali de 2002, Noordin Top, sont Malais.

2.1.3.3. *Les perspectives politiques*

Après la Nouvelle Politique Economique, au bilan mitigé, le gouvernement prône l'unité nationale et souhaite promouvoir une nation "Malaisienne" qui transcende les définitions actuelles (Malais, Chinois, Indiens, autres). Cependant les politiques de discrimination positive basées sur des critères ethniques démentent cette aspiration.

Abdullah Badawi succède en 2003 à Mahathir Mohamad à la tête de l'UMNO et du pays puis est réélu en 2004. Si depuis son indépendance en 1957, la Malaisie est de facto un pays à parti unique dirigé par le *Barisan Nasional* (BN), coalition de partis relevant de l'Organisation nationale unifiée malaise (UMNO), le paysage politique a changé en mars 2008. Malgré la poursuite du développement économique, l'inflation grandissante et la politique controversé de M. Badawi se traduisent par un désaveu de l'UMNO et de la coalition nationale aux élections du 8 mars 2008. Pour la première fois, l'opposition s'est unie contre le BN et a quadruplé son nombre de sièges à la Dewan Rakyat, de 18 à 82. Bien que le BN ait pu conserver sa majorité de justesse, réunissant 51 % du vote populaire, il ne peut plus modifier unilatéralement la Constitution sans la majorité des deux tiers. En outre, l'opposition a pu obtenir ce résultat sans précédent en ralliant des Malaisiens chinois et indiens, qui composent un tiers de la population du pays. Dans le passé, les minorités ethniques ont vécu des tensions avec le BN au pouvoir en raison de ses politiques discriminatoires en matière d'éducation, de logement et d'emploi.

Le Premier ministre Abdullah Ahmad Badawi a remis, le 2 avril 2009, sa démission au roi, tandis que son successeur, Najib Tun Razak, a officiellement prêté serment ; Najib avait été élu, le 26 mars 2009, à la tête de l'Organisation nationale unifiée malaise (UMNO). Après 4 années au pouvoir, et malgré un bilan mitigé, notamment en ce qui concerne la cohésion sociale il a été réélu en Mai 2013.

2.1.3.4. *L'économie*

L'économie Malaisienne en quelques chiffres

La Malaisie se classe au 3^{ième} rang des pays les plus prospères de l'ASEAN, derrière Singapour et Brunei. 18^{ième} puissance commerciale mondiale, son commerce extérieur représente plus de 200% du PIB et repose en grande partie sur ses exportations de produits manufacturiers (principalement électroniques) et de matières premières (pétrole, gaz, huile de palme, caoutchouc).

Le PIB par habitant de la Malaisie en 2010 était d'environ 15 000 \$ ce qui place le pays au alentour du 75^{ème} rang mondial. Son taux de chômage est relativement faible (environ 3,1%).

Une forte présence des pouvoirs publics

Avant l'indépendance, l'administration coloniale britannique avait fait venir de la main-d'œuvre indienne et chinoise pour travailler sous contrat dans les chemins de fer et les plantations de caoutchouc. Les Malais étaient relégués à des tâches mineures et se voyaient exclus du commerce et de tout rôle économique. La plupart d'entre eux travaillaient alors comme agriculteurs ou comme pêcheurs. Aujourd'hui, le gouvernement essaie de corriger le déséquilibre résultant de l'occupation coloniale en octroyant aux Malais et aux premiers peuples autochtones des droits économiques et politiques particuliers.

Les pouvoirs publics ont toujours eu une attitude active en matière de développement économique en Malaisie. Après la NEP, introduite en 1970 et qui fut déclinée en plusieurs plans pluriannuels (jusqu'au cinquième plan couvrant la période 1986-1990), la « politique nationale de développement » (NDP) a défini les objectifs de la période 1990-2000. Depuis lors, les objectifs économiques pour les 20 prochaines années ont été rassemblés dans une stratégie dénommée " Vision 2020 ", élaborée par le gouvernement du Dr Mahathir, prévoyant que la Malaisie devienne une nation pleinement développée d'ici 2020.

Un nouveau plan : l' « Economic Transformation Program » a été lancé en 2010, dans la continuité de la Nouvelle Politique Economic. Il reprend les grandes lignes et les objectifs de la « Vision 2020 » mais de manière beaucoup plus détaillée et chiffrée. Nous reviendrons sur ce sujet dans un paragraphe ultérieur.

Une réorientation progressive de l'économie

La Malaisie était autrefois l'un des plus grands producteurs de caoutchouc, d'étain, de marbre, d'huile de palme, de bois d'œuvre, de poivre et de pétrole (des gisements de pétrole offshore importants ont été découverts dans les états du Sabah et du Sarawak). Bien que ces productions restent d'importance (notamment la production d'huile de palme) elle a, depuis les années 1970, réorienté son économie et s'est dotée d'un secteur industriel moderne, qui produit entre autres des semi-conducteurs destinés à l'exportation.

Le gouvernement encourage les technologies de pointe, notamment dans le domaine des communications et la Malaisie dispose aujourd'hui d'importantes capacités de production de composants électroniques, ainsi que de produits finis appartenant aux secteurs électrique et électronique.

Alors que l'agriculture représentait le quart du PIB à la fin des années 70, elle compte pour moins de 10 % aujourd'hui. Elle occupe 15% de la population active, tandis que les services représentent la moitié (et également la moitié du PIB) et le secteur manufacturier le tiers.

Malgré cette réorientation progressive, le secteur primaire occupe encore une part importante de l'économie et la Malaisie continue d'exploiter largement les ressources naturelles et agricoles dont elle est richement dotée. Le pays est ainsi :

- le 1er producteur mondial d'huile de palme (10,5 millions de tonnes par an) : la culture du palmier à huile, introduite à la fin des années 1920, connaît, ces vingt dernières années, une croissance spectaculaire. En termes de surface cultivée, les palmiers à huile gagnent de plus en plus sur l'hévéaculture.
- le 3e producteur mondial de caoutchouc (700.000 tonnes par an) : les hévéas du Brésil ont été introduits en 1876 .L'hévéaculture est localisée surtout sur la côte ouest de la péninsule, d'où, historiquement, est parti le développement, grâce aux réseaux de routes et de voies ferrées existants. La main d'œuvre des plantations est essentiellement indienne.
- un important producteur d'étain (6 100 tonnes par an), de bois (17 millions de mètres cubes par an), de pétrole et de gaz naturel.

Le commerce extérieur et l'investissement étranger

L'aspect le plus marquant de l'économie Malaisienne est son intégration dans le commerce international. Son commerce extérieur (importations plus exportations) représente plus du double de son PIB.

Traditionnellement, la Malaisie a toujours dégagé un excédent de ses échanges de marchandises grâce à ses richesses naturelles et ses industries exportatrices.

Les principaux clients de la Malaisie sont les États-Unis (20 % de ses exportations), Singapour (18 %), l'Union Européenne (14 %) et le Japon (13%).

Les principaux produits d'importation de la Malaisie sont les biens intermédiaires (73 %), dont 36% pour les composants électroniques destinés à être réexportés, les biens d'équipement (15 %) et les biens de consommation (5,5 %).

Cet essor du commerce extérieur et la diversification de l'économie n'a été possible que grâce aux capitaux étrangers, provenant principalement de Taiwan, du Japon, des États-Unis, Singapour, de la Corée du Sud et du Royaume-Uni.

L'Economic Transformation Plan (ETP)

Dans la lignée du souhait de Dr Mahathir, un plan de transformation de l'économie (ETP) a vu le jour en 2010. L'objectif affiché est de hisser la Malaisie au sein des nations riches et développées et ainsi de doubler le revenu national brut par tête entre 2010 et 2020. Ce plan a le mérite d'être chiffré de manière précise, de comporter des actions très concrètes et d'être largement communiqué.

Le plan de transformation de l'économie est composé de 2 parties :

- Un axe économique qui définit les principaux domaines d'activité, vecteurs présents ou futur de la croissance économiques (*National Key Economic Areas*) et les actions associées
- Un axe politique qui présente les principales réformes à mettre en œuvre pour améliorer la compétitivité de la Malaisie à l'échelon international (*Strategic Reform Initiatives*).

Les *National Key Economic Areas* (NKEAs) sont au nombre de 12 :

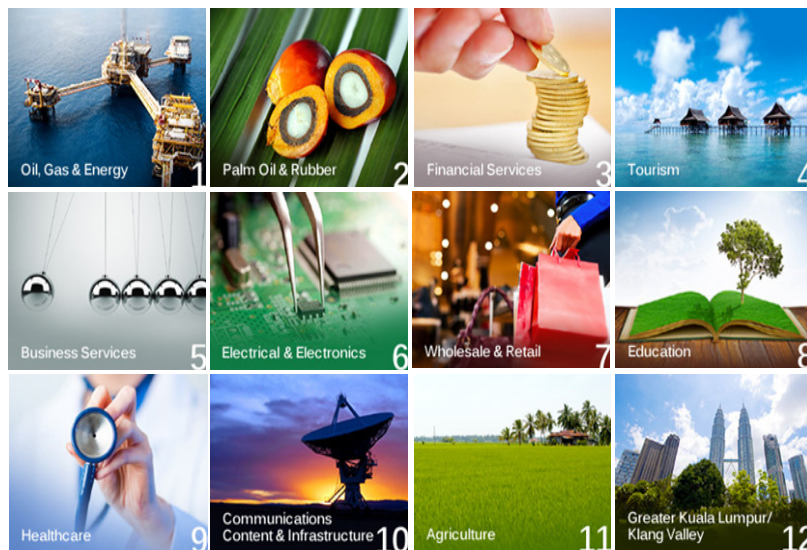


Fig 2.2.

Elles sont directement sous la responsabilité d'un ministre et feront l'objet d'investissements prioritaire de l'état (92% des investissements seront cependant prioritaires). Chacun de ces NKEA sont subdivisés en un certain nombre de projets appelés *Entry Point Projects* (EPPs). On dénombre 131 EPPs. Chacun de ces projets présente de manière chiffrée la contribution au PIB 2020 et le nombre de création d'emplois qu'il engendre. Selon les chiffres officiels, plus de 3,3 millions d'emplois devraient être créés grâce à ces initiatives.

On compte par ailleurs 6 *Strategic Reform Initiatives* :

- Modernisation du système Malaisien afin de l'adapter aux normes internationales (fiscal, comptable, règle de concurrence...)
- Repositionnement du rôle de l'état dans la gestion des entreprises (notamment dans la gestion des entreprises détenues par l'état (*Government Link Companies* (GLC))
- Réforme du marché de l'emploi (modernisation du droit du travail, création d'une assurance chômage, d'un salaire minimum, amélioration des compétences...)

- Réforme des services publics (amélioration des infrastructures, de la qualité de service, de la productivité...)
- Réforme de la gestion des finances publiques (gouvernance, transparence...)
- Réduction des disparités en aidant les PME détenues par les Bumitra.

2.2. Le marché de l'assurance non vie en Malaisie

2.2.1. Généralités et spécificités

2.2.1.1. Le marché de l'assurance non vie en quelques chiffres

Le marché de l'assurance non vie en Malaisie représentait en 2012 un chiffre d'affaire d'environ 16,9 milliards de ringgits, (environ 4,2 milliard d'euros) soit environ 6% à 8% du marché français.

L'assurance non vie conventionnelle constitue 90% du marché, les 10% restant représentant la part de l'assurance Takaful (assurance conforme à la loi islamique, qui sera développée plus avant dans le paragraphe suivant).

On dénombre à fin 2012, 26 compagnies d'assurance traditionnelle et 8 d'assurance Takaful.

2.2.1.2. Assurance Takaful

La Malaisie présente la particularité de proposer des offres d'assurance conformes à la loi islamique. Même si ce type d'assurance commence à se développer dans un certain nombre de pays, elle fait figure de pionnière dans ce domaine puisque ce marché y est réglementé depuis 1984. Cette assurance Takaful, basée sur le partage des risques et des bénéfices, y est définie de la manière suivante : “a scheme based on brotherhood, solidarity and mutual assistance which provides for mutual financial aid and assistance to the participants in case of need whereby the participants mutually agree to contribute for that purpose”.

Il s'agit donc d'un groupe de personnes qui contribue à un fond commun servant à indemniser les participants de ce fond en cas de sinistre. Chaque personne est donc en même temps assureur et assuré. La compagnie d'assurance Takaful joue, quant à elle, le rôle d'administrateur du fond. Elle en assure la bonne gestion, notamment en matière d'investissements.

Ces investissements doivent bien évidemment être réalisés en accord avec la loi islamique. Ils ne peuvent ainsi, par exemple, être composés de produits rémunérés par des intérêts (l'usure étant interdite par l'Islam) ou porter sur des entreprises dont les activités sont prohibées par l'Islam (entreprises produisant de l'Alcool, Casinos...).

Les bénéfices dégagés par le fond sont partagés, dans des proportions déterminées à l'avance, entre d'une part la compagnie d'assurance et d'autre part les assurés.

L'assurance Takaful couvre la plupart des risques couverts par l'assurance dite conventionnelle.

Le marché a généré 1,7 Milliards de ringgits de prime en 2012. Il est dominé par Etiqa Takaful qui représente à elle seule plus de 50% des primes.

2.2.1.3. *L'assurance dommage*

Un marché très morcelé, dominé par les agents et l'auto

Bien que l'on ait assisté au cours des 5 dernières années à une consolidation, encouragée par la banque centrale, le nombre d'acteurs sur le marché reste important. Les 10 premiers se partagent les 2/3 du marché, le leader détenant, quant à lui, environ 11% du marché. Une réforme récente obligeant les sociétés d'assurance à séparer leurs activités vie et non vie au sein de 2 sociétés distinctes devrait encore modifier le paysage dans les années à venir.

Les réseaux de distribution sont ceux que l'on retrouve dans nombre de pays à travers le monde. Les agents assurent plus de 60% de la distribution. Ils « n'appartiennent » pas à la compagnie d'assurance. Ils sont indépendants et doivent obtenir une licence auprès de l'association des assureurs non vie (*PIAM (Persatuan Insurans Am Malaysia)*). Ils ne doivent pas distribuer les produits de plus de 2 compagnies d'assurance. Il n'est pas rare de trouver des agents à mi-temps exerçant ce métier en complément de salaire.

Les courtiers, l'assurance directe et la bancassurance se partagent le reste du marché. La tendance est au développement de la bancassurance. Des banques telles que *HSBC* ou *Maybank* possèdent de vastes réseaux d'agences et certaines compagnies d'assurance sont prêtes à payer, parfois plusieurs centaines de millions de ringgits, afin d'obtenir de celles-ci la distribution exclusive de leurs produits.

L'assurance directe ne se développe que de manière modérée malgré le fait que l'assuré soit exonéré du paiement de la commission ; cette réglementation mise en place en 2009 aurait pu laisser penser qu'un basculement des primes des agents vers l'assurance directe allait s'opérer, cela n'a pas été le cas.

L'assurance automobile représente pratiquement la moitié des primes annuelles, les principales branches étant réparties suivant le graphe ci-dessous.

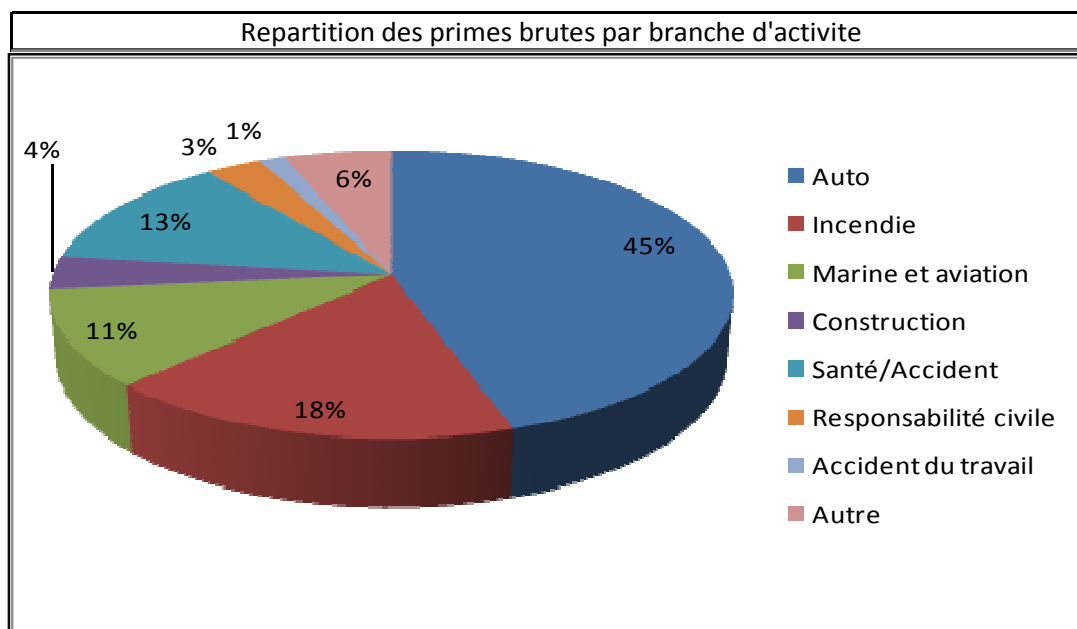


Fig 2.3.

Une croissance modérée

La croissance observée au cours des 5 dernières années se situe entre 6% et 8%. Ceci illustre certes le caractère assez dynamique du marché mais également le fait qu'il s'agit déjà d'un marché relativement mature. Le niveau de sensibilisation au besoin d'assurance est bien plus faible qu'en Europe mais il progresse.

Une réglementation contraignante

Le marché de l'assurance non-vie en Malaisie est très réglementé. Les 2 principaux secteurs que sont l'assurance automobile et l'incendie sont soumis à des tarifs fixés par la Banque Centrale (nous développerons plus avant dans le paragraphe suivant le tarif automobile). Quant au troisième (la santé), tout produit de santé individuel doit être soumis à l'approbation de cette même Banque Centrale (tarif, couvertures proposées, clauses du contrat...).

Les cessions de réassurance ne sont pas libres non plus. Afin de prévenir qu'une partie importante des primes quitte la Malaisie, toute compagnie d'assurance se doit de céder une partie de ces risques à la *Malaysian National Reinsurance Berhad (MNRB)*. En plus de cette cession obligatoire, MNRB se réserve le droit d'accepter tout risque qu'une compagnie d'assurance souhaite céder sur le marché de la réassurance hors de la Malaisie.

Notons cependant que les assurances Takaful bénéficient de traitement de faveur et de plus de libertés. Elles ne sont soumises à aucune contrainte tarifaire concernant l'assurance auto ou incendie, par exemple.

2.2.2. L'assurance auto

Généralités

L'assurance automobile représente 45% des primes non vie. Elle est très largement distribuée par les agents. Le reste se partage entre la bancassurance (du fait de recours pratiquement systématique à des prêts lors d'achat de voiture neuve (prêts communément de 7 ans, pouvant même aller jusqu'à 9 ans)), les principaux concessionnaires auto et les courtiers (principalement pour les véhicules commerciaux).

Les produits sont très similaires aux produits proposés en Europe. Ils sont au nombre de 4 :

- *Motor comprehensive cover* : couvre tous les dommages matériels et corporels causés à des tiers ainsi que les dommages matériels ou le vol du véhicule assuré. Elle correspond à notre assurance tout risque.
- *Motor third party, fire and theft cover*: couvre tous les dommages matériels et corporels causés à des tiers ainsi que les dommages matériels (causés par un incendie) ou le vol du véhicule assuré.
- *Motor third party cover*: couvre tous les dommages matériels et corporels causés à des tiers.
- *Motor Act cover*: couvre tous les dommages corporels causés à des tiers. Cette assurance est obligatoire.

Certains éléments, comme l'assurance bris de glace (*windscreen cover*) par exemple, peuvent être ajoutés de manière optionnelle à l'assurance tout risque.

Les propriétaires de véhicules ne pouvant s'assurer sur le marché ont recours au *Malaysian Motor Insurance Pool* (MMIP). Les compagnies d'assurance non-vie enregistrées en Malaisie se partagent à parts égales les profits ou pertes relatives à ce pool. Les tarifs pratiqués par le pool sont supérieurs à ceux que les compagnies d'assurance ont le droit de pratiquer.

Des règles tarifaires peu flexibles et vieillissantes

La première réglementation du tarif auto en Malaisie date des années 1950. Elle a été révisée dans les années 1970. Depuis, aucune modification quant au calcul de la prime de base n'a été effectuée...jusqu'en 2012 ! Notons qu'une légère augmentation de la prime est survenue en 2012.

A titre d'exemple, nous présenterons ici la méthode relative au calcul de la prime d'assurance de véhicule à usage privé (pour les véhicules à usage commercial, le prin-

cipe est le même mais les montants et pourcentages utilisés varient en fonction du type de véhicule assuré (bus, camions...), de l'usage de celui-ci (véhicules agricoles, de transport de marchandises...) ou encore de la nature de ce qu'il transporte.

La prime finale (PF) payée par l'assuré est calculée de la manière suivante :

$$\text{PF} = \text{Prime de Base} \times (1 + \text{Loadings}) \times (1 - \text{NCD}) \times (1 + \text{Taxe}) + \text{Taxe fixe}$$

Prime de Base : elle est calculée en fonction de la cylindrée et de la somme assurée du véhicule comme indiqué dans le tableau (tab 1) suivant :

Cylindrée (en cm ³) ne dépassant pas :	Comprehensive, RM		Third Party, RM	Act, RM
1 400	225,20	+ RM26 pour chaque RM 1 000 de somme assurée	72,00	60,75
1 650	251,50		81,00	67,50
2 200	277,90		90,00	76,50
3 050	304,20		99,00	85,50
4 100	330,50		108,00	92,25
4 250	356,80		117,00	99,00
4 400	383,20		126,00	108,00
Over 4 400	409,50		135,00	114,75

Tab 2.1.

- 1) La prime Motor third party, fire and theft est égale à 75% de la prime Motor comprehensive cover.
- 2) Les voitures assurées à Bornéo (Sabah/Sarawak) bénéficient de 20% de réduction sur la prime de base.

Loadings : surcharges facultatives que l'on peut appliquer à la prime de base. Les niveaux maximums et critères d'applications sont résumés dans le tableau (Tab 2) suivant :

Critères d'applications	Niveau maximum de surcharge	
	<i>Comprehensive</i>	<i>Third Party</i>
Age du Véhicule:		
a) De 0 à 3 ans inclus	0%	25%
b) De 3 à 6 ans inclus	5%	50%
c) De 6 à 10 ans inclus	10%	75%
d) Supérieur à 10 ans	15%	100%
Age du conducteur/Expérience:		
Conducteurs de moins de 21 ans, de plus de 60 ans ou détenteur d'un permis de conduire depuis moins de 2 ans	15%	25%
Historique sinistre des 2 dernières années :		
a) 2 sinistres	15%	50%
b) Plus de 2 sinistres	25%	100%
Véhicule de sport	25%	50%
Niveau maximum de surcharge par police	35%	150%

Tab 2.2

NCD : réduction appliquée à la prime de base en fonction de l'historique sinistre du conducteur. Elle varie de 0% à 55% (55% correspond à la réduction accordée à un conducteur n'ayant pas déclaré d'accidents dont il est responsable depuis au moins 5 ans)

Taxe et taxe fixe : Taxes obligatoire de respectivement 5% et de 10 RM.

Notons qu'il n'y a pas de système de franchise en assurance automobile individuelle.

Hormis les niveaux intrinsèques des prix sur lesquels nous reviendrons dans le paragraphe suivant, ce système tarifaire présente un nombre important de faiblesses. Le nombre de facteurs déterminant la prime de base est très insuffisant. Les critères très restreints d'application des surcharges et dans une moindre mesure leur faible amplitude rendent difficile la mise en place d'une stratégie efficace de sélection des risques.

Si d'un point de vue tarifaire la marge de manœuvre est faible, il en va de même quant à la distribution (les commissions sont fixes) et au marketing. Se différencier du reste du marché sans pouvoir proposer des produits différents, des garanties différentes ou des tarifs différents (même les cadeaux de quelque nature qu'ils soient sont interdits) est un réel challenge.

La libéralisation du marché est prévue pour 2016, mais les modalités ne sont pour l’instant pas clairement explicitées. Il apparaît cependant peu probable que l’on assiste à une dé-tarifification totale. En préparation pour cette dé-tarifification, les autorités se sont engagées à augmenter graduellement les primes. Pour le moment, ces augmentations sont très marginales.

Les principales tendances et l’impact sur la profitabilité

Aux problèmes du manque de flexibilité de la structure des prix s’ajoute une faiblesse des primes, particulièrement sur le Motor Act. L’inflation des soins de santé et du nombre de litiges ont entraîné une chute des profits.

Cette tendance à l’augmentation des procédures devant les tribunaux est bien réelle (bien que les règlements à l’amiable hors court de justice restent la norme et malgré la limitation du délai de déclaration à 6 ans après la survenance du sinistre) et entraîne un ralentissement du développement des sinistres.

Dans ce contexte de réduction des marges et d’augmentation de la durée de vie de certains sinistres, le calcul très précis de la profitabilité et donc en premier lieu des provisions techniques est primordial.

Le calcul des réserves ne se borne pas à un simple exercice comptable mais constitue un des éléments nécessaires à la mise en place d’une stratégie de souscription.

Une vision purement comptable comportant un niveau de prudence non explicitement calculé ne permet pas cela, et il convient donc, afin de produire une vision plus économique, de distinguer les provisions techniques relevant d’un scénario moyen et la marge prudentielle liée à l’incertitude entourant l’estimation de ces provisions.

La mesure précise de la profitabilité ne suffit pas. Il convient de mesurer également si le profit généré est suffisant pour rémunérer les actionnaires. Plus les risques sont importants, plus le capital prêté par les actionnaires doit être élevé et plus la marge doit être grande.

L’objet du *RBC* est justement de traiter de ces problématiques de capital et d’adapter le niveau de capital aux risques pris par la compagnie d’assurance.

Nous présenterons ainsi le cadre général du *RBC* en Malaisie dans le chapitre suivant avant de revenir plus en détail sur les provisions techniques.

3. Le *Risk Based Capital*, comparaison avec Solvabilité II

Si depuis sa mise en place en 2009, la réglementation relative au *RBC* n'a pas changé dans les grandes lignes, elle a fait l'objet de plusieurs ajouts, notamment sur les aspects qualitatifs.

Au même titre que Solvabilité II, le *RBC* pose les principes quantitatifs de mesure du capital en fonction du profil de risque de la compagnie d'assurance mais également qualitatifs (gestion et suivi des risques, les responsabilités...).

L'objet de ce chapitre est de détailler les principales lignes directrices du *Risk Base Capital*, puis de solvabilité II et de répertorier les principaux points communs et différences.

3.1. Aspects quantitatifs du *RBC*

La partie quantitative définit le niveau de capital en fixant des limites inférieures au ratio de solvabilité. Ce ratio de solvabilité, appelé *Capital Adequacy Ratio (CAR)* est calculé de la manière suivante :

$$CAR = \text{Capital Disponible} / \text{Capital requis}$$

La banque centrale définit 2 niveaux de *CAR* :

- Le « *Supervisory Target Capital (STC)* »
Il est fixé à 130%. Il correspond au niveau en dessous duquel la compagnie d'assurance se trouve directement sous la supervision de la banque. Cette dernière prend part aux décisions de la compagnie et se réserve le droit d'imposer des solutions plus ou moins radicales, en fonction du niveau du *CAR*, pouvant aller jusqu'à la restriction de la souscription ou la restructuration de la compagnie. Elle se substitue de ce fait au comité de direction et au conseil d'administration. Ce minimum permet à la banque d'agir suffisamment tôt et de manière préventive en proposant des actions correctives dès que les premiers signes de difficulté financière surviennent.
- Le « *Individual Target Capital Level (ICTL)* »
Ce niveau est fixé par la compagnie d'assurance elle-même. Hormis le fait qu'il doit être supérieur au *STC*, il est également sujet à l'accord de la banque centrale. Cette dernière s'assure que le *ICTL* est en adéquation avec les risques pris par la compagnie et sa capacité à les gérer. Plus les risques sont faibles et plus la compagnie d'assurance met en place une politique de gestion et de prévention des risques efficace, plus le *ITCL* sera faible. La méthode préconisée par la banque est une approche basée sur des scénarios

(« *stress test scenario* »). Différents scénarios défavorables de différentes intensités sont testés sur le bilan de la compagnie afin de mesurer l'impact sur le *CAR*. L'estimation de l'*ITCL* sera ainsi déterminée en fonction de sa volatilité aux différents scénarios, de l'intensité des scénarios à laquelle la compagnie peut survivre et des éléments qualitatifs liés à la prévention des risques et des mesures prises. Les scénarios sont laissés à l'appréciation de la compagnie d'assurance et il n'existe pas de scénario type ; ce qui laisse en ajoutant les éléments qualitatifs une part non négligeable de subjectivité (nous reviendrons sur ce point dans le paragraphe 3.2.3)

Les paragraphes 3.1.1 et 3.1.2 présentent une version détaillée du calcul du *CAR*. Bien que non exhaustive, elle passe en revue les charges de capital des principaux éléments du bilan.

Un bilan simplifié d'une compagnie d'assurance peut être représenté par le schéma ci-dessous :

Bilan	
Actif	Passif
<p>Immobilisation corporelles Immeubles Equipements</p> <p>Immobilisation financières Actions Obligations</p> <p>Trésorerie Compte courant Compte à terme</p> <p>Actif de réassurance Provision de sinistres cédée Provision de primes cédée</p> <p>Autre actifs Créances de réassurance Créances d'assurance (intermédiaire, assuré, autre compagnie d'assurance) Autres créances</p>	<p>Fonds propres Capital social Report à nouveau Réserves</p> <p>Emprunts Dettes subornées Autres emprunts</p> <p>Provisions techniques Provision de sinistres Provision de primes</p> <p>Autres passifs Impot différé Dettes de réassurance Dettes d'assurance (intermédiaire, assuré, autre compagnie d'assurance) Provision pour créances douteuses Autres dettes</p>

Fig 3.1.

La plupart des éléments de ce bilan peuvent fluctuer et font ainsi courir des risques financiers à la compagnie d'assurance. Il est ainsi nécessaire de déterminer le capital disponible ainsi que les charges de capital associées aux différents risques.

3.1.1. Capital disponible

Le capital disponible est calculé grâce à la formule suivante :

$$\text{Capital disponible} = \text{Capital Tiers 1} + \text{Capital Tiers 2} - \text{Dédution}$$

Notons que le Capital Tiers 2 ne doit pas être supérieur au montant de capital Tiers 1.

3.1.1.1. Capital Tiers 1

On retrouve donc dans le capital tiers 1, les fonds propre de base, qui sont, par nature, non remboursables :

- Le capital social
 - Actions ordinaires
 - Actions de préférence (Actions sans droit de vote)
 - Primes d'émissions ou de fusion
- Les profits générés par la compagnie d'assurance
 - Report à nouveau (Profits cumulés et non distribués aux actionnaires)
 - Profit de l'année courante (déduit des dividendes)
 - Réserves

Notons que les dettes dites non remboursable (coupon facultatif) sont dans le Capital Tiers 2.

3.1.1.2. Capital Tiers 2

Le capital tiers 2 regroupe des éléments remboursables ou du moins, « plus » remboursables et moins pérennes que le capital tiers 1 :

- Les dettes subordonnées (subordonnées car elles passent après les autres dettes pour déterminer ses droits sur l'actif). Elles peuvent être
 - Sans date d'échéance et avec un coupon facultatif.
 - « Remboursables » : l'échéance doit être supérieure à 5 ans et le coupon est obligatoire (uniquement si le paiement ne met pas en faillite la compagnie).
- Les plus values latentes et réserve de réévaluation

3.1.1.3. Dédutions

Les déductions regroupent principalement les éléments suivants :

- Les impôts différés.
- Le *goodwill* aussi appelé écart d'acquisition : c'est la différence entre la valeur comptable et la valeur d'achat.
- Les investissements dans les succursales.

3.1.2. Capital requis

Les risques contenus dans les éléments du bilan sont classés en quatre catégories : les risques de marché, les risques liés aux provisions techniques, les risques opérationnels et les risques de contrepartie. La charge de chaque élément du bilan relatif à chacun de ces risques est évaluée séparément et le capital requis dans le cadre du *RBC* est ainsi la somme des charges de capital.

Le capital requis est ainsi calculé grâce à la formule suivante :

$$\text{Capital requis} = \sum (\text{Charges de capital})$$

3.1.2.1. Charge pour risque de marché

Cette charge de capital sert à couvrir les risques liés à la fluctuation de la valeur des actifs investis sur les marchés financiers ou immobiliers ainsi que les risques de taux d'intérêts.

$$\text{Charge pour risque de marché} = \sum A_i * a_i$$

A_i = Exposition en valeur associé à la classe d'actif i

a_i = pourcentage de charge appliqué à la classe d'actif i (les pourcentages sont fixés par la banque centrale)

Les valeurs ai sont présentées dans les 3 tableaux ci-dessous (les deux premiers tableaux correspondent aux risques de fluctuations des marchés et le troisième tableau, au risque de taux) :

Table 1: Risk charges for equity exposures

Equity Instruments	Risk charges
(a) listed on the Main Market of Bursa Malaysia or listed on the primary board of recognised stock exchanges in a G10 country	20.0%
(b) listed on recognised stock exchanges other than those mentioned in (a)	30.0%
(c) FTSE Bursa Malaysia (FBM) KLCI, FBM Top-100 Index, FBM, Hijrah Shariah Index or the indicative index of the recognised stock exchanges in a G10 country	16.0%
(d) FBM Mid-70 Index or other stock market indices	25.0%
(e) unlisted or private equity (including venture capital)	35.0%

Tab3.1.

Table 2: Risk charges for investment in immovable property

Property investments	Risk charges
(a) self-occupied properties	8.0%
(b) other property and property-related investments	16.0%

Tab3.2.

Table 3: Interest rate risk charges by residual term to maturity for related securities for general insurance (with undiscounted liabilities)

Residual term to maturity (X)	Risk charge
$X \leq 1$ month	0.0%
$1 < X \leq 3$ months	0.2%
$3 < X \leq 6$ months	0.5%
$6 < X \leq 12$ months	0.8%
$1 < X \leq 2$ years	1.3%
$2 < X \leq 3$ years	1.9%
$3 < X \leq 4$ years	2.7%
$4 < X \leq 5$ years	3.2%
$5 < X \leq 7$ years	4.1%
$7 < X \leq 10$ years	4.6%
$10 < X \leq 15$ years	6.0%
$15 < X \leq 20$ years	7.0%
$X > 20$ years	8.0%

Tab3.3.

3.1.2.2. Charge pour risque de contrepartie

Cette charge de capital sert à couvrir les risques de contrepartie quels qu'ils soient.

$$\text{Charge pour risque de contrepartie} = \sum B_i * b_i$$

B_i = Exposition en valeur associée à la contrepartie i
 b_i = pourcentage de charge appliqué à la contrepartie i (pourcentages sont fixés par la banque centrale)

Les valeurs b_i sont présentées dans les tableaux Tab.3.4, Tab 3.5., et Tab 3.6.:
 (Notons par ailleurs qu'afin d'éviter la concentration du risque à trop peu de contreparties, des limites par contrepartie et type de contrepartie sont fixées).

Table 1: Risk charges for counterparties and debt obligations

Counterparty or debt obligations		Risk charge
(a)	Federal Government of Malaysia, Bank Negara Malaysia, or the federal	0.0%
(b)	Cagamas or its subsidiaries prior to 4 September 2004	0.8%
(c)	State government of Malaysia and the federal government or the central bank of	1.6%
(d)	Corporations and other organisations with the following rating :	
	(i) AAA	1.6%
	(ii) AA	2.8%
	(iii) A	4.0%
	(iv) BBB	6.0%
	(v) unrated or with lower rating	12.0%
(e)	Debt facilities with original maturity of 1 year or less and with the following	
	(i) A-1 / P-1	1.6%
	(ii) A-2 / P-2	4.0%
	(iii) A-3 / P-3	8.0%
	(iv) unrated or with lower rating	12.0%
(f)	Individuals	
	(i) staff of the insurer	4.0%
	(ii) other individuals (except for policy loans)	12.0%
(g)	Policy loans	0.0%

Tab 3.4.

Table 2: Risk charges for debt obligations secured by properties

Types of properties		Risk charge
(a)	Residential properties	
	(i) LTV < 80%	2.8%
	(ii) 80% ≤ LTV ≤ 90%	4.0%
(b)	Other types of properties	
	(i) LTV < 80%	5.6%
	(ii) 80% ≤ LTV ≤ 90%	8.0%
(c)	Abandoned properties	12.0%

Tab 3.5.

Table 3: Risk charges for other assets

Types of exposure		Risk charge
(a)	Cash in hand and bank deposits with financial institutions licensed under the	0.0%
(b)	Deposit with banking institutions with the following ratings :	
	(i) AAA	1.6%
	(ii) AA	2.8%
	(iii) A	4.0%
	(iv) BBB	6.0%
	(v) unrated or with lower rating	12.0%
(c)	Credit exposures to (re)insurers* licensed under the Insurance Act 1996 and	1.6%
(d)	Credit exposures to reinsurers* other than those licensed under the Insurance	
	(i) AAA	1.6%
	(ii) AA	2.8%
	(iii) A	4.0%
	(iv) BBB	6.0%
	(v) unrated or with lower rating	12.0%
(e)	Outstanding premiums, balances and other receivables due from :	
	(i) licensees under the Insurance Act 1996 or agents	4.0%
	(ii) Others	6.0%
(f)	Other assets	8.0%

Tab 3.6.

3.1.2.1. Charge pour risque liée aux provisions techniques

Les provisions techniques doivent être estimées avec un niveau de confiance à 75%. Elles doivent permettre de couvrir les dépenses liées aux sinistres survenus et à survenir (sur les contrats déjà souscrits), en incluant les frais de gestion, dans 75% des cas (une analyse détaillée des provisions techniques est présentée dans le chapitre suivant).

