

**Mémoire présenté devant
l'UFR de Mathématique et d'Informatique
pour l'obtention du Diplôme Universitaire d'Actuaire de Strasbourg
et l'admission à l'Institut des Actuaires**

le Lundi 03 Octobre 2011

Par : Marjorie BRAVO

Titre: Construction d'un profil de risque de réassurance en prévoyance pour
Solvabilité 2

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

Les signataires s'engagent à respecter la confidentialité indiquée ci-dessus

Membres du jury de l'Institut des
Actuaires

signature

Entreprise :

M. Nicolas Friederich

Nom : Groupe Apicil

M. Xavier Le Minor

Signature :

M. Alexandre You

Directeur de mémoire en entreprise :

Membres du jury de l'UdS :

Nom : Pierre-Jean MOULIN

M. Philippe Artzner

Signature :

M. Pierre Devolder

Invité :

M. Karl-Théodor Eisele

Nom :

Mme Armelle Guillou

Signature :

M. Bernard Heinkel

Autorisation de publication et de

M. Bertrand Koebel

mise en ligne sur un site de

Mme Myriam Maumy-Bertrand

diffusion de documents actuariels

M. Jean-Luc Netzer

(après expiration de l'éventuel délai de confidentialité)

Mme Sandrine Spaeter-Loehrer

Signature du responsable entreprise

Secrétariat : Mme VOS Marie-Line

Signature du candidat

Bibliothèque : Mme Christine Didier

Synthèse

MOTS CLES :

Solvabilité 2, gestion du risque, réassurance, profil de risque, prévoyance, risque de pointe, garantie décès, capitaux sous risque, segmentation des produits, simulation tête par tête, 'Value at Risk', simulation de programme de réassurance.

La mise en application prochaine de Solvabilité 2 au 1^{er} janvier 2013 impose aux assureurs de préparer les outils qui leur permettront de justifier leur gestion du risque dans son ensemble. Or, la réassurance est un des instruments de gestion du risque utilisés par le Groupe Apicil. Comme tout organisme, ce dernier devra justifier le caractère adéquat de son programme de réassurance, en particulier, sur la prévoyance. Il est donc pertinent de construire un profil de risque de réassurance en prévoyance afin d'avoir une vision complète et synthétique de la sinistralité encourue par le groupe sur un horizon d'un an. L'analyse comparative de cette dernière, brute et nette de réassurance, permettra d'évaluer et d'optimiser le processus de réassurance.

Dans le cadre de la construction du profil de risque de réassurance, ce mémoire s'intéresse en particulier à l'étude du risque de pointe des garanties décès des produits de prévoyance du Groupe, mais aussi, dans un deuxième temps, aux impacts d'éventuelles modifications du programme de réassurance sur ce risque de pointe. Les garanties décès étudiées dans ce mémoire sont des garanties de versement de capital ainsi que des rentes d'éducation ou de conjoint qui nécessitent l'estimation de capitaux constitutifs de rente.

Pour chaque assuré, les capitaux sous risque sont la somme des capitaux qui seraient à verser et des provisions à constituer pour les rentes en cas de décès. L'étude de ces derniers renseigne donc sur le risque de pointe, risque d'occurrence d'un sinistre au montant exceptionnellement important. Ces sinistres sont rares mais doivent pourtant être correctement réassurés. L'étude du risque de pointe sur les garanties décès est donc une étude importante du profil de risque de réassurance.

Les capitaux sous risque sont fonctions de la situation familiale et du salaire de l'assuré, ainsi que du barème des garanties. Certaines de ces données sont manquantes ou incomplètes. On s'est donc attardé à leur reconstitution et à leur modélisation à partir d'hypothèses issues d'études statistiques réalisées dans ce but.

Afin de prendre en compte les différences de sinistralité entre produits, une segmentation de ces derniers est effectuée afin d'homogénéiser les profils de risque. Les affectations sont déterminées par le caractère individuel ou collectif du produit, du collègue assuré, cadre ou non cadre, et des niveaux de garantie. Les éventuels cumuls de garanties, les assiettes de salaires servant les prestations, mais aussi le caractère exceptionnel des salaires des assurés ont aussi déterminé les règles d'affectations.