Cette charge de capital sert à couvrir les risques liés à une détérioration des provisions techniques au delà de 75%. Le niveau de confiance atteint n'est cependant pas précisé.

$$\text{Charge liée aux provisions techniques} = \sum Ci * ci + Di * di$$

Ci = Valeur de la provision de sinistre à 75% pour la branche *i*

ci = pourcentage de charge appliqué à la branche *i* (pourcentages sont fixes par la banque centrale)

Di = Valeur de la provision pour risque en cours (Unexpired Risk reserve) à 75% pour la branche *i*. Elle ne correspond donc pas de ce fait à la provision pour prime non acquise

di = pourcentage de charge appliqué à la branche *i* (pourcentages sont fixes par la banque centrale)

Les valeurs *ci* et *di* sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Risk Charges for General Insurance Liabilities

Class		Risk charge applicable for	
		Claims liabilities	URR @ 75% confidence level
(i)	Aviation	30%	45%
(ii)	Bonds	20%	30%
(iii)	Cargo	25%	37.5%
(iv)	Contractors' All Risks & Engineering	25%	37.5%
(v)	Fire	20%	30%
(vi)	Liabilities	30%	45%
(vii)	Marine Hull	30%	45%
(viii)	Medical and Health	25%	37.5%
(ix)	Motor "Act"	25%	37.5%
(x)	Motor "Others"	20%	30%
(xi)	Offshore Oil & Gas related	20%	30%
(xii)	Personal Accident	20%	30%
(xiii)	Workmen's Compensation & Employers'	25%	37.5%
(xiv)	Others	20%	30%

Tab 3.7.

3.1.2.2. Charge pour risque opérationnel

Les risques opérationnels sont très variés, il est donc difficile d'en faire une liste exhaustive. Ils regroupent tous les risques liés à l'entreprise elle-même, dans sa conduite des activités quotidiennes (Processus, employés, systèmes informatiques...). La plupart sont également difficilement quantifiables.

La méthode choisie dans le cadre du RBC est très simple, la charge étant égale à 1% du total des actifs du bilan.

3.2. Aspects qualitatifs du RBC: « Internal Capital Adequacy Assesment Process » (ICCAP)

Depuis Septembre 2012, un deuxième volet a été mis en place. Il est très similaire au « deuxième pilier » de Solvabilité II. Ainsi si le premier volet couvre les aspects quantitatifs du calcul du ratio de solvabilité, l'« ICAAP » régit les aspects plus qualitatifs et opérationnels. Il couvre également ce que l'on appelle le « Risk Appetite ».

Il permet de comprendre comment la compagnie d'assurance s'assure que son niveau de capital répond aux exigences de solvabilité de manière pérenne et quelles actions elle met en place pour gérer ses risques.

Il définit ainsi un certain nombre d'exigences détaillées dans les paragraphes suivants.

3.2.1. La gouvernance

L'« ICAAP » définit le rôle du conseil d'administration et de l'équipe dirigeante dans la gestion du capital et le positionnement de la compagnie vis-à-vis des risques. Ainsi le conseil d'administration est chargé d'approuver le cadre général relatif à la gestion du capital ainsi que le niveau de risque global de la compagnie d'assurance.

L'équipe dirigeante est, quant à elle, responsable de la bonne mise en place de l'« ICAAP » et notamment la bonne mise en place des différents points énumérés dans les paragraphes suivants.

3.2.2. La revue exhaustive des risques et l'évaluation de la qualité des processus de gestion des risques

Un inventaire exhaustif (ou tout au moins aussi exhaustif que possible) des risques doit être effectué. Cet inventaire va au delà des risques identifiés et quantifiés explicitement dans le cadre du « *Risk Based Capital* ». Il peut comprendre des risques très spécifiques dont la charge de capital calculée dans le *RBC* est jugée insuffisante (un produit particulier qui représenterait un niveau de risques très supérieur au niveau global de la branche à laquelle il appartient et qui supposerait ainsi que le pourcentage préconisé par le *RBC* est insuffisant) ou bien des risques non couverts dans les directives du *RBC* comme par exemple :

- Risques stratégiques (exemple : augmentation des sinistres ou pertes potentielles résultant d'une acquisition)
- Risques liés à l'image de la compagnie d'assurance : événement causant des dommages à la réputation de la compagnie pouvant engendrer une perte de confiance d'une partie des assurés et compromettre la croissance.
- Risques de liquidités : perte due à une cession anticipée de certains actifs ou à l'obligation de contracter un emprunt...
- Risques liés à un événement ou une catastrophe (épidémie, catastrophe naturelle...).
- Risques liés aux ressources humaines.

Notons que certains de ces risques peuvent être corrélés (une catastrophe naturelle peut engendrer un problème de liquidité par exemple).

Ces risques doivent être évalués au regard des procédures de gestion des risques en place dans la compagnie (suivi, gouvernance, contrôles internes, qualité des équipes...) et de la stratégie de cette dernière (croissance, complexité et nature de l'activité d'assurance ou des actifs...).

3.2.3. « *Internal Target Capital Level* » (ITCL) et *Stress tests*

Si le « *Internal Target Capital Level* » est évoqué dans le *RBC* (cf. paragraphe 3.1), il fait l'objet d'un paragraphe plus détaillé dans l'« *ICAAP* ».

Afin de prendre en compte tous les paramètres énumérés dans le paragraphe précédent, la banque Centrale oblige chaque compagnie d'assurance à fixer un capital minimum cible appelé « *Internal Target Capital Level* ». Ce dernier est supérieur au capital minimum requis. Moins la compagnie est bien gérée, plus son appétit pour le risque est élevé, plus la nature de son activité est risquée, plus le *ITCL* est élevé. L'*ITCL* est basé sur une série de scénarios défavorables mais plausible à court ou moyen terme appelés « *Stress Scenarios* », cohérents avec l'inventaire des risques préalablement effectués. Il doit être suffisamment élevé pour permettre à la compagnie de faire face à ces différents scénarios et de garder un ratio de solvabilité au dessus de 130%. Ces scénarios stress doivent avoir un horizon d'un an minimum et peuvent être étendus à une période plus longue si la stratégie de la compagnie ou la nature des risques le justifient. Il est important de rappeler que ces scénarios ne se substituent en aucun cas aux stress tests effectués de manière bi annuelle sur le ratio de solvabilité réel de la compagnie d'assurance.

Pour bon nombre de compagnies sur le marché, l'*ITCL* correspond à un ratio de solvabilité de 180%.

Il existe une directive listant un certain nombre d'exigences relatives aux *stress tests*. Ces derniers doivent notamment répondre aux critères suivants :

- Ils doivent être suffisamment exhaustifs pour prendre en compte toute l'activité de la compagnie d'assurance
- La probabilité que ces scénarios défavorables se produisent ne doit pas être trop faible et avoir un impact financier significatif
- Les tests doivent contenir des scénarios simples permettant de mesurer l'impact lié à des facteurs de risque individuels mais également des scénarios plus compliqués couvrant des facteurs de risque multiples et de potentiels effets secondaires.
- « L'amplitude » des résultats obtenus lors de ces tests doit être supérieure aux pertes potentielles observées au cours d'un cycle complet.
- Les hypothèses relatives à la croissance de l'activité doivent être prudentes.

Les directives énoncées ci-dessus sont assez générales et laissent une grande liberté d'appréciation à l'assureur. Libre à la compagnie de déterminer ce que peut représenter un cycle économique ou ce que peut être une probabilité « pas trop faible » par exemple.

Si les modèles internes ne sont pas admis pour calculer le ratio de solvabilité réel, ils le sont pour estimer l'*ITCL*. Dans le cas où les tests sont basés sur des méthodes de simulation, les scénarios doivent stipuler de manière explicite, la probabilité de défaut et la période donnée. Par exemple, l'*ITCL* correspond à un niveau de capital qui permet

de garder un ratio de solvabilité au dessus de 130% avec une probabilité supérieure à 90% à horizon 5 ans. La banque centrale ne fixe cependant ni le niveau de probabilité, ni l'horizon.

3.2.4. Gestion du capital et stratégie

Bien évidemment la gestion du capital doit faire partie intégrante de la stratégie de la compagnie d'assurance. Ainsi, toute compagnie d'assurance se doit d'avoir un plan de gestion du capital dûment documenté (« *Capital Management Plan* » (*CMP*)). Ce *CMP* doit à minima contenir les éléments suivants :

- La liste des principaux indicateurs et des seuils correspondants en dessous desquels des actions spécifiques doivent être menées afin de garantir, dans la durée, un niveau de capital adéquat.
- Un détail précis de ces actions spécifiques et leur impact respectif sur le ratio de solvabilité.

3.2.5. Suivi

Le processus doit être mis à jour de manière régulière, et revu entièrement au moins une fois par an. Il doit également faire l'objet d'une revue indépendante effectuée soit en interne par un département compétent mais qui n'est pas partie prenante dans la mise en place de l'« *ICAAP* » (par exemple, l'audit interne) soit un consultant externe.

Enfin, le processus est revu par la banque centrale.

Le processus est résumé dans les directives relatives à l'« *ICAAP* » par le schéma Fig 3.2.:

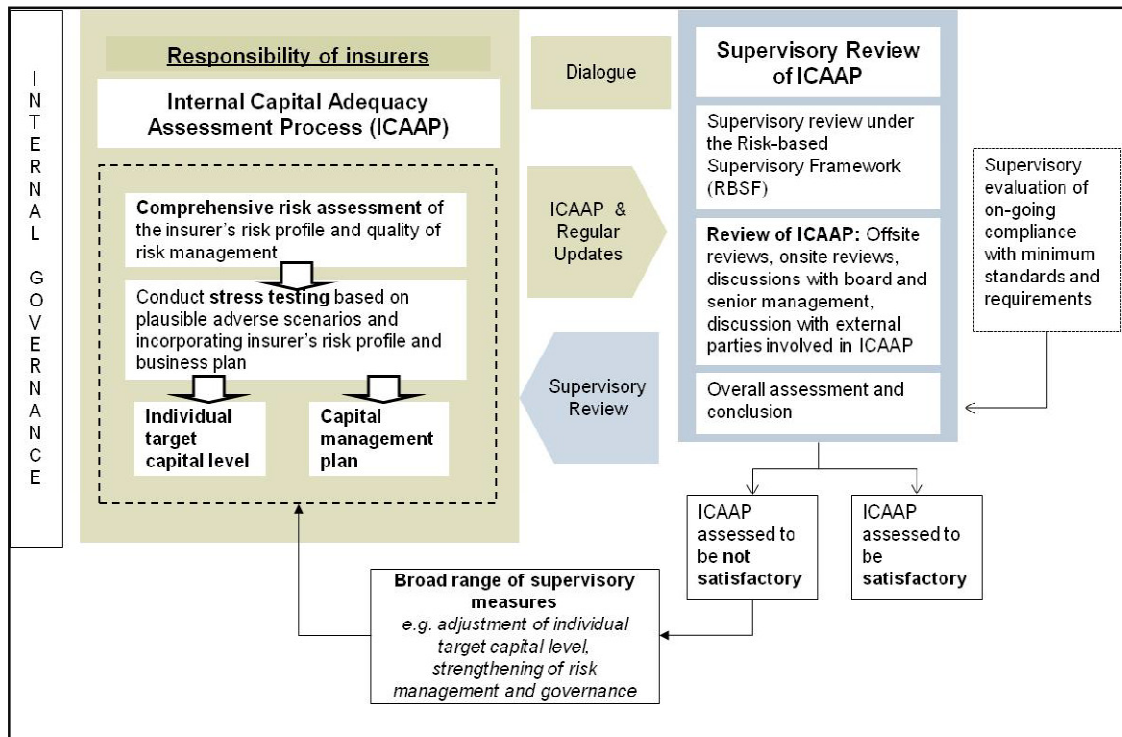


Fig3.2.

3.3. Les points communs et différences avec SII

3.3.1. Les principes généraux de Solvabilité II

Solvabilité II s'articule autour de 3 piliers suivant le schéma suivant :

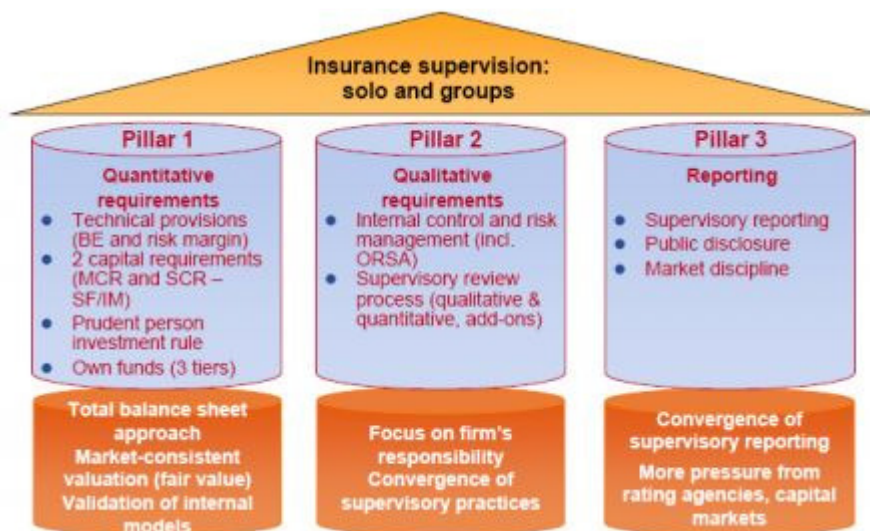


Fig 3.3.

3.3.1.1. Pilier 1

Le pilier 1 définit les exigences quantitatives et plus précisément les éléments suivants :

- L'évaluation des actifs et des passifs en «fair value ».
- Les exigences de capital : MCR, SCR.
- Les exigences de fonds propres : Définition des éléments éligibles de capital.
- Les exigences de provisions techniques : Nouvelles normes quantitatives de calcul.

L'évaluation des actifs et passifs en « fair value »

Le principe de « fair value » permet de rendre compte d'une vision plus économique des éléments du bilan en leur donnant une valeur de marché. Elle s'éloigne ainsi d'une vision purement comptable.

Les actifs et les passifs sont valorisés par ordre de préférence selon les méthodes suivantes :

Méthode	Valorisation des actifs et des passifs :
Mark-to-Market :	en valeur de marché (prix ou cours du marché) si le marché est actif et liquide
Mark-to-Model :	selon un modèle mathématique (projections actualisées de flux de trésorerie)
Simplifiée proxy :	ou par des prix de transaction d'éléments similaires ou par des modèles simplifiés

Les exigences de capital : MCR, SCR

Deux niveaux de fonds propres sont définis dans le cadre Solvabilité 2 : *MCR* (*Minimum Capital Requirement* ou Capital Minimum Requis) et *SCR* (*Solvency Capital Requirement* ou Capital Cible).

Le *MCR* représente le niveau minimum de fonds propres en-dessous duquel l'intervention de l'autorité de contrôle sera automatique. En cas de constatation de non-conformité du minimum de capital requis, l'entreprise dispose d'un mois à compter de la constatation pour présenter un plan de financement réaliste. Le *MCR* doit être recouvert dans un délai de trois mois, sinon l'agrément est retiré. Le calcul du *MCR* se fait de la manière suivante en 3 étapes :

- Application d'une formule linéaire simple et facilement auditable en fonction des primes et des provisions techniques pour obtenir le *MCR* linéaire ;

- Retraitement éventuel du *MCR* linéaire pour qu'il soit compris entre 25% et 45% du *SCR* afin d'aboutir au *MCR* combiné ;
- Application d'un plancher absolu dépendant de l'activité (entre 2,2M€ et 5,4M€) pour obtenir le *MCR* final.

Le *SCR* représente l'exigence de capital sous le régime Solvabilité 2. En cas de constatation de non-conformité du capital de solvabilité requis, l'entreprise dispose de deux mois à compter de la constatation pour soumettre un programme de rétablissement réaliste à l'approbation de l'autorité de contrôle. Le *SCR* doit être recouvert dans un délai de six mois. Le *SCR* dépend de l'exposition aux risques et se doit d'incorporer tous les risques liés à l'activité de la compagnie. Il est défini comme une *Value at Risk* à 99.5% (à horizon 1 an), autrement dit une probabilité de ruine de 0.5% à horizon 1 an. Le *SCR* peut être calculé selon une formule standard calibrée grâce à une série d'étude quantitatives (5 «*quantitative impact studies*» *QIS*) ou à l'aide d'un modèle interne (ce dernier étant privilégié car collant au plus près aux risques de la compagnie et pouvant être intégré plus facilement à la stratégie et aux processus de décisions).

La *formule standard* dérive d'une approche modulaire, comme l'indique le schéma ci-dessous dans le cas d'une compagnie d'assurance non-vie. L'organisme doit calculer la perte subie en cas d'événement défavorable lié à une trentaine de facteurs de risque. Pour tenir compte de la probabilité faible de réalisation simultanée de tous ces événements, la formule standard introduit des corrélations entre ces facteurs de risque et permet ainsi à la compagnie d'assurance de constater des bénéfices de diversification.

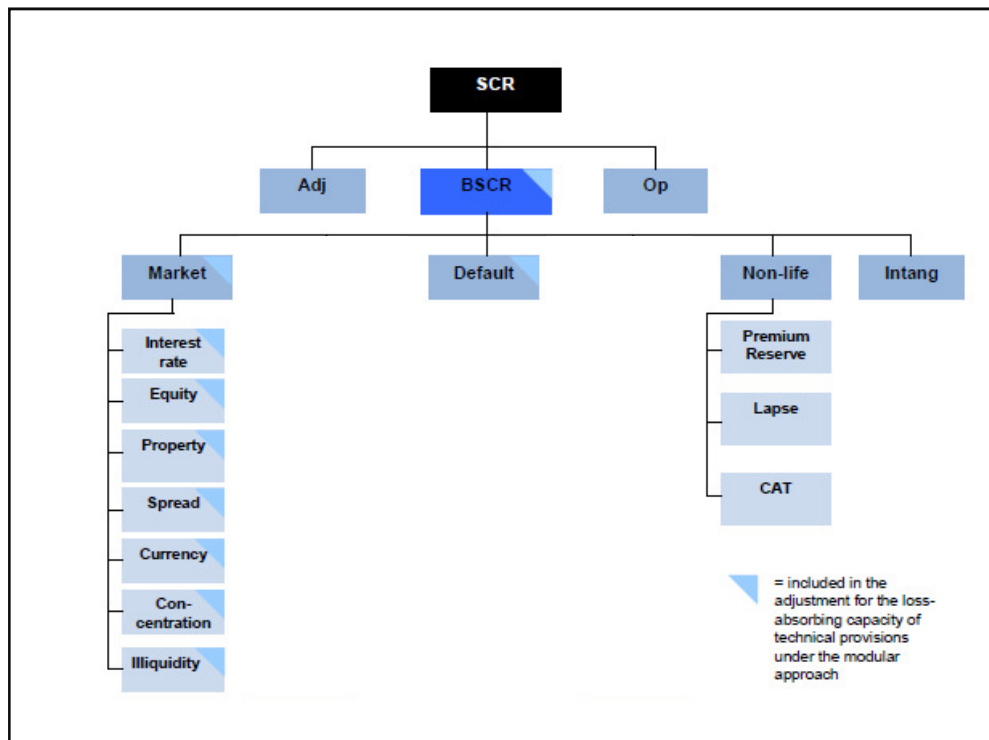


Fig 3.4.

Le *modèle interne* doit faire l'objet d'une validation par l'autorité de contrôle. Il est plus compliqué à mettre en place que la formule standard car il nécessite une modélisation complète du bilan.

Le mécanisme général est le suivant :

- Point de départ : bilan « fair value » à la date 0.
- Etape 1 : Modélisation stochastique des différentes classes d'actif.
- Etape 2 : Modélisation stochastique des différents engagements de l'assureur (passif).
- Etape 3 : Simulations du bilan à la date 1 (A partir de ces modélisations des étapes 1 et 2).
- Etape 4 : Détermination de la distribution de l'Actif Net réévalué (différences entre les actifs et les engagements) à horizon 1 an (obtenu grâce aux simulations).
- Etape 5 : Détermination du *SCR* comme étant le quantile a 0.5% de la distribution de la *NAV* à horizon 1 an.
-

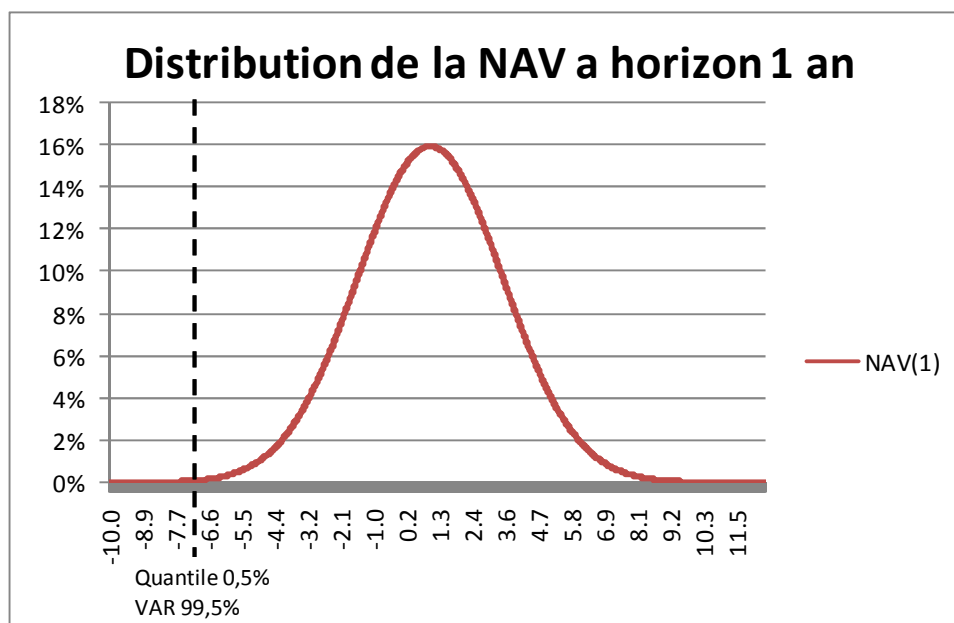


Fig 3.5.

Dans l'exemple ci-dessus (Fig 3.5.), la *NAV* à horizon un an suit une loi Normale. Le montant correspondant au quantile 0,5% est -7,2 (La probabilité cumulée des montants de *NAV* inférieure à -7,2 est égale à 0,5%). Ainsi la *NAV* a une probabilité de 99,5% d'être supérieure à -7,2. Le montant de *SCR* à constituer pour éviter la ruine à horizon un an avec une probabilité de 99,5% est donc égal à 7,2.

Il est nécessaire d'inclure dans ce modèle interne tous les risques de perte non liés à un élément représenté dans le bilan ; il s'agit principalement des risques opérationnels.

Le modèle interne présente des avantages certains par rapport au modèle standard car il reflète de manière plus précise et exhaustive les risques liés à la compagnie d'assurance. Malgré toutes les précautions prises sur les estimations, il se heurte à un problème majeur qui est la modélisation d'événements qui ne se produisent jamais ou quasiment jamais et qui ne sont donc pas observables. Le *SCR* (*VAR* à 99.5% à horizon 1 an) peut être vu comme le montant nécessaire à la compagnie pour survivre à un scénario qui ne se produit qu'une fois tous les 200 ans en moyenne. Présenté de cette façon, on comprend mieux la difficulté théorique de quantifier l'impact d'un choc qui ne se produit que tous les 200 ans, à partir d'une dizaine d'années d'observations.

Les exigences de fonds propres : Définition des éléments éligibles de capital

Les besoins en fond propre que représentent le *MCR* et le *SCR* sont comparés au capital éligible de la compagnie d'assurance. Comme pour le *RBC*, ce capital est décomposé en tiers en fonction de leur capacité à absorber les pertes. Pour Solvabilité 2, on dénombre 3 tiers contre 2 dans le *RBC*.

La couverture du besoin en solvabilité se fait selon des règles différentes selon qu'il s'agisse du *MCR* ou du *SCR* :

- Le *MCR* est couvert par des fonds propres de base qui peuvent être de rang 1 et 2 avec un minimum de 80% de tiers 1.
- Le *SCR* est couvert par les fonds propres de rang 1, 2 et 3 avec un minimum de 50% de tiers 1 et un maximum de 15% de tiers 3.

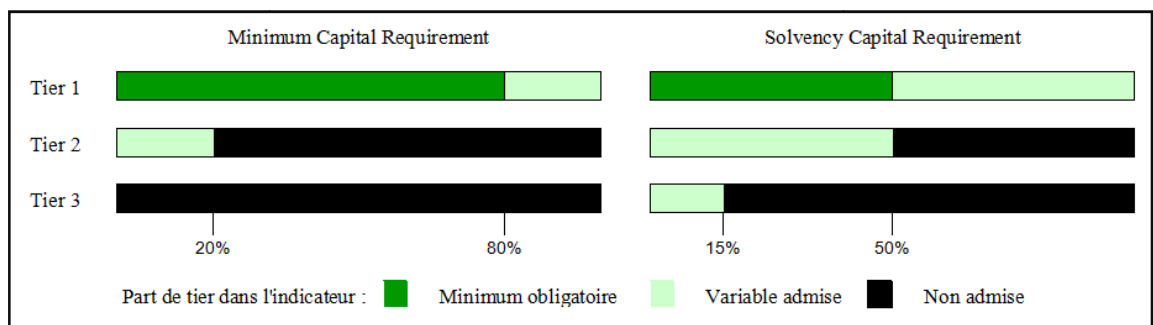


Fig 3.6.

Les exigences de provisions techniques : Nouvelles normes quantitatives de calcul

Les provisions techniques se décomposent en un « *best estimate* » et une marge de prudence (*Market Value Margin*)

Le « *best estimate* » correspond au montant actualisé des flux de trésorerie future.

La marge pour risques est une marge prudentielle. Comme nous l'avons vu plus avant, les pertes potentielles relatives aux engagements et aux actifs détenus par la compagnie doivent être absorbées, chaque année, dans 99,5% des cas. A cet effet un capital égal au SCR doit être constitué. L'actionnaire qui fournit ce capital afin de couvrir ces risques de pertes se doit d'être rémunéré. Dans la mesure où cet investissement comporte un risque réel, il est nécessaire pour la compagnie d'assurance de rémunérer l'actionnaire au delà du taux sans risque. Ce taux de rémunération, au delà du taux sans risque, correspond à un coût pour la compagnie d'assurance appelé coût du capital (*Cost of Capital*). La marge pour risque représente le montant correspondant et peut ainsi être définie comme le coût de la mobilisation d'un montant de fonds propres éligibles égal au SCR nécessaire pour assumer les engagements d'assurance sur toute leur durée de vie.

Nous reviendrons plus en détail sur les provisions techniques dans le chapitre suivant.

3.3.1.2. Pilier 2

Il a pour objectif de fixer des normes qualitatives de suivi des risques en interne aux sociétés et détailler comment l'autorité de contrôle doit exercer ses pouvoirs de surveillance dans ce contexte.

DIRECTIVE 2009/138/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN Page 4

« Certains risques ne peuvent être convenablement contrôlés qu'au moyen d'exigences concernant la gouvernance, et non par des exigences quantitatives exprimées dans le capital de solvabilité requis. L'efficacité du système de gouvernance revêt donc une importance critique pour la qualité de la gestion de l'entreprise d'assurance et pour le système de contrôle. »

La compagnie d'assurance a la responsabilité du contrôle de ses propres risques. A cet effet, elle se doit de mettre en place un système de gouvernance et de gestion des risques (*Risk Management*).

Définit dans l'article 41 il comprend les exigences suivantes :

- Des personnes clés "honorables et compétentes" ("*fit and proper*")
- Un processus régulier d'évaluation interne des risques et de la solvabilité (ORSA)
- Une fonction de gestion des risques efficace, et associée à la prise de décision
- Une fonction de contrôle interne composée notamment d'une fonction de conformité
- Une fonction d'audit interne indépendante des fonctions opérationnelles
- Une fonction actuarielle chargée de coordonner les calculs (provisions, SCR...)

3.3.1.3. Pilier 3

Il a pour objectif de définir l'ensemble des informations détaillées que les autorités de contrôle jugeront nécessaires pour exercer leur pouvoir de surveillance d'une part et les informations qui devront être publiées d'autre part.

Afin d'améliorer la transparence et de promouvoir une meilleure discipline de marché, ces informations publiques doivent non seulement regrouper les informations d'ordre financier mais également relatives aux risques.

3.3.2. RBC vs Solvabilité II : conclusions

Au travers de ce chapitre, on a pu se rendre compte du grand nombre de similarités entre Solvabilité II et RBC. Par bien des aspects, Solvabilité II a servi de modèle au RBC.

L'ICAAP reprend ce qui est au cœur de la philosophie de Solvabilité II, à savoir le pilier 2 (la responsabilité de la compagnie d'assurance vis-à-vis de ses risques, l'inventaire des risques, la gouvernance...etc. tout y est) mais également le pilier 3 relatif à la publication des informations (l'exigence de publication est pour l'instant moindre en Malaisie, mais il paraît probable que cela s'étoffe dans le futur).

Les aspects quantitatifs sont également similaires sur bon nombre d'aspects :

- La décomposition du capital éligible par tiers en fonction de niveau exigibilité de ce dernier (3 tiers pour Solvabilité II et seulement 2 pour le RBC). Notons que dans les 2 réglementations, le capital tiers 1 doit représenter 50% ou plus du capital exigible total.
- La nécessité de maintenir 2 niveaux d'exigence de capital (*MCR* et *SCR* vs *STC* et *ITCL*).
- La volonté d'une formule simple concernant le calcul du *MCR* et *STC* et une plus compliquée mais qui représente mieux les risques de la société d'assurance.
- L'approche modulaire du RBC et du modèle standard. L'utilisation d'un modèle interne n'est cependant pas autorisée dans le RBC (la réglementation RBC précise néanmoins que ce recours n'est pas autorisé « pour l'instant ». Il semblerait donc que ce ne soit qu'une question de temps).
- La séparation explicite des provisions techniques entre un *Best Estimate* et une marge prudentielle.

Sur ces dernières, le RBC laisse cependant poindre 2 différences importantes :

- Un bilan pas complètement calculé en « fair value » :
 - L'actualisation des provisions techniques n'est pas obligatoire.
 - Le montant de « réserve de prime » ne correspond pas nécessairement à un *best estimate* + une marge prudentielle (il correspond

à la Prime Non Acquise (PNA) si celle-ci est supérieure). La charge pour risque est cependant bien calculée sur la base du *Best estimate* + marge prudentielle.

- La non-prise en compte dans le *RBC* de certaines PNA de réassurance

- Le calcul de la marge prudentielle (coût du capital vs quantile) Nous reviendrons plus en détail sur ce point dans le chapitre suivant.

Le chapitre suivant aura pour objet de revenir plus en détails sur les différentes provisions techniques et leur calcul.

4. Les provisions techniques : généralités et cadre réglementaire

Les provisions techniques constituent l'élément clé du passif du bilan ; elles représentent l'évaluation des engagements pris par l'assureur vis-à-vis de l'assuré. Dans la plupart des cas elles sont constituées d'une réserve dite de sinistre et d'une réserve dite de prime.

La réserve de sinistre est constituée afin de couvrir les futurs paiements relatifs aux sinistres déjà survenus. Ces sinistres survenus sont soit déclarés mais pas encore payés, soit non encore déclarés ou tout au moins non encore connus par la compagnie d'assurance.

- Les sinistres déclarés non réglés : lorsqu'une compagnie d'assurance reçoit une déclaration de sinistre, elle ne paye pas immédiatement. Ainsi, lors d'un arrêté des comptes, nombre de sinistres déclarés n'ont pas encore été payés. Les raisons peuvent être très diverses. De manière non exhaustive, on peut citer comme cause, la durée de traitement de la déclaration (l'assureur doit vérifier les pièces reçues par l'assuré avant d'initier un paiement), le délai d'expertise (souvent, un expert doit estimer la valeur du bien ou de sa réparation avant d'envisager un règlement), le délai de réparation (dans certains cas, l'assureur doit attendre que le bien sinistré soit réparé avant de régler les dépenses liées à cette réparation), ou encore l'attente d'une décision de justice (parce que la compagnie d'assurance par exemple conteste un sinistre devant les tribunaux, ou qu'elle attend que la justice valide la responsabilité de son client ou encore le montant des indemnités). Dans le dernier cas cité, les sinistres peuvent être réglés plusieurs années après la déclaration. Il convient donc de provisionner ces paiements futurs. Le plus fréquemment, cette provision est estimée par les gestionnaires sinistres, sinistre par sinistre. Cette méthode d'estimation est dite dossier/dossier. Le montant provisionné correspond à la somme de tous les sinistres estimés individuellement y compris les frais externes (frais d'expertise, frais d'avocat...).
- Les sinistres survenus non encore déclarés : Lors de l'arrêté des comptes, de nombreux sinistres pourtant survenus ne sont pas encore connus par la compagnie d'assurance. La compagnie d'assurance peut avoir du retard dans l'enregistrement de ces dossiers, l'assuré peut déclarer son sinistre tardivement soit de son propre fait, soit parce qu'il n'a pas conscience du sinistre au moment de sa survenance (il est fréquent que les effets d'un sinistre ne soient visibles que longtemps après la survenance ; on peut prendre comme exemple le cas extrême des sinistres liés à l'amiante, ou certains sinistres peuvent être déclarés plus de 30 ans après leur survenance)...etc. Ainsi, quelque soit la raison de la déclaration tardive, les sinistres survenus non déclarés doivent faire l'objet d'une provision incluse dans la réserve de sinistre. Ne pouvant être évaluée dossier par dossier pour des raisons évidentes, la provi-

sion relative à ces sinistres survenus mais non encore déclarés, en anglais *Incurred But Not Reported (IBNR)*,) est estimée grâce à des méthodes statistiques. La plupart du temps, l'estimation de l'*IBNR* inclu en fait, des *IBNYR (Incurred But Not Yet Reported)*, correspondant aux sinistres tardifs à proprement parlé, et des *IBNER (Incurred But Not Enough Reported)* correspondant à une estimation du déficit (ou du surplus) éventuel des provisions dossier/dossier. Il peut ainsi arriver que sur une année particulière, le montant des *IBNR* soit négatif si l'on considère que le surplus contenu dans les réserves dossier/dossier est supérieur aux réserves nécessaires pour les sinistres tardifs.

Notons que les provisions pour frais de gestion de sinistre destinées à couvrir les frais internes futurs directement ou indirectement liés à la gestion des sinistres survenus font elles aussi partie des réserves de sinistre.

Si la réserve de sinistres est constituée pour faire face aux sinistres déjà survenus, la réserve de prime, elle, sert à couvrir les sinistres futurs et les frais de gestion directe ou indirecte liés à ces derniers. Elle correspond principalement à la provision pour prime non acquise ou dans le cas où cette dernière est jugée insuffisante à la provision pour risques en cours.

- *La provision pour prime non acquise (PNA)*: La portion de prime émise (ou à émettre) couvrant la partie du contrat qui court de la date d'arrêté des comptes à la date d'expiration, dite non acquise à l'exercice, doit être mise en réserve pour payer les sinistres futurs ; cette provision est appelée provision pour primes non acquises, *Unearned Premium Reserve (UPR)* en anglais. Cette part de prime non acquise est censée être le reflet de l'exposition future aux risques ; plus le contrat est loin de son terme au moment de l'arrêté des comptes, et plus la proportion de prime non acquise dans la prime émise (ou à émettre) est grande. En théorie, des considérations telles que la périodicité des risques devrait être pris en compte. Cependant, cette notion de prime non acquise, est avant tout une notion comptable, elle est ainsi vue, bien plus comme un indicateur de la prime qui reste à courir que du risque lui-même. A part quelques rares cas particuliers (par exemple certains contrats de réassurance proportionnelle), l'hypothèse principale est que le risque est réparti de manière uniforme sur tout le contrat, entre la date d'effet et la date d'expiration, il est donc proportionnel à la durée d'exposition. Si elle trouve ses limites dans un certain nombre de cas spécifiques ; on pense par exemple au cas des traités de réassurance couvrant les dommages relatifs aux catastrophes naturelles (en effet, la survenance d'un ouragan est très liée à la saison), ou encore à l'assurance construction où la sévérité des risques ne cessent d'augmenter au fur et à mesure que le contrat court, cette hypothèse reste néanmoins une bonne approximation dans la plupart des cas et en particulier dans le cas l'assurance auto.

- La provision pour risques en cours : Si les problèmes de saisonnalité ou plus généralement de non répartition uniforme des risques ne sont pas vraiment prévus dans le calcul de la réserve de prime, l'insuffisance de la provision pour prime non acquise, elle, est traitée au travers de la provision pour risque en cours, *Unexpired Risk Reserve (URR)* en anglais. La provision pour prime non acquise constitue le montant minimum que l'on doit provisionner, c'est-à-dire que même si l'on juge que la sinistralité future (plus frais de gestion interne ou externe) sera inférieure à la prime non acquise, il n'est pas possible de réaliser ce profit (dans le cadre *RBC* tout au moins). A l'inverse, si l'on considère que la sinistralité future va être mauvaise et qu'il est probable que la provision pour primes non acquises ne sera pas suffisante pour couvrir ces sinistres, la compagnie d'assurance est dans l'obligation de réaliser maintenant cette perte future et ainsi de provisionner un montant supérieur à la provision pour prime non acquise, c'est la provision pour risques en cours.

Cette introduction est destinée à mettre en avant l'idée générale afin de comprendre le rôle des principales composantes des provisions techniques et leur nature. Elle se veut de ce fait générale et simplificatrice.

L'objet de ce chapitre est justement d'approfondir les notions présentées ci-dessus en précisant notamment les obligations réglementaires qui en régissent les calculs.

Nous reviendrons dans une première partie sur les règles relatives aux provisions techniques pré-*Risk Based Capital* en Malaisie avant de nous attarder dans une deuxième partie à celles découlant du *Risk Based Capital*.

Nous achèverons ce chapitre en présentant les points communs et différences entre *RBC* et Solvabilité 2.

4.1. Les anciennes règles en Malaisie (jusqu'au 31/12/2008)

4.1.1. Le calcul de la provision pour primes non acquises

Généralités

Les primes non acquises sont calculées nettes de réassurance et nettes de commissions. Cependant dans le cas où le réassureur n'est pas enregistré en Malaisie, la part de PNA cédée n'est prise en compte qu'à hauteur du montant de prime laissé en dépôt auprès de l'assureur.

Ainsi, à titre d'exemple, considérons une compagnie d'assurance A cédant de manière proportionnelle 40% de ses risques à une compagnie de réassurance B. Supposons également que B laisse une prime en dépôt auprès de A d'un montant de 20. Si la PNA brut de la compagnie A est égale à 100 alors la PNA net de cette même compagnie est égale à :

- $100 - 100 \times 40\% = 60$ dans le cas où B est une compagnie enregistrée en Malaisie
- $100 - \text{Min}(100 \times 40\%, 20) = 80$ dans le cas où B n'est pas une compagnie enregistrée en Malaisie.

Méthodes de calcul

Les méthodes de calculs permettent de répartir la prime émise (ou à émettre) au cours du temps et de déterminer ainsi la part non acquise. Les plus communément utilisées sont la méthode des $1/24^{\text{ième}}$ qui est une approche tenant uniquement compte des montants de primes émises mensuellement et la méthode des $1/365^{\text{ième}}$ plus précise qui elle considère les primes individuelles de chaque contrat. La réglementation stipule que la méthode utilisée doit être au moins aussi précise que la méthode des $1/24^{\text{ième}}$.

- La méthode des $1/24^{\text{ième}}$: Cette méthode est basée sur les hypothèses suivantes : d'une part les contrats souscrits au cours d'un mois donné doivent être répartis régulièrement au cours de ce mois et avec des niveaux de prime proche les uns des autres (cela revient approximativement à considérer une prime mensuelle émise le 15 du mois), d'autre part, la durée de ces contrats doit être de 12 mois. Par conséquent, la prime non acquise au 31 décembre n des primes émises en Janvier n correspond à la part de prime courant sur la période allant du 1/1 au 15/1 n+1 soit $1/24^{\text{ième}}$.
- La méthode des $1/365^{\text{ième}}$: Cette méthode est conceptuellement très simple. Elle consiste à calculer la provision pour prime non acquise de chaque contrat, individuellement, au prorata du temps qu'il reste à courir jusqu'à la date d'expiration de la police (PNA total étant la somme des PNA par contrat). Pour la police i :

$$PNA_i = n/365$$
(n étant le nombre de jours entre la date d'arrêté des compte et la date d'expiration du contrat).

Cette méthode est de ce fait plus précise et moins restrictive que celle des $1/24^{\text{ième}}$ car elle ne nécessite aucune hypothèse sur la répartition des contrats au cours d'un mois donné ; elle est également très facilement adaptable à des contrats d'une durée supérieure ou inférieure à 12 mois (il suffit de diviser par le nombre de jours que dure le contrat au lieu de 365) et peut ainsi s'appliquer à une branche où les contrats n'auraient pas tous la même durée.

Cependant, dans le cas où l'on ne dispose que de données comptables mensuelles agrégées, la méthode des $1/24^{\text{ième}}$ reste une bonne approximation, facile et rapide à mettre en place.

En appliquant les 2 méthodes à notre portefeuille d'assurance auto particulier on obtient les résultats présentés dans le tableau (Tab 4.1.), ci-dessous :

Mois d'emission	Primes Emises	Methode des 1/24ieme		Methode des 1/365ieme	
		PNA au 31/12/2012	Part de PNA	PNA au 31/12/2012	Part de PNA
01/2012	32 731	1 364	1/24		
02/2012	39 850	4 981	3/24		
03/2012	34 833	7 257	5/24		
04/2012	38 378	11 194	7/24		
05/2012	37 836	14 188	9/24		
06/2012	33 186	15 210	11/24		
07/2012	40 005	21 670	13/24		
08/2012	42 999	26 874	15/24		
09/2012	37 758	26 745	17/24		
10/2012	39 511	31 280	19/24		
11/2012	42 543	37 225	21/24		
12/2012	40 364	38 682	23/24		
TOTAL	459 994	236 670	51,5%	232 757	50,6%

Tab 4.1.

Les 2 méthodes donnent une PNA supérieure à 50% de la prime émise. Ceci s'explique par le fait que les primes émises ont crû au cours de l'année.

Par ailleurs, les primes étant a priori réparties relativement régulièrement au cours d'un même mois, les résultats très voisins entre la méthode des 1/24^{ième} et la méthode des 1/365^{ième} ne surprennent pas. Le fait que la méthode des 1/365^{ième} donne des PNA inférieures laisse à penser que les primes sont légèrement plus concentrées en début de chaque mois qu'en fin. D'autres raisons comme les modifications de contrats ou les résiliations, mieux prises en compte par la méthode des 1/365^{ième}, peuvent également expliquer ces petites différences.

La réglementation stipulant d'utiliser dans le cas général la méthode des 1/24^{ième} à moins de disposer d'une méthode plus précise, la plupart des compagnies optent pour méthode des 1/365^{ième}.

4.1.2. Le calcul des IBNR

Les dernières mises à jour de la directive relative au calcul des IBNR avant la mise en place du *RBC* remontent à décembre 1993. Nous résumerons cette directive très succinctement pour en retenir uniquement les points importants. Selon cette directive, les *IBNR* doivent couvrir les sinistres survenus non encore déclarés (*IBNYR*) mais éga-

lement les coûts non provisionnés des sinistres déclarés ainsi que les coûts des sinistres rouverts, autrement dit les *IBNER*. Les estimations sont faites nettes de réassurance, cependant tout potentiel risque d'insolvabilité des réassureurs doit être pris en compte.

Sur le calcul lui-même, il est stipulé très clairement les points suivants :

- les montants d'*IBNR* sont obtenus à partir de l'estimation du coût ultime des sinistres par année de survenance
- Ces montants ultimes doivent être estimés, à partir de triangle de paiements ou de charges dossier/ dossier (encourus) en utilisant des méthodes type Chain Ladder ou si les données manquent en utilisant un loss ratio basé sur des données du marché.
- Il n'est pas permis de reporter des *IBNR* négatifs. L'actuaire doit ainsi s'assurer que le montant d'*IBNR* pour chaque année de survenance de chaque branche est au moins égale à 0.
- Il n'est pas permis d'escompter les réserves.

L'actuaire doit bien évidemment s'assurer de l'intégrité et de l'homogénéité des données. Il doit par ailleurs prendre en compte tout élément quantitatif ou qualitatif qu'il jugera significatif et en mesure d'affecter les estimations (Inflation, Impact des sinistres atypiques, changement de processus dans l'évaluation des charges dossier/dossier, nouvelle régulation...).

Si la volonté de proposer une vision prudentielle (notamment en refusant tout *IBNR* négatif) est bien là, aucune précision n'est donnée sur le niveau de prudence à atteindre. Il n'est de toute manière pas demandé de l'estimer et de le présenter séparément.

Ce niveau de prudence reste donc très flou et le fait de ne pas admettre d'*IBNR* négatif peut conduire à un niveau de prudence qui peut varier de manière significative d'une branche à une autre ou encore d'une compagnie à l'autre en fonction des branches souscrites et de la politique de provisionnement dossier/dossier.

4.2. Nouvelles règles dans le cadre du Risk Based Capital (A partir de Janvier 2009)

Si les anciennes règles concouraient à une estimation prudentielle des provisions, elles ne définissaient pas de manière explicite le niveau.

Les directives liées au *RBC* sont fondamentalement différentes de ce point de vue. Si l'on a toujours les réserves de sinistres (*Claim Liabilities*) et de primes (*Premium Liabilities*), leurs estimations se décomposent en 2 parties : un montant correspondant à une meilleure estimation, le « *best estimate* » et une marge prudentielle, la « *Provision for risk adverse deviation (PRAD)* ».

4.2.1. Le *best estimate*

Le *best estimate* est défini dans la réglementation Malaisienne de la manière suivante:

« *The best estimate value should reflect the statistical central estimate of the underlying distribution of the insurance liability concerned. The principles for determining the best estimate values of the claim Liabilities and the premium liabilities are subjected to considerations of materiality and the professional judgement of the actuary and shall reflect the individual circumstances of the insurer, for each class of business.* »

Il correspond à un scénario moyen ou médian. Si le terme « *statistical central estimate of the distribution* » ferait plutôt référence à une médiane, une bonne partie des modèles renvoie une moyenne (cf. : *Chain Ladder*).

En reprenant la première partie de la définition, la théorie est assez simple : il suffit d'obtenir la distribution des réserves et d'en prendre l'estimation centrale. La deuxième partie tempère néanmoins cette vision très statistique.

Ainsi si ce *best estimate* est censé refléter l'estimation centrale de la distribution des réserves, il reste sujet au jugement (« *professional judgement* ») de l'actuaire. Ce jugement est le résultat de la prise en compte d'éléments qualitatifs ou difficilement quantifiables (changements de législation, changement dans la gestion interne des sinistres...etc.) ayant un impact significatif sur les résultats.

Le *best estimate* peut ainsi être vu comme le scénario le plus vraisemblable compte tenu des éléments quantitatifs et qualitatifs dont dispose l'actuaire

L'évolution du marché, la politique de souscription, la gestion des sinistres...etc., sont autant d'éléments qui peuvent avoir une importance significative sur le montant des règlements mais qui ne sont pas toujours facile à intégrer à un modèle statistique.

Une des grandes forces de modèle type *Chain Ladder* repose sur sa simplicité, et par conséquent la relative facilité d'y intégrer des éléments non quantitatifs, et de faire ainsi intervenir son « jugement ». Il est clair que plus le modèle sous jacent est compliqué, conceptuel et éloigné de la réalité et plus il est difficile d'introduire ces éléments non quantitatifs, ou de mesurer quel impact pourrait avoir ces éléments non quantitatifs.

4.2.2. La « *Provision for risk adverse deviation* » (*PRAD*)

La provision pour *risk adverse déviation* correspond à la partie de la provision de sinistre liée à l'incertitude inhérente au *best estimate*. Elle doit être calculée afin de constituer une provision sinistre totale permettant à la compagnie d'assurance de faire face à ses obligations vis-à-vis de l'assureur dans 75% des cas.

Ce niveau de 75% doit être obtenu au niveau global de la compagnie. L'actuaire peut, de ce fait, prendre en compte les corrélations éventuelles entre branches afin de dé-

terminer le montant de *PRAD* total. Cependant ce montant de *PRAD* total ne peut être inférieur à 50% de la somme des *PRAD* par branche.

4.2.3. Réserves de sinistres : *Claim Liability*

Comme expliqué en début de chapitre, les provisions de sinistres servent à couvrir les coûts directs ou indirects liés aux sinistres déjà survenus, au moment de l'arrêté des comptes.

Elles sont composées d'un *Best estimate*, d'une *PRAD* et d'une provision pour frais de gestion de sinistre (si ces derniers ne sont pas inclus dans le *Best estimate*) Cette dernière correspond aux coûts internes futurs de gestion des sinistres déjà survenus.

La définition que l'on retrouve dans la directive RBC est la suivante :

« *Claim liabilities refer to the obligation by insurers, whether contractual or otherwise, to make future payments in relation to all claims that have been incurred as at the valuation date. These include provision for claims reported, claims incurred but not reported, claims incurred but not enough reserved and direct and indirect claims-related expenses such as investigation fees, loss adjustment fees, legal fees, sue and labour charges and the expected internal costs that the insurer expects to incur when settling these claims. The value of claim liabilities will consist of the best estimate value of the claim liabilities and the PRAD calculated at the overall Company level.* »

4.2.4. Les réserves de primes : *Premium Liability*

La réserve de primes (« *Premium Liability* ») correspond au maximum des 2 montants suivants :

- La provision pour primes non acquises totale de la société d'assurance
- La provision pour risques en cours totale de la société d'assurance

4.2.4.1. *Provision pour primes non acquises : Unearned Premium Reserve*

Les règles de calcul des primes non acquises dans le cadre du RBC ne diffèrent pas des anciennes règles (cf. paragraphe 3.1.1).

4.2.4.2. *Provision pour risques en cours : Unexpired Risk Reserve (URR)*

A l'instar de la provision sinistre (*Claim Liability*) la provision pour risques en cours est composée d'un *best estimate* et d'une Provision pour *Risk Adverse Deviation*.

Le *best estimate* représente le montant espéré des coûts des sinistres non encore survenus relatifs aux contrats en cours au moment de la date d'arrêté des comptes ; ces coûts incluent les frais externes liés aux sinistres (frais d'avocat, experts...) et internes (principalement des frais de gestion). La *PRAD*, quant à elle, correspond à l'incertitude liée à ce *best estimate*. « *Best Estimate + PRAD* » doivent permettre le paiement des sinistres futurs dans 75% des cas et couvrir les coûts internes futurs correspondants. Ils doivent aussi prendre en compte les commissions non acquises (frais d'acquisition différés).

Ce niveau de 75% doit être obtenu au niveau global de la compagnie. L'actuaire peut de ce fait prendre en compte les corrélations éventuelles entre branches afin de déterminer le montant de *PRAD* total. Cependant ce montant de *PRAD* total ne peut être inférieur à 50% de la somme des *PRAD* par branche.

Notons que la charge de capital relatif aux provisions techniques est calculée sur le « *Claim Liability* » et sur cette *URR* et non pas sur la provision pour primes non acquises (*UPR*).

4.3. RBC vs SII

4.3.1. Le *Best Estimate*

La présentation du *Best estimate* dans le *QIS 5* est couverte en pas moins de 29 pages (page 25 à 53), elle est de ce fait beaucoup plus détaillée et précise que dans le *RBC*.

La principale définition du *QIS 5* semble également plus claire. Elle est présentée comme suit :

« *The best estimate should correspond to the probability weighted average of future cash-flows taking account of the time value of money.* »

Il s'agit de l'espérance mathématique des flux futurs actualisés ; c'est donc une moyenne. Il n'y pas d'hésitation possible entre moyenne et médiane comme pour le «*Central estimate*».

Le principe général du *Best estimate* est fondamentalement le même. Ainsi les différences que l'on peut observer entre *RBC* et *QIS 5* sont avant tout liées au fait que la sémantique est moins claire et détaillée dans le *RBC* et laisse ainsi plus de place à l'interprétation comme par exemple :

- L'actualisation des réserves : obligatoire dans le cadre de solvabilité 2, elle ne l'est pas dans le cadre du *RBC*.

RBC page 78: « *The Signing Actuary shall exercise judgement on the use of discounting in the valuation of liabilities where the effect of such discounting is material.* »

- Les estimations brutes de réassurance : elles ne sont pas obligatoires dans le cadre du RBC.

RBC page 76: « *Insurance liabilities may be determined net of reinsurance. The Signing Actuary shall also consider the nature and spread of reinsurance arrangements, including significant changes to the arrangements, non-performance of reinsurance and the likelihood of obtaining the recoveries.* »

Le concept du *best estimate* étant similaire dans le cadre de solvabilité 2 et du RBC, les méthodes de calcul sont également les mêmes.

4.3.2. PRAD vs marge pour risques

A l'inverse du *Best estimate*, les concepts sous jacents de la marge pour risques (solvabilité 2) et de la PRAD (RBC) sont très différents.

4.3.2.1. Approche Coût du capital vs approche par quantile

Comme nous l'évoquions au chapitre précédent, la marge prudentielle définie dans solvabilité 2, correspond au coût de la mobilisation d'un montant de fonds propres éligibles égal au SCR nécessaire pour assumer les engagements d'assurance sur toute leur durée de vie.

Il se calcule de la manière suivante :

$$CoCM = CoC \cdot \sum_{t \geq 0} SCR(t) / (1 + r_{t+1})^{t+1}$$

où

$CoCM$ = marge pour risque,

$SCR(t)$ = SCR relative à l'année t

r_t = taux sans risque pour la maturité t

CoC = taux de rémunération du capital (fixé à 6% dans le QIS 5).

Ce montant, en théorie correspond à une valeur de transfert. Si les engagements étaient transférés à un autre assureur, alors ce dernier exigerait une rémunération totale de $CoCM$ pour immobiliser un montant de $SCR(t)$ chaque année t , du transfert jusqu'à l'extinction des engagements transférés.

Les *SCR* considérés sont ceux directement liés au transfert de ces engagements, et couvrent ainsi les risques suivants :

- Risques de souscription des engagements transférés
- Risques de marchés que l'on ne peut pas éviter : en face des passifs transférés, il y a des actifs investis. Ces actifs investis présentent un risque de marché, cependant ces derniers seront choisis afin de minimiser ce risque ; le principal risque transféré ne devant bien évidemment pas être un risque principalement lié aux actifs mais bien aux passifs
- Risque de défaut (le passif net de réassurance est transféré, le risque de défaut des réassureurs est donc transféré avec)
- Risque opérationnel

Le calcul peut être schématisé par le schéma ci-dessous :

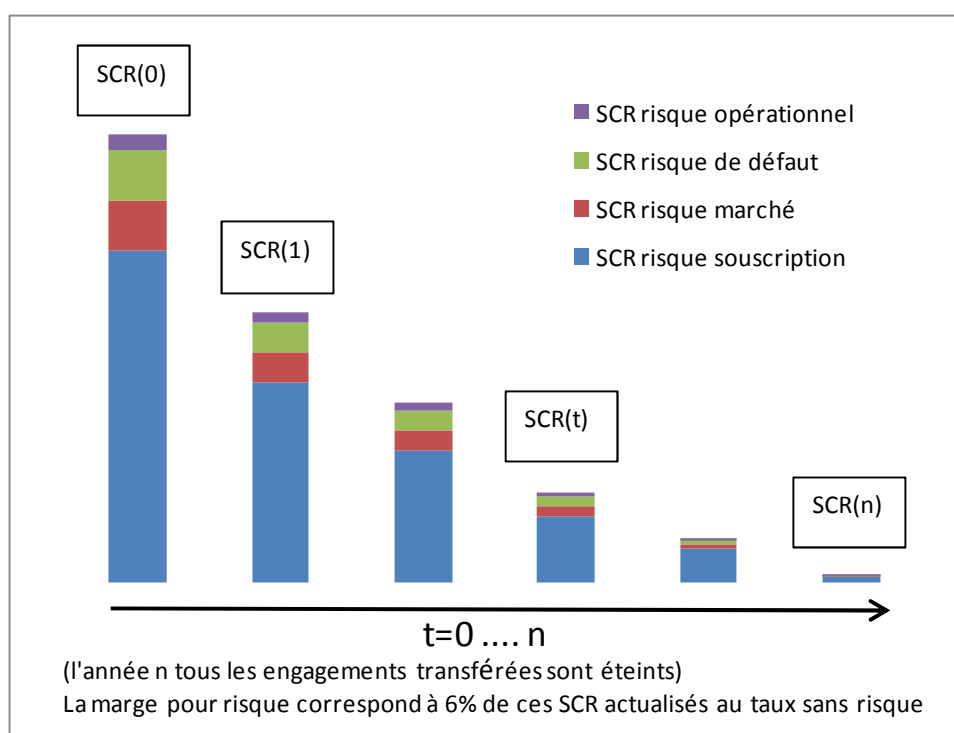


Fig 4.1.

La *PRAD* quant à elle correspond au montant nécessaire au règlement de l'engagement de l'assureur dans 75% des cas. C'est une vision à l'ultime. Il suffit de calculer la distribution des engagements et d'en prendre le quantile à 75%.

4.3.2.2. Avantages et inconvénients

Il semblerait que les autorités en charges de la mise en place des règles Solvabilité 2 aient hésité un temps entre l'approche quantile et l'approche coût du capital (ce n'est que lors du QIS 4, que l'approche quantile a été abandonnée).

La méthode du coût de capital présente l'avantage de donner une information « orientée marché ». Elle est de ce fait très cohérente avec l'esprit de Solvabilité 2 en donnant une signification « financière » de la marge prudentielle. Tous les éléments sont à la valeur marché, quoi de plus normal que de donner la valeur de transfert « marché » des engagements de la compagnie. Cependant dans la pratique, un tel marché n'existe pas et ce calcul et donc cette valeur de transfert est purement théorique. Est ce que ce prix serait réellement celui payé en cas de transfert? La méthode de gestion, et les structures de frais généraux pourraient faire varier ce prix significativement.

De plus la complexité des calculs rend difficile la mise en place d'un calcul direct et il est souvent nécessaire de faire des hypothèses simplificatrices. Malgré cela, il nécessite néanmoins la mise en place de modèles complexes, sur lesquels il n'est pas toujours aisé de communiquer. Enfin, le SCR est basé sur un VAR à horizon 1 an à 99.5%. Plus le quantile est petit ou grand et plus la précision de l'estimation des paramètres doit être précise. Il en résulte un risque de volatilité important des résultats obtenus.

La PRAD est une approche plus simple et directement liée au risque considéré. Il s'agit d'une marge prudentielle qui correspond à un niveau de risque clair. Il est plus facile de communiquer et plus facile à matérialiser concrètement.

5. Méthodologie

5.1. Les données

5.1.1. Les triangles de données

La majeure partie des méthodes actuarielles permettant l'estimation des réserves sinistres utilisent les données sous forme de triangles.

Les triangles de données se présentent de la façon suivante :

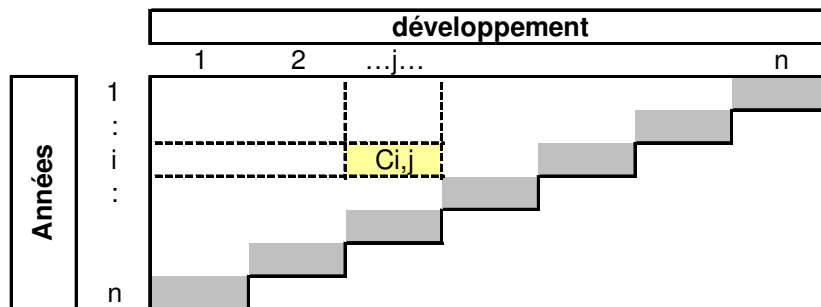


Fig 5.1.

Les lignes (i) représentent le plus souvent les années de survenances des sinistres. Les colonnes (j) correspondent aux montants d'une année de survenance i donnée vue année après année. Les diagonales représentent quant à elles, les années calendaires.

Ainsi, s'agissant du triangle de paiement, le montant $C_{i,j}$ (cellule jaune) représente le montant de paiement (cumulé ou non) relatif aux sinistres survenus l'année i et vu j années plus tard, lors de l'année d'arrêtée $i+j$.

Les montants peuvent être soit cumulés, soit non cumulés et représentent la plus-part du temps des données sinistres :

- soit des nombres de sinistres si l'on désire estimer le nombre total de sinistre survenus et les sinistres *IBNR*,
- soit des montants de paiements si l'on souhaite estimer le montant final de la charge sinistre et les réserves sinistres totales,
- soit des montants de charges dossier/dossier (i.e. paiement + réserves dossier/dossier) si l'on souhaite estimer le montant final de la charge sinistre et les *IBNR/IBNER*.

Notons que le remplacement dans le triangle des années de survenance par des années de souscription permettra de calculer le nombre ou la charge finale des sinistres survenus mais également à survenir (part des sinistres couvert par la prime non acquise).

L'année de souscription est communément utilisée en Marine, en Réassurance ou encore en RC décennal (on considère d'ailleurs dans ce dernier cas la DROC (Date Réglementaire d'Ouverture de Chantier) au lieu de la souscription).

Les triangles peuvent également contenir des données sinistres autres (comme les coûts moyens...), des ratios (S/P...), ou des primes (afin de permettre l'estimation des primes finales et des primes à émettre). Cette liste n'est bien évidemment pas exhaustive.

5.1.2. La segmentation du portefeuille

La segmentation du portefeuille est un des éléments clés dans le calcul des réserves. Il s'agit de regrouper les données afin d'obtenir des groupes les plus homogènes possibles mais en gardant des volumes suffisants. Ainsi, une segmentation très fine permettra d'avoir des données très homogènes mais dont le volume insuffisant ne permettra pas forcément des estimations robustes. A contrario, une segmentation grossière réunira des données peu homogènes et des cadences très différentes mais un volume de données satisfaisant.

La difficulté est de trouver le meilleur équilibre entre homogénéité et volume.

Cette segmentation dépend de plusieurs critères comme par exemple :

- la nature des risques
- la nature des sinistres
- la séparation des sinistres graves ou atypiques
- Le brut et net de réassurance
- Le brut et net de recours et recouvrement divers

5.1.3. Les retraitements potentiels

Généralités

La liste des retraitements potentiels est longue ; le but de ce paragraphe n'est pas d'en faire une liste exhaustive mais d'expliquer brièvement le pourquoi avant de s'attarder plus longuement à titre d'illustration sur un retraitement très courant qu'est celui de l'inflation.

Dans la mesure où la plupart des méthodes de provisionnement permettent de projeter le futur en se basant sur l'expérience du passé, il est essentiel de retraiter ou prendre en compte tous les éléments passés qui ne se reproduiront pas ou pas de manière identique dans le futur. Ainsi, il convient d'exclure des cadences tous les éléments que l'on ne souhaite pas prendre en compte pour estimer les règlements futurs.

Ces éléments peuvent être des changements de processus interne (A-t-on changé ou va-t-on changer notre façon de régler ou de gérer les sinistres (processus plus efficace et gestion plus rapide), la vitesse de notification des sinistres a-t-elle changé de manière significative, attendons-nous des changements juridiques importants enclin à modifier la vitesse de règlement ou la sévérité des sinistres, note-t-on un changement des pratiques des assurés et un nombre croissant de contentieux susceptible de ralentir la cadence...etc. Autant de question qu'il est bon de se poser lors du calcul des réserves. Si certains indices peuvent provenir du triangle, la compréhension de l'environnement externe et les processus internes sont autant d'éléments qualitatifs qui peuvent aider à faire les bons retraitements.

L'inflation

On peut distinguer 2 types d'inflations :

- L'inflation réelle directement liée à l'évolution du prix des biens et des services (en assurance auto, cette inflation est liée par exemple à l'évolution des prix des pièces détachées des voitures, du coût de la main d'œuvre ou des soins médicaux)
- L'inflation liée à une évolution des pratiques. On parle en anglais de « *super imposed inflation* ». On pense particulièrement en assurance auto, à l'augmentation du nombre de contentieux. A dommage égal, un sinistre réglé à l'amiable coûte beaucoup moins cher à l'assureur que lorsque le règlement se termine devant les tribunaux (du fait des frais de justice, des frais d'avocats...). Plus le nombre de contentieux augmente, et plus le coût moyen des sinistres augmente, indépendamment de l'augmentation du prix des biens et des services.

Quoiqu'il en soit, l'inflation est un élément qui peut influencer significativement les cadences. Ne pas retraiter l'inflation signifie que l'on accepte de projeter sur les règlements futurs une inflation implicite basée sur l'inflation passée. S'il n'y a pas de raison valable de penser que l'inflation future sera très différente du passée, le retraitement de cette dernière n'est pas nécessaire.

Dans le cas contraire où l'on souhaite appliquer une inflation explicite, le retraitement de l'inflation s'avère indispensable.

Si l'on a de bonnes raisons de penser par exemple que l'inflation future sera supérieure à celle passée, la projection d'un triangle non retraité induirait une sous estimation de la charge ultime et entraînerait une sous réservation de la compagnie.

Ce cas de figure est illustré dans l'exemple ci-dessous :

Considérons le triangle de paiement cumulé suivant (non retraité de l'inflation) :

	n	n+1	n+2	n+3
2009	4,8	9,8	15,3	21,3
2010	8,4	17,5	27,5	
2011	4,5	9,5		
2012	4,0			

Tab 5.1.

L'inflation passée suivante :

2010	6%
2011	8%
2012	10%

Tab 5.2.

Supposons maintenant que l'on attend une inflation future comme suit :

2013	12%
2014	14%
2015	16%

Tab 5.3.

Nous utiliserons dans cet exemple la méthode de Chain ladder comme méthode de projection (le coefficient de queue sera fixé à 1 : plus de paiement après N+3)

Le tableau (Tab 5.4.) suivant présente les réserves estimées obtenues d'une part projetant le triangle non retraité de l'inflation (Réserves 1) et d'autre part en projetant le triangle retraité de l'inflation et en appliquant aux paiements futurs estimés l'inflation future mentionnée ci-dessus (Réserves 2).

	Reserves 1	Reserves 2	Difference
2009	-	-	-
2010	10,8	11,2	(0,4)
2011	11,3	12,0	(0,7)
2012	14,1	15,5	(1,4)
Total	36,2	38,7	(2,5)

Tab 5.4.

Dans notre exemple, les réserves obtenues grâce à la projection du triangle non retraité de l'inflation nous donne une sous réserve d'environ (7%). L'explication vient du fait que l'inflation implicite projeté (environ 8% en 2010, et un peu moins de 9% en 2011 et 2012) est bien inférieure à l'inflation future attendue. Plus le développement est long et plus ce phénomène s'accroît.

Lorsque l'inflation future est inférieure à l'inflation passée, le phénomène est bien évidemment inverse.

5.2. Modèles déterministes

5.2.1. Chain Ladder

La méthode dite de *Chain Ladder* est de très loin la plus utilisée et la plus largement répandue. Elle est facile à mettre en place et très simple à comprendre. Bien que de nombreuses autres méthodes aient été développées, elle reste malgré tout une référence et un point de départ pour l'implémentation de nombre de modèles plus sophistiqués.

La plupart des méthodes dont *Chain Ladder* consistent en pratique à compléter la partie inférieure du triangle de donnée. En reprenant les notations du paragraphe 4.1.1, supposons que les $C_{i,j}$ représentent les paiements cumulés et i les années de survenance, la méthode de *Chain Ladder* permet d'obtenir une estimation $\hat{C}_{i,j}$ pour $i+j > n+1$.

Elle repose sur les 2 hypothèses suivantes :

- Les années de survenance sont indépendantes les unes des autres
- $E(C_{i,j+1} | C_{i,1}, \dots, C_{i,j}) = C_{i,j} \lambda_j \quad 1 \leq i \leq n \text{ et } 1 \leq j \leq n-1$

Il suffit ainsi d'estimer les coefficients de passage λ_j grâce à la formule suivante :

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

Puis les paiements futurs correspondants à la partie inférieure du triangle sont estimés de proche en proche:

$$\hat{C}_{i,n+2-i} = C_{i,n+1-i} \times \hat{\lambda}_{n+1-i}$$

Et finalement :

$$\hat{C}_{i,j} = C_{i,n+1-i} \times \prod_{k=j-1}^{n+1-i} \hat{\lambda}_k \quad n-i+2 \leq j \leq n$$

Les réserves total R sont quant à elles estimées comme suit :

$$\hat{R} = \sum_{i=1}^n (\hat{C}_{i,n} - C_{i,n+1-i})$$

En pratique il est très courant de retirer des observations aberrantes de $\lambda_{i,j}$ ou de vouloir donner plus de poids aux années les plus récentes. La formule permettant l'estimation des λ_j devient alors :

$$\hat{\lambda}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n-j} w_{i,j} C_{i,j+1}}{\sum_{i=1}^{n-j} w_{i,j} C_{i,j}} \quad 1 \leq j \leq n-1$$

($w_{i,j}$ prenant ainsi la valeur 0 pour tout $\lambda_{i,j}$ que l'on souhaite retirer)

Notons par ailleurs que les réserves sont souvent calculées à partir du triangle des charges dossier/dossier (notons $D_{i,j}$ les charges dossier/dossier et $OS_{i,j}$ les réserves dossier/dossier). Les formules sont les même à part pour les réserves totales R qui sont estimées par :

$$\hat{R} = \sum_{i=1}^n (\hat{D}_{i,n} - D_{i,n+1-i} + OS_{i,n+1-i})$$

5.2.2. Méthode *PPCI*

Cette méthode est moins célèbre que la méthode de *Chain Ladder*. Elle est cependant communément utilisée en Asie. Elle utilise les paiements mais exploite également le nombre de sinistre que *Chain Ladder* ignore et qui contient pourtant de l'information importante susceptible d'expliquer en partie le montant de la charge ultime.

En contrepartie elle ne tient pas compte des encourus (charges dossier/dossier) qui eux aussi contiennent de l'information qui s'avère très utile notamment sur les branches à développement long.

Là où la méthode de *Chain Ladder* suppose une cadence de paiement stable d'une année de survenance à l'autre, la méthode *PPCI* suppose que les paiements moyens par sinistre évoluent de manière régulière (du fait de l'inflation) au cours des années de survenance (Ce qui revient à dire que la charge ultime diffère d'une année de survenance à l'autre d'une part à cause de l'inflation et d'autre part à cause du nombre de sinistres).

En retraitant correctement de l'inflation, le coût moyen d'un sinistre est le même et se paye de la même manière quelque soit l'année de survenance ($x_1\%$ l'année de sa survenance, $x_2\%$ l'année après sa survenance...etc., indépendamment de l'année de survenance).

Ainsi en adoptant les mêmes notations qu'au paragraphe précédant, en notant $C'_{i,j}$, les $C_{i,j}$ retraités de l'inflation et en considérant $Y'_{i,j} = C'_{i,j+1} - C'_{i,j}$ on peut donc écrire :

$$E(Y'_{i,j}) = N(i) \times S \times V_j \quad 1 \leq i \leq n \text{ et } 1 \leq j \leq n$$

Où

$N(i)$ = Nombre de sinistre ultime survenu l'année i

S = Coût moyen (retraité de l'inflation) par sinistre survenu

V_j = proportion du sinistre moyen S payé au développement j

($\sum_{j=1}^n V_j = 1$ en supposant que la plus ancienne de survenance est développée entièrement)

Notons :

$$P_j = S \times V_j = \frac{E(Y_{i,j})}{N(i)}$$

P_j représente le montant de paiement (retraité de l'inflation) par sinistre survenu, au développement j .

Il suffit ainsi d'estimer les P_j comme suit :

$$\hat{P}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n-j} Y'_{i,j}}{\sum_{i=1}^{n-j} \hat{N}_i}$$

Et ainsi

$$\hat{Y}'_{i,j} = \hat{P}_j \times N(i)$$

En considérant l'inflation future $W(k)$

$$\hat{Y}_{i,j} = \hat{Y}'_{i,j} \times \prod_{k=n+1}^{i+j} (1 + W(k))^{(k-1)/2} \quad n-i+2 \leq j \leq n$$

$$\hat{R} = \sum_{i=1}^n \hat{Y}_{i,j}$$

En pratique le calcul se fait en suivant les étapes suivantes :

Etape 1 : Retraitement du triangle de paiement non cumulé de l'inflation réelle

Etape 2 : Calcul du nombre ultime de sinistre par année de survenance (en utilisant par exemple la méthode de *Chain Ladder*)

Etape 3 : Calcul du triangle *PPCI* ($Y'_{i,j} / \hat{N}(i)$)

Etape 4 : Retraitement éventuelle de la « *super imposed inflation* » (On pourra notamment vérifier la stabilité ou non pour j fixé des *PPCI*. Si ces derniers varient beaucoup, alors qu'ils devraient en théorie être très proche les uns des autres, il est probable

que le retraitement de l'inflation n'est pas suffisant et qu'il est ainsi nécessaire d'appliquer une inflation supplémentaire).

Etape 5 : Calcul des $\hat{Y}_{i,j}$ de la partie inférieure du triangle.

Etape 6 : Application de l'inflation future aux estimations des paiements non cumulés futur calculés à l'étape 5.

5.3. Modèles stochastiques

5.3.1. GLM

5.3.1.1. Généralité sur les modèles GLM

Introduction

Ce paragraphe n'a pas pour but de présenter en détail la théorie relative au modèle linéaire généralisé. Il constitue simplement une introduction et une explication sommaire de ce qu'est un modèle linéaire.

Commençons par le commencement : il existe quantité de phénomènes liés les uns aux autres. Le modèle le plus commun permettant de modéliser ces relations est le modèle linéaire. Le plus simple d'entre eux est la régression linéaire simple qui permet de relier 2 variables entre elles. Elle se formule de la manière suivante :

$$Y = a + bX$$

X est la variable explicative, Y dépend de X . a et b sont des constantes qui permettent de caractériser le lien entre X et Y . Ainsi connaissant les valeurs de X , il sera possible de prédire les valeurs de Y . Pour ce faire il suffira d'estimer les constantes a et b grâce aux n couples d'observations (x_i, y_i) , ($i \in [1, \dots, n]$)

Ainsi pour chaque couple d'observation on devrait donc avoir :

$$y_i = a + bx_i$$

Dans la pratique les observations y_i ne sont pas toujours égales aux valeurs prédites (\hat{y}_i) par le modèle. y_i n'est qu'une réalisation de la variable aléatoire Y lorsque $X = x_i$. En notant e_i les termes d'erreurs, c'est-à-dire la différence entre l'observation y_i et la prédiction $a + bx_i$, les observations doivent satisfaire les équations suivantes :

$$y_i = a + bx_i + e_i$$

$$\hat{y}_i = E(Y|X = x_i) = a + bx_i$$

En fait, dans le cadre de la régression linéaire simple, il est nécessaire de faire les 4 hypothèses suivantes :

$$\begin{cases} E(e_i) = 0 \quad \forall i \\ \text{Var}(e_i) = \sigma^2 \quad \forall i \text{ (la variance est indépendante de } i \text{)} \\ e_i \text{ et } e_j \text{ sont indépendants } \forall i \neq j \\ e_i \sim N(0, \sigma^2) \quad \forall i \end{cases}$$

Notons que, sachant que les termes d'erreurs sont distribués suivant une loi normale, Y suit aussi une loi normale.

Dans le modèle linéaire simple, Y dépend d'une seule variable X . On peut généraliser ce modèle au cas où Y dépend de k variables ; on se retrouve en présence d'un modèle de régression linéaire multi variée.

L'équation de la régression linéaire simple se réécrit ainsi dans le cas général :

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + \dots + b_k X_k$$

En disposant de n observations ($y_i, x_{i,1}, \dots, x_{i,k}$) on représente le modèle sous forme matricielle :

$$Y = Xb + e$$

$$\text{Où } Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_i \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix}; X = \begin{pmatrix} 1 & x_{1,1} & \dots & \dots & x_{1,k} \\ \vdots & \vdots & & & \vdots \\ 1 & x_{i,1} & \dots & \dots & x_{i,k} \\ \vdots & \vdots & & & \vdots \\ 1 & x_{n,1} & \dots & \dots & x_{n,k} \end{pmatrix}; b = \begin{pmatrix} b_0 \\ \vdots \\ \vdots \\ b_k \end{pmatrix}; e = \begin{pmatrix} e_1 \\ \vdots \\ e_i \\ \vdots \\ e_n \end{pmatrix}$$

Y est le vecteur représentant les n observations de la variable aléatoire Y , X la matrice des n observations des k variables indépendantes, b le vecteur des paramètres à estimer et e le vecteur des termes d'erreurs.

Comme dans le cas de la régression linéaire simple, l'espérance de Y que l'on nommera μ est égale à Xb .

Le modèle se présentera sous la forme :

$$\begin{cases} Y_i \text{ indépendante } \forall i \\ E(Y_i) = \mu_i \\ Y_i = X_i b + e_i \\ e_i \sim N(0, \sigma^2) \quad \forall i \end{cases}$$

Equivalent à :

$$\begin{cases} Y_i \text{ independant } \forall i \\ E(Y_i) = \mu_i \\ \mu_i = X_i b \\ Y_i \sim N(\mu_i, \sigma^2) \quad \forall i \end{cases}$$

Il est ainsi caractérisé par les 3 éléments suivants:

Une composante stochastique : Y_i , indépendants et distribués suivant une loi normale d'espérance $E(Y_i) = \mu_i$ et de variance constante σ^2 .