Pour étudier le risque de pointe, on a décidé de simuler tête par tête la survenance de la mortalité sur un horizon d'un an, et ce, pour chaque segment. A chaque scénario de survenance, on modélise les données manquantes et on calcule le montant des capitaux sous risque pour chaque assuré décédé, c'est-à-dire le montant du sinistre, et on récupère des indicateurs : sinistre maximal, sinistre moyen, somme des sinistres, somme des 10 plus gros sinistres. La répétition de ces simulations nous donne une distribution de ces indicateurs, brute et nette de réassurance. Pour chaque segment, ces distributions sont le support de mesures de risque, en particulier de VaR, 'Value at Risk', à 99,5%. L'analyse de ces dernières permet d'apprécier la qualité du programme de réassurance au regard des impacts de ce dernier sur l'atténuation du risque conservé par le Groupe. Cela permet ainsi d'identifier les trous de couverture éventuels.

La validation de la construction de l'outil et de la cohérence des résultats se fait en vérifiant que les écarts entre les statistiques issues des données d'expérience et les résultats obtenus sont contenus. En particulier, la survenance en nombre de décès et la valeur du sinistre moyen sont comparés.

Les outils construits pour l'étude du risque de pointe sont souples. On peut ainsi les réutiliser et changer les paramètres de simulation, en particulier, les caractéristiques des programmes de réassurance : les priorités et portées des traités en XS par tête et les niveaux des quotes parts. Ainsi, on peut simuler des évolutions de la couverture de réassurance pour chaque segment et récupérer les indicateurs et les mesures de risque habituels. Ils sont de nouveau le support de l'analyse des impacts de ces modifications en termes de réduction des sinistres. Ces simulations permettent de définir le programme de réassurance optimal pour chaque segment.

En conclusion, l'étude du risque de pointe sur les garanties décès et les simulations d'impacts de différents programmes de réassurance non proportionnelle et proportionnelle constituent un document de référence pour les arbitrages décisionnels du Groupe quant à sa politique de réassurance. D'autre part, cette étude constitue le socle fondateur indispensable pour mener à bien la suite des travaux dans le cadre des nouvelles exigences posées par Solvabilité 2. En particulier, le risque de dérive et de catastrophe seront prochainement étudiés. Ce profil de risque sera la base de la justification, envers l'autorité de contrôle, de la gestion appropriée du risque et de l'adéquation de la couverture de réassurance au portefeuille du Groupe.

Summary

KEYWORDS:

Solvency 2, risk management, reinsurance, risk profile, life contingency insurance, tail risk, death cover, capital at risk, segmentation of products, head by head simulation, value at risk, simulation of reinsurance program.

The forthcoming application of Solvency 2 on 1st January in 2013 imposes on insurance companies preparing tools to be able to justify their risk management in its entirety. It happens that reinsurance is one of the risk management tools used by Apicil Group. As all insurance companies, this last will have to justify that its reinsurance program applied is appropriate, particularly, on its life contingency insurance products. Therefore, it's relevant to build a risk profile of reinsurance of these in order to have a complete and global view of the incurred sinistrality of the Group for the coming year. Comparative analysis of it, before and after reinsurance, will allow evaluation and optimization of the reinsurance program.

Within the construction of the reinsurance risk profile, this dissertation deals particularly with the tail risk's study of death covers of the life contingency insurances offered by the Group, but also, in a second time, with impacts on the tail risk of possible modifications on the reinsurance program. The death covers studied in this dissertation are payments of a capital and education or partner annuities which requires estimation of reserves for annuities.

For each insured person, the capital at risk is the capital that would be paid and the reserve that would be made for annuities if the insured person dies. So, studying capital at risk gives information on the tail risk, which is the risk that an exceptional important claim occurs. These claims are rare but have to be correctly reinsured. So, the tail risk's study on death covers is an important study of the reinsurance risk profile.

Capital at risk depends on the family situation and on the salary of the insured person, but also on levels of guarantees. Some of these data are missing or incomplete. Therefore, we spent a lot of time to reconstitute and to model these data from hypothesis coming from statistic studies made for it.