Une composante non stochastique : X_i dont la combinaison linéaire avec les paramètres forme le prédicateur linéaire.

Un lien entre les composantes aléatoires et déterministes : tel que $\mu_i = X_i b$.

Dans le cadre du modèle linéaire généralisé, la relation $\mu = Xb$ devient $g(\mu) = Xb$. La relation linéaire n'est plus avec l'espérance de Y mais une fonction de l'espérance de Y . Cette fonction appelée fonction de lien dépend de la distribution de Y . En théorie, g peut être n'importe quelle fonction monotone et différentiable. En pratique, seulement un petit nombre de fonction est utilisé. Il est par exemple important de choisir g afin que la quantité $\mu = g^{-1}(Xb)$ soit facilement calculable ; il est de plus nécessaire que la fonction g^{-1} donne des valeurs compatibles avec la distribution du modèle.

A la différence du modèle linéaire standard, Y n'est plus nécessairement normale mais supposé appartenir à la famille exponentielle. La famille exponentielle se caractérise par la distribution suivante :

$$f(y, \theta, \varphi) = e^{\frac{y \cdot \theta - b(\theta)}{a(\varphi)} + c(y, \varphi)}$$

GLM et calcul de réserve

En reprenant les notations du paragraphe précédent, Y étant notre variable aléatoire (appartenant cette fois à la famille exponentielle) et Y_i les observations de cette variable aléatoire, notre modèle GLM (Generalised linear model) s'écrit :

$$\begin{cases} Y_i \text{ independants } \forall i \\ E(Y_i) = \mu_i \\ g(\mu_i) = X_i b \\ Var(Y_i) = V(\mu_i) \end{cases}$$

La fonction V qui lie la variance à l'espérance est appelée « fonction variance ». Il est possible de démontrer qu'il est équivalent de décrire le GLM par la distribution de Y ou la fonction de variance (la fonction de variance caractérise la distribution de Y).

Le GLM est ainsi caractérisée par les éléments suivants qui viennent généraliser le modèle linéaire standard:

La composante stochastique : Y_i , indépendants et distribués suivant une loi de la famille exponentielle d'espérance $E(Y_i) = \mu_i$ et de variance $V(\mu_i)$.

La composante non stochastique : X_i dont la combinaison linéaire avec les paramètres forme le prédicateur linéaire.

Le lien entre les composantes aléatoires et déterministes : telle que $g(\mu_i) = X_i b$.

Dans le cadre du calcul des réserves, les observations correspondent aux données disponibles dans le triangle. Les montants non cumulés $Y_{i,j}$ sont présentés sous forme d'un vecteur comme suit :

$$\begin{pmatrix} Y_{11} \\ \vdots \\ Y_{1j} \\ \vdots \\ Y_{1n} \\ \vdots \\ Y_{i1} \\ \vdots \\ Y_{ij} \\ \vdots \\ Y_{in} \\ \vdots \\ Y_{nn} \end{pmatrix}$$

Le modèle générale étant posé, nous ne traiterons dans ce mémoire uniquement le GLM donnant le même résultat que la méthode de *Chain Ladder*.

5.3.1.2. Cas particuliers : l'approche stochastique de la Méthode de Chain Ladder

Le modèle

Soit le modèle suivant :

$$\begin{cases} Y_{i,j} \text{ indépendants } \forall (i, j) \\ Y_{i,j} \text{ suit une loi de Poisson } P(\mu_{i,j}, \varphi) \\ E(Y_{i,j}) = \mu_{i,j} \\ Ln(\mu_{i,j}) = c + \alpha_i + \beta_j \end{cases}$$

La loi $P(\mu_{i,j}, \varphi)$ est appelée « *over-dispersed Poisson* ». Il est nécessaire d'introduire un paramètre dit de dispersion ou d'échelle (φ) afin de pallier au problème d'égalité entre espérance et variance. En effet, la loi de Poisson suppose que l'espérance est égale à la variance. Or si l'on multiplie les données par 10, l'espérance est également multipliée par 10 alors que la variance, elle, est multipliée par 100. Ainsi, au lieu que ce soit $Y_{i,j}$, c'est $Y_{i,j}/\varphi$ qui suit une loi de Poisson.

Ainsi si $Y_{i,j}/\varphi$ qui suit une loi de Poisson d'espérance $\mu_{i,j}/\varphi$, alors $Y_{i,j}$ suit une loi « *over-dispersed* » Poisson d'espérance $\mu_{i,j}$. Cette loi diffère donc de la loi classique de Poisson uniquement par le fait que la variance est proportionnelle à l'espérance au lieu d'être égale ($Var(Y_{i,j}) = \varphi\mu_{i,j}$).

Ce modèle est bien un GLM

$$\begin{cases} Y_{i,j} \text{ indépendants } \forall (i,j) \\ E(Y_{i,j}) = \mu_{i,j} \\ g(\mu_{i,j}) = Xb \\ Var(Y_{i,j}) = V(\mu_{i,j}) \end{cases}$$

Avec :

$$X = \begin{pmatrix} \overbrace{1 \ 1 \ 0 \ 0 \ \dots \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ \dots \ 0 \ 0}^{2n+1} \\ \overbrace{1 \ 1 \ 0 \ 0 \ \dots \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ \dots \ 0 \ 0}^n \\ \vdots \\ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ \dots \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ \dots \ 0 \ 1 \\ \vdots \\ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ \dots \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ \dots \ 0 \ 0 \\ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ \dots \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ \dots \ 0 \ 0 \\ \vdots \\ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ \dots \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ \dots \ 0 \ 1 \end{pmatrix} \begin{matrix} \uparrow n \\ \downarrow n \end{matrix} ; b = \begin{pmatrix} c \\ \alpha_1 \\ \vdots \\ \alpha_n \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_n \end{pmatrix} \text{ et } g = Ln$$

Supposons que les $Y_{i,j}$ sont les montants non cumulés de paiement, ce modèle à la particularité de donner les mêmes résultats que la méthode de *Chain Ladder*.

Il représente la version paramétrique de la méthode de *Chain Ladder*. Alors que l'on imagine la méthode de *Chain Ladder* très flexible, elle nécessite en fait

une hypothèse très contraignante sur la distribution sous jacente des montants de paiement.

Notons par ailleurs qu'il existe une version semi paramétrique de la méthode de *Chain Ladder* (développé par Thomas Mack en 1993) qui permet une mesure de l'incertitude en proposant une forme a priori de variance conditionnelle mais qui ne donne pas de distribution (nous reviendrons sur ce modèle au paragraphe 5.3.3.1).

Estimation du vecteur de paramètres b (coefficients c , α_i et β_j (i et $j \in [1, \dots, n]$))

Dans les modèles GLM, les paramètres sont estimés par la méthode du maximum de vraisemblance. Sur le principe, cette méthode permet d'estimer les paramètres qui ont la plus grande probabilité de générer notre jeu d'observation.

Pour une loi de densité f , un jeu d'observations $y_{i,j}$, et un paramètre θ , cela revient à maximiser la vraisemblance L que l'on écrit :

$$L = \prod_{i,j} f(y_{i,j}, \theta)$$

En fait, du fait de sa propriété additive, on cherchera à maximiser non pas la vraisemblance, mais la log vraisemblance. Cette dernière s'écrit dans le cas général d'une variable aléatoire appartenant à la famille exponentielle (i.e. : de densité $f(y, \theta, \varphi) = e^{\frac{y \cdot \theta - b(\theta)}{a(\varphi)} + c(y, \varphi)}$):

$$\text{Ln}(L) = \sum_{i,j} \frac{y_{i,j} \theta_{i,j} - b(\theta_{i,j})}{a(\varphi)} + c(y_{i,j}, \varphi)$$

Et pour une loi de Poisson (en reprenant les notations du modèle GLM de *Chain Ladder* de la page précédente) :

$$\text{Ln}(L) = \sum_{i,j} (Y_{i,j} \text{Ln}(\hat{\mu}_{i,j}) - \hat{\mu}_{i,j} - \text{Ln}(Y_{i,j}!))$$

Notons que la maximisation permet d'estimer les paramètres de l'espérance pour une loi de Poisson ou « *over dispersed* » Poisson (le paramètre de dispersion n'intervient dans le calcul de l'espérance, Poisson et *over-dispersed* Poisson ayant la même espérance).

De nombreux logiciels statistiques ou de calcul de réserves permettent la maximisation de cette log vraisemblance.

Mesure de l'adéquation du modèle : la déviance

De manière analogue à la somme des carrés des résidus dans le modèle linéaire standard, l'adéquation du modèle se mesure pour un GLM par la déviance. Pour calculer cette déviance, on construit un modèle dit « saturé ». Ce modèle est basé sur la même distribution et la même fonction lien que le modèle étudié mais contient autant de variables explicatives indépendantes que de données (i.e. : n paramètres à estimer et n observations). Ainsi chaque observation Y_i est exactement égale à $\hat{\mu}_i$.

On mesure l'adéquation du modèle étudié grâce à la statistique D^* appelée déviance normalisée:

$$D^* = 2Ln\left(\frac{L_{\text{modèle saturé}}}{L_{\text{modèle étudié}}}\right)$$

Cette dernière suit une loi du χ^2_{n-p} à $n-p$ degrés de libertés où n représente le nombre d'observations et p le nombre de paramètres (le nombre de degrés de liberté correspond en effet à la différence entre le nombre d'observations et le nombre de paramètres).

Notons par ailleurs que D^* est minimum lorsque modèle étudié = modèle saturé ; la plus grande log-vraisemblance que peut atteindre les données Y_i est la log-vraisemblance du modèle saturée.

La déviance D est quant à elle défini par la relation suivante : $D^* = D/\varphi$. Plus la déviance est faible et plus le modèle est adapté.

En reprenant les notations de notre GLM Chain Ladder on a :

$$Ln(L_{\text{modèle étudié}}) = \sum_{i,j} (Y_{i,j} Ln(\hat{\mu}_{i,j}) - \hat{\mu}_{i,j} - Ln(Y_{i,j}!))$$

$$Ln(L_{\text{modèle saturé}}) = \sum_{i,j} (Y_{i,j} Ln(Y_{i,j}) - Y_{i,j} - Ln(Y_{i,j}!))$$

D^* s'écrit ainsi:

$$D^* = 2 \sum_{i,j} ((Y_{i,j} Ln(Y_{i,j}) - Y_{i,j} - Ln(Y_{i,j}!)) - (Y_{i,j} Ln(\hat{\mu}_{i,j}) - \hat{\mu}_{i,j} - Ln(Y_{i,j}!)))$$

Et donc en simplifiant on obtient pour un GLM distribué suivant une loi de Poisson:

$$D^* = 2 \sum_{i,j} (Y_{i,j} \text{Ln} \left(\frac{Y_{i,j}}{\hat{\mu}_{i,j}} \right) - (Y_{i,j} - \hat{\mu}_{i,j}))$$

Estimation du paramètre de dispersion

Dans un modèle linéaire standard les résidus sont définis comme la différence entre la valeur observée (Y_i) et son estimation ($\hat{\mu}_i$). Pour les modèles *GLM*, il existe plusieurs types de résidus. Les deux plus couramment utilisés sont les résidus de Pearson et ceux calculées à partir de la déviance. Ces derniers se présentent (en reprenant les notations ci-dessus) sous la forme :

$$r^d_{i,j} = \text{Sign}(Y_{i,j} - \hat{\mu}_{i,j}) \sqrt{2(Y_{i,j} \text{Ln} \left(\frac{Y_{i,j}}{\hat{\mu}_{i,j}} \right) - (Y_{i,j} - \hat{\mu}_{i,j}))}$$

Le paramètre φ est estimé de la manière suivante :

$$\hat{\varphi} = \frac{\sum_{i,j} r^d_{i,j}{}^2}{n - p} = D/n - p$$

Où $n-p$ correspond au nombre de degrés de liberté du modèle (n est le nombre d'observations et p le nombre de paramètres).

MSE des réserves

L'approche stochastique permet de mesurer la qualité de l'adéquation du modèle.

Elle permet également d'estimer l'erreur-type (*RMSE*), c'est-à-dire l'écart-type de l'erreur d'estimation. On peut mesurer l'erreur type des paramètres, mais également l'erreur type des réserves estimées avec le modèle c'est-à-dire le risque lié à l'estimation de ces réserves.

Si R est le montant total des réserves, on définit *RMSE*(R) par la quantité suivante :

$$RMSE(R) = \sqrt{MSE(R)}$$

MSE(R) (*Mean Squared error*) étant défini par :

$$MSE(R) = E \left([R - \hat{R}]^2 \right) = [E(R) - E(\hat{R})]^2 + Var(R - \hat{R}) \approx Var(R) + Var(\hat{R})$$

$Var(R)$ = terme d'erreur relatif a la variance du modèle

$Var(\hat{R})$ = terme d'erreur relatif a l'erreur d'estimation des paramètres

a) Calcul de $Var(R)$

Ce dernier s'obtient simplement de la manière suivante :

$$Var(R) = \hat{\phi} \hat{R}$$

b) Calcul de $Var(\hat{R})$

Soit M_b la matrice variance-covariance des paramètres. Cette dernière s'obtient par la formule suivante :

$$M_b = (1/\hat{\phi} \times X^t W X)^{-1}$$

Où

X^t est la transposée de la matrice X

W est la matrice diagonale composée des $(\hat{\mu}_{i,j})$ correspondant aux observations :

$$W = \begin{pmatrix} \hat{\mu}_{1,1} & 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \hat{\mu}_{1,2} & 0 & 0 & \dots & \dots & 0 & 0 \\ & & & \vdots & & & & \\ 0 & \dots & \dots & \hat{\mu}_{1,n} & \dots & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \dots & \dots & 0 & \hat{\mu}_{2,1} & \dots & \dots & 0 & 0 \\ & & & & \vdots & & & & \\ 0 & \dots & \dots & 0 & \dots & \hat{\mu}_{2,n-1} & \dots & 0 \\ & & & & & \vdots & & & \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & \hat{\mu}_{n,1} \end{pmatrix}$$

RMSE des paramètres correspondent à la racine carrée des valeurs de la diagonale de la matrice M_b .

Soit maintenant M_μ la matrice variance-covariance des valeurs projetées. Cette dernière s'obtient par la formule suivante :

$$M_\mu = D_{\hat{\mu}} (X M_b X^t) D_{\hat{\mu}}^t$$

Où $D_{\hat{\mu}}$ est la matrice diagonale des $\hat{\mu}_{i,j}$ pour $\forall i \in [1..n]$ et $\forall j \in [1..n]$

Soit enfin $M_{\hat{R}}$ la matrice variance-covariance des réserves. Cette dernière s'obtient par la formule suivante :

$$M_{\hat{R}} = D_{\hat{R}} M_\mu D_{\hat{R}}^t$$

Où $D_{\hat{R}}$ est la matrice composée de 0 et de 1 telle que $D_{\hat{R}}\hat{Y} = \begin{pmatrix} \hat{R}_1 \\ \vdots \\ \hat{R}_i \\ \vdots \\ \hat{R}_n \end{pmatrix}$; \hat{R}_i étant l'estimation des réserves de l'année de survenance i .

On obtient ensuite $Var(\hat{R})$ en sommant tous les éléments de la matrice $M_{\hat{R}}$:

$$Var(\hat{R}) = \sum_{i,j} M_{\hat{R}}(i,j)$$

Ainsi :

$$MSE(\hat{R}) = \sum_{i,j} M_{\hat{R}}(i,j) + \hat{\varphi}\hat{R}$$

Notons que l'on a également :

$$MSE(\hat{R}_i) = M_{\hat{R}}(i,i) + \hat{\varphi}\hat{R}_i \quad \forall i \in [1, \dots, n]$$

Ces formules sont complexes à évaluer. Dans un certain nombre de cas, les formules analytiques sont très difficiles voir impossibles à obtenir. Le *bootstrap* s'avère alors une bonne alternative.

5.3.2. Bootstrap

Généralités

Considérons une variable aléatoire X de loi inconnue L et un échantillon x , réalisation de cette variable aléatoire. La méthode du *bootstrap* consiste, à obtenir des informations sur X en ré-échantillonnant x .

Elle permet en fait d'estimer l'erreur induite par l'estimation des paramètres. Comme nous l'avons vu au paragraphe précédent, les modèles *GLM* permettent l'estimation des paramètres et le calcul des erreurs de prédiction (notamment les *MSE*). Ces erreurs de prédictions sont obtenues de manière analytique. Cependant dans certains cas ces formules analytiques s'avèrent très difficiles à obtenir ou à évaluer.

Le *bootstrap* permet de contourner l'approche analytique en ré-échantillonnant les observations. Le calcul a l'avantage d'être beaucoup plus simple. L'implémentation peut se faire sur une feuille Excel et ne nécessite pas l'utilisation de logiciels spécialisés.

Le ré-échantillonnage peut se faire sur les observations elles mêmes ou sur les résidus.

Dans le cadre du calcul des réserves le ré-échantillonnage est fait le plus souvent sur les résidus.

Bien entendu, le *bootstrap* n'est utile que si le modèle sous jacent représente une bonne estimation des données, il ne s'applique de surcroit que dans le cadre de données indépendantes et identiquement distribuées.

Afin de remplir cette dernière condition (i.e. : identiquement distribuées), les résidus doivent être choisis en fonction du modèle sous jacent utilisé.

Dans le cas de régressions linéaires, les résidus sont simplement les données observées moins les estimations. Dans le cas de modèles *GLM*, même s'il existe plusieurs possibilités, les résidus de la déviance et les résidus de Pearson sont les plus communément utilisés. Pour rappel, ces derniers se présentent sous la forme suivante :

Résidus de la déviance :

$$r^d_{i,j} = \text{Sign}(Y_{i,j} - \hat{\mu}_{i,j}) \sqrt{2(Y_{i,j} \text{Ln} \left(\frac{Y_{i,j}}{\hat{\mu}_{i,j}} \right) - Y_{i,j} + \hat{\mu}_{i,j})}$$

Résidus de Pearson :

$$r^p_{i,j} = \frac{(Y_{i,j} - \hat{\mu}_{i,j})}{\sqrt{\hat{\mu}_{i,j}}}$$

Dans la mesure où le *bootstrap* consiste à recréer des triangles de données à partir du ré-échantillonnage des résidus, il est important que les valeurs soient faciles à recalculer à partir des résidus. Ceux qui donnent la formule analytique la plus simple sont sans conteste les résidus de Pearson ; dans ce cas, les $Y_{i,j}$ seront recalculés de la manière suivante :

$$Y_{i,j} = r^p_{i,j} \sqrt{\hat{\mu}_{i,j}} + \hat{\mu}_{i,j}$$

Nous utiliserons donc ces derniers pour le *Bootstrap*.

Les étapes en pratique

L'idée est donc de produire de nombreuses réalisations possibles de données en ré-échantillonnant les résidus

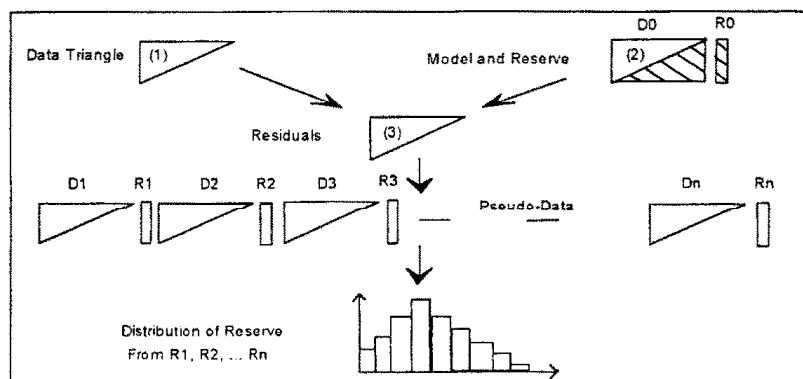


Fig 5.2.

- Etape 1 : Liquidation du triangle (dans notre cas) par la méthode de *Chain ladder* : on obtient les $\hat{\mu}_{i,j}$ ainsi qu'un jeu de réserves.
- Etape 2 : Calcul de triangle des résidus de Pearson
- Etape 3 : Tirage aléatoire avec remise des résidus de Pearson. On obtient ainsi un nouveau triangle de résidus.
- Etape 4 : On utilise ce nouveau triangle pour calculer un nouveau triangle d'observations grâce à la formule :

$$Y_{i,j} = r^p_{i,j} \sqrt{\hat{\mu}_{i,j}} + \hat{\mu}_{i,j}$$

- Etape 5 : Liquidation du nouveau triangle. On obtient un nouveau jeu de réserves.
- Etape 6 : Reproduction des étapes 2 à 6 un nombre n de fois

On obtient ainsi n jeux de réserves qui nous permettent d'obtenir la distribution et le *MSE* de ces dernières.

5.3.3. Mesure du risque à horizon un an

Les modèles présentés dans les paragraphes précédents permettent d'obtenir des visions ultimes. Or, si la *PRAD* est une *VAR* à horizon ultime, la *MVM* nécessite le calcul d'une *VAR* à horizon un an.

Afin de pouvoir calculer cette dernière, nous présenterons dans ce paragraphe un modèle développé par Merz & Wuthrich, adapté du modèle « semi paramétrique » de Thomas Mack qui permet d'obtenir une variance et un écart-type (« *standard deviation* ») à horizon un an.

5.3.3.1. Le modèle de Thomas Mack

A l'instar du modèle *GLM* présenté au paragraphe 5.3.1, le modèle de Thomas Mack donne également les mêmes résultats que la méthode de *Chain Ladder* et permet d'estimer l'erreur de prédiction (« *Mean Square Error* »), la variance et l'écart type. Il n'est cependant pas paramétrique car il ne fait aucune hypothèse sur la distribution sous jacente des paiements ou des encourus mais uniquement sur la forme de la variance de ces derniers ; il est dit « semi paramétrique ».

En reprenant les mêmes notations que dans le paragraphe 5.2.1 (méthode de *Chain Ladder*), les hypothèses liées au modèle sont les suivantes :

- Les années de survenance sont indépendantes les unes des autres
- $E(C_{i,j+1} | C_{i,1}, \dots, C_{i,j}) = C_{i,j} \lambda_j \quad 1 \leq i \leq n \text{ et } 1 \leq j \leq n-1$
- $\text{Var}(C_{i,j+1} | C_{i,1}, \dots, C_{i,j}) = C_{i,j} \sigma_j^2$

L'estimateur de σ_j^2 s'écrit :

$$\hat{\sigma}_j^2 = \frac{1}{n-j-1} \sum_{i=1}^{n-j} C_{i,j} \left(\frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}} - \hat{\lambda}_j \right)^2 \quad 1 \leq i \leq n \text{ et } 1 \leq j \leq n-2$$

$$\hat{\sigma}_{n-1}^2 = \min \left(\frac{\hat{\sigma}_{n-2}^4}{\hat{\sigma}_{n-3}^2}, \min(\hat{\sigma}_{n-2}^2, \hat{\sigma}_{n-3}^2) \right)$$

Thomas Mack montre ensuite que les erreurs d'estimations des réserves de l'année i et des réserves totales s'écrivent respectivement:

$$MSE(\hat{R}_i) = \hat{C}_{i,n}^2 \sum_{j=n+1-i}^{n-1} \frac{\sigma_j^2}{\hat{f}_j^2} \left(\frac{1}{\hat{C}_{i,j}} + \frac{1}{\sum_{k=1}^{n-j} C_{k,j}} \right)$$

$$MSE(\hat{R}) = \sum_{i=2}^n MSE(\hat{R}_i) + \hat{C}_{i,n} \left(\sum_{k=i+1}^n \hat{C}_{k,n} \right) \sum_{j=n-1-i}^{n-1} \frac{2\hat{\sigma}_j^2 / \hat{f}_j^2}{\sum_{l=1}^{n-j} C_{l,j}}$$

Notons que ce modèle énoncé en 1993 a été généralisé en 1999 afin :

- de permettre une pondération des coefficients de passage (« *link ratios* ») par année de survenance $C_{i,j+1}/C_{i,j}$, ce qui donne la possibilité notamment d'exclure de l'estimation de λ_j des *link ratios* dont les valeurs sont considérés comme aberrantes.
- D'utiliser une moyenne des *link ratios* (au lieu d'une moyenne pondérée des montants dans le cas de *Chain Ladder*) comme estimation des coefficients de passage λ_j .

5.3.3.2. Le modèle de Merz & Wuthrich

Ce modèle permet, à partir du modèle de Thomas Mack (utilisant les mêmes hypothèses sous-jacentes), d'obtenir des erreurs de prédictions relatives aux fluctuations des « *best estimates* » des réserves à horizon un an. Les formules que nous utiliserons pour l'application numériques sont issues de l'article de Merz & Wuthrich (2008), « *Modelling the claims development results for solvency purposes* ».

5.4. Conclusions

Nous avons vu au cours de ce chapitre différentes méthodes de calcul de réserves. Nous avons d'abord passé en revue des méthodes dites déterministes (*Chain Ladder* et *PPCI*) qui permettent d'estimer un « *best estimate* » mais ne renseignent en rien sur l'erreur d'estimation ou sur la distribution.

Afin d'obtenir ces éléments, il est nécessaire d'utiliser des modèles stochastiques.

Nous avons d'abord abordé un modèle stochastique paramétrique, le *GLM* ; stochastique car il permet d'obtenir des mesures de l'erreur d'estimation et paramétrique car il présuppose une distribution a priori. Le *GLM* donnant les mêmes résultats que la méthode de *Chain Ladder*, cette dernière présuppose ainsi que les paiements non cumulés suivent des lois de Poisson dites *over dispersed* Poisson (loi de poisson dont l'espérance et la variance ne sont pas égales mais proportionnelles)

Nous avons également présenté un modèle stochastique semi paramétrique, le modèle de Thomas Mack (et sa variante Merz & Wuthrich qui permet d'obtenir les mêmes mesures que le modèle de ThomasMack mais à horizon 1 an) ; semi paramétrique car il ne présuppose aucune distribution sous jacente mais uniquement une forme de variance (Ce modèle permet également d'obtenir les mêmes estimations que la méthode de *Chain Ladder*)

Ces modèles ne donnent pas la distribution des réserves mais, entre autre, l'espérance et la variance. Afin de calculer des quantiles, il est nécessaire de simuler à partir de cette espérance et de cette variance une distribution. Les lois les plus communément simulées sont les lois Normale et Log-Normale (la Log Normale étant plus appropriée aux branches à déroulement long).

Enfin, nous avons considéré un modèle non paramétrique, le bootstrap. Ce dernier nous permet d'obtenir par ré-échantillonnage, le montant de réserve, les erreurs d'estimations mais également une distribution complète.

Le chapitre qui suit aura pour objet de mettre en application ces modèles et méthodes afin de pouvoir calculer le *best estimate*, la *PRAD* et la *MVM* relatifs à un portefeuille d'assurance automobile en Malaisie.

Nous nous concentrerons dans cette application numérique sur le calcul des réserves de sinistres.

6. Application aux données d'un portefeuille auto en Malaisie

6.1. Données

6.1.1. Généralités

L'étude est faite avec des données au 31/12/2012.

Les données de production sont exportées du système de production vers une base de données, à la clôture de chaque mois. Le logiciel SAS est ensuite utilisé pour extraire de cette base toutes les données nécessaires aux calculs des réserves et notamment construire les triangles. On vérifie les triangles obtenus avec les états financiers.

6.1.1.1. Triangles de données

Nous utiliserons par la suite les triangles de sinistres survenus en nombre et en montants (Paiements et Encourus (paiements + provisions dossier/ dossier)) par année de survenance. Ces derniers sont construits comme indiqué au paragraphe 4.2.1.

Les triangles de paiements et d'encourus incluent les frais externes liés aux sinistres (frais d'expertise, d'avocats...) et sont nets de réassurances et de recouvrements. Afin de simplifier l'étude, cette option a été retenue plutôt que d'estimer les 3 composantes (le brut de recouvrements et de réassurance, la réassurance, les recouvrements) séparément.

La réassurance

Il y a 2 inconvénients majeurs à ne pas faire le calcul au brut de réassurance : l'impact de la réassurance sur les cadences de paiements et d'encourus et la non prise en compte explicite des risques de défaut des réassureurs. Dans notre cas, ces 2 éléments sont non significatifs.

En effet, la réassurance du portefeuille auto est uniquement composée d'une cession obligatoire à MNRB (Malaysian National Reinsurance Berhad) et d'un traité non proportionnel. Si la réassurance proportionnelle obligatoire ne modifie pas les cadences brutes pour une année de survenance donnée, elle peut avoir une influence sur la cadence moyenne pondérée si le taux de cession n'est pas identique chaque année (la pondération des années de survenance étant différentes en brute et en nette). Dans notre cas, le problème ne se pose pas puisque la cession est pratiquement identique chaque année.

La réassurance non proportionnelle elle, aurait un effet de lissage sur les cadences brutes en écrêtant les sinistres les plus élevés. Dans notre cas cet effet est cependant nul car du fait de la priorité très élevée, aucun sinistre n'a fait l'objet, jusque là, de récupération au titre de la réassurance XL.

Sur le dernier point concernant les risques de défaut, la probabilité de voir MNRB ou le réassureur XL insolvable est très faible. Par ailleurs la probabilité d'avoir un sinistre au dessus de la priorité de notre protection non proportionnel est également très faible.

Les recouvrements

Les recouvrements sont de plusieurs types. Ils regroupent principalement :

- les recouvrements dus aux accords de compensations entre assureurs (*Knock For Knock (KFK)*). Un conducteur ayant un accident dont il n'est pas responsable, peut déclarer un sinistre *KFK* auprès de sa propre compagnie d'assurance (compagnie A) s'il possède une assurance tout risque (« *comprehensive policy* »). Il est ainsi directement remboursé par la compagnie A (sans que cela affecte son bonus) au lieu de la compagnie du conducteur tiers responsable du sinistre (compagnie B). Cependant, si il ne déclare pas le sinistre à sa propre compagnie (Compagnie A). il obtient le règlement de son sinistre par la compagnie B. Dans ce cas, cette dernière récupère le montant du sinistre payé, auprès de la compagnie A. Ce dispositif, présent dans de nombreux pays, est destiné à accélérer le paiement des dommages matériels et à éviter les litiges entre compagnies d'assurances.
- les recours devant la justice
- les recouvrements dus à la vente de véhicules entièrement payés à l'assuré et revendu par la compagnie d'assurance.

Dans le cas du portefeuille considéré, les taux de recouvrements varient très peu d'une année sur l'autre et bien que la cadence de recouvrement ne soit pas identique à la cadence de paiement, elle n'influe que de manière très minime sur cette dernière.

Notons par ailleurs qu'à part pour la méthode *PPCI*, les triangles ne seront pas retraités de l'inflation. L'hypothèse sous jacente étant ainsi que l'inflation futur n'est pas significativement différente de l'inflation passée.

6.1.1.2. Méthode de provisionnement dossiers/dossier

Lorsque l'on ouvre un sinistre, on ne sait que très peu de chose. Dans la très grande majorité des cas, le gestionnaire de sinistre ne dispose que de bien trop peu d'éléments pour donner une estimation précise du sinistre. Ainsi, les sinistres sont ouverts avec une réserve standard dépendant uniquement du type de sinistre (dommage corporel, dommage matériel...).

- Dommege matériel (véhicule tiers ou véhicule de l'assuré) hors perte totale : A l'exception des véhicules commerciaux hors voitures, faisant l'objet d'une estimation au cas par cas, le sinistre dommage matériel est ouvert avec une réserve standard. Il y a 2 niveaux, un pour les voitures (indépendamment du type de voiture) et un pour les 2 roues (indépendamment du type de 2 roues). Du fait du grand nombre de sinistres et du développement rapide, cette réserve d'ouverture n'est jamais revue jusqu'au paiement du sinistre ; elle est appelée Fix Standard Reserve (FSR). Il est bon de noter que l'assuré dispose de 3 ans à compter de la date de survenance pour déclarer un sinistre matériel. Ainsi tout sinistre ouvert peut être fermé au bout de 3 ans si l'assuré ne s'est pas manifesté.
- Perte totale (destruction complète du véhicule ou vol) : le sinistre est ouvert à un niveau égal à la somme assurée.
- Dommege corporel : Le sinistre est ouvert à un niveau standard. Il y a 2 niveaux de réserve d'ouverture, un pour les dommages corporels non fatals et un pour les dommages corporels fatals. A la différence du dommage matériel, du fait du développement parfois long, cette réserve est revue à chaque nouvelle information dont dispose le gestionnaire sinistre (type de dommage corporel, profession et situation familiale du sinistré...) ; elle est appelée *Standard Opening Reserve (SOR)*. Il est bon de noter que l'assuré dispose de 6 ans à compter de la date de survenance pour déclarer un sinistre corporel. Ainsi tout sinistre ouvert peut être fermé au bout de 6 ans si l'assuré ne s'est pas manifesté.

SOR et FSR dépendent de l'année de déclaration

Afin de tenir compte de l'inflation des coûts de réparations et de soin médicaux, *FSR* et *SOR* sont calculés chaque année à partir des données du portefeuille. L'évolution du coût des sinistres réglés et clos sont répercutés sur la nouvelle réserve d'ouverture.

FSR et *SOR* dépendent donc de l'année de déclaration. Tous les sinistres d'un même type déclarés la même année quelque soit leur année de survenance auront le même *FSR* ou *SOR* à l'ouverture.

Révision des SOR

Comme il a été mentionné un peu plus haut, chaque sinistre dommage corporel est revu et ajusté au gré des informations nouvelles portées à la connaissance du gestionnaire sinistre. Cependant il existe également un nombre significatif de cas où l'assuré ne déclarera jamais le sinistre (le sinistre a pu être ouvert sur la foi d'un rapport de police). Le gestionnaire ne disposera donc jamais d'information et ces sinistres seront donc fermés au bout de 6 ans. Il va de soit que plus on approche des 6 ans et plus la probabilité de clore le sinistre sans paiement est grande. Afin d'éviter de garder trop de réserve dossier/dossier probablement injustifiées jusqu'à la fin, les sinistres dont l'assuré n'a pas fait de déclaration sont réduits régulièrement dès la 3^{ème} année après l'ouverture.

La méthode de provisionnement dossier/dossier n'est pas forcément très importante à condition que les sinistres soient mis à jours rapidement et que la méthode ne varie pas au cours du temps.

6.1.2. Segmentation du portefeuille

6.1.2.1. *Le regroupement des risques et des sinistres de même nature*

Du fait de la nature différente des sinistres et donc de leur cadence de règlement, il convient de segmenter le portefeuille afin d'étudier séparément les différentes « familles » de sinistres. Cet exercice difficile est cependant une étape cruciale du calcul de réserve. Il s'agit de segmenter le portefeuille avec une granularité suffisamment fine pour pouvoir disposer, dans chaque triangle, de données le plus homogènes possibles sans réduire trop ce nombre de données par triangle afin de pouvoir obtenir des estimations robustes.

Dans le cadre de notre étude, nous séparerons le portefeuille en 4 segments : nous ferons d'une part la distinction entre particulier et commercial et d'autre part entre dommage corporel et dommage matériel.

Nous excluons le pool automobile (Malaysian Motor Insurance Pool (MMIP)).

Séparation des portefeuilles de véhicules particuliers et commerciaux:

Le portefeuille automobile regroupe un portefeuille de particuliers et un portefeuille de professionnels dit commercial.

De manière assez logique, le portefeuille auto particuliers n'est constitué que de véhicule à usage privé. Il regroupe des voitures (à plus de 97%) et des véhicules 2 roues à moteur. Les risques souscrits sont homogènes ; la faible part de 2 roues ne modifie pas significativement les cadences ou les ratios S/P (sinistres/ Primes) ; ces derniers ont par ailleurs un volume trop faible pour être étudiés séparément.

Le portefeuille commercial regroupe quant à lui les véhicules à usage commercial. Il est ainsi constitué de type de véhicules très différents : Bus, camions (pour transport de biens propres (C permit) et de biens publics (A permit)), flottes automobiles, taxis, engins spéciaux (principalement engins de chantiers et engins agricoles utilisées dans les plantations d'huile de palme) ...etc. Il est de ce fait beaucoup plus hétérogène que le portefeuille de particuliers ; les sinistres dommages liés aux véhicules C permit sont déclarés et payés beaucoup plus rapidement que ceux liés aux véhicules A permit (les raisons sont diverses : trajets plus courts, flottes plus petites...). Cependant, une segmentation plus fine de ces risques conduirait à des triangles aux volumes de données insuffisants et donc difficiles à exploiter.

Cette segmentation particuliers/commercial peut cependant paraître arbitraire. Elle est, en effet, liée à la nature des risques et non à la nature des sinistres. L'hypothèse faite ici est que la nature du risque influe sur la cadence de règlement des sinistres qui y sont attachés.

En dommage matériel, c'est effectivement le cas. Les véhicules commerciaux ont en générale une cadence de règlements sensiblement plus longue. La part de petits sinistres peu onéreux et réglés très rapidement y est beaucoup plus faible.

On peut par contre se demander pour quel raison la cadence de paiement de dommages corporels dépendrait du type de véhicule causant le sinistre.

Le calcul des réserves n'est cependant pas uniquement histoire de cadence. Tous les éléments quantitatifs ou qualitatifs à disposition de l'actuaire doivent être utilisés.

Règles tarifaires différentes, suivi opérationnel séparé, ratios S/P différents (la liste est bien évidemment non exhaustive) sont autant d'éléments qui peuvent influencer sur le calcul.

Nous nous concentrerons dans cette application numérique au portefeuille auto particuliers.

Séparation des sinistres dommages corporels et matériels

Cette deuxième séparation est liée à la nature du sinistre lui-même. Si la relation entre nature du risque et cadence n'est pas toujours évidente, elle l'est beaucoup plus en ce qui concerne la nature des sinistres et particulièrement dans le cas qui nous intéresse.

De manière générale, les dommages corporels sont déclarés plus tardivement (les contentieux peuvent être longs) et sont plus long à être réglés. L'inflation qui s'y applique y est également bien supérieure (elle est de l'ordre de 8% à 10% concernant les frais médicaux alors qu'elle est inférieure à 5% pour les coûts de réparation d'un véhicule ou les pièces détachés).

Bien sûr, en poursuivant cette logique, on pourrait imaginer une segmentation plus fine en séparant plus avant les dommages corporels entre fatal et non fatal ou les dommages matériels entre vol, sinistre total, dommage tiers...etc. La taille du portefeuille ne nous permet cependant pas cette séparation.

6.1.2.2. *Retraitement des sinistres graves*

Il arrive que certains sinistres, de part leur sévérité ou leur cadence de règlement atypique, viennent perturber les triangles de développement ; notons que sévérité élevée équivaut souvent à cadence atypique (en effet les sinistres graves sont les cas les plus complexes à régler et leurs développements sont de ce fait généralement plus long).

Dans ce cas il est bon de retraiter ces sinistres.

Nombre de questions viennent alors à l'esprit :

- Comment identifier de manière systématique les sinistres graves ou atypiques ?
- A partir de quel seuil un sinistre est considéré comme grave ou à quel niveau de perturbation des cadences ?
- Faut-il écrêter les sinistres graves ou tout simplement les retirer ?
- Faut-il retraiter l'historique complet ou à partir du moment où le seuil est franchi ?
- ...etc.

Il n'existe pas de règle générale et les réponses aux questions posées ci-dessus sont diverses et variées, et le plus souvent subjectives. Les méthodes peuvent être, elles aussi, très diverses tant dans leur sophistication que dans leurs hypothèses de base.

D'aucuns préféreront un seuil bas qui permettra d'obtenir un triangle retraité des sinistres graves très homogène. En contre partie ils disposeront de trop de sinistres grave pour que ces derniers puissent être traités au cas par cas. L'utilisation d'un triangle de sinistres graves, peu homogène et volatile sera alors nécessaire pour estimer les paiements futurs de ces sinistres graves ainsi que les *IBNR*. L'estimation final sera alors constituée d'une part très peu volatile et d'une autre beaucoup plus.

D'autres préféreront un seuil élevé qui donnera un triangle retraité des sinistres graves moins homogène que dans le premier cas précité mais qui aura l'avantage de limiter le nombre de sinistres graves et de permettre de ce fait un traitement au cas par cas et une hypothèse claire quant au nombre de sinistres graves *IBNR*.

Quelque soit la méthode, il est important d'ajuster les hypothèses et de fait, de comprendre l'impact des retraitements sur le calcul des réserves.

Dans le cas de l'auto, les triangles sont cependant relativement homogènes et les sinistres graves ou atypiques n'affectent pas de manière significative les cadences comme cela peut être le cas dans les branches de type risques industrielles ou aviation par exemple.

Dans le cadre de notre étude, nous ferons l'hypothèse qu'aucun sinistre n'affecte de manière significative les cadences et de ce fait nous ne les étudierons pas séparément.

6.2. Résultats

6.2.1. Hypothèses simplificatrices lors de la comparaison *RBC* et *SII*

Afin de rendre les comparaisons plus aisées et les calculs plus faciles à mettre en place, nous avons fait le choix d'un certain nombre d'hypothèses simplificatrices. Ce paragraphe a pour but d'en faire un inventaire.

Tout d'abord, nous nous concentrerons uniquement sur le portefeuille auto particuliers *Private Motor* et considérons l'impact de la réassurance négligeable. Ainsi, nous ferons le calcul sur les triangles nets de réassurance, et ne considérons aucun risque de défaut des réassureurs.

Ensuite, nous estimerons uniquement les réserves sinistres, considérant qu'il s'agit d'un run off et qu'il n'y a plus de réserve pour primes non acquises ; les frais généraux et les frais de gestion de sinistres ne seront pas non plus pris en compte dans le calcul des réserves.

Enfin, pour le calcul de la *MVM*, nous considérerons uniquement le *SCR* lié au risque de souscription et le *SCR* risque opérationnel lié ; la réassurance étant très faible nous considérerons le risque de défaut négligeable. Enfin, nous considérons en face des passifs d'assurance un actif théorique sans risque (rémunéré au taux sans risque) dont les cash flow correspondent exactement aux décaissements liés aux paiements des sinistres, afin de négliger le risque de marché et le risque lié à la différence de durée entre actifs et passifs. Le risque de souscription ne prendra en compte que le risque de réserve : dans la mesure où il s'agit d'un run off, il n'y aura pas de primes non acquises, pas de primes futurs et pas d'expositions à des sinistres « catastrophes » (ces derniers sont considérés comme tous connus à la date d'estimation des réserves ; cette hypothèse n'est pas du tout irréaliste, les catastrophes étant connues très rapidement, la date de survenance et de déclaration sont presque identiques).

Nous utiliserons ensuite la méthode dite proportionnelle, décrite dans le paragraphe suivant (Approximation 3 du *QIS 5*). Le taux sans risque utilisé sera considéré constant au cours des années.

Calcul de la MVM grâce à la méthode proportionnelle

Comme vu au paragraphe 4.3.2.1, la MVM se calcul grâce à la formule suivante :

$$CoCM = CoC \cdot \sum_{t \geq 0} SCR(t) / (1 + r_{t+1})_{t+1}$$

Où

$CoCM$ = marge pour risque (MVM),

$SCR(t)$ = SCR relative à l'année t

r_t = taux sans risque pour la maturité t

CoC = taux de rémunération du capital (fixé à 6% dans le QIS 5).

La méthode proportionnelle permet de faire l'hypothèse suivante:

$$SCR(t) = (SCR(0)/BENet(0)) \cdot BENet(t)$$

Où

$BENet(t)$ = Best Estimate net de réassurance relative à l'année t

$SCR(0)$ = quantile à 99.5% de la distribution des réserves à horizon 1 an (BSCR) + SCR risque opérationnel (SCRop) (grâce aux hypothèses simplificatrices présentées dans le paragraphe précédent)

$SCRop$ = $\text{Min}(0.03 * BE(0) ; 0.3% * BSCR)$

Ainsi

$$CoCM = CoC \cdot (SCR(0)/BENet(0)) \sum_{t \geq 0} BENet(t) / (1 + r_{t+1})_{t+1}$$

6.2.2. Résultats

6.2.2.1. Quelques remarques préliminaire

Si les modèles sont importants dans le calcul des réserves, ils ne permettent pas forcément de répondre à toutes les questions. Il est important d'analyser les triangles. Certaines tendances observées doivent être validées et les données des triangles permettent d'orienter les questions que l'on posera aux gestionnaires sinistres ou aux souscripteurs par exemples.

Le ratio S/P diminue au cours des années : y a-t-il eu une réévaluation des primes, une réorientation du portefeuille vers un segment plus profitable ou encore un changement de législation qui impact le coût des sinistres ?

La cadence des paiements semble s'accélérer : les sinistres se payent-ils plus rapidement, est-ce le résultat d'une amélioration du processus de gestion des sinistres ou des systèmes informatiques, ou est-ce tout simplement une coïncidence attribuable au bruit du modèle ?

Comprendre le mécanisme de gestion des sinistres, la façon dont sont stockées les données, les processus liés à la tarification ou les conditions de marché (la liste n'est

pas exhaustive) sont autant d'éléments nécessaires à une estimation précise des réserves sinistres. Cela peut permettre d'affirmer ou d'infirmer des tendances observées.

De plus, si les données utilisées le plus communément sont les triangles de règlements et d'encourus, un grand nombre d'autres données et d'indicateurs peut se révéler d'une grande utilité. Le triangle de réserve dossier/dossier ou encore des ratios encourus sur règlements, afin de déceler d'éventuels changements dans la politique de provisionnement ou de règlement, la fréquence et le coût moyen des sinistres (réglés vs encore ouverts), le coût moyen par police, l'évolution du nombre de sinistres ouverts ou clôturés, l'évolution du mix de portefeuille (tout risque vs tiers, sommes assurées, type de véhicules...), le triangle de ratio sinistre/prime (*loss ratio*)...

Un bon moyen de se rendre compte de l'évolution du portefeuille est d'utiliser les paramètres de la précédente évaluation (l'année d'avant si l'évaluation des réserves est faite annuellement), sur les données mises à jour. Cela permet ainsi de séparer les variations dans les estimations dues aux changements d'hypothèses et dues à l'année de développement supplémentaire.

Enfin, des événements futurs comme des changements éventuels de la législation, ou l'apparition de type de sinistres nouveaux (les sinistres liés à l'amiante, par exemple, n'ont été connus que de nombreuses années après leur survenance) peuvent influencer de manière significative sur les estimations, mais sont par nature indécélables dans les triangles. La connaissance des tendances du marché, de la législation et de toute autre information qualitative ou quantitative non inclus dans les triangles peut s'avérer capitale notamment sur les branches à déroulement long.

Nous présenterons dans le paragraphe qui suit les principaux résultats (Moyenne, Erreur d'estimation, puis *best estimate* et marge pour risque (*PRAD* et *MVM*)) en comparant les différentes méthodes évoqués au chapitre 5. Nous comparerons ces différents résultats sur une branche à développement court (Dommage matériel auto (« *Own damage* »)) et une branche à développement plus long (Dommage corporelle auto cause a un tiers (« *Third party Bodily injury* »)).

La devise utilisée est le Ringgit Malaisien qui correspond à environ 4 Euros.

6.2.2.2. Principaux résultats

6.2.2.2.1. Own Damage

- La moyenne

Undiscounted expected ultimate reserves (en millier de Ringgits)										
Annee de survenance	Chain Ladder on Paid	Chain Ladder on Incurred	PPCI	BootStrap on Paid	BootStrap on Incurred	GLM(ODP) on Paid	Mack on Paid	Mack on Incurred	Merz & Wüthrich on Paid	Merz & Wüthrich on Incurred
2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	52	(20)	-	50	(86)	52	52	(20)	52	(20)
2005	184	(99)	25	180	(228)	184	184	(99)	184	(99)
2006	225	937	70	220	797	239	225	937	225	937
2007	467	576	237	459	421	531	467	576	467	576
2008	689	1 135	459	679	945	764	689	1 135	689	1 135
2009	1 206	2 546	964	1 189	2 317	1 295	1 206	2 546	1 206	2 546
2010	2 025	2 214	1 955	2 000	1 967	2 118	2 025	2 214	2 025	2 214
2011	7 493	6 327	7 997	7 449	5 975	7 625	7 493	6 327	7 493	6 327
2012	91 970	86 943	98 987	91 891	86 495	92 141	91 970	86 943	91 970	86 943
Total	104 311	100 558	110 695	104 116	98 603	104 950	104 311	100 558	104 311	100 558

Tab 6.1.

Le tableau ci-dessus présente les réserves des modèles suivants *Chain Ladder*, *PPCI*, *Bootstrap*, *GLM*, *Mack* et *Merz & Wüthrich* appliqués successivement au triangle de règlements et d'encourus. Notons que le *GLM* n'a été appliqué qu'au triangle de règlements car il ne peut fonctionner que si les montants non cumulés sont positifs. La méthode *PPCI* utilise quant à elle, le triangle de règlements et du nombre de sinistres.

GLM, *Mack* et *Merz & Wüthrich* donnent les mêmes résultats que la méthode de *Chain Ladder*. On remarquera malgré tout dans le tableau Tab 6.1. que les résultats du *GLM* sont marginalement différents car il a été nécessaire d'exclure 2 valeurs du triangle de paiements pour faire converger l'algorithme.

Le « *bootstrap Paid* » (appliqué au triangle de paiements) est remarquablement proche du *Chain Ladder Paid*.

On note que les modèles appliqués au triangle d'encourus donnent des résultats inférieurs à ceux obtenus grâce au triangle de règlements.

Dans la réalité, il est nécessaire de faire un choix puisqu'un seul montant devra être comptabilisé. Faut-il faire plus confiance aux paiements, aux encourus, à une méthode plus qu'à une autre, prendre une moyenne des différentes méthodes ? Il n'y a pas de règle générale, cependant il est important que le choix soit effectué en fonction d'éléments objectifs. Prendre une moyenne de toutes les estimations revient à dire que l'on a aucune idée de quelle méthode et quelles données sont les plus appropriées. Plusieurs diagnostics peuvent être faits grâce notamment à l'analyse des coefficients de passage (*link ratio*) et des résidus afin de détecter les valeurs aberrantes ou les éventuelles corrélations, à l'évolution attendue du ratio sinistre sur prime (appelé *S/P* ou *Loss ratio*), au degré de fiabilité des hypothèses...etc.

Dans notre cas, l'analyse des *link ratio* permet d'observer que ceux de l'année de développement 2 à l'année de développement 3 du triangle d'encourus ont une tendance à la hausse (cf. : Tab 6.2. et graphique correspondant à la partie encadrée en gris Fig

2.1.). Cette information peut éventuellement être validée ou invalidée par les gestionnaires sinistres.

CL / Incurred	Link ratios									
	2/1	3/2	4/3	5/4	6/5	7/6	8/7	9/8	10/9	
2003	1,040	0,977	0,998	0,995	1,001	1,000	1,000	0,998	0,999	
2004	1,000	0,994	0,993	1,008	0,999	1,004	1,004	1,000		
2005	1,090	0,986	1,003	1,002	1,002	0,999	1,000			
2006	1,121	0,992	0,999	1,000	1,000	0,997				
2007	1,111	1,000	1,000	0,991	1,000					
2008	0,984	1,008	1,001	1,001						
2009	1,071	1,013	0,998							
2010	1,062	1,006								
2011	1,091									

Tab 6.2

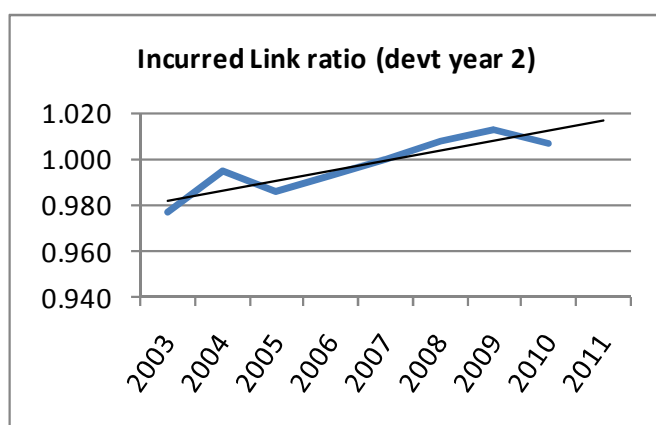


Fig 2.1.

Si l'on modifie la cadence $\hat{\lambda}_2$ en ne tenant compte que des 3 derniers link ratio (entourés en bleu) on obtient un montant total de réserve de 104 236. Ce montant est maintenant très proche du montant calculé grâce au *Chain Ladder paid*.

D'un autre côté, le *Chain Ladder* montre un montant de réserve de 5,5% inférieur à celui obtenu grâce à la méthode *PPCI*. Cette dernière est la seule qui utilise une inflation explicite. A défaut d'avoir des données sur l'inflation spécifique au marché de l'automobile (inflation des pièces détachées, de la main d'œuvre...), nous avons utilisé l'inflation du prix des biens de consommation qui peut ne pas être adaptée. Cependant, des tests de sensibilité montrent que la variation d'inflation n'a pas un impact majeur sur le montant de réserve. L'estimation n'apparaît donc pas déraisonnable.

Après avoir passé en revue les informations contenues dans les triangles et les modèles, il est nécessaire d'analyser les autres éléments qualitatifs et quantitatifs dont nous disposons. Depuis 2011, la compagnie a mis en place une politique de souscription plus stricte en transférant notamment une partie du portefeuille vers un segment plus profitable. Nous anticipons de ce fait une amélioration marginale du *Loss Ratio* de

l'année de survenance 2011 (impact partiel compte tenu du fait qu'une partie seulement de la prime souscrite en 2011 est acquise en 2011) et une amélioration plus marquée pour 2012.

De ce fait les estimations du *Chain Ladder Paid* et du *GLM* semblent mieux correspondre à ce scénario que celles de la méthode *PPCI*, comme le montre le tableau Tab 6.3. :

Ultimate Loss ratio										
Annee de survenance	Chain Ladder on Paid	Chain Ladder on Incurred	PPCI	BootStrap on Paid	BootStrap on Incurred	GLM(ODP) on Paid	Mack on Paid	Mack on Incurred	Merz & Wüthrich on Paid	Merz & Wüthrich on Incurred
2003	55,4%	55,4%	55,4%	55,4%	55,4%	55,4%	55,4%	55,4%	55,4%	55,4%
2004	54,2%	54,1%	54,1%	54,2%	54,1%	54,2%	54,2%	54,1%	54,2%	54,1%
2005	55,0%	54,8%	54,9%	55,0%	54,7%	55,0%	55,0%	54,8%	55,0%	54,8%
2006	55,6%	56,1%	55,5%	55,6%	56,0%	55,6%	55,6%	56,1%	55,6%	56,1%
2007	56,2%	56,3%	56,0%	56,2%	56,2%	56,3%	56,2%	56,3%	56,2%	56,3%
2008	56,4%	56,7%	56,2%	56,4%	56,5%	56,4%	56,4%	56,7%	56,4%	56,7%
2009	55,5%	56,2%	55,4%	55,5%	56,1%	55,5%	55,5%	56,2%	55,5%	56,2%
2010	55,1%	55,2%	55,0%	55,1%	55,0%	55,1%	55,1%	55,2%	55,1%	55,2%
2011	54,8%	54,4%	55,0%	54,8%	54,3%	54,8%	54,8%	54,4%	54,8%	54,4%
2012	53,3%	52,0%	55,1%	53,3%	51,9%	53,4%	53,3%	52,0%	53,3%	52,0%

Tab 6.3.

Sans information supplémentaire que celles évoquées dans le paragraphe nous pouvons imaginer que le montant total de réserve est situé entre 104 et 110 millions de ringgits, 110 millions apparaissant probablement surestimé (car il invalide l'hypothèse selon laquelle le *loss ratio* diminue); 104 millions pouvant apparaître cependant optimiste au vu de l'amélioration légèrement trop prononcé du *loss ratio* d'une part, et des *link ratio* de la première année de développement d'autre part. En effet, ces derniers semblent montrer une légère tendance à la hausse (voir Fig 6.2.). Cette tendance est cependant loin d'être aussi évidente que celle relative au *link ratio incurred* évoquée plus avant. Nous considérerons qu'elle est trop incertaine pour être prise en compte dans les estimations.

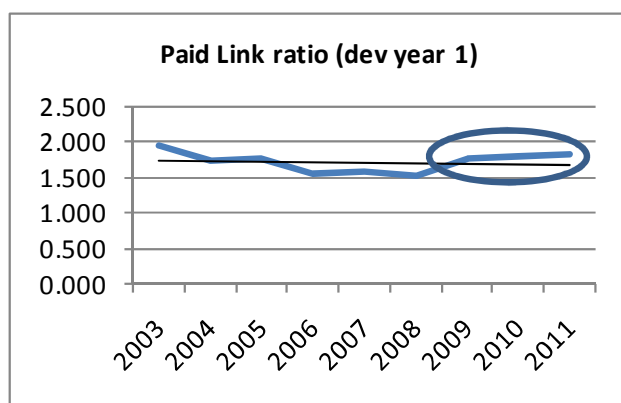


Fig 6.2.

Nous sélectionnerons ainsi le résultat du *GLM* qui nous donne un montant de réserve final d'environ 105 millions de ringgits et effectuerons un suivi régulier afin de valider les différentes hypothèses faites.

On a vu au travers de cet exemple la difficulté de choisir entre les différents modèles. Du fait de son caractère multiplicatif, la méthode de *Chain Ladder* est très volatile sur les années de survenance les plus récentes. Comme nous le verrons par la suite, ceci est encore plus vrai pour les branches à développement long ; il en va de même pour la méthode *PPCI*. Par ailleurs, l'évolution des *loss ratio* ou la comparaison avec le *loss ratio* du marché est une donnée clé. Notons que la méthode *Bornhuetter Ferguson* (que nous n'avons pas évoqué dans ce mémoire) permet de considérer les 2 approches ; elle permet de combiner l'évolution propre de l'année de survenance avec un *benchmark*, en donnant à chacun un poids différent. Plus l'information contenue dans les données est importante (plus elle correspond à une partie importante du montant ultime) et plus la méthode y donne de la crédibilité. Cette méthode est très couramment utilisée pour estimer l'année de survenance la plus récente.

- **L'erreur standard**

Standard error (en milliers de ringgits)							
Annee de survenance	Mack on Paid	Mack on Incurred	Merz & Wüthrich on Paid	Merz & Wüthrich on Incurred	GLM(ODP) on Paid	BootStrap on Paid	BootStrap on Incurred
2003	-	-	-	-	-	-	-
2004	34	133	34	133	162	196	281
2005	164	209	161	188	288	321	416
2006	184	56	75	48	328	357	547
2007	350	303	297	235	463	459	685
2008	394	252	164	92	559	554	813
2009	475	354	246	289	722	715	1 126
2010	537	751	276	348	898	892	1 261
2011	1 141	1 072	957	579	1 695	1 689	2 425
2012	12 109	6 993	12 041	6 869	7 366	7 384	6 181
Total	12 375	7 308	12 209	6 917	8 319	8 270	7 416

Tab 6.4.

Standard error (en % de la moyenne)							
Annee de survenance	Mack on Paid	Mack on Incurred	Merz & Wüthrich on Paid	Merz & Wüthrich on Incurred	GLM(ODP) on Paid	BootStrap on Paid	BootStrap on Incurred
2003	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
2004	65,9%	-653,0%	65,9%	-653,0%	312,7%	389,8%	-327,3%
2005	89,5%	-211,8%	87,8%	-190,0%	156,1%	178,7%	-182,2%
2006	82,1%	5,9%	33,5%	5,2%	137,5%	162,7%	68,7%
2007	74,9%	52,7%	63,6%	40,9%	87,2%	100,0%	162,6%
2008	57,2%	22,2%	23,8%	8,1%	73,1%	81,6%	86,0%
2009	39,4%	13,9%	20,4%	11,4%	55,8%	60,2%	48,6%
2010	26,5%	33,9%	13,6%	15,7%	42,4%	44,6%	64,1%
2011	15,2%	16,9%	12,8%	9,2%	22,2%	22,7%	40,6%
2012	13,2%	8,0%	13,1%	7,9%	8,0%	8,0%	7,1%
Total	11,9%	7,3%	11,7%	6,9%	7,9%	7,9%	7,5%

Tab 6.4.

(Les pourcentages élevés des années de survenance antérieures à 2012 sont dus aux faibles montants de réserves).

Paid vs Incurred

Les erreurs standards obtenues sur le triangle d'encourus sont inférieures à celles obtenues sur le triangle de règlements quelque soit le modèle. On peut interpréter cela par le fait que les données supplémentaires contenues dans le triangle d'encourus réduisent l'incertitude et la durée de développement. Le sinistre peut être connu rapidement mais n'être payé que bien plus tard.

A l'ouverture, le gestionnaire fixe un montant de réserve correspondant au montant estimé du coût final du sinistre. L'incertitude porte ainsi sur les sinistres tardifs et les erreurs d'estimations des réserves dossier/dossier des sinistres déjà connus.

Sur le triangle de règlements, l'incertitude viendra des tardifs et des règlements futurs de sinistres connus ou non. Plus les règlements sont lents et la sévérité des sinistres élevée (ces 2 facteurs étant souvent liés), plus l'amplitude de l'incertitude entre règlements et encourus sera grande.

Notons cependant que l'information supplémentaire contenue dans le triangle d'encourus induit une réduction de l'incertitude sous certaines conditions.

Tout d'abord, les charges dossier/dossier doivent être estimées de manière homogène. Elles ne doivent pas dépendre du gestionnaire sinistre mais des informations objectives. Il est ainsi important que le processus interne de gestion soit standardisé, afin de réduire le plus possible la part laissée à la subjectivité. En fait, en grossissant le trait, peu importe que les charges dossier/dossier soient sous-évaluées ou surévaluées (c'est-à-dire que les gestionnaires sinistres aient une vision pessimiste ou optimiste de la situation), si elles le sont toutes de la « même manière ». Cette homogénéité doit également être dans le temps. Un changement de la politique de gestion de sinistre entraînera automatiquement une perturbation des cadences et une incertitude accrue.

Ensuite, la mise à jour des charges dossier/dossier doit être faite le plus rapidement possible et de manière régulière. Il n'est pas rare que des sinistres restent ouverts plus longtemps qu'ils ne devraient simplement parce qu'ils n'ont pas été revus et mis à jour. Ceci induit un allongement de la cadence et le plus souvent une augmentation de l'erreur d'estimation.

Ces 2 conditions semblent être respectées dans notre exemple, ou, tout au moins, leurs effets ont un poids suffisamment faible pour ne pas engendrer une incertitude supérieure à celle obtenue à partir du triangle de règlement.

Enfin, le caractère court de la branche et la relative faible amplitude entre les sinistres, explique néanmoins pourquoi la différence d'erreur standard entre règlements et encourus est faible.

GLM/Bootstrap vs Mack

Le *GLM* et le *bootstrap* donnent des résultats très similaires, le *bootstrap Paid* étant également proche du *bootstrap incurred*. Le modèle de *Thomas Mack* diffère de manière plus significative sur les estimations relatives au triangle de règlements, princi-

pablement due à l'année de survenance 2012 (ce qui n'est pas une surprise puisque c'est l'année la moins développée et donc la plus volatile). Etant donnée qu'il s'agit d'une branche *short tail*, on attend peu de différence entre les erreurs d'estimations sur le triangle de règlements et sur le triangle d'encourus; pourtant le modèle de *Thomas Mack paid* donne une erreur d'estimation 1.7 fois supérieure au *Thomas Mack Incurred*. De ce point de vue et compte tenu des autres résultats, le modèle *Thomas Mack paid* semble manquer de cohérence. De plus, les résultats du modèle semblent moins robustes. Si l'on exclu la plus petite valeur des *link ratio* de la première année de développement, l'erreur standard du modèle de *Thomas Mack Paid* diminue de 2 millions alors que celle du *GLM* ne varie pratiquement pas.

Ainsi, nous sélectionnerons l'erreur standard du *GLM*, ce qui est cohérent avec la sélection de la moyenne.

Ultime vs 1 an

Sans surprise, *Thomas Mack* et *Merz & Wüthrich* sont très proche. La branche étant *short tail*, l'incertitude est surtout liée à la première année de développement. En fait on peut distinguer 2 types d'incertitudes relatives à l'estimation des réserves de sinistre :

- L'augmentation « soudaine » non anticipée de la charge dossier/dossier ou des règlements due à une augmentation de la fréquence (augmentation rapide du nombre de sinistres) ou du coût moyen des sinistres (détérioration important ou déclaration tardive de plusieurs sinistres graves). Nous excluons ici la survenance d'un événement catastrophique majeur, ce dernier étant connu instantanément, il ne correspond pas à une incertitude liée aux réserves sinistres (sinistres survenus mais non encore connus) mais liée aux réserves de primes (sinistres à survenir sur l'exposition résiduelle des contrats en cours).
- L'augmentation régulière non anticipée de la charge dossier/dossier et des règlements, due par exemple à une dérive progressive de l'inflation.

Le cas de figure numéro 1 concerne toutes les branches et ne peut se produire que la première, voir la deuxième année de développement ; l'incertitude correspondante diminue donc très significative après 1 an.

Le cas de figure numéro 2 concerne principalement les branches dites *long tail* ; l'incertitude correspondante diminue progressivement au cours du temps.

Ceci explique pourquoi dans notre cas, l'erreur standard à horizon 1 an représente plus de 95% de l'erreur standard à l'ultime.

Notons de manière générale, qu'il est beaucoup plus difficile d'inclure des données qualitatives pour ajuster l'erreur standard que la moyenne.

- **Best Estimate, MVM, PRAD et charge de Capital**

Best Estimate SII	102 363
Best Estimate RBC	104 950
MVM	1 601
MVM Benchmark	4 095
PRAD	5 611
Capital Charge SII	17 817
Capital Charge RBC	22 112

Tab 6.5.

Le *best estimate SII* correspond à la valeur actualisée du montant de réserve final (i.e. : 104 950) calculé à l'aide du *GLM*. Le taux d'actualisation est le taux sans risque fourni dans le *QIS 5*. La seule différence entre le *best estimate SII* et *RBC* est due à l'actualisation.

La *MVM* est le résultat du calcul effectué grâce à la formule présentée au paragraphe 6.2.1 en utilisant le quantile à 99.5% d'une loi normale de moyenne 104 950 et d'écart type 6 917 (provenant du modèle *Merz & Wüthrich Incurred*).

Tout d'abord, on remarque que le montant de *MVM* est bien inférieur au benchmark. C'est très marginalement imputable au modèle ; en effet, si l'on avait simulé une loi normale d'écart type égale à 95% de l'erreur standard du *GLM*, on aurait obtenu un montant de *MVM* d'environ 1 900, encore très loin du benchmark. Les raisons sont probablement autres. Tout d'abord, le benchmark correspond à 4% du *best estimate* total. Comme expliqué plus avant, l'incertitude étant plus grande sur les sinistres à venir que sur les sinistres survenus (connus ou non) il est vraisemblable que le benchmark relatif aux sinistres survenus soit bien inférieur à 4% (ceci ne peut être cependant vérifié car il n'y a pas de benchmark séparé). Ensuite, il y a les hypothèses simplificatrices. D'une part, les *SCR* relatifs aux risques de marché et à la durée ne sont pas pris en compte et bien que l'impact ne soit pas très significatif (d'autant plus que la branche est *short tail*), cela a pour effet de sous estimer la *MVM*. D'autre part l'exclusion des frais généraux dans les calculs. Ces derniers auraient pour effet d'augmenter la *MVM* mais également le *best estimate* et donc la valeur de la *MVM* benchmark. Enfin, il est possible que le dommage auto en Malaisie ait un développement plus rapide qu'en Europe et une amplitude de sinistre moindre et de ce fait un niveau d'incertitude moindre (ceci est probablement encore plus vrai en *TPBI*, nous reprendrons ce point plus en détail dans le paragraphe suivant).

La *PRAD* (supérieure à la *MVM* mais également supérieure à la *MVM* benchmark) et la charge de capital calculée dans le cadre du *RBC* tendent à montrer que les règles *RBC* sont plus prudentes que les directives *SII* et plus consommatrice de capital (le capital cible correspond dans le cadre du *RBC* à environ 180% des charges de capital).

On notera enfin que la *MVM* et la *PRAD* sont très inférieures à la différence entre le plus grand et le plus petit des *best estimate* calculés à l'aide des différents modèles

(respectivement *PPCI* et *Bootstrap Incurred*). Cela montre que le choix du modèle, (mais également des données) est primordial et que l'erreur d'estimation liée au choix du modèle peut être largement supérieure aux erreurs standards intrinsèques au modèle considéré.

6.2.2.2.2. Third Party Bodily Injury

- **La moyenne**

Undiscounted expected ultimate reserves (en millier de Ringgits)										
Annee de survenance	Chain Ladder on Paid	Chain Ladder on Incurred	PPCI	BootStrap on Paid	BootStrap on Incurred	GLM(ODP) on Paid	Mack on Paid	Mack on Incurred	Merz & Wüthrich on Paid	Merz & Wüthrich on Incurred
2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	5	53	-	9	53	5	5	53	5	53
2005	182	356	62	205	329	182	182	356	182	356
2006	558	504	464	605	450	558	558	504	558	504
2007	2 550	1 528	2 217	2 660	1 475	2 550	2 550	1 528	2 550	1 528
2008	5 847	5 467	4 688	6 062	5 398	5 847	5 847	5 467	5 847	5 467
2009	9 494	9 132	8 788	9 807	9 011	9 494	9 494	9 132	9 494	9 132
2010	20 835	16 548	17 132	21 359	16 404	20 835	20 835	16 548	20 835	16 548
2011	45 919	40 154	38 296	47 137	40 119	45 919	45 919	40 154	45 919	40 154
2012	56 012	68 784	70 939	64 155	68 843	56 012	56 012	68 784	56 012	68 784
Total	141 403	142 525	142 586	152 000	142 081	141 403	141 403	142 525	141 403	142 525

Tab 6.6.

A part pour le *bootstrap paid*, les résultats sont très proches. Les montants de règlements de la première année de développement sont très faibles et induisent ainsi une grande volatilité dans le *bootstrap paid*. Ainsi, si l'on sépare les résidus en 2 zones (Fig 6.3.), la zone 1 regroupant les résidus de la première année de développement et la zone 2 regroupant les résidus de toutes les autres années de développement et que l'on relance le bootstrap (les tirages aléatoires des résidus de la zone 1 ne seront utilisés que dans la zone 1 et ceux de la zone 2 uniquement dans la zone 2), on obtient des estimations beaucoup plus proche des autres méthodes (cf. Tab 6.7.).

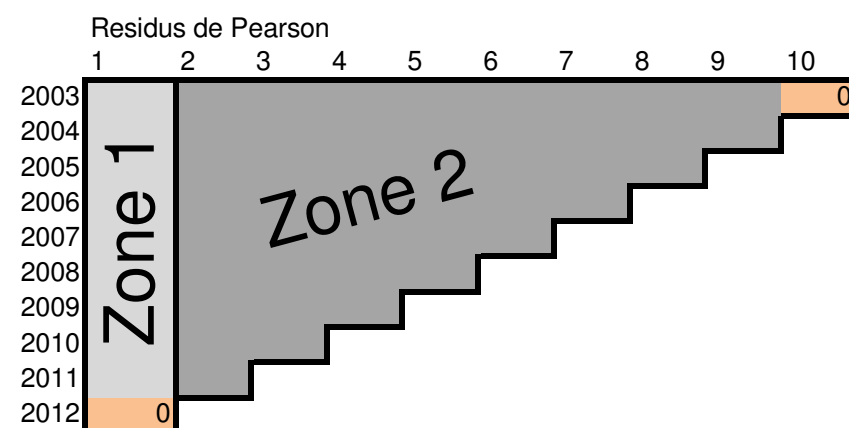


Fig 6.3.

Annee de survenance	BootStrap on Paid avec zonage	BootStrap on Paid sans zonage
2003	-	-
2004	6	9
2005	191	205
2006	576	605
2007	2 595	2 660
2008	5 940	6 062
2009	9 638	9 807
2010	21 129	21 359
2011	46 672	47 137
2012	56 576	64 155
Total	143 322	152 000

Tab 6.7.

Après cet ajustement, on note que toutes les estimations sont comprises entre 141 403 et 143 322. Ces montants, bien que très proches, cachent d'énormes disparités.

Commençons par la comparaison entre le *Chain Ladder Paid* et le *Chain Ladder Incurred*. La différence d'estimation totale est d'environ 1,1 millions de ringgits, c'est-à-dire moins de 1%.

En observant le tableau ci-dessous (Tab 6.8.), on se rend cependant compte que cette faible différence totale est le résultat de différences très significatives par années de survenance qui se compensent. L'année 2012 à elle seule, montre une différence de 12,8 millions, pratiquement 20%. Ainsi, le caractère très proche des estimations globales résulte plus d'une coïncidence que d'une réalité.

CL Paid vs CL Incurred		
Annee de survenance	Amount (RM '000)	%
2003	-	0,0%
2004	48	90,9%
2005	173	48,7%
2006	(54)	-10,7%
2007	(1 022)	-66,9%
2008	(380)	-6,9%
2009	(362)	-4,0%
2010	(4 287)	-25,9%
2011	(5 766)	-14,4%
2012	12 772	18,6%
Total	1 122	0,8%

Tab 6.8.

Le *Chain Ladder Paid* semble en effet extrêmement volatile. Le coefficient multiplicatif de l'année de survenance 2012 (entre le montant actuel de règlements (i.e.: 1,038 millions) et le montant ultime) est d'environ 54. Ainsi une augmentation du mon-

tant actuel de 200 000 ringgits, c'est-à-dire qu'au lieu de payer 1,038 millions en 2012 au titre de l'année de survenance 2012, le montant des sinistres payés s'élevait à 1,238 millions (cela correspond seulement à quelques sinistres supplémentaires), le montant ultime augmenterait de plus de 10 millions. Le *Chain ladder Incurred* est beaucoup plus robuste.

Le *PPCI* est également très volatile et les hypothèses relatives à l'inflation ont une influence majeure sur les estimations. Le montant de réserve finale a été calculé en utilisant une inflation passée et futur de 6% (nous ne disposons pas de données précises à ce sujet, mais ce pourcentage est vraisemblablement un minorant) Si l'on augmente ce pourcentage de 2 points (8%, qui est tout à fait dans l'intervalle acceptable), le montant de réserve total augmente de quelques 15 millions.

Le *bootstrap Paid* n'apparaît pas beaucoup plus robuste que les autres méthodes basées sur les règlements et est très dépendant de choix subjectifs et discutables (cf. zonage).

Peut-on apporter plus de crédit aux estimations faites sur le triangle d'encourus ?

Tout d'abord, la première année de développement est beaucoup moins volatile. Pour l'année de survenance 2012, le coefficient multiplicateur est de 1,7 pour le *Chain Ladder Incurred* (au lieu de 54 pour le *Chain Ladder Paid*). Les *link ratio* ne montrent pas de tendance visible qui pourrait nous laisser penser à une sous estimation ou une sur estimation. Seuls les résidus par année calendaire ne sont pas distribués de manière aléatoire (Fig 6.4.).

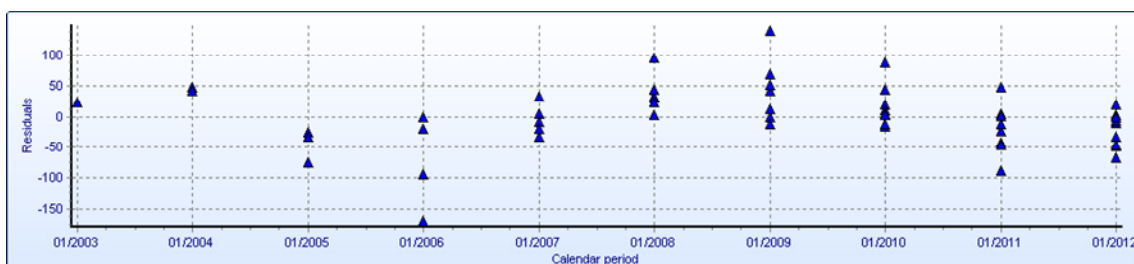


Fig 6.4.

Leur répartition laisse suggérer que les années 2005, 2006 et dans une moindre mesure 2007 ont été le théâtre d'une révision à la baisse des réserves dossier/dossier. Cette correction semble avoir été trop drastique et il a été nécessaire en 2008, 2009 et dans une moindre mesure 2010 de réévaluer à la hausse cette fois, ces réserves dossier/dossier pour compenser. Depuis 2011, la situation s'est stabilisée.

Nous considérons que ces événements se compensent et que, si ils apportent de la volatilité supplémentaire, ils ne perturbent pas de manière significative le cadence moyenne de *Chain Ladder*.

Enfin les *Loss ratio* induits du *Chain Ladder Incurred* semblent cohérents et en accord avec nos attentes.