In order to consider differences between products' sinistralities, these last have been separated to homogenize the risk profiles. Assignments are determined by the quality of collective or individual of the product, by the social and occupational group of the insured, executive or not, and by the levels of the

guarantees. The possible accumulation of covers, the salaries' basis used to calculate benefit, but also the presence of weighty salaries, have determined assignments too.

To study tail risk, we decided to simulate head by head the sinistrality over a year for each segment. For each incidence scenario, missing data are modeled and we calculate the capital at risk for each dead insured person, i.e the claim, and we store indicators: the maximal claim, the average claim, the sum of claims and the sum of the ten biggest claims. The reiteration of these simulations gives us the distribution of these indicators, before and after the reinsurance. For each segment, distributions are the base of risk measures, particularly of value at risk at 99.5%. An analysis of these last permits us to value the quality of the reinsurance program with regard to its impacts on the reduction of the retained risk of the Group. So, it permits to identify possible gaps on the reinsurance cover.

The validation of the tool's building and of the results' consistency is made checking that differences between the historic data's statistics and results obtained are limited. In particular, the incidence about number of deaths and the average claim are compared.

Tools built for the risk tail's study are flexible. They can be used again and simulation parameters can be changed, in particular, the characteristics of the reinsurance programs: the priority and capacity's levels of the XS of loss treaties and levels of quota share. So, we are able to simulate reinsurance program's evolutions for each segment and store the usual indicators and risk measures. They are again the base of analysis of the changes' impacts on the reduction of claims. These simulations help us to define the optimal reinsurance program for each segment.

To conclude, the tail risk's study on death covers, and the impacts' simulations of different non proportional and proportional reinsurance programs form a reference document for the Group decision-making arbitration about its reinsurance policy. Moreover, this study constitutes the essential founding base to bring to fruition the following works within the new demands asked by Solvency 2. In particular, drift and disaster risks will be soon studied. This risk profile will be the base of the argument to explain to the supervisory authority the appropriate management of the risk and the adequate reinsurance cover of the Group's portfolio.

Remerciements

Avant tout développement, je souhaite remercier Véronique GIUBERGIA pour m'avoir donné l'opportunité d'effectuer ce stage de fin d'études dans le département Actuariat dont elle a la charge.

Je remercie tout particulièrement mon tuteur, Pierre-Jean MOULIN, pour son suivi et ses indications qui ont contribué à la bonne réalisation de cette étude, ainsi que Wilson CHANE-KEE, pour sa disponibilité et son aide précieuse.

Un grand merci à Elodie GUILLAUME, Vincent MORTREUX, Raphaëlle VALLON et plus généralement au département Actuariat pour leur accueil et leur soutien.

Je remercie mon tuteur pédagogique, Bertrand KOEBEL pour sa disponibilité et les nombreuses relectures de ce mémoire, mais également l'équipe pédagogique de l'Université de Strasbourg qui m'a permis d'avoir les connaissances nécessaires pour ce stage.

Sommaire

PARTIE 1	INTRODUCTION.....	9
<i>Section 1</i>	<i>Préliminaires</i>	<i>10</i>
1.1	Le Groupe Apicil.....	10
1.1.1	Présentation générale.....	10
1.1.2	Quelques chiffres du Groupe Apicil.....	10
1.2	Les produits prévoyance et leurs caractéristiques	11
1.2.1	Les différentes garanties décès	11
1.2.2	Un exemple de barème de garanties décès	12
1.2.3	Liens entre cotisations, salaires et prestations pour les garanties décès.....	13
1.3	La réassurance.....	14
1.3.1	Le programme de réassurance du Groupe Apicil.....	14
1.3.2	Le traité en XS par tête.....	14
1.3.3	Le traité en excédent de plein.....	15
1.3.4	Le traité en quote part.....	16
<i>Section 2</i>	<i>La structure de l'étude.....</i>	<i>17</i>
PARTIE 2	ETUDE DU RISQUE DE POINTE	18
CHAPITRE 1	PRESENTATION	18
<i>Section 1</i>	<i>Champ d'étude.....</i>	<i>18</i>
<i>Section 2</i>	<i>Le risque de pointe pour les garanties décès.....</i>	<i>18</i>
<i>Section 3</i>	<i>Les capitaux sous risque.....</i>	<i>19</i>
3.1	Définition des capitaux sous risque.....	19
3.2	Le calcul des capitaux sous risque	19
3.2.1	Six CSR% pour six types de garanties	20
a)	CSR% _{Rente de conjoint}	20
b)	CSR% _{Rente d'éducation}	21
c)	CSR% _{DC}	23
d)	CSR% _{DA}	23
e)	CSR% _{DCIR}	23
f)	CSR% _{DE}	23
3.2.2	Quatre CSR pour quatre types de décès	23
a)	CSR DC.....	23
b)	CSR DA.....	24
c)	CSR DCIR.....	24
d)	CSR DE.....	24
3.3	Un exemple de calcul de CSR.....	25
3.3.1	Calcul des CSR%	26
3.3.2	Calcul des quatre CSR.....	27
<i>Section 4</i>	<i>La VaR, mesure du risque.....</i>	<i>28</i>
CHAPITRE 2	METHODOLOGIE	30
<i>Section 1</i>	<i>La segmentation des produits</i>	<i>32</i>
1.1	Les différents types de produit	32
1.2	Règles d'affectation des produits	32
1.2.1	Les produits standards.....	32
1.2.2	Les produits sur mesure.....	33
1.2.3	Les produits CCN et individuels	34
1.3	La segmentation obtenue.....	34
<i>Section 2</i>	<i>Alimentation du processus</i>	<i>35</i>
2.1	La cartographie des données	35
2.2	La qualification du fichier cotisant.....	37
2.3	La récupération des données	37
2.3.1	Les coefficients de rente d'éducation et de conjoint.....	37
2.3.2	Les niveaux de garantie.....	37
a)	Les segments sensibles : segments 4 et 5.....	37
b)	Les segments non sensibles : les segments 2, 3, 6 et 7.....	37
2.3.3	Le programme de réassurance	39
2.3.4	La survenance de la sinistralité.....	39
2.4	Etudes statistiques pour gérer les données manquantes	41
2.4.1	Le lissage de Whittaker-Henderson.....	41
2.4.2	Modélisation des données manquantes par découpage.....	41
2.4.3	La situation familiale de l'assuré.....	41
2.4.4	Le nombre d'enfants par assuré.....	43