Ultimate Loss ratio										
Annee de survenance	Chain Ladder on Paid	Chain Ladder on Incurred	PPCI	BootStrap on Paid	BootStrap on Incurred	GLM(ODP) on Paid	Mack on Paid	Mack on Incurred	Merz & Wüthrich on Paid	Merz & Wüthrich on Incurred
2003	205,5%	205,5%	205,5%	205,5%	205,5%	205,5%	205,5%	205,5%	205,5%	205,5%
2004	240,7%	241,7%	240,6%	240,8%	241,7%	240,7%	240,7%	241,7%	240,7%	241,7%
2005	208,9%	211,0%	207,4%	209,2%	210,6%	208,9%	208,9%	211,0%	208,9%	211,0%
2006	205,7%	205,0%	204,4%	206,3%	204,2%	205,7%	205,7%	205,0%	205,7%	205,0%
2007	243,2%	230,3%	239,0%	244,6%	229,7%	243,2%	243,2%	230,3%	243,2%	230,3%
2008	232,6%	229,5%	223,1%	234,4%	228,9%	232,6%	232,6%	229,5%	232,6%	229,5%
2009	251,4%	248,2%	245,2%	254,1%	247,2%	251,4%	251,4%	248,2%	251,4%	248,2%
2010	319,5%	283,4%	288,4%	323,9%	282,2%	319,5%	319,5%	283,4%	319,5%	283,4%
2011	329,6%	295,6%	284,7%	336,7%	295,4%	329,6%	329,6%	295,6%	329,6%	295,6%
2012	213,6%	261,4%	269,5%	244,1%	261,6%	213,6%	213,6%	261,4%	213,6%	261,4%

Tab 6.9.

Le ratio S/P élevé de 2010 et 2011 est dû à une sinistralité anormalement élevée (avec notamment la survenance de plusieurs sinistres supérieurs à 300 000 ringgits) que l'on n'observe pas en 2012. De plus, une révision tarifaire relative au « *Motor Act* » (assurance dommage corporel aux tiers) a eu lieu au début de l'année 2012 et expliquerait en partie la baisse du *Loss ratio* en 2012.

Cette baisse peut cependant sembler trop importante et l'on serait ainsi tenté d'intégrer dans notre estimation un benchmark. Encore une fois, *Bornhuetter-Ferguson* s'avère ainsi être une méthode très utile. En considérant cette méthode sur l'année de survenance 2012 avec un *Loss Ratio* benchmark de 280%, on obtient une augmentation du montant total des réserves d'environ 2 millions, soit 1,5% de l'estimation totale.

En conclusion, les résultats obtenus grâce au *Chain Ladder Incurred* sont robustes et en accords avec nos attentes. Même si *Bornhuetter-Ferguson* peut paraître légèrement plus adéquat, la différence entre les 2 méthodes n'est pas significative. Comme cette dernière n'est pas présentée dans ce mémoire, nous sélectionnerons les estimations du *Chain Ladder Incurred*.

- **L'erreur standard**

Standard error (en milliers de ringgits)							
Annee de survenance	Mack on Paid	Mack on Incurred	Merz & Wüthrich on Paid	Merz & Wüthrich on Incurred	GLM(ODP) on Paid	BootStrap on Paid	BootStrap on Incurred
2003	-	-	-	-	-	-	-
2004	661	-	661	-	637	120	-
2005	229	153	185	140	664	406	334
2006	122	268	88	238	494	606	546
2007	549	355	542	211	725	1 286	822
2008	1 736	2 200	1 386	2 155	1 853	2 091	2 632
2009	2 702	2 729	2 068	1 686	2 553	2 793	2 967
2010	4 166	4 140	3 292	2 941	3 785	4 996	4 239
2011	11 226	7 771	9 693	5 827	9 834	11 862	9 199
2012	19 202	11 033	11 451	6 022	45 679	268 513	13 692
Total	25 149	18 182	19 000	12 571	41 638	269 144	18 033

Tab 6.10.

Standard error (en % de la moyenne)							
Annee de survenance	Mack on Paid	Mack on Incurred	Merz & Wüthrich on Paid	Merz & Wüthrich on Incurred	GLM(ODP) on Paid	BootStrap on Paid	BootStrap on Incurred
2003	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
2004	13653,9%	0,0%	13653,9%	0,0%	13175,3%	1401,3%	0,0%
2005	125,8%	43,1%	101,4%	39,2%	363,9%	197,8%	101,5%
2006	21,9%	53,2%	15,8%	47,2%	88,6%	100,0%	121,5%
2007	21,5%	23,2%	21,3%	13,8%	28,4%	48,4%	55,8%
2008	29,7%	40,2%	23,7%	39,4%	31,7%	34,5%	48,8%
2009	28,5%	29,9%	21,8%	18,5%	26,9%	28,5%	32,9%
2010	20,0%	25,0%	15,8%	17,8%	18,2%	23,4%	25,8%
2011	24,4%	19,4%	21,1%	14,5%	21,4%	25,2%	22,9%
2012	34,3%	16,0%	20,4%	8,8%	81,6%	418,5%	19,9%
Total	17,8%	12,8%	13,4%	8,8%	29,4%	177,1%	12,7%

Tab 6.11.

Paid vs Incurred

Les erreurs standard calculées à partir du triangle de règlements sont beaucoup plus élevées que celles calculées à partir de triangle d'encourus. Le *Bootstrap Paid* donne des résultats aberrants probablement dû au fait que la première année de développement représente un pourcentage très faible du montant ultime et induit ainsi une grande volatilité dans les résidus. En utilisant les 2 zones évoquées plus avant (en cantonnant les résidus générés par le développement de la première année à la première année), on obtient un résultat beaucoup plus cohérent ; l'erreur standard est réduite de 90%, comme le montre le tableau (Tab 6.12.) ci-dessous :

Annee de survenance	BootStrap on Paid avec zonage	BootStrap on Paid sans zonage
2003	-	-
2004	133	120
2005	436	406
2006	643	606
2007	1 365	1 286
2008	2 219	2 091
2009	2 955	2 793
2010	5 275	4 996
2011	12 207	11 862
2012	23 640	268 513
Total	30 804	269 144

Tab 6.12.

Les erreurs standards entre règlements et encourus ne sont cependant très différentes que sur l'année de survenance 2012. Pour les autres années, les résultats sont relativement proches quelque soit la méthode et le triangle utilisé. Compte tenu de la volatilité des *link ratio* de l'année 1 mais également le faible niveau d'information dont on dispose en année 1 sur le triangle de paiement, ce n'est pas une surprise. La surprise ne

vient ainsi pas du fait que ce soit l'année de survenance 2012 qui soit à l'origine des différences mais de leur amplitude (*paid vs Incurred* mais également entre les modèles eux même).

Au même titre que pour les moyennes, les erreurs standard provenant du triangle d'encourus semblent plus cohérentes et varient assez peu d'une méthode à une autre, que ce soit au total ou par année de survenance.

GLM/Bootstrap vs Mack

Le modèle de *Thomas Mack* donne des résultats assez proches entre *Paid* et *Incurred*. Ce n'est pas le cas pour le *Bootstrap*. Le *GLM Paid* est quand à lui bien plus proche des résultats du *Bootstrap* que de *Thomas Mack*.

Ceci vient principalement du fait que l'erreur standard calculée par les différents modèles ne donne pas la même importance aux mêmes « effets ».

Afin d'illustrer cela, nous allons modifier le triangle de paiement de 2 manières différentes.

Cas no 1 : nous modifions le triangle de paiement afin d'induire plus de la volatilité dans les link ratio de l'année de développement 1 à 2 (Fig 6.5.) :

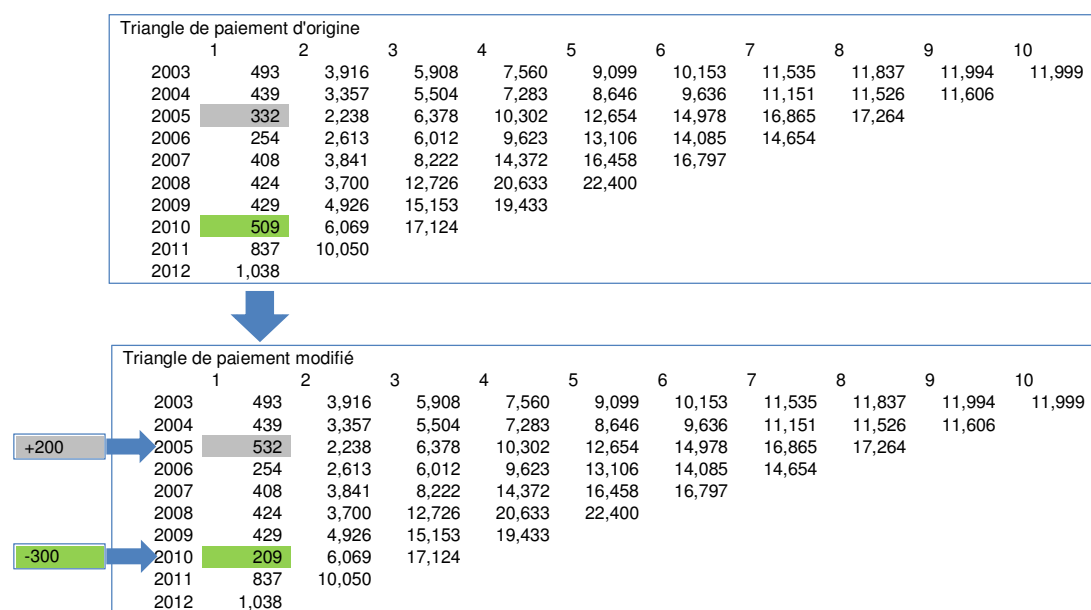


Fig 6.5.

Les changements dans les *link ratio* sont les suivants :


Link ratio avant modification										
	2/1	3/2	4/3	5/4	6/5	7/6	8/7	9/8	10/9	
2003	7.94	1.51	1.28	1.20	1.12	1.14	1.03	1.01	1.00	
2004	7.65	1.64	1.32	1.19	1.11	1.16	1.03	1.01		
2005	6.74	2.85	1.62	1.23	1.18	1.13	1.02			
2006	10.29	2.30	1.60	1.36	1.07	1.04				
2007	9.41	2.14	1.75	1.15	1.02					
2008	8.73	3.44	1.62	1.09						
2009	11.48	3.08	1.28							
2010	11.92	2.82								
2011	12.01									

Link ratio après modification										
	2/1	3/2	4/3	5/4	6/5	7/6	8/7	9/8	10/9	
2003	7.94	1.51	1.28	1.20	1.12	1.14	1.03	1.01	1.00	
2004	7.65	1.64	1.32	1.19	1.11	1.16	1.03	1.01		
2005	4.21	2.85	1.62	1.23	1.18	1.13	1.02			
2006	10.29	2.30	1.60	1.36	1.07	1.04				
2007	9.41	2.14	1.75	1.15	1.02					
2008	8.73	3.44	1.62	1.09						
2009	11.48	3.08	1.28							
2010	29.04	2.82								
2011	12.01									

Fig 6.6.

Cas no 2 : nous modifions le triangle de paiement afin de réduire les valeurs des *link ratio* de l'année de développement 1 à 2 (Fig 6.7.) :

Triangle de paiement d'origine										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2003	493	3,916	5,908	7,560	9,099	10,153	11,535	11,837	11,994	11,999
2004	439	3,357	5,504	7,283	8,646	9,636	11,151	11,526	11,606	
2005	332	2,238	6,378	10,302	12,654	14,978	16,865	17,264		
2006	254	2,613	6,012	9,623	13,106	14,085	14,654			
2007	408	3,841	8,222	14,372	16,458	16,797				
2008	424	3,700	12,726	20,633	22,400					
2009	429	4,926	15,153	19,433						
2010	509	6,069	17,124							
2011	837	10,050								
2012	1,038									


X4

Triangle de paiement modifié										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2003	1,970	3,916	5,908	7,560	9,099	10,153	11,535	11,837	11,994	11,999
2004	1,757	3,357	5,504	7,283	8,646	9,636	11,151	11,526	11,606	
2005	1,327	2,238	6,378	10,302	12,654	14,978	16,865	17,264		
2006	1,018	2,613	6,012	9,623	13,106	14,085	14,654			
2007	1,631	3,841	8,222	14,372	16,458	16,797				
2008	1,695	3,700	12,726	20,633	22,400					
2009	1,717	4,926	15,153	19,433						
2010	2,036	6,069	17,124							
2011	3,350	10,050								
2012	4,153									

Fig 6.7.

Les changements dans les *link ratio* sont les suivants :

Link ratio avant modification											
	2/1	3/2	4/3	5/4	6/5	7/6	8/7	9/8	10/9	10/9	
2003	7.94	1.51	1.28	1.20	1.12	1.14	1.03	1.01	1.00		
2004	7.65	1.64	1.32	1.19	1.11	1.16	1.03	1.01			
2005	6.74	2.85	1.62	1.23	1.18	1.13	1.02				
2006	10.29	2.30	1.60	1.36	1.07	1.04					
2007	9.41	2.14	1.75	1.15	1.02						
2008	8.73	3.44	1.62	1.09							
2009	11.48	3.08	1.28								
2010	11.92	2.82									
2011	12.01										

Link ratio après modification											
	2/1	3/2	4/3	5/4	6/5	7/6	8/7	9/8	10/9	10/9	
2003	1.99	1.51	1.28	1.20	1.12	1.14	1.03	1.01	1.00		
2004	1.91	1.64	1.32	1.19	1.11	1.16	1.03	1.01			
2005	1.69	2.85	1.62	1.23	1.18	1.13	1.02				
2006	2.57	2.30	1.60	1.36	1.07	1.04					
2007	2.35	2.14	1.75	1.15	1.02						
2008	2.18	3.44	1.62	1.09							
2009	2.87	3.08	1.28								
2010	2.98	2.82									
2011	3.00										

Fig 6.8.

Nous appliquons les modèles de *Thomas Mack*, *GLM* et *Bootstrap* aux triangles ainsi modifiés et comparons les résultats (réel (pas de modification), Cas 1 et Cas 2).

Standard error (en milliers de ringgits)						
Annee de survenance	Mack on Paid			GLM(ODP) on Paid		
	Réel	Cas 1	Cas 2	Réel	Cas 1	Cas 2
2003	-	-	-	-	-	-
2004	661	661	661	637	654	661
2005	229	229	229	664	681	688
2006	122	122	122	494	507	512
2007	549	549	549	725	744	751
2008	1 736	1 736	1 736	1 853	1 900	1 920
2009	2 702	2 702	2 702	2 553	2 618	2 646
2010	4 166	4 166	4 166	3 785	3 882	3 922
2011	11 226	11 226	11 226	9 834	10 085	10 190
2012	19 202	31 616	19 398	45 679	46 953	23 615
Total	25 149	32 765	25 147	41 638	43 261	26 837
Annee de survenance	BootStrap on Paid			BootStrap on Paid avec zonage		
	Réel	Cas 1	Cas 2	Réel	Cas 1	Cas 2
2003	-	-	-	-	-	-
2004	120	124	128	133	134	125
2005	406	418	426	436	438	410
2006	606	622	633	643	646	607
2007	1 286	1 318	1 340	1 365	1 370	1 292
2008	2 091	2 141	2 182	2 219	2 228	2 104
2009	2 793	2 858	2 911	2 955	2 967	2 809
2010	4 996	5 113	5 201	5 275	5 304	5 041
2011	11 862	12 134	12 386	12 207	12 329	11 961
2012	268 513	222 077	20 713	23 640	29 975	19 755
Total	269 144	222 917	28 736	30 804	36 065	27 447

Tab 6.13.

Dans le cas no 1, l'effet sur l'erreur standard est beaucoup plus important pour le modèle de *Thomas Mack* que pour le *GLM*. En effet, l'erreur standard globale relative au modèle de *Thomas Mack* augmente de 30%, alors qu'elle n'augmente que de 4% pour le *GLM*. Sans « zonage » le *bootstrap* quant à lui, donne toujours des résultats incohérents, avec le « zonage », il montre une augmentation de l'erreur standard de 17% par rapport au cas dit réel.

Dans le cas 2, exactement l'inverse se produit. L'erreur standard ne varie pas du tout pour le modèle de *Thomas Mack*, alors qu'elle baisse de 36% pour le *GLM*. Le *bootstrap* donne un résultat cohérent et proche des autres modèles. Le zonage ne modifie pas significativement le résultat.

Le modèle de *Thomas Mack* prend plus en compte la volatilité des *link ratio* sur une même année de développement. Par contre, le degré d'incertitude dû au niveau d'information que l'on a à chaque année de développement n'influe pratiquement pas sur l'erreur standard de ce modèle. En d'autre terme, l'amplitude des prédictions possibles n'est pas plus grande si l'on dispose de 5% ou de 50% de l'information la première année. Cela ne semble pas refléter la réalité.

Pour le *GLM*, c'est globalement le contraire ou en tout cas les conclusions sont plus nuancées. La volatilité des *link ratio* par année de développement influe sur l'erreur standard du *GLM*, mais moins que sur celle du modèle de *Thomas Mack* (est-ce le modèle de *Thomas Mack* qui surestime l'impact ou le *GLM* qui le sous estime ?). Le niveau d'information contenu dans chaque année de développement influe également sur l'erreur standard du *GLM* mais de manière très significative (trop ?). Le comportement du *bootstrap* semble plus proche de celui du *GLM* que de *Thomas Mack*.

Ainsi, le modèle de *Thomas Mack* ne semble pas très adapté aux branches à développement très long, notamment quand le niveau d'information contenu dans la première année de développement est très faible. D'un autre coté, le *GLM* ne peut s'appliquer que sur le triangle de règlements (les montants non cumulés devant être positifs), ce qui représente également une vraie faiblesse sur les branches à développement long où une bonne partie de l'information est contenue dans les encourus. Le *bootstrap* est un modèle qui peut prévenir les faiblesses des 2 autres modèles même si les résultats montrent dans certains cas des incohérences. Ces dernières peuvent néanmoins être corrigées grâce à la flexibilité du modèle (« zonage » ou exclusion de certains résidus).

Ces différentes influences sur les erreurs standards des différents modèles permettent d'expliquer pourquoi le modèle *Thomas Mack Paid* et *Thomas Mack Incurred* ont des erreurs standard beaucoup plus proches que le *bootstrap Paid* et le *Bootstrap Incurred* et en partie pourquoi les erreurs standards du *Thomas Mack Incurred* et du *Bootstrap Incurred* sont également proches.

La branche de notre présent exemple n'est pas très « *long tail* », puisqu'elle se développe en moins de 10 ans. De plus, les encourus de la première année de développement représentent près de 60% de l'estimation ultime. Nous sélectionnerons ainsi

l'erreur standard du *Thomas Mack Incurred*, ce qui est cohérent avec la sélection de la moyenne provenant du *Chain Ladder Incurred*.

Ultime vs 1 an

Sans surprise, la différence entre l'erreur standard à horizon 1 an et à l'ultime est bien plus grand que pour la branche *OD*. L'erreur standard à 1 an représente 70% ou 75% de celle à l'ultime (cela dépend si l'on prend le modèle *paid* ou *Incurred*), contre plus de 95% pour la branche *OD*.

- **Best Estimate, MVM, PRAD et charge de Capital**

Best Estimate SII	133 230
Best Estimate RBC	142 525
MVM	5 526
MVM Benchmark	10 658
PRAD	12 264
Capital Charge SII	32 380
Capital Charge RBC	38 697

Tab 6.14.

La différence entre le *Best Estimate SII* et *RBC* est dû à l'actualisation des règlements futurs. L'impact est supérieur à celui de la Branche *OD* car la cadence de règlements est plus longue (la duration des réserves est supérieure).

Au même titre que pour la branche *OD*, le montant de *MVM* correspond à environ la moitié de la *MVM* benchmark. Ceci est dû aux hypothèses simplificatrices mais également à des raisons propres au marché Malaisien.

La branche *TPBI* a un développement plus rapide en Malaisie qu'en Europe :

- les sinistres doivent être déclarés dans les 6 ans suivant la date de survenance
- le recours aux tribunaux est beaucoup moins fréquent qu'en Europe

De plus, les sinistres sont de plus faible amplitude notamment pour les raisons suivantes :

- les règlements à l'amiable sont privilégiés, ce qui réduit d'autant les frais de justice,
- les honoraires d'avocats ne peuvent dépasser 10% du montant du sinistre,
- en cas de décès, le montant du sinistre est fixé en fonction de la situation familiale et financière du défunt. Il ne comporte pas de compensation financière relative au préjudice moral.

La *PRAD* est très nettement supérieure à la *MVM* mais également à la *MVM* benchmark, la charge de capital également confortant ainsi les conclusions émises sur les résultats de la branche *OD*.

6.2.3. Conclusion

Modèle

Le paragraphe précédent ne se veut pas être une méthodologie parfaite pour sélectionner le *best estimate* et la marge pour risque. Il est une illustration, d'une part de l'utilité des modèles et d'autre part du danger de les appliquer sans discernement. Sans modèle, l'actuaire ne peut estimer correctement les montants à comptabiliser, mais la réciproque est tout aussi vraie.

De plus, il est important de noter que l'on ne peut pas dissocier la moyenne et l'écart type. Prendre la moyenne d'un modèle et l'écart type d'un autre n'aurait pas beaucoup de sens. Le modèle est ainsi un tout et c'est pourquoi il est préférable d'en ajuster les paramètres ou les données elles-mêmes que de panacher les résultats provenant de différents modèles.

Enfin, les erreurs d'estimations ne mesurent pas l'erreur liée au choix du modèle. Lorsque nous sélectionnons un modèle plutôt qu'un autre, nous cherchons implicitement à minimiser l'erreur liée au choix du modèle, mais nous ne la quantifions pas.

Règlements vs Encourus

Nous avons vu que les résultats fournis par le triangle de règlements et le triangle d'encourus pouvaient différer de manière très significative. S'il est parfois aisé de privilégier l'un par rapport à l'autre, le choix s'avère très difficile dans de nombreux cas. Le cas de figure typique se produit lorsque les estimations liées au triangle d'encourus sont très supérieures à celles provenant du triangle de règlement, sur un certaines années de survenance et très inférieures sur d'autres années, et ceux sans raisons apparentes ou du moins lisibles sur les cadences. Une des principales raisons vient du fait qu'il existe des corrélations entre règlements et encourus qui ne sont pas prises en compte. Il est évident que si, pour une année de survenance donnée, la différence entre règlements et encourus est importante, soit les encourus vont baisser significativement (exemple : des sinistres ouverts depuis très longtemps qui seront fermés sans règlements), soit les règlements vont augmenter rapidement (exemple : règlement important à venir du à un sinistre grave en suspens), soit les deux.

Ainsi, toutes les années de souscriptions ne devraient pas utiliser la même cadence, car cette cadence dépend de la différence plus ou moins grande entre règlements et encourus. La vraie difficulté réside ainsi dans le fait de savoir si c'est la cadence de paiement appliquée à une année donnée qui est trop élevée ou la cadence d'encourus trop basse, ou les 2 et dans quelle proportion.

La méthode *Munich Chain Ladder* permet de répondre en partie à cela. Elle sera ainsi d'une grande aide sur l'estimation du « *Best estimate* » mais engendrera des difficultés supplémentaires lorsqu'il s'agira de calculer l'erreur d'estimation.

RBC vs SII

Les résultats obtenus tendent à montrer que le *RBC* adopte une approche plus prudente et plus consommatrice de capital que *SII*, dans des proportions identiques pour la branche *OD* et la branche *TPBI* comme le montre le tableau ci-dessous.

	OD	TPBI
MVM (% BE)	2%	4%
MVM Benchmark (%BE)	4%	8%
PRAD (%BE)	5%	9%
Capital Charge SII (% (BE+MVM))	17%	23%
Capital Charge RBC (%(BE+PRAD))	20%	25%

Tab 6.15.

SII privilégie ainsi les risques liés à un choc court terme mais tendrait ainsi à moins prendre en compte une détérioration potentielle régulière à moyen et long terme (liée à une augmentation progressive de l'inflation par exemple). Dans la mesure où nous avons considéré un *run-off*, le choc court terme est très peu probable et n'impacte ni la MVM, ni la PRAD, ni les charges de capital associées.

Une marge prudentielle et un capital nécessaire à couvrir les risques d'assurance moins élevés signifient une plus grande tolérance aux risques dans le cadre de *SII* que du *RBC*. *SII* permettrait ainsi une plus grande exposition nette, notamment aux risques « long tail » pour un même besoin en capital et en conséquence un retour sur capital investit (« *ROE : Return on equity* ») potentiellement supérieur. A profit et potentiel de croissance équivalents, un actionnaire préférera ainsi investir sous le régime *SII* que *RBC*.

Il convient toutefois de garder à l'esprit toute la difficulté d'estimer de manière précise tous ces éléments ; aucun modèle n'a le pouvoir de produire de certitudes et aucun actuariaire de prédire le futur.

Ainsi, afin de se protéger le plus possible de toute mauvaise surprise, il est vital pour la compagnie d'assurance de pouvoir agir vite et de manière adéquate à toute situation imprévue. Cela passera notamment par la mise en place et le suivi d'indicateurs spécifiques.

En se recentrant sur le *RBC*, nous définirons ainsi dans le chapitre suivant quelques métriques que la compagnie d'assurance se doit de suivre et les seuils associées à partir desquelles des actions spécifiques doivent être engagées. Ces métriques et les seuils associés dépendent de la stratégie de la compagnie et de son appétit pour le risque (« risk appetite »)

7. RBC, stratégie et « *risk appetite* »

Sans prise de risque, aucune activité commerciale, d'assurance de surcroît, n'est possible. Avec l'avènement de nouveaux cadres juridiques régissant la solvabilité, que ce soit le RBC ou Solvabilité 2, toute compagnie d'assurance se doit d'intégrer dans le suivi de son activité et dans sa stratégie, les risques potentiels. Ainsi, avant toute chose, il convient de déterminer le niveau de risque que cette dernière est prête à accepter afin de remplir les objectifs qu'elle s'est fixée sur une période déterminée. Cette approche comprend non seulement l'inventaire des risques, leur nature et leur impact sur les objectifs de la compagnie mais également les indicateurs à suivre, les seuils associés et les actions à entreprendre en cas de dépassement de ces seuils. C'est ce que l'on appelle l'appétit pour le risque ou « *Risk appetite* ».

A l'aide d'un exemple chiffré, nous présenterons de manière concrète comment cette approche « *risk appetite* » peut être mise en place (métriques/indicateurs, seuils, actions) et quelles liens y a-t-il entre choix stratégique et « *risk appetite* ».

Nous nous placerons dans un cadre RBC uniquement.

7.1. Hypothèses

Nous considérerons le même portefeuille que lors du chapitre précédent à la différence qu'il ne s'agira pas ici d'un *run-off* mais d'un portefeuille actif. De plus, nous séparerons le brut et le net en considérant une réassurance proportionnelle de 4%.

Les hypothèses pour bâtir le bilan et le compte de résultat au 31/12/2012 sont couvertes aux paragraphes 7.1.1 et 7.1.2.

7.1.1. Bilan

Le passif

Il est composé des éléments suivants :

- Capital social : 260 millions de ringgits
- Profits au titre de l'année 2012 (voir paragraphe 7.2.1 pour le détail du calcul). Il n'y a pas de dividende versé en 2012.
- Provisions de sinistres brutes : elles correspondent aux réserves de sinistres calculées au chapitre précédent mais brutes de réassurance. Des réserves pour frais de gestion de sinistre internes (correspondant à 5% du *Best estimate* brute) ont également été ajoutées.
- Provisions de primes brutes: elles correspondent aux PNA brutes de réassurance et nettes de commission sur PNA. On fait par ailleurs l'hypothèse que

la provision pour risque en cours (*URR*) est toujours égale à la PNA (on simplifie ainsi légèrement les calculs et l'impacte est négligeable).

L'actif

Il est composé des éléments suivants :

- Actifs investis : nous considérons un portefeuille d'actif avec une duration plus faible que celle relative aux passifs, afin de pouvoir ignorer le risque lié à la duration. Le portefeuille est ainsi composé des actifs suivants :
 - 5% d'actions donnant un dividende annuel moyen de 8%. Pas de plus value latentes ou réalisées.
 - 25% de Bons du trésor Malaisien « *MGS : Malaysian Government Bonds* » : 15% d'échéance 1 an de rendement annuel 3,26% et 10% d'échéance 2 ans et de rendement annuel 3,4%.
 - 25% d'obligations A à AAA de rendement moyen 4% : 15% d'échéance 1 an et 10% d'échéance 2 ans.
 - 45% de dépôts court terme, de rendement annuel moyen 3%.
- Actifs de réassurances (réserves de sinistres cédées et réserves de primes cédées).

On obtient ainsi le bilan suivant (Tab 7.1.):

ACTIFS		PASSIFS	
Actions	38 295	Capital social	260 000
Bons du trésor Malaisien	191 475	Profits au titre de l'année 2012	30 719
Obligations	191 475		
Dépôts court terme	344 655		
Réserves de sinistres cédées	10 311	Provisions de sinistres brutes	288 551
Réserves de primes cédées	7 728	Provisions de primes brutes	204 697
Autres actifs	28		
TOTAL	783 967	TOTAL	783 967

En milliers de Ringgits

Tab 7.1.

7.1.2. Compte de résultat

Les règlements et encourus sont issues des triangles. Les primes acquises sont celles utilisées pour le calcul des S/P au chapitre précédent. Pour le reste, les hypothèses sont les suivantes :

- Taux de réassurance : 4%
- Commission brute : 11% des primes émises brutes

- Commissions de réassurance : 5% des primes de réassurance
- Frais généraux : 16% des primes émises brutes
- Taux d'imposition sur les bénéfices : 25%

On obtient ainsi le compte de résultat suivant (Tab 7.2.) :

COMPTE DE RESULTAT		
BRUT DE REASSURANCE		
Primes	Primes Emises	459 994
	PNA ouverture	206 795
	PNA cloture	(229 997)
	Primes Acquises	436 792
Com	Commissions Emises	(50 599)
	Commissions sur PNA ouverture	(22 747)
	Commissions sur PNA cloture	25 300
	Commissions Acquises	(48 047)
<i>Annees de survenance 2012</i>		
Sinistres	Reglements	(123 309)
	Reserves d/d	(119 162)
	Best estimate IBNR	(48 468)
	<i>Annees de survenance 2011 & anterieures</i>	
	Reglements	(105 624)
	Reserves d/d ouverture	155 319
	IBNR ouverture	40 462
	Reserves d/d cloture	(81 023)
	IBNR cloture	(9 133)
	NET DE REASSURANCE	
Primes	Primes Emises nettes	441 594
	PNA ouverture	198 523
	PNA cloture	(220 797)
	Primes Acquises nettes	419 321
Com	Commissions Emises	(47 655)
	Commissions sur PNA ouverture	(21 424)
	Commissions sur PNA cloture	23 828
	Commissions Acquises	(45 252)
<i>Annees de survenance 2012</i>		
Sinistres	Reglements	(118 377)
	Reserves d/d	(114 396)
	Best estimate IBNR	(46 529)
	<i>Annees de survenance 2011 & anterieures</i>	
	Reglements	(101 399)
	Reserves d/d ouverture	149 106
	IBNR ouverture	38 844
	Reserves d/d cloture	(77 783)
	IBNR cloture	(8 768)
	Frais generaux	(73 599)
Provision pour frais de gestion de sinistre ouverture	9 789	
Provision pour frais de gestion de sinistre cloture	(12 889)	
PRAD ouverture	13 354	
PRAD cloture	(17 875)	
Resultat technique		13 546
Produits financiers	27 412	
Resultat avant impot		40 958
Impot	(10 240)	
Resultat net d'impot		30 719
Ratios	S/P net	66,61%
	Ratio cmbine net	94,95%
	Ratio combine net (incluant la PRAD)	96,77%

En milliers de Ringgits

Tab 7.2.

Le ratio de solvabilité obtenu est de 190,7%, assez largement supérieur au seuil interne fixé par la banque centrale à 180% (paragraphe 3.2.3).

7.2. « Risk appetite »

7.2.1. Principe général

Nous déterminerons les indicateurs, les seuils et les actions du *risk appetite* en 4 étapes.

Etape 1 : identification des principales métriques, des indicateurs correspondants et des seuils associés

Les questions clés que se pose la compagnie d'assurance et les actionnaires sont les suivantes :

- 1) Est-ce que la compagnie est solvable ?
- 2) Est-ce que la compagnie génère des profits ?
- 3) Est-ce que la compagnie crée de la valeur ?
- 4) Est-ce que la compagnie a suffisamment de liquidités pour faire face à ses engagements ? (dans notre cas présent, le risque lié à la liquidité, n'est pas majeur ; nous n'intégrerons pas cela dans notre matrice et nos scénarios, mais, évoquerons néanmoins partiellement ce point dans le paragraphe 7.3 lorsque nous aborderons la problématique liée aux dividendes).

La première étape consiste ainsi à définir un indicateur pour répondre à chacune des questions. Pour le profit et la solvabilité, les indicateurs seront naturellement, le résultat net et la marge de solvabilité (« *CAR : Capital Adequacy Ratio* »). L'indicateur choisi pour mesurer la création de valeur est le ratio « résultat net/capital requis ». Il permet de mesurer le profit généré par l'activité par rapport au capital réglementaire nécessaire à cette activité. Ce ratio est égal au *ROE* si le capital dont dispose la société correspond exactement au capital réglementaire (Ratio de solvabilité exactement égale à 180%). Ce serait ainsi un *ROE* qui ne tiendrait pas compte d'une mauvaise optimisation du capital.

Ces indicateurs et ses seuils sont définis par le conseil d'administration ou le comité de direction de la compagnie, en fonction de la stratégie et de l'aversion aux risques des actionnaires.

Impact d'un événement défavorable de fréquence 1/20 an				
Métriques	Indicateurs	Zone de confort	Zone d'alerte	Zone limite
Profit	Résultats net d'impôts	Résultat baisse de moins de 50%	Résultat baisse entre 50% et 100%	Résultat < 0
Valeur	Résultat net/ Capital requis	baisse de moins de 50%	baisse entre 50% et 100%	Ratio < 0
Solvabilité	Ratio de solvabilité	Ratio de solvabilité $\geq 180\%$	Ratio de solvabilité < 180% et $\geq 130\%$	Ratio de solvabilité < 130%

Fig 7.1.

La zone orange correspond à la zone d'alerte, nécessitant la mise en place d'actions mesurées et progressives pour un retour rapide dans la zone verte. La zone rouge est, quant à elle, la zone limite qui ne doit pas être franchie. Des mesures radicales doivent être prises pour sortir de cette zone.

Etape 2 : Identification d'indicateurs opérationnels

Les indicateurs principaux (définis dans la matrice Fig 7.1.) permettent de savoir si la compagnie suit la trajectoire fixée par les actionnaires et le comité de direction. Cependant, ils ne permettent pas de connaître les raisons d'une déviation éventuelle et les risques pris.

Cette deuxième étape consiste donc à définir des « indicateurs opérationnels » qui permettront de pallier en partie à ces problèmes. Ils doivent au moins remplir les 2 conditions suivantes :

- avoir une influence significative sur les métriques considérées à l'étape 1 (ceci peut être testé à l'aide de scénarios)
- avoir une signification opérationnelle afin de permettre des actions concrètes

Etape 3 : Calibration des seuils des indicateurs opérationnels à l'aide de scénarios

Une fois les indicateurs opérationnels sélectionnés, il convient de leur fixer des seuils d'alertes et des seuils limites. Ces seuils sont calibrés à l'aide de scénarios (voir paragraphe 7.2.2) afin d'être cohérents avec les seuils définis en étape 1 (matrice Fig 7.1).

Etape 4 : Déterminations des actions relatives aux seuils des indicateurs opérationnels

Enfin, on définit les actions relatives à chaque seuil et chaque indicateur opérationnel. Si un ou plusieurs indicateurs se retrouvent en zone d'alerte ou zone limite, ces actions doivent permettre de revenir en zone verte à plus ou moins court terme. Les actions sont graduelles ; elles sont plus drastiques lorsqu'un indicateur se trouve en zone limite qu'en zone d'alerte.

7.2.2. Scénarios, seuils et actions

Les seuils des indicateurs opérationnels sont calibrés de manière à ce que la compagnie d'assurance ne quitte la zone de confort qu'à la survenance d'un événement défavorable et inhabituel. On applique ainsi plusieurs scénarios qui nous permettront de mesurer l'impacte de quelques uns de ces événements défavorables et inhabituels sur le compte de résultat et le bilan 2012 et ainsi de déterminer les niveaux des indicateurs

opérationnels à partir desquels la compagnie quittera la zone de confort définie dans la matrice Fig 7.1.

7.2.2.1. Quel scénario et quelle probabilité de survenance ?

Une fois les indicateurs choisis, la détermination des scénarios est assez simple. La difficulté ne repose ainsi pas sur le choix mais sur l'intensité. Que signifie défavorable et inhabituel ? En général, il est courant de tester des événements adverses de fréquences 1/20 an et 1/200 an. Dans notre cas, nous considérerons des scénarios reproduisant des événements qui ne surviennent que tous les 20 ans (fréquence de 1/20 an) soit environ une fois dans la carrière d'une direction générale.

Afin de tester la plupart des éléments du compte de résultats et leur impact individuelle respective, nous considérerons les scénarios suivants (par rapport à la clôture 2012) :

Scénario 1 : Le ratio S/P augmente subitement de 3 points de pourcentage. Cela représenterait une détérioration rapide des sinistres de l'ordre de 13 millions de ringgits pour l'année 2012. Cela peut se traduire par exemple par les phénomènes suivants :

- plusieurs sinistres graves : un ne semble pas réaliste au vue de l'historique du marché et du fait de la réassurance *Excess of Loss* dont bénéficie la compagnie
- un changement de la législation entraînant une augmentation soudaine du coût moyen d'environ 4,5%.

Notons qu'une détérioration du S/P de cette ampleur entre 2 années de survénances consécutives n'a jamais été observée sur le portefeuille au cours des 10 dernières années (Tab 7.3.)

Survenance	S/P "OD+TPBI"
2003	62,1%
2004	61,4%
2005	64,2%
2006	63,1%
2007	65,6%
2008	68,5%
2009	66,3%
2010	67,4%
2011	68,0%
2012	66,6%

Tab7.3.

Scénario 2 : Les frais généraux augmentent de 10%. Des surcoûts surviennent dû à des charges exceptionnelles, des coûts mal évalués, un mauvais contrôle des dépenses...etc.

Scénario 3 : Les actions perdent brusquement 25% de leur valeur. L'amplitude des fluctuations a été bien plus grande que cela au cours des 20 dernières années. Cependant, le caractère très rapide rend cette éventualité beaucoup moins probable. On

suppose en effet que si la chute est progressive, la compagnie aura pris les devants pour réduire ses pertes.

Scenario 4 : Du fait de l'inflation, les réserves des années antérieures sont sous estimées de 10%.

Scenario 5 : Les taux court terme baissent subitement de 100 points de base.

Scenario 6 : Des obligations font défaut pour un montant de 10 mil de ringgits.

On aurait aussi pu imaginer le défaut d'un ou plusieurs réassureurs (dans notre cas, la réassurance est faible et ne présente pas de risque) ou encore le défaut de paiement de prime par les assurés, les agents ou les courtiers (ce risque est possible sur certaines branches mais pas en auto, la police étant émise après la réception du paiement (« *CBC : Cash Before Cover* »))...Etc.

7.2.2.2. Résultats et actions

Scenario 1

	Annee 2012	Scenario 1		
		Sur 2012	Alerte	Limite
Ratio S/P	66,6%	69,6%	70,1%	75,8%
Ratio S/P seuil			67,1%	72,8%
Impact sur le profit		-33%	-38%	-100%
Ratio combine	95,0%	97,9%	98,4%	104,1%
Ratio combine (incluant la PRAD)	96,8%	99,9%	100,4%	106,5%
Profit net	30,7	20,7	19,2	0,0
Fonds propres	290,7	280,7	279,2	260,0
Capital social	260,0	260,0	260,0	260,0
Benefices non redistribues	30,7	20,7	19,2	0,0
Roe	11,2%	7,6%	7,1%	0,0%
Capital requis	274,5	278,6	279,2	287,0
Charge de capital	152,5	154,8	155,1	159,5
"Claim liability"	63,8	63,8	63,9	64,0
"Premium liability"	63,1	65,3	65,7	70,0
Risques de marche	14,8	14,7	14,7	14,6
Risques de credit	3,1	3,1	3,1	3,0
Risques operationnels	7,8	7,8	7,8	7,8
Ratio de solvabilite	190,66%	181,36%	180,00%	163,05%
Profit net/Capital requis	11,2%	7,4%	6,9%	0,0%

Tab 7.4.

La première colonne de chiffres correspond aux principaux indicateurs de l'année 2012. La deuxième correspond aux indicateurs de l'année 2012 ayant subi l'impact de l'augmentation de 3 points du S/P (*loss Ratio*) conformément au scenario 1. Les troisième et quatrième colonnes correspondent au S/P qui fait entrer la compagnie dans la zone d'alerte (soit le ratio de solvabilité est égale à 180%, soit le profit diminue de 50%) et la zone limite respectivement.

Un S/P de 70,1% fait basculer la compagnie vers un ratio de solvabilité inférieur à 180%. Ainsi, si la compagnie veut être dans la zone de confort après la survenance d'un événement de type scénario 1, elle doit garder un ratio S/P inférieur à 67,1% (2^{ème} ligne du tableau Tab 7.4.).

Un point d'augmentation de S/P entraîne une détérioration d'environ 3 points de solvabilité et une réduction du résultat d'environ 11%. Notons que la détérioration du ratio de solvabilité provient de l'effet conjugué d'une diminution du résultat (cela réduit d'autant le capital éligible et donc le numérateur) et d'une augmentation de la charge pour risque, conséquence d'une augmentation des provisions techniques de l'année courante (augmentation du dénominateur).

Les actions correspondantes aux passages des seuils seront liées au contrôle du S/P. Le passage du S/P au dessus du seuil d'alerte (i.e. : 67,1%) devra entraîner une revue immédiate de la structure tarifaire avec pour cible de revenir dans la zone de confort dans les 3 mois par exemple. Pour le seuil d'alerte, la mesure est la même mais doit être plus drastique (processus d'approbation des prix sous tutelle du département de gestion des risques, augmentation du prix des renouvellements et du nouveau business quelque soit le client...); la sortie de la zone limite doit être plus rapide que la sortie de la zone d'alerte. Dans un environnement Malaisien où le tarif d'assurance auto est contrôlé, ce levier n'est pas très flexible. Le ciblage des « niches » les plus profitables est également une piste possible à suivre mais ne pourrait avoir qu'un impact relativement limité sur le ratio S/P.

Cette action d'augmentation tarifaire, devra être couplée, dans le cas du dépassement du seuil limite, à une réduction des coûts (gel des recrutements, gel des projets informatiques, réduction des dépenses marketing...).

Un autre axe d'amélioration, mais à plus longue échéance pourrait être centrée sur la réduction de la volatilité du ratio S/P, en achetant de la réassurance « excess of loss » (on bénéficie de ce fait de la diversification du portefeuille du réassureur). Cela permettrait de réduire à moins de 3 points de pourcentages, l'augmentation potentielle du ratio S/P dans le cadre du scénario 1 (si la volatilité diminue, l'augmentation de 3 points de S/P correspond à un événement qui a une fréquence de survenance supérieure à 20 ans). Une étude plus poussée est nécessaire afin de savoir s'il est plus probable que l'augmentation du S/P vienne de la fréquence, de l'augmentation du coût moyen dû à de l'inflation non prise en compte dans la prime ou un choc. Un « excess of loss » ne servirait que dans le dernier cas cité. Ainsi fait, il faudrait ensuite répondre aux questions suivantes : *De combien sera réduite la volatilité ?* et *Quelle priorité serait optimale et à quel prix?*

Scenario 2

	Annee 2012	Scenario 2		
		Sur 2012	Alerte	Limite
Ratio de frais generaux	16,0%	17,6%	19,4%	24,7%
Ratio de frais generaux seuil			17,7%	22,4%
Impact sur le profit		-18%	-39%	-100%
Ratio combine	95,0%	96,7%	98,7%	104,5%
Ratio combine (incluant la PRAD)	96,8%	98,5%	100,5%	106,3%
Profit net	30,7	25,0	18,6	0,0
Fonds propres	290,7	285,0	278,6	260,0
Capital social	260,0	260,0	260,0	260,0
Benefices non redistribues	30,7	25,0	18,6	0,0
Roe	11,2%	9,2%	6,9%	0,0%
Capital requis	274,5	276,4	278,6	284,9
Charge de capital	152,5	153,6	154,8	158,3
"Claim liability"	63,8	63,8	63,8	63,8
"Premium liability"	63,1	64,3	65,7	69,9
Risques de marche	14,8	14,7	14,5	14,2
Risques de credit	3,1	3,0	3,0	2,9
Risques operationnels	7,8	7,8	7,7	7,5
Ratio de solvabilite	190,66%	185,64%	180,00%	164,27%
Profit net/Capital requis	11,2%	9,1%	6,7%	0,0%

Tab 7.5.

Au dessus de 19,4% de taux de frais généraux (sur prime émises brutes), la compagnie se retrouve avec un ratio de solvabilité inférieur à 180%. Ainsi afin de ne pas dépasser ce taux de 19,4% en cas de survenance du scenario 2 (i.e. augmentation soudaine des frais généraux de 10%) il est nécessaire de fixer un seuil d'alerte relatif au ratio *frais généraux/prime émise* de 17,7%. Le seuil limite est lui de 22,4%.

Les actions correspondantes aux franchissements de ces 2 seuils seront, bien entendu, directement liées à la réduction des frais généraux. Il est important de bien distinguer les frais fixes des frais variables, ainsi que les frais vitaux des non vitaux afin de pouvoir agir vite sans mettre la compagnie dans une situation critique.

Il n'est pas ici question de stratégie de réduction de coût à long terme mais de « coupe rapide » dans les dépenses afin de sortir de la zone d'alerte ou pire de la zone limite.

Dans le cas du seuil d'alerte, on considérera l'arrêt de projets informatiques non vitaux (ou au moins leur retardement jusqu'à amélioration suffisante des frais généraux), le gel temporaire des recrutements (ou le gel partiel en fonctions des besoins plus ou moins urgents et du niveau de frais généraux), la réduction des achats...etc. Des actions similaires seront envisagées dans le cas de dépassement du seuil limite mais, bien évidemment, de plus grande ampleur.

Dans notre présent exemple, les frais généraux constituent un levier sur lequel il est plus facile de jouer que le ratio S/P. Tout d'abord, parce que ces derniers semblent élevés, mais, également car ils n'impactent pas la croissance de la compagnie à court terme (les actions envisagées dans le cas de dépassement de seuils étant des actions

court terme). Dans un environnement concurrentiel, c'est souvent le moyen d'augmenter ses marges sans prendre de risques supplémentaires et sans augmenter les primes de l'assuré.

On serait tenté de dire que si les frais généraux augmentent au dessus de ce qu'il est prévu alors il est nécessaire d'augmenter le chiffre d'affaire en conséquence afin d'améliorer la situation et ainsi sortir de la zone d'alerte. Du point de vue du résultat, c'est vrai, mais pas nécessairement du point de vue du ratio de solvabilité. En effet, qui dit augmentation des primes émises, dit augmentation des PNA et augmentation des charges pour risques correspondantes. Si le numérateur augmente moins vite que le dénominateur, l'augmentation du chiffre d'affaire risque de générer une réduction du ratio de solvabilité (nous évoquerons ce lien entre croissance et solvabilité dans le paragraphe 7.3) et enfoncer encore un peu plus la compagnie dans la zone rouge

Notons, enfin, que le ratio de frais généraux est basé sur les primes émises brutes. Nous aurions aussi pu considérer le ratio de frais généraux sur les primes émises nettes ou sur les primes acquises. Les seuils auraient été différents mais le comportement relatif à l'évolution de ces ratios sur le résultat et le ratio de solvabilité très similaires du fait de la structure de réassurance (réassurance faible et proportionnelle) et d'une croissance à 2 chiffres certes, mais pas suffisante pour rendre la distorsion entre prime émise et prime acquise trop significative.

Scenario 3

	Annee 2012	Scenario 3		
		Sur 2012	Alerte	Limite
Pourcentage d'actions	5,0%	5,0%	8,9%	24,3%
Impact sur le profit		-25%	-41%	-100%
Ratio combine	95,0%	95,0%	95,0%	95,0%
Ratio combine (incluant la PRAD)	96,8%	96,8%	96,8%	96,8%
Profit net	30,7	23,0	18,2	0,0
Fonds propres	290,7	283,0	278,2	260,0
Capital social	260,0	260,0	260,0	260,0
Benefices non redistribues	30,7	23,0	18,2	0,0
Roe	11,2%	8,5%	6,8%	0,0%
Capital requis	274,5	270,7	278,2	307,1
Charge de capital	152,5	150,4	154,6	170,6
"Claim liability"	63,8	63,8	63,8	63,8
"Premium liability"	63,1	63,1	63,1	63,1
Risques de marche	14,8	12,8	17,0	33,3
Risques de credit	3,1	3,0	3,0	2,9
Risques operationnels	7,8	7,8	7,7	7,5
Ratio de solvabilite	190,66%	188,24%	180,00%	152,40%
Profit net/Capital requis	11,2%	8,5%	6,6%	0,0%

Tab 7.6.

Ce scenario 3 permet de déterminer le pourcentage maximum d'actions que la compagnie peut détenir au sein de son portefeuille. En cas de survenance de ce scenario

(les actions perdent brusquement 25% de leur valeur), la société d'assurance se doit de détenir moins de 8,9% d'actions afin de rester dans la zone de confort.

En cas de dépassement, il sera nécessaire de comprendre les causes et d'analyser les perspectives relatives aux marchés financiers. La façon la plus rapide d'agir est de procéder à une cession partielle du portefeuille d'actions. Elle peut ne pas être la meilleure solution dans le cas d'un faible dépassement du seuil d'alerte ; la compagnie peut alors choisir un retour progressif à la normale, en vendant ses titres de manières ciblés, sans s'interdire les achats afin de ne pas perdre d'opportunités éventuelles.

Scenario 4

	Annee 2012	Scenario 4		
		Sur 2012	Alerte	Limite
Deterioration des reserves	0,0%	10,0%	21,6%	43,3%
Niveau de reserve seuil (vs 2012)			10,5%	30,3%
Impact sur le profit		-23%	-50%	-100%
Ratio combine	95,0%	95,0%	95,0%	95,0%
Ratio combine (incluant la PRAD)	96,8%	97,0%	97,2%	97,7%
Profit net	30,7	23,6	15,4	0,0
Fonds propres	290,7	283,6	275,4	260,0
Capital social	260,0	260,0	260,0	260,0
Benefices non redistribues	30,7	23,6	15,4	0,0
Roe	11,2%	8,7%	5,7%	0,0%
Capital requis	274,5	274,8	275,2	275,9
Charge de capital	152,5	152,6	152,9	153,3
"Claim liability"	63,8	63,9	64,0	64,2
"Premium liability"	63,1	63,1	63,1	63,1
Risques de marche	14,8	14,8	14,8	14,9
Risques de credit	3,1	3,1	3,1	3,1
Risques operationnels	7,8	7,9	7,9	7,9
Ratio de solvabilite	190,66%	185,76%	180,14%	169,65%
Profit net/Capital requis	11,2%	8,6%	5,6%	0,0%

Tab 7.7.

D'après les résultats présentés dans le tableau Tab 7.7, la compagnie peut faire face à un événement type scenario 4 jusqu'à un montant de provision pour sinistres 10,5% supérieur au montant actuel. Au delà, elle se retrouve dans la zone d'alerte.

Au même titre que le ratio S/P, la détérioration des provisions pour sinistres a un double effet négatif sur le ratio de solvabilité (baisse du résultat et augmentation de la charge pour risque relative aux provisions techniques). La branche étant relativement « *short tail* » (i.e. plus de 40% des sinistres sont réglés l'année de leur survenance), l'impacte sur le ratio de solvabilité est malgré tout limité.

Il est peu pratique de mettre en place des actions afin de limiter une augmentation éventuelle des provisions des années antérieures. En cas de dépassement de seuil, il faudra agir sur les frais généraux ou le S/P courant afin de réduire les pertes et améliorer le ratio de solvabilité.

Un autre axe d'amélioration du ratio de solvabilité consisterait à accélérer la cadence de règlement, la réduction de la charge pour risque compensant largement la baisse des produits financiers. Ceci n'est cependant pas très facile à mettre en place dans la mesure où les règlements ne dépendent pas uniquement des processus internes mais également de la vitesse de déclaration des assurés, ou des tribunaux en cas de litige.

Scenario 5 et 6

Les scénarios 5 et 6 montrent un impact sur le résultat et le ratio de solvabilité très limité. Nous ne présenterons pas les résultats et aucune action ne découlera donc de ces scénarios.

Afin de mutualiser le risque de défaut relatif aux obligations, la compagnie pourra cependant limiter le montant de chaque obligation à 5 millions de Ringgits. Ceci reviendra à dire que plus de 3 obligations devront faire défaut en même temps pour réduire le résultat net d'impôt de moitié (zone d'alerte). Elle pourra également restreindre le portefeuille à des obligations supérieure à une note donnée (>A par exemple).

La matrice des indicateurs opérationnels

Tous ces résultats peuvent être présentés sous la forme d'une matrice comme suit :

SEUILS	Niveau actuel	Zone de confort	Zone d'alerte	Zone limite
S/P	66,61%	augmentation <= 0,5 pt de pourcentage	augmentation comprise entre 0,5 et 6,2 pts de pourcentage	augmentation > 6,2 pts de pourcentage
Ratio de frais generaux (sur prime emise brute)	16%	augmentation <= 1,7 pts de pourcentage	augmentation comprise entre 1,7 et 6,4 pts de pourcentage	augmentation > 6,4 pts de pourcentage
Resultat sur anterieurs	-	deterioration <= 9 mil de Ringgits	deterioration comprise entre 9 et 26 mil de Ringgits	deterioration > 26 mil de Ringgits
Proportion d'action	5%	augmentation <= 3,9 pts de pourcentage	augmentation comprise entre 3,9 et 19,3 pts de pourcentage	augmentation > 19,3 pts de pourcentage

Tab 7.8.

Cette matrice devra s'accompagner d'un tableau récapitulatif des actions à engager.

Elle est revue annuellement à chaque début d'année et est testée sur les projections des années à venir afin d'affiner la stratégie et de s'assurer de la compatibilité de cette dernière avec l'appétit pour le risque de la compagnie.

7.2.2.3. Les limites de l'exercice

Si l'on ne peut nier la nécessité d'un tel exercice afin de mieux comprendre les risques, la façon dont ils influencent les indicateurs et les moyens de s'en prémunir, il est également très important de remettre tout cela en perspective et d'apporter quelques précisions supplémentaires.

Afin de mesurer des impacts comparables, on suppose que les 6 scénarios ont la même probabilité de survenir. On note évidemment le caractère subjectif et difficilement vérifiable. Comment affirmer avec certitude que tous ces scénarios se produisent en moyenne tous les 20 ans ; à cela s'ajoute la difficulté d'estimer les corrélations éventuelles entre les facteurs, notamment les moins évidentes (par exemple la corrélation qu'il pourrait y avoir entre la baisse des actions et l'augmentation du ratio S/P).

L'exercice est encore plus périlleux lorsqu'il s'agit de considérer plusieurs facteurs à la fois.

De plus, en règle générale, 2 types de scénarios sont testés. Des scénarios défavorables se produisant environ une fois tous les 20 ans et des scénarios extrêmes qui se produisent en moyenne tous les 200 ans. L'exercice périlleux devient alors proche de la science fiction lorsqu'il s'agit de considérer ces scénarios aillant une probabilité très faible de survenance. Comment définit-on un scénario qui ne survient qu'un fois tous les 200 ans ? Quel est le coût d'un ouragan, un tremblement de terre ou une inondation qui ne se produit qu'une fois tous les 200 ans ? Si l'on regarde notre histoire, nous avons traversé plusieurs crises financières majeures, 2 guerres mondiales et nombre d'autres guerres aux cours des 200 dernières années. Les risques de demain sont-ils les risques d'hier ? Voilà des questions auxquelles doivent tenter de répondre les gestionnaires de risque. Comment imaginer des risques qui n'arrivent jamais ou pratiquement dans une carrière professionnelle et leurs implications, le défi est de taille...

7.3. « Risk appetite » et stratégie

La compagnie se projette maintenant en 2013 et simule les 3 principaux indicateurs (résultat, solvabilité, création de valeur) en fonction de différents taux de croissance. Les hypothèses sont les mêmes que celles utilisées en 7.1.1 et 7.1.2, à l'exception des frais généraux pour lesquelles nous utilisons la formule suivante :

$$\text{Frais généraux 2013} = \text{frais généraux 2012} * (1 + 3\% + \text{Croissance}/2)$$

(Nous considérons que les frais généraux hors inflation (ici 3%) augmentent moins vite que le chiffre d'affaire)

Les ratios de commissions et S/P sont les mêmes en 2013 qu'en 2012.

Nous obtenons le tableau de résultat ci-dessous :

	Annee 2012	Annee 2013			
Croissance		0,0%	6,5%	12,0%	17,5%
Ratio combine	95,0%	94,6%	94,6%	94,5%	94,5%
Ratio combine (incluant la PRAD)	96,8%	95,8%	95,9%	96,0%	96,0%
Profit	30,7	36,7	37,4	38,0	38,5
Fonds propres	290,7	327,4	328,1	328,7	329,2
Capital social	260,0	260,0	260,0	260,0	260,0
Benefices non redistribues	30,7	67,4	68,1	68,7	69,2
Roe	11,2%	12,5%	12,7%	12,9%	13,1%
Capital necessaire	274,5	298,5	309,8	319,5	329,2
Charge de capital	152,5	165,8	172,1	177,5	182,9
"Claim liability"	63,8	75,0	76,3	77,5	78,7
"Premium liability"	63,1	62,4	66,6	70,3	74,0
Risques de marche	14,8	16,4	16,7	17,1	17,4
Risques de credit	3,1	3,4	3,5	3,5	3,6
Risques operationnels	7,8	8,7	8,9	9,1	9,2
Ratio de solvabilite	190,66%	197,47%	190,66%	185,17%	180,00%
Profit net/Capital requis	11,2%	12,3%	12,1%	11,9%	11,7%

Tab 7.9.

Le ratio de solvabilité décroît au fur et à mesure que la croissance de l'activité augmente, et ce, malgré l'augmentation du profit. De plus, lorsque la croissance est supérieure à 6,5%, le ratio de solvabilité est inférieur à celui de 2012, malgré un meilleur ratio combiné. Cela signifie que la marge générée par l'activité et les produits financiers ne permettent pas d'auto financer une croissance supérieure à 6,5%. Le ROE qui augmente alors que le ratio Profit net/Capital requis montre qu'il est nécessaire de puiser dans l'excédent de fonds propres pour financer la croissance.

Enfin, si l'on considère une croissance supérieure à 6,5%, les seuils retenus au paragraphe précédents sont à revoir.

La croissance de marché est de 8% et la compagnie, qui souhaite gagner des parts de marché cible une croissance de 12%.

Le ratio de solvabilité n'est cependant pas suffisant pour assurer la pérennité sans injecter de capital et cette hypothèse de croissance place la compagnie dans la zone d'alerte (en cas de survenance un événement de type scenario 1, le ratio de solvabilité passe largement sous la barre des 180%). Cette dernière se fixe comme objectif de garder un ratio de solvabilité égal à celui de 2012 afin de garder des seuils comparables à ceux fixés au paragraphe précédent (7.2). Afin d'affiner la stratégie, il est ainsi important de déterminer les leviers qui pourraient permettre cela.

On considère les leviers suivants :

- L1 : Réassurance proportionnelle
- L2 : Réduction du portefeuille d'action
- L3 : Réduction du portefeuille d'obligation
- L4 : Réduction des frais généraux
- L5 : Augmentation de la cadence de paiement
- L6 : Diminution du ratio S/P

Nous mesurons, un par un, de combien il est nécessaire de les faire varier afin d'obtenir un ratio de solvabilité similaire à 2012. Nous obtenons les résultats suivants :

	Reference	L1	L2	L3	L4	L5	L6
Croissance	12,0%	12,0%	12,0%	12,0%	12,0%	12,0%	12,0%
Ratio combine	94,5%	95,4%	94,5%	94,5%	94,5%	92,6%	93,1%
Ratio combine (incluant la PRAD)	96,0%	96,7%	96,0%	96,0%	95,6%	94,0%	94,4%
Profit net	38,0	33,7	36,8	36,3	38,9	45,1	43,5
Fonds propres	328,7	324,4	327,6	327,0	329,6	335,8	334,2
Capital social	260,0	260,0	260,0	260,0	260,0	260,0	260,0
Benefices non redistribues	68,7	64,4	67,6	67,0	69,6	75,8	74,2
Roe	12,9%	11,5%	12,5%	12,4%	13,2%	15,1%	14,6%
Capital requis	319,5	306,3	309,3	308,8	311,2	317,1	315,5
Charge de capital	177,5	170,1	171,8	171,5	172,9	176,1	175,3
"Claim liability"	77,5	74,7	77,5	77,5	73,5	77,5	76,5
"Premium liability"	70,3	66,6	70,3	70,3	70,3	68,7	69,1
Risques de marche	17,1	16,5	11,4	14,5	16,7	17,2	17,1
Risques de credit	3,5	3,4	3,5	0,2	3,5	3,6	3,5
Risques operationnels	9,1	9,0	9,1	9,0	8,9	9,1	9,1
Ratio de solvabilite	185,17%	190,66%	190,66%	190,66%	190,66%	190,66%	190,66%
Profit net/Capital requis	11,9%	11,0%	11,9%	11,8%	12,5%	14,2%	13,8%

Tab 7.10.

L1 : le taux de réassurance passe de 4% en 2012 à 10,4% en 2013 : cette solution peut résoudre un problème de solvabilité ponctuel mais pas de manière structurelle.

L2 : le portefeuille d'action passe de 5% à 1,75% du portefeuille d'actif. Cette solution réduit également la sensibilité au scénario 3 (voir paragraphe 7.2). Notons néanmoins que ne pas considérer de plus value future sur action est pessimiste et biaise le jugement. Cela pousse à préférer nettement les obligations.

L3 : le portefeuille d'obligation passe de 25% à 1,1%. La perte de profit est importante et le risque assez faible.

L4 : Augmentation de la cadence de règlements de 6,9% par rapport au plan 2013 de référence (les profits générés sont légèrement supérieures au plan de référence car l'augmentation des règlements, réduit le montant de PRAD et de provision pour frais de gestion de sinistres). C'est une bonne solution mais cette dernière ne dépend pas uniquement de la compagnie d'assurance.

L5 : les frais généraux passe de +9% à -3,6% par rapport aux frais généraux 2012. La réduction des frais généraux ne semble cependant pas possible de manière aussi drastique sans mettre en danger la croissance a moyen terme de la compagnie.

L6 : Augmentation des tarifs afin de réduire le ratio S/P de 1,47 points de pourcentage par rapport à 2012. Compte tenu du fait que la compagnie cherche à gagner des parts de marché, augmenter les tarifs risque de générer un problème de compétitivité.

La compagnie décide d'utiliser les leviers L2, L4 et L5 de la manière suivante :

- Le portefeuille d'action passe de 5% à 3,1%
- Les frais généraux augmentent seulement de 7,5% par rapport à 2012.

- Les règlements augmentent de 2% par rapport au plan de référence 2013. Cette mesure peut être mise en œuvre en améliorant la vitesse de traitement des dossiers par les gestionnaires sinistres (elle peut être cependant difficile à quantifier car l'incertitude liée aux règlements d'une année est largement supérieure à 2%).

On obtient les projections suivantes :

	Reference	Strategie
Croissance	12,0%	12,0%
Ratio combine	94,5%	94,3%
Ratio combine (incluant la PRAD)	96,0%	95,6%
Profit net	38,0	38,4
Fonds propres	328,7	329,1
Capital social	260,0	260,0
Benefices non redistribues	68,7	69,1
Roe	12,9%	13,0%

	319,5	310,7
Capital requis	319,5	310,7
Charge de capital	174,0	169,1
"Claim liability"	77,5	76,3
"Premium liability"	70,3	70,1
Risques de marche	17,1	13,6
Risques de credit	-	-
Risques operationnels	9,1	9,0
Ratio de solvabilite	185,17%	190,66%
Profit net/Capital requis	11,9%	12,4%

Tab 7.11.

La compagnie va pouvoir ainsi bâtir un plan d'action nécessaire pour atteindre les cibles fixées dans le tableau ci-dessus, et, suivant le même mode opératoire qu'au paragraphe 7.2, réajuster la matrice des seuils des indicateurs opérationnels (paragraphe 7.2.2.2).

Ces indicateurs et ces seuils doivent permettre de préciser à partir de quel moment il sera nécessaire de modifier la stratégie.

Nous noterons enfin, qu'il est difficile d'optimiser toutes les métriques ; l'actionnaire doit ainsi faire des arbitrages, notamment entre profit et solvabilité. Même si plus de croissance peut générer plus de profit, le profit additionnel peut s'avérer insuffisant à financer la croissance supplémentaire.

Dans notre exemple un ratio combiné de 96% ne permet pas de financer une croissance de 12%. De ce fait, compte tenu de la stratégie de croissance et des exigences de capital, il est peu probable que la compagnie puisse verser des dividendes, malgré les profits. En choisissant une croissance plus faible, la compagnie aurait généré des profits plus faibles mais aurait été en mesure de verser des dividendes. Le non versement de dividende permet le financement d'une croissance plus rapide de l'activité et, in fine, une augmentation de la valeur de la compagnie. Le ROE ou le ratio Profit Net/Capital Requis permet de mesurer la création de valeur de l'année mais pas la valeur créée par la totalité du *run-off* tout au long de sa durée de vie.

Ainsi, le « non paiement de dividende » ne veut pas dire *pas de profit et pas de création de valeur*, mais peut être dicté par la volonté de financement d'une activité créatrice de valeur à moyen terme. S'il est acceptable de ne pas verser de dividende à court terme, il est important de considérer un plan stratégique suffisamment long pour permettre le calcul de dividende espéré et à quel horizon. In fine, l'actionnaire décidera quel risque il est prêt à prendre, combien de temps il est prêt à attendre avant le versement de dividende et quelle création de valeur il espère durant cette période.

RBC et solvabilité 2 (notamment au travers de *l'ORSA (Own Risk and Solvency Assessment)*) permettent de placer ces problématiques au cœur de la stratégie de développement de la compagnie d'assurance.

8. Conclusion

Les nouvelles règles de solvabilité, que ce soit dans le cadre Malaisien avec le *RBC*, ou Européen avec Solvabilité 2 impliquent un changement radical dans la façon dont la compagnie d'assurance doit estimer et gérer ses risques mais aussi dans sa façon de conduire ses activités.

Ces changements impliquent l'utilisation de modèles toujours plus complexes, s'agissant notamment du calcul des réserves avec l'utilisation de plus en plus courante de modèles stochastiques.

Nous avons présenté dans ce mémoire quelques-uns de ces modèles, nominativement le *GLM*, le *bootstrap* et la méthode de *Thomas Mack* et tenté d'en souligner les différences et les limites.

Le *GLM* tout d'abord est un modèle assez robuste mais relativement restrictif. Non seulement, il présuppose une distribution sous-jacente contraignante mais en plus il ne peut s'appliquer qu'aux triangles de paiements. Ensuite, il reproduit les résultats de la méthode de *Chain Ladder*. Si cette méthode est efficace sur les années antérieures, elle l'est souvent beaucoup moins sur l'année courante, notamment sur les branches à développement long, lorsque l'information contenue dans la première année de développement est faible (comme sur notre triangle de paiement *Bodily injury*) ; dans ces cas, la méthode de *Bornhuetter-Ferguson* semble plus appropriée.

D'autres modèles issus du *GLM* ont été développés en utilisant des membres de la famille exponentielle autre que la loi de Poisson ; il pourrait être bon de les tester et d'en déduire un modèle plus optimal au sein de cette famille exponentielle que le « *GLM Overdispersed Poisson* ».

Une approche stochastique de la méthode de *Bornhuetter-Ferguson* est également un axe de développement intéressant à explorer.

Le modèle de *Thomas Mack* est, quant à lui, facile à mettre en place (formules simples) et plus flexible puisqu'il peut être utilisé sur le triangle de règlements ou d'encourus. Son comportement est cependant difficile à comprendre sur les branches à développement long (que la première année de développement comporte 5% ou 50% de l'information ne fait pas varier significativement l'erreur d'estimation). De plus, comme le *GLM*, il reproduit les résultats de la méthode de *Chain Ladder*, avec les inconvénients évoqués un peu plus haut. Autre inconvénient commun avec le *GLM*, il ne donne pas une distribution complète mais uniquement une moyenne et un écart-type. Les quantiles ne peuvent être déterminés qu'en simulant une distribution des réserves grâce ces moyenne et écart-type.

Le *bootstrap*, lui, ne donne pas les mêmes résultats que *Chain Ladder* et permet la simulation d'une distribution complète. De plus, il est assez flexible dans son utilisation. Cependant, il a également montré ces limites sur les branches à développement long (comme sur notre triangle de paiement *Bodily injury*).

Quel modèle utiliser, quel triangle utiliser, ces choix sont cruciaux et dictés par des éléments quantitatifs et qualitatifs non intégrés aux données. Plus le modèle est compli-

qué, plus la tendance à utiliser les résultats sans jugement critique est grande. L'erreur liée au choix du modèle peut cependant être supérieure à celle intrinsèque mais n'est que rarement prise en compte car difficile à estimer. Le calcul de cette erreur d'estimation liée au choix du modèle est sans nul doute un élément clé qu'il conviendrait d'explorer en détail.

Outre les différences entre les modèles, nous avons pu observer dans un deuxième temps, les différents résultats obtenus sous les régimes *RBC* et Solvabilité 2. Bien que les concepts soient assez proches, l'approche *RBC* est plus prudente et nécessite un capital plus important. Solvabilité 2 est plus court-terme et privilégie une plus grande prise de risque.

Cependant, cette conclusion repose uniquement sur l'étude du passif d'une branche auto en *run-off* sous certaines hypothèses simplificatrices. Il pourrait être intéressant d'étendre cette comparaison à une compagnie multi-branches et active, mais aussi de considérer les éléments du bilan autres que les réserves de sinistres.

Dans le cadre *RBC*, les charges pour risques relatifs aux risques d'assurances sont bien supérieures à ceux relatifs aux investissements. En est-il de même pour solvabilité 2 ? qu'en est-il des risques catastrophes ? Est ce que le plus grand niveau de prudence du *RBC* est valable pour toutes les branches ou uniquement l'auto, ou certain type d'activités ? Le champ possible d'investigation est énorme.

Enfin, comme nous l'avons vu dans le dernier paragraphe, ces problématiques vont bien au delà du calcul des provisions techniques ou du ratio de solvabilité. Elles impliquent une anticipation des risques potentiels et un changement radical dans la façon dont la compagnie bâtit sa stratégie et optimise le financement de son activité.

Les changements sont en cours, mais la transformation n'est pas terminée. Alors que la plupart des acteurs économiques ont encore le plus souvent le regard fixé sur les performances à court terme, le *RBC* comme solvabilité 2 prônent une gestion à long terme. Est-il facile pour l'actionnaire d'accepter une mesure qui réduirait le profit de l'année afin de se prémunir d'un événement que pourrait ne survenir que dans 20 ans ? ou encore d'accepter un dividende faible pour financer une activité durable et créatrice de valeur à moyen terme ?

Dans un contexte de complexification des concepts et des modèles, le rôle de l'actuaire en ressort renforcé. Son principal défi n'est pas de produire les bons chiffres, mais bien de les relier à la réalité et d'en donner une interprétation pratique afin de permettre à la direction de la compagnie de prendre les bonnes décisions stratégiques.

9. Bibliographie

T. MACK (1993): Distribution-free calculation of standard error of Chain Ladder reserve estimates. ASTIN Bulletin, Vol. 23.

T. MACK (1999): The standard error of Chain Ladder reserve estimates: recursive calculation and inclusion of tail factor. ASTIN Bulletin, Vol. 29.

G. QUARG, T. MACK : Munich Chain Ladder: A Reserving Method that Reduces the Gap between IBNR Projections Based on Paid Losses and IBNR Projections Based on Incurred Losses. www.Variancejournal.org.

M. MERZ, M. V. WUTHRICH (2008): Modelling the Claims Development Result for Solvency Purposes. ASTIN Colloquium Manchester.

E OHLSSON, J LAUZENINGKS (2008): The one year non-life risk. ASTIN Colloquium Manchester.

P. D. England, R. J. VERALL (1999): Analytic and bootstrap estimates of prediction errors in claims reserving.

P. D. England (2001): Addendum to “Analytic and bootstrap estimates of prediction errors in claims reserving”. Actuarial research paper No. 138.

P. J. R. PINHEIRO, J. M. Andrade e SILVA, M de Lourdes CENTENO (2000): Bootstrap Methodology in Claim Reserving. Working paper.

P. McCULLAGH, P., J. A. NELDER (1989): Generalized Linear Models. 2nd edition, Chapman and Hall.

S. JACKMAN : Generalized Linear Models. Presentation paper.

General Linear Model: statsoft.com/textbook/general-linear-models/#reg_extension

General Linear Model: biostat.uib.no/courses/spring2002/seminar/lectures/glm.pdf

BANK NEGARA MALAYSIA guidelines on RBC

BANK NEGARA MALAYSIA guidelines on ICAP

DIRECTIVE 2009/138/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL
du 25 novembre 2009

QIS5 TECHNICAL SPECIFICATIONS

ACP : Solvabilité 2 : Principaux enseignements de la cinquième étude quantitative d'impact (QIS 5)

Actuaire search (www.actuaire-search.fr/ zoom sur (mai, juin, Septembre, Décembre 2012)

Divers sites relatifs à la Malaisie, son histoire, sa géographie et sa politique économique.

10. Annexes

10.1. Annexe 1 : Résultats détaillés des calculs des réserves

10.1.1. Own Damage

10.1.1.1. Chain Ladder Paid

Le tableau ci-dessous montre les résultats détaillés de la méthode de *Chain Ladder* sur le triangle de paiements.

CL / Paid triangle	Ratios									
	2/1	3/2	4/3	5/4	6/5	7/6	8/7	9/8	10/9	
2003	1,925	1,030	1,003	1,001	1,001	1,000	1,000	1,003	1,001	
2004	1,717	1,022	1,009	1,005	1,003	1,007	1,001	1,000		
2005	1,734	1,025	1,008	1,003	1,001	1,001	1,000			
2006	1,538	1,040	1,005	1,003	1,002	1,004				
2007	1,578	1,019	1,005	1,007	1,001					
2008	1,507	1,029	1,008	1,003						
2009	1,755	1,034	1,008							
2010	1,764	1,038								
2011	1,797									

CL / Paid triangle	Loss development factors									
	2/1	3/2	4/3	5/4	6/5	7/6	8/7	9/8	10/9	11/10
Average 9 last	1,637	1,030	1,007	1,003	1,002	1,001	1,001	1,001	1,001	1,000
Average	1,637	1,030	1,007	1,003	1,002	1,001	1,001	1,001	1,001	1,000
Weighted average 9 last	1,633	1,030	1,007	1,003	1,002	1,001	1,001	1,001	1,001	1,000
Weighted average	1,633	1,030	1,007	1,003	1,002	1,001	1,001	1,001	1,001	1,000
Minimum	1,538	1,023	1,003	1,001	1,001	1,001	1,000	1,000	1,000	1,000
Maximum	1,734	1,040	1,012	1,004	1,003	1,002	1,001	1,001	1,001	1,000
Weighted average last diagonal excluded	1,629	1,030	1,007	1,003	1,002	1,001	1,001	1,001	NAN	NAN
Weighted average min and max excluded	1,634	1,029	1,007	1,003	1,002	1,001	1,000	NAN	NAN	
User-defined factors	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Selected factors	1,633	1,030	1,007	1,003	1,002	1,001	1,001	1,001	1,001	1,000

CL / Paid triangle	Results										
	01/2003	01/2004	01/2005	01/2006	01/2007	01/2008	01/2009	01/2010	01/2011	01/2012	Total
Paid	68 754	64 733	73 248	77 573	78 312	90 833	107 082	111 894	153 503	123 338	949 270
Ultimate projected	68 754	64 757	73 317	77 687	78 521	91 250	107 875	113 543	160 417	210 493	1 046 615
Total reserves	0	24	69	114	209	417	793	1 649	6 914	87 155	97 345
Reserves standard error	NAN	20	33	39	54	120	154	309	750	5 906	6 012
Reserves standard error	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Reserves one year standard error	NAN	20	27	24	40	107	85	268	651	5 842	5 920
Reserves one year standard error	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Case estimates	0	22	20	953	598	1 118	2 615	3 300	6 789	72 140	87 555
IBNR	0	2	49	-839	-389	-701	-1 822	-1 651	125	15 015	9 790
Ultimate loss ratio	58,2%	54,1%	55,6%	55,5%	54,9%	56,7%	59,5%	54,5%	54,6%	53,6%	55,4%
Discounted future flows	0	23	67	110	200	397	752	1 570	6 670	85 435	95 225
Duration	0,0	0,5	0,9	1,4	1,5	1,6	1,8	1,6	1,2	0,7	0,7

10.1.1.2. Chain ladder incurred

Le tableau ci-dessous montre les résultats détaillés de la méthode de *Chain Ladder* sur le triangle d'encours.

CL / Incurred triangle	Link ratios									
	2/1	3/2	4/3	5/4	6/5	7/6	8/7	9/8	10/9	
2003	1,040	0,977	0,998	0,995	1,001	1,000	1,000	0,998	0,999	
2004	1,000	0,994	0,993	1,008	0,999	1,004	1,004	1,000		
2005	1,090	0,986	1,003	1,002	1,002	0,999	1,000			
2006	1,121	0,992	0,999	1,000	1,000	0,997				
2007	1,111	1,000	1,000	0,991	1,000					
2008	0,984	1,008	1,001	1,001						
2009	1,071	1,013	0,998							
2010	1,062	1,006								
2011	1,091									

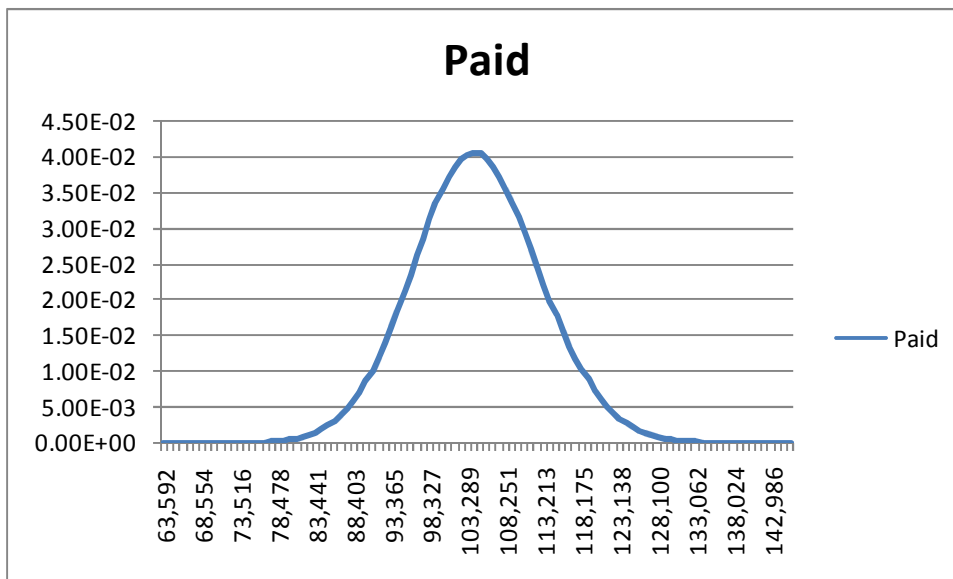
CL / Incurred triangle	Loss development factors										
	2/1	3/2	4/3	5/4	6/5	7/6	8/7	9/8	10/9	11/10	
Average 9 last	1,083	0,997	0,999	0,998	1,000	0,999	0,997	0,999	1,000		
Average	1,083	0,997	0,999	0,998	1,000	0,999	0,997	0,999	1,000		
Weighted average 9 last	1,083	0,997	0,999	0,998	1,000	0,999	0,998	0,999	1,000		
Weighted average	1,083	0,997	0,999	0,998	1,000	0,999	0,998	0,999	1,000		
Minimum	1,049	0,977	0,997	0,991	0,999	0,997	0,993	0,999	1,000		
Maximum	1,121	1,008	1,002	1,001	1,001	1,000	1,000	1,000	1,000		
Weighted average last diagonal excluded	1,084	0,996	0,999	0,997	1,000	0,999	0,996	1,000	NAN		
Weighted average min and max excluded	1,082	0,998	0,999	0,998	1,000	0,999	0,999	NAN	NAN		
User-defined factors	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
Selected factors	1,083	0,997	0,999	0,998	1,000	0,999	0,998	0,999	1,000	1,000	

CL / Incurred triangle	Results										
	01/2003	01/2004	01/2005	01/2006	01/2007	01/2008	01/2009	01/2010	01/2011	01/2012	Total
Incurred	68 754	64 755	73 268	78 526	78 910	91 951	109 697	115 194	160 292	195 478	1 036 825
Ultimate incurred	68 754	64 755	73 212	78 277	78 572	91 562	108 965	114 282	158 545	209 379	1 046 303
IBNR	0	0	-56	-249	-338	-389	-732	-912	-1 747	13 901	9 478
Reserves standard error	NAN	NAN	42	306	324	362	550	590	1 298	3 298	4 179
Reserves standard error	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Reserves one year standard error	NAN	NAN	42	303	134	116	392	220	1 093	2 938	3 494
Reserves one year standard error	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Case estimates	0	22	20	953	598	1 118	2 615	3 300	6 789	72 140	87 555
Total reserves	0	22	-36	704	260	729	1 883	2 388	5 042	86 041	97 033
Ultimate loss ratio	58,2%	54,1%	55,5%	56,0%	54,9%	56,9%	60,1%	54,8%	53,9%	53,3%	55,4%

10.1.1.3. Bootstrap Paid

Le tableau ci-dessous montre les résultats du *bootstrap* sur le triangle de paiements ainsi que la distribution des réserves obtenue.

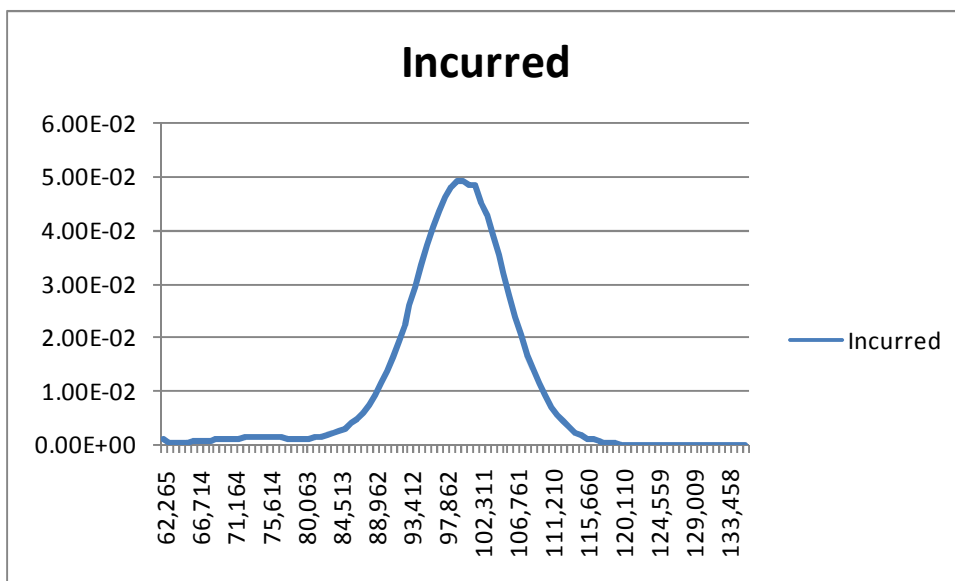
Paid	Bootstrap / Bootstrap results					
	Mean	Standard	de Median	VaR (75%)	VaR (95%)	VaR (99.5%)
01/2003	0	0	0	0	0	0
01/2004	50	196	23	142	407	732
01/2005	180	321	149	366	752	1 179
01/2006	220	357	192	431	848	1 313
01/2007	459	459	431	746	1 255	1 808
01/2008	679	554	649	1 029	1 636	2 279
01/2009	1 189	715	1 158	1 649	2 416	3 216
01/2010	2 000	892	1 968	2 579	3 517	4 478
01/2011	7 449	1 689	7 405	8 555	10 303	12 006
01/2012	91 891	7 384	91 754	96 748	104 275	111 660
Total	104 116	8 270	103 995	109 595	117 957	126 144



10.1.1.4. Bootstrap Incurred

Le tableau ci-dessous montre les résultats du *bootstrap* sur le triangle d'encourus ainsi que la distribution des réserves obtenue.

Incurred	Bootstrap / Bootstrap results					
	Mean	Standard de	Median	VaR (75%)	VaR (95%)	VaR (99.5%)
01/2003	0	0	0	0	0	0
01/2004	-86	281	-42	52	288	651
01/2005	-228	416	-177	11	360	768
01/2006	797	547	829	1 118	1 633	2 239
01/2007	421	685	450	843	1 494	2 237
01/2008	945	813	974	1 457	2 224	3 076
01/2009	2 317	1 126	2 341	3 047	4 117	5 261
01/2010	1 967	1 261	1 993	2 790	3 989	5 250
01/2011	5 975	2 425	5 947	7 659	9 943	12 093
01/2012	86 495	6 181	87 048	89 993	94 422	98 922
Total	98 603	7 416	99 230	103 224	108 972	114 620



10.1.1.5. Résultats

Les tableaux des 4 pages suivantes montrent les quantiles à 75%, 95% et 99,5% obtenus à l'aide des différents modèles, en simulant respectivement des lois Normal et Log Normal.

Thomas Mack Paid Normal

Probability (Probability distribution)

	Mean	Standard deviation	Median	VaR (75%)	VaR (95%)	VaR (99.5%)
01/2003	0	0	0	0	0	0
01/2004	52	34	52	75	108	140
01/2005	184	164	184	295	455	608
01/2006	239	184	239	363	542	714
01/2007	531	350	531	767	1 106	1 432
01/2008	764	394	764	1 030	1 413	1 780
01/2009	1 295	475	1 295	1 616	2 077	2 519
01/2010	2 118	537	2 118	2 481	3 002	3 502
01/2011	7 625	1 141	7 625	8 395	9 503	10 565
01/2012	92 141	12 109	92 141	100 309	112 060	123 333
Total	104 950	12 375	104 950	113 297	125 305	136 826

Thomas Mack Paid Log Normal

Probability (Probability distribution)

	Mean	Standard deviation	Median	VaR (75%)	VaR (95%)	VaR (99.5%)
01/2003	0	0	0 NAN	NAN	NAN	NAN
01/2004	52	34	43	65	116	203
01/2005	184	164	137	230	484	987
01/2006	239	184	189	300	582	1 101
01/2007	531	350	444	665	1 190	2 081
01/2008	764	394	679	942	1 510	2 374
01/2009	1 295	475	1 216	1 545	2 182	3 038
01/2010	2 118	537	2 053	2 430	3 096	3 905
01/2011	7 625	1 141	7 541	8 337	9 633	11 065
01/2012	92 141	12 109	91 356	99 786	113 296	127 975
Total	104 950	12 375	104 228	112 825	126 452	141 070

Thomas Mack Incurred Normal

Probability (Probability distribution)

	Mean	Standard deviation	Median	VaR (75%)	VaR (95%)	VaR (99.5%)
01/2003	0	0	0	0	0	0
01/2004	52	133	52	142	271	395
01/2005	184	209	184	325	529	724
01/2006	239	56	239	276	330	382
01/2007	531	303	531	736	1 030	1 312
01/2008	764	252	764	934	1 178	1 413
01/2009	1 295	354	1 295	1 534	1 877	2 206
01/2010	2 118	751	2 118	2 625	3 354	4 053
01/2011	7 625	1 072	7 625	8 348	9 389	10 387
01/2012	92 141	6 993	92 141	96 858	103 643	110 153
Total	104 950	7 308	104 950	109 880	116 971	123 775

Thomas Mack Incurred Log Normal

Probability (Probability distribution)

	Mean	Standard deviation	Median	VaR (75%)	VaR (95%)	VaR (99.5%)
01/2003	0	0	0 NAN	NAN	NAN	NAN
01/2004	52	133	19	49	196	737
01/2005	184	209	122	225	544	1 271
01/2006	239	56	233	272	340	421
01/2007	531	303	461	660	1 105	1 812
01/2008	764	252	726	901	1 231	1 659
01/2009	1 295	354	1 249	1 497	1 942	2 494
01/2010	2 118	751	1 997	2 518	3 517	4 845
01/2011	7 625	1 072	7 551	8 298	9 505	10 827
01/2012	92 141	6 993	91 877	96 695	104 074	111 682
Total	104 950	7 308	104 697	109 725	117 386	125 239

Merz & Wüthrich Paid Normal

Probability (Probability distribution)

	Mean	Standard deviation	Median	VaR (75%)	VaR (95%)	VaR (99.5%)
01/2003	0	0	0	0	0	0
01/2004	52	34	52	75	108	140
01/2005	184	161	184	293	449	599
01/2006	239	75	239	290	363	432
01/2007	531	297	531	731	1 019	1 295
01/2008	764	164	764	875	1 034	1 186
01/2009	1 295	246	1 295	1 461	1 700	1 929
01/2010	2 118	276	2 118	2 304	2 572	2 828
01/2011	7 625	957	7 625	8 270	9 199	10 090
01/2012	92 141	12 041	92 141	100 263	111 947	123 158
Total	104 950	12 209	104 950	113 185	125 032	136 399

Merz & Wüthrich Paid Log Normal

Probability (Probability distribution)

	Mean	Standard deviation	Median	VaR (75%)	VaR (95%)	VaR (99.5%)
01/2003	0	0	NAN	NAN	NAN	NAN
01/2004	52	34	43	65	116	203
01/2005	184	161	139	231	479	967
01/2006	239	75	228	280	378	503
01/2007	531	297	464	659	1 093	1 775
01/2008	764	164	747	862	1 059	1 290
01/2009	1 295	246	1 272	1 445	1 734	2 067
01/2010	2 118	276	2 101	2 292	2 599	2 933
01/2011	7 625	957	7 566	8 231	9 293	10 440
01/2012	92 141	12 041	91 364	99 746	113 171	127 747
Total	104 950	12 209	104 247	112 727	126 150	140 528

Merz & Wüthrich Incurred Normal

Probability (Probability distribution)

	Mean	Standard deviation	Median	VaR (75%)	VaR (95%)	VaR (99.5%)
01/2003	0	0	0	0	0	0
01/2004	52	133	52	142	271	395
01/2005	184	188	184	311	493	668
01/2006	239	48	239	272	318	363
01/2007	531	235	531	690	918	1 137
01/2008	764	92	764	826	916	1 002
01/2009	1 295	289	1 295	1 490	1 771	2 040
01/2010	2 118	348	2 118	2 353	2 690	3 014
01/2011	7 625	579	7 625	8 016	8 578	9 117
01/2012	92 141	6 869	92 141	96 775	103 440	109 836
Total	104 950	6 917	104 950	109 616	116 328	122 767

Merz & Wüthrich Incurred Log Normal

Probability (Probability distribution)

	Mean	Standard deviation	Median	VaR (75%)	VaR (95%)	VaR (99.5%)
01/2003	0	0	NAN	NAN	NAN	NAN
01/2004	52	133	19	49	196	737
01/2005	184	188	129	228	517	1 135
01/2006	239	48	234	268	326	392
01/2007	531	235	486	646	975	1 445
01/2008	764	92	759	823	925	1 034
01/2009	1 295	289	1 264	1 467	1 817	2 231
01/2010	2 118	348	2 090	2 334	2 734	3 182
01/2011	7 625	579	7 603	8 002	8 614	9 244
01/2012	92 141	6 869	91 886	96 618	103 857	111 310
Total	104 950	6 917	104 723	109 478	116 700	124 077

GLM Paid Normal

Probability (Probability distribution

	Mean	Standard deviation	Median	VaR (75%)	VaR (95%)	VaR (99.5%)
01/2003	0	0	0	0	0	0
01/2004	52	162	52	161	319	470
01/2005	184	288	184	378	657	925
01/2006	239	328	239	460	779	1 085
01/2007	531	463	531	844	1 293	1 724
01/2008	764	559	764	1 141	1 683	2 203
01/2009	1 295	722	1 295	1 782	2 483	3 156
01/2010	2 118	898	2 118	2 724	3 595	4 431
01/2011	7 625	1 695	7 625	8 768	10 413	11 992
01/2012	92 141	7 366	92 141	97 109	104 256	111 114
Total	104 950	8 319	104 950	110 561	118 634	126 380

GLM Paid Log Normal

Probability (Probability distribution

	Mean	Standard deviation	Median	VaR (75%)	VaR (95%)	VaR (99.5%)
01/2003	0	0	NAN	NAN	NAN	NAN
01/2004	52	162	16	45	200	838
01/2005	184	288	99	210	618	1 739
01/2006	239	328	141	282	765	1 996
01/2007	531	463	400	665	1 379	2 777
01/2008	764	559	617	959	1 810	3 328
01/2009	1 295	722	1 131	1 607	2 662	4 323
01/2010	2 118	898	1 950	2 566	3 806	5 557
01/2011	7 625	1 695	7 443	8 632	10 683	13 106
01/2012	92 141	7 366	91 848	96 928	104 733	112 811
Total	104 950	8 319	104 622	110 359	119 168	128 281

BootStrap Paid Normal

Probability (Probability distribution

	Mean	Standard deviation	Median	VaR (75%)	VaR (95%)	VaR (99.5%)
01/2003	0	0	0	0	0	0
01/2004	52	196	52	184	374	557
01/2005	184	321	184	401	713	1 012
01/2006	239	357	239	480	827	1 159
01/2007	531	459	531	841	1 287	1 714
01/2008	764	554	764	1 138	1 675	2 191
01/2009	1 295	715	1 295	1 778	2 472	3 138
01/2010	2 118	892	2 118	2 720	3 586	4 416
01/2011	7 625	1 689	7 625	8 764	10 403	11 975
01/2012	92 141	7 384	92 141	97 122	104 287	111 161
Total	104 950	8 270	104 950	110 528	118 553	126 253

BootStrap Paid Log Normal

Probability (Probability distribution

	Mean	Standard deviation	Median	VaR (75%)	VaR (95%)	VaR (99.5%)
01/2003	0	0	NAN	NAN	NAN	NAN
01/2004	52	196	13	40	201	933
01/2005	184	321	92	203	640	1 924
01/2006	239	357	133	276	789	2 165
01/2007	531	459	402	665	1 373	2 753
01/2008	764	554	619	959	1 802	3 299
01/2009	1 295	715	1 133	1 605	2 649	4 284
01/2010	2 118	892	1 952	2 564	3 795	5 528
01/2011	7 625	1 689	7 445	8 629	10 670	13 081
01/2012	92 141	7 384	91 847	96 939	104 765	112 867
Total	104 950	8 270	104 626	110 328	119 081	128 131

BootStrap Incurred Normal

Probability (Probability distribution)

	Mean	Standard deviation	Median	VaR (75%)	VaR (95%)	VaR (99.5%)
01/2003	0	0	0	0	0	0
01/2004	52	281	52	241	514	775
01/2005	184	416	184	465	868	1 255
01/2006	239	547	239	608	1 139	1 649
01/2007	531	685	531	993	1 658	2 296
01/2008	764	813	764	1 312	2 101	2 858
01/2009	1 295	1 126	1 295	2 055	3 148	4 197
01/2010	2 118	1 261	2 118	2 969	4 192	5 366
01/2011	7 625	2 425	7 625	9 260	11 613	13 870
01/2012	92 141	6 181	92 141	96 310	102 307	108 061
Total	104 950	7 416	104 950	109 952	117 148	124 052

BootStrap Incurred Log Normal

Probability (Probability distribution)

	Mean	Standard deviation	Median	VaR (75%)	VaR (95%)	VaR (99.5%)
01/2003	0	0	NAN	NAN	NAN	NAN
01/2004	52	281	9	33	197	1 097
01/2005	184	416	75	185	681	2 380
01/2006	239	547	96	238	886	3 123
01/2007	531	685	326	635	1 658	4 166
01/2008	764	813	523	941	2 189	4 920
01/2009	1 295	1 126	977	1 621	3 358	6 755
01/2010	2 118	1 261	1 820	2 639	4 503	7 519
01/2011	7 625	2 425	7 266	8 959	12 107	16 163
01/2012	92 141	6 181	91 935	96 185	102 646	109 253
Total	104 950	7 416	104 689	109 793	117 575	125 560

10.1.2. Third Party Bodily Injury

10.1.2.1. Chain Ladder Paid

Le tableau ci-dessous montre les résultats détaillés de la méthode de *Chain Ladder* sur le triangle de paiements.

CL / Paid triangle	Ratios										
	2/1	3/2	4/3	5/4	6/5	7/6	8/7	9/8	10/9		
01/2003	7,943	1,509	1,280	1,204	1,116	1,136	1,026	1,013	1,000		
01/2004	7,647	1,640	1,323	1,187	1,115	1,157	1,034	1,007			
01/2005	6,741	2,850	1,615	1,228	1,184	1,126	1,024				
01/2006	10,287	2,301	1,601	1,362	1,075	1,040					
01/2007	9,414	2,141	1,748	1,145	1,021						
01/2008	8,726	3,439	1,621	1,086							
01/2009	11,483	3,076	1,282								
01/2010	11,923	2,822									
01/2011	12,007										
CL / Paid triangle	Loss development factors										
	2/1	3/2	4/3	5/4	6/5	7/6	8/7	9/8	10/9	11/10	
Average 9 last	9,575	2,472	1,496	1,202	1,102	1,115	1,028	1,010	1,000		
Average	9,575	2,472	1,496	1,202	1,102	1,115	1,028	1,010	1,000		
Weighted average 9 last	9,869	2,512	1,489	1,180	1,095	1,110	1,027	1,010	1,000		
Weighted average	9,869	2,512	1,489	1,180	1,095	1,110	1,027	1,010	1,000		
Minimum	6,741	1,509	1,280	1,086	1,021	1,040	1,024	1,007	1,000		
Maximum	12,007	3,439	1,748	1,362	1,184	1,157	1,034	1,013	1,000		
Weighted average last diagonal excluded	9,325	2,436	1,559	1,220	1,123	1,138	1,030	1,013	NAN		
Weighted average min and max excluded	9,615	2,534	1,470	1,186	1,098	1,130	1,026	NAN	NAN		
User-defined factors	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
Selected factors	9,869	2,512	1,489	1,180	1,095	1,110	1,027	1,010	1,000	1,000	
CL / Paid triangle	Results										
	01/2003	01/2004	01/2005	01/2006	01/2007	01/2008	01/2009	01/2010	01/2011	01/2012	Total
Paid	11 999	11 606	17 264	14 654	16 797	22 400	19 433	17 124	10 050	1 038	142 365
Ultimate projected	11 999	11 611	17 446	15 212	19 347	28 247	28 927	37 959	55 969	57 050	283 768
Total reserves	0	5	182	558	2 550	5 847	9 494	20 835	45 919	56 012	141 403
Reserves standard error	NAN	60	118	135	917	1 857	2 809	5 245	12 837	15 637	24 951
Reserves standard error	0	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Reserves one year standard error	NAN	60	95	97	905	1 482	2 150	4 145	11 085	9 325	18 850
Reserves one year standard error	0	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Case estimates	0	53	358	590	1 983	5 561	8 376	15 111	31 250	39 256	102 538
IBNR	0	-48	-176	-32	567	286	1 118	5 724	14 669	16 756	38 865
Ultimate loss ratio	205,5%	194,9%	263,7%	205,7%	243,2%	302,9%	275,3%	330,7%	337,5%	213,6%	261,8%
Discounted future flows	0	5	181	551	2 515	5 700	9 173	20 040	43 858	52 607	134 630
Duration	0,0	0,5	0,5	0,8	0,9	1,3	1,6	1,7	2,0	2,5	2,1

10.1.2.2. Chain ladder incurred

Le tableau ci-dessous montre les résultats détaillés de la méthode de *Chain Ladder* sur le triangle d'encours.

CL / Incurred triangle	Ratios										
	2/1	3/2	4/3	5/4	6/5	7/6	8/7	9/8	10/9		
01/2003	1,629	0,905	0,833	1,042	1,069	0,980	1,008	1,005	1,000		
01/2004	1,151	0,815	1,068	1,090	1,084	0,995	0,979	0,995			
01/2005	1,436	1,201	1,161	1,154	1,130	0,983	0,996				
01/2006	1,203	1,388	1,168	1,006	0,926	0,970					
01/2007	1,718	1,346	1,019	0,978	0,953						
01/2008	1,356	1,290	0,981	0,996							
01/2009	1,333	1,172	0,981								
01/2010	1,427	1,143									
01/2011	1,542										
CL / Incurred triangle	Loss development factors										
	2/1	3/2	4/3	5/4	6/5	7/6	8/7	9/8	10/9	11/10	
Average 9 last	1,422	1,158	1,030	1,044	1,032	0,982	0,994	1,000	1,000		
Average	1,422	1,158	1,030	1,044	1,032	0,982	0,994	1,000	1,000		
Weighted average 9 last	1,425	1,164	1,017	1,031	1,021	0,981	0,994	1,000	1,000		
Weighted average	1,425	1,164	1,017	1,031	1,021	0,981	0,994	1,000	1,000		
Minimum	1,151	0,815	0,833	0,978	0,926	0,970	0,979	0,995	1,000		
Maximum	1,718	1,388	1,168	1,154	1,130	0,995	1,008	1,005	1,000		
Weighted average last diagonal excluded	1,393	1,169	1,027	1,044	1,046	0,985	0,994	1,005	NAN		
Weighted average min and max excluded	1,428	1,179	1,019	1,021	1,019	0,982	0,996	NAN	NAN		
User-defined factors	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
Selected factors	1,425	1,164	1,017	1,031	1,021	0,981	0,994	1,000	1,000	1,000	
CL / Incurred triangle	Results										
	01/2003	01/2004	01/2005	01/2006	01/2007	01/2008	01/2009	01/2010	01/2011	01/2012	Total
Incurred	11 999	11 659	17 622	15 244	18 780	27 961	27 809	32 235	41 300	40 294	244 903
Ultimate incurred	11 999	11 659	17 620	15 158	18 325	27 867	28 565	33 672	50 204	69 822	284 890
IBNR	0	0	-2	-86	-455	-94	756	1 437	8 904	29 528	39 987
Reserves standard error	NAN	NAN	153	268	355	2 200	2 729	4 140	7 771	11 033	18 182
Reserves standard error	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Reserves one year standard error	NAN	NAN	140	238	211	2 155	1 686	2 941	5 827	6 022	12 571
Reserves one year standard error	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Case estimates	0	53	358	590	1 983	5 561	8 376	15 111	31 250	39 256	102 538
Total reserves	0	53	356	504	1 528	5 467	9 132	16 548	40 154	68 784	142 525
Ultimate loss ratio	205,5%	195,7%	266,4%	204,9%	230,4%	298,8%	271,8%	293,3%	302,7%	261,4%	262,9%

10.1.2.3. Bootstrap Paid

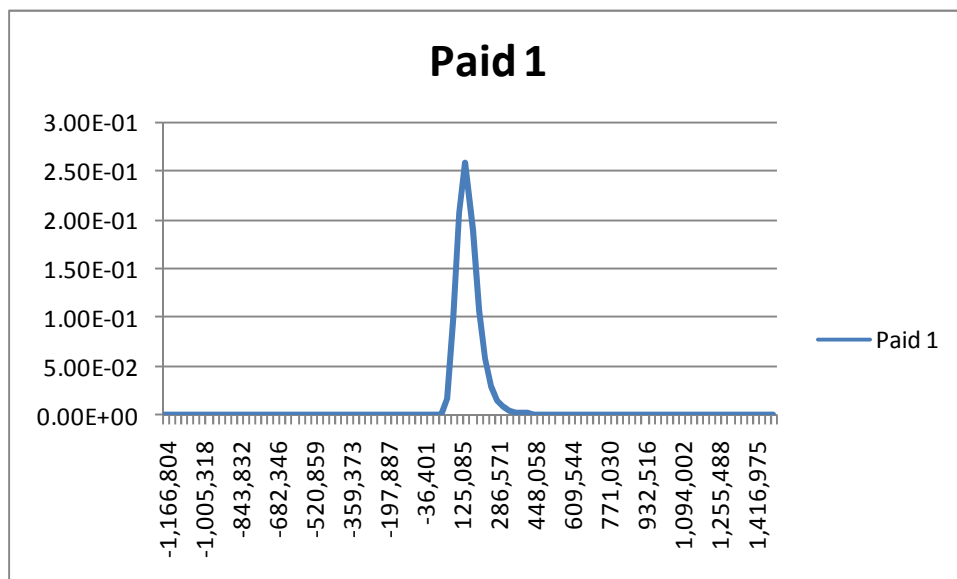
Sans zonage

Le tableau ci-dessous montre les résultats du *bootstrap* sur le triangle de paiements sans zonage ainsi que la distribution des réserves obtenue.

Paid

Bootstrap / Bootstrap results

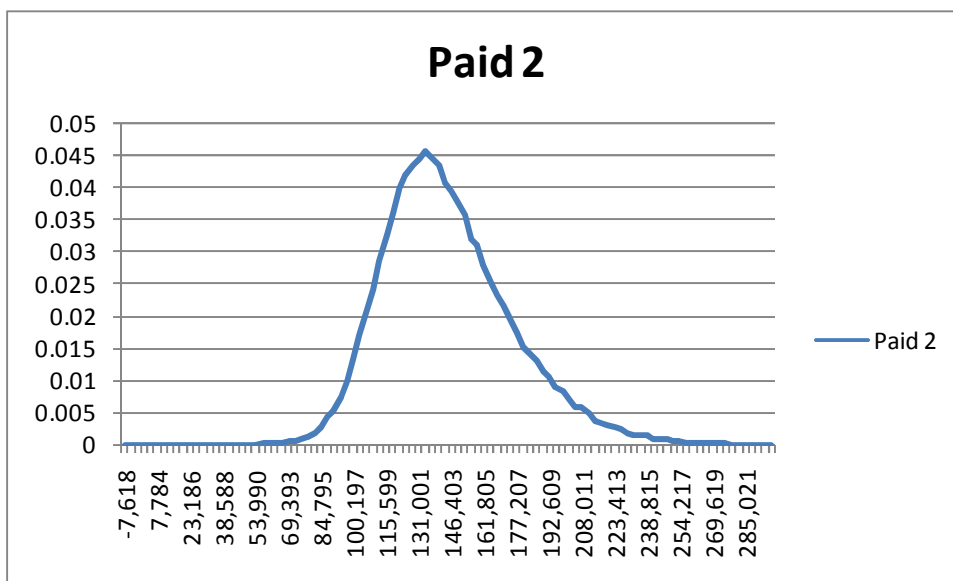
	Mean	Standard de	Median	VaR (75%)	VaR (95%)	VaR (99.5%)
01/2003	0	0	0	0	0	0
01/2004	9	120	2	56	216	454
01/2005	205	406	149	414	962	1 633
01/2006	605	606	531	956	1 720	2 587
01/2007	2 660	1 286	2 538	3 448	4 963	6 628
01/2008	6 062	2 091	5 886	7 368	9 763	12 393
01/2009	9 807	2 793	9 588	11 546	14 748	18 201
01/2010	21 359	4 996	21 005	24 507	30 149	36 179
01/2011	47 137	11 862	46 101	54 303	68 494	83 604
01/2012	64 155	268 513	55 041	83 128	149 417	282 144
Total	152 000	269 144	143 020	174 701	243 540	375 343



Avec zonage

Le tableau ci-dessous montre les résultats du *bootstrap* sur le triangle de paiements avec zonage ainsi que la distribution des réserves obtenue.

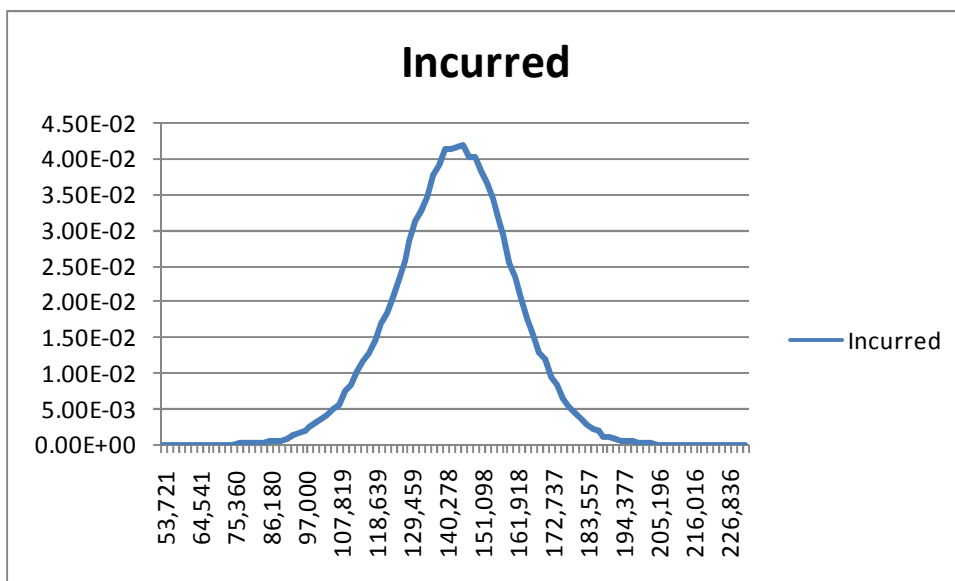
Paid		Bootstrap / Bootstrap results					
	Mean	Standard de	Median	VaR (75%)	VaR (95%)	VaR (99.5%)	
01/2003	0	0	0	0	0	0	
01/2004	6	133	1	59	232	492	
01/2005	191	436	129	415	1 006	1 724	
01/2006	576	643	495	949	1 759	2 673	
01/2007	2 595	1 365	2 461	3 425	5 053	6 816	
01/2008	5 940	2 219	5 752	7 326	9 877	12 625	
01/2009	9 638	2 955	9 412	11 482	14 856	18 524	
01/2010	21 129	5 275	20 717	24 429	30 469	37 027	
01/2011	46 672	12 207	45 490	54 102	68 641	84 789	
01/2012	56 576	23 640	50 857	68 252	102 826	138 045	
Total	143 322	30 804	139 320	160 913	199 736	244 443	



10.1.2.4. Bootstrap Incurred

Le tableau ci-dessous montre les résultats du *bootstrap* sur le triangle d'encourus ainsi que la distribution des réserves obtenue.

Incurred Bootstrap / I	Bootstrap results					
	Mean	Standard	de Median	VaR (75%)	VaR (95%)	VaR (99.5%)
01/2003	0	0	0	0	0	0
01/2004	53	0	53	53	53	53
01/2005	329	334	315	505	905	1 525
01/2006	450	546	445	762	1 358	2 150
01/2007	1 475	822	1 494	2 001	2 781	3 747
01/2008	5 398	2 632	5 641	7 206	9 456	11 785
01/2009	9 011	2 967	9 156	11 026	13 715	16 488
01/2010	16 404	4 239	16 469	19 316	23 165	27 046
01/2011	40 119	9 199	41 017	46 290	53 580	60 878
01/2012	68 843	13 692	69 556	77 847	90 225	102 756
Total	142 081	18 033	142 539	154 039	170 998	187 923



10.1.2.5. Résultats

Les tableaux ci-dessous montrent les quantiles à 75%, 95% et 99,5% obtenus à l'aide des modèles de *Thomas Mack* et *Merz&Wutrich* en simulant respectivement des lois Normal et Log Normal.

Thomas Mack Incurred Normal

Probability (Probability distribution)

	Mean	Standard deviation	Median	VaR (75%)	VaR (95%)	VaR (99.5%)
01/2003	0	0	0	0	0	0
01/2004	53	0	53	53	53	53
01/2005	356	153	356	459	608	751
01/2006	504	268	504	685	945	1 194
01/2007	1 528	355	1 528	1 767	2 112	2 443
01/2008	5 467	2 200	5 467	6 951	9 085	11 133
01/2009	9 132	2 729	9 132	10 973	13 621	16 161
01/2010	16 548	4 140	16 548	19 340	23 358	27 212
01/2011	40 154	7 771	40 154	45 395	52 936	60 170
01/2012	68 784	11 033	68 784	76 226	86 931	97 203
Total	142 525	18 182	142 525	154 789	172 433	189 360

Thomas Mack Incurred Log Normal

Probability (Probability distribution)

	Mean	Standard deviation	Median	VaR (75%)	VaR (95%)	VaR (99.5%)
01/2003	0		0 NAN	NAN	NAN	NAN
01/2004	53		0	53	53	53
01/2005	356	153	327	432	644	946
01/2006	504	268	445	623	1 011	1 609
01/2007	1 528	355	1 488	1 737	2 170	2 687
01/2008	5 467	2 200	5 072	6 586	9 591	13 756
01/2009	9 132	2 729	8 750	10 658	14 155	18 585
01/2010	16 548	4 140	16 053	18 956	24 075	30 283
01/2011	40 154	7 771	39 422	44 865	54 040	64 602
01/2012	68 784	11 033	67 916	75 624	88 272	102 392
Total	142 525	18 182	141 380	154 030	174 241	196 120

Merz & Wüthrich Incurred Normal

Probability (Probability distribution)

	Mean	Standard deviation	Median	VaR (75%)	VaR (95%)	VaR (99.5%)
01/2003	0	0	0	0	0	0
01/2004	53	0	53	53	53	53
01/2005	356	140	356	450	585	715
01/2006	504	238	504	664	895	1 117
01/2007	1 528	211	1 528	1 670	1 875	2 071
01/2008	5 467	2 155	5 467	6 921	9 012	11 018
01/2009	9 132	1 686	9 132	10 269	11 905	13 474
01/2010	16 548	2 941	16 548	18 532	21 386	24 124
01/2011	40 154	5 827	40 154	44 084	49 739	55 164
01/2012	68 784	6 022	68 784	72 846	78 690	84 297
Total	142 525	12 571	142 525	151 004	163 203	174 906

Merz & Wüthrich Incurred Log Normal

Probability (Probability distribution)

	Mean	Standard deviation	Median	VaR (75%)	VaR (95%)	VaR (99.5%)
01/2003	0		0 NAN	NAN	NAN	NAN
01/2004	53		0	53	53	53
01/2005	356	140	331	427	617	878
01/2006	504	238	456	617	953	1 447
01/2007	1 528	211	1 513	1 660	1 897	2 157
01/2008	5 467	2 155	5 086	6 572	9 503	13 537
01/2009	9 132	1 686	8 980	10 160	12 135	14 390
01/2010	16 548	2 941	16 293	18 351	21 776	25 662
01/2011	40 154	5 827	39 738	43 802	50 388	57 637
01/2012	68 784	6 022	68 522	72 682	79 114	85 820
Total	142 525	12 571	141 974	150 659	164 094	178 109

10.2. Annexe 2 : Taux de rendements des MGS et obligations AAA

Les 2 graphiques ci-dessous montrent les courbes de taux des bons du trésor malaisien et des produits à taux fixes AAA respectivement.