2.4.5	L'âge des enfants.....	44
2.4.6	Le salaire de l'assuré.....	45
2.4.7	L'âge du conjoint de l'assuré.....	46
Section 3	Construction et structure de l'outil de simulation.....	47
3.1	Principe fonctionnel.....	47
3.2	La méthode de Monte Carlo.....	49
3.2.1	Principe.....	49
3.2.2	Le nombre de simulations.....	49
3.3	Mise en œuvre opérationnelle.....	50
3.3.1	Récupération des données cotisant.....	50
3.3.2	Mise en place de la table de travail.....	50
a)	Les données pour le tirage de la survenance.....	50
b)	Les caractéristiques familiales.....	50
c)	Les variables nécessaires aux calculs des sinistres.....	50
3.3.3	La simulation sous Excel.....	50
CHAPITRE 3	RESULTATS ET MESURES DU RISQUE.....	52
Section 1	Résultats du segment 1.....	52
1.1	Les quantiles des indicateurs.....	53
1.2	Les variations de VaR à 99,5%.....	54
1.3	Bilan.....	55
Section 2	Résultats du segment 2.....	55
2.1	Les quantiles des indicateurs.....	55
2.2	Les variations de VaR à 99,5%.....	57
2.3	Validation par l'historique.....	58
2.4	Bilan.....	58
Section 3	Résultats du segment 3.....	59
3.1	Les quantiles des indicateurs.....	59
3.2	Les variations de VaR à 99,5%.....	61
3.3	Validation par l'historique.....	62
3.4	Bilan.....	63
Section 4	Résultats du segment 4.....	63
4.1	Les quantiles des indicateurs.....	63
4.2	Les variations de VaR à 99,5%.....	65
4.3	Validation par l'historique.....	66
4.4	Bilan.....	66
Section 5	Résultats du segment 5.....	67
5.1	Les quantiles des indicateurs.....	67
5.2	Les variations de VaR à 99,5%.....	69
5.3	Validation par l'historique.....	70
5.4	Bilan.....	70
Section 6	Résultats du segment 6.....	71
6.1	Les quantiles des indicateurs.....	71
6.2	Les variations de VaR à 99,5%.....	73
6.3	Validation par l'historique.....	74
6.4	Bilan.....	75
Section 7	Résultats du segment 7.....	75
7.1	Les quantiles des indicateurs.....	75
7.2	Les variations de VaR à 99,5%.....	77
7.3	Validation par l'historique.....	78
7.4	Bilan.....	79
Section 8	Conclusion.....	79
PARTIE 3	SIMULATIONS D'EVOLUTIONS DE PROGRAMMES DE REASSURANCE.....	81
CHAPITRE 1	EVOLUTIONS DU PROGRAMME DE REASSURANCE NON PROPORTIONNELLE.....	81
Section 1	Scénarios simulés.....	81
Section 2	Résultats et bilans des scénarios d'évolutions du programme non proportionnel du segment 5.....	83
2.1	Résultats et bilan du scénario 1.....	83
2.2	Résultats et bilan du scénario 2.....	84
2.3	Résultats et bilan du scénario 3.....	84
2.4	Résultats et bilan du scénario 4.....	85
Section 3	Résultats et bilans des scénarios d'évolutions du programme non proportionnel du segment 4.....	86
3.1	Résultats et bilan du scénario 1.....	86
3.2	Résultats et bilan du scénario 2.....	87
3.3	Résultats et bilan du scénario 3.....	87
3.4	Résultats et bilan du scénario 4.....	88
Section 4	Bilan des simulations d'évolutions du programme de réassurance non proportionnelle.....	88

CHAPITRE 2	EVOLUTIONS DU PROGRAMME DE REASSURANCE PROPORTIONNELLE	90
<i>Section 1</i>	<i>Evolutions du programme de réassurance proportionnelle du segment 5.....</i>	<i>90</i>
1.1	Résultats et bilan du scénario A	90
1.2	Résultats et bilan du scénario B	91
1.3	Bilan des simulations d'évolutions du programme de réassurance proportionnelle sur le segment 5	91
<i>Section 2</i>	<i>Evolutions du programme de réassurance proportionnelle du segment 4.....</i>	<i>91</i>
2.1	Résultats et bilan du scénario A	92
2.2	Résultats et bilan du scénario B	92
2.3	Bilan des simulations d'évolutions du programme de réassurance proportionnelle sur le segment 4	93
PARTIE 4	CONCLUSION	94
PARTIE 5	ANNEXES	95
<i>Section 1</i>	<i>Documentation.....</i>	<i>95</i>
<i>Section 2</i>	<i>Lexique.....</i>	<i>96</i>

Partie 1 INTRODUCTION

Solvabilité II a pour objectif de renforcer la gestion du risque des opérations d'assurance et de réassurance via une modernisation et une harmonisation des normes européennes. Cela se traduit notamment par un durcissement de la discipline de marché, pilier 3, dont une des exigences est la remise annuelle au contrôle prudentiel, l'ACP en France, d'un rapport actuariel qui doit présenter et apprécier les méthodes mises en œuvre pour assurer la solvabilité et la stabilité financière de l'entité.

La réassurance est un processus qui va dans ce sens. En effet, elle protège des sinistres nombreux et aux montants importants et limite ainsi les fluctuations des résultats des organismes. Le groupe Apicil devra donc justifier son actuel processus de réassurance en s'appuyant sur une évaluation de ce dernier au sein du pilier 2, pilier qualitatif.

En vue de préparer la mise en application de Solvabilité II au 1^{er} janvier 2013, il est donc nécessaire de construire le profil de risque des contrats de prévoyance, support essentiel à l'évaluation du programme de réassurance et à l'optimisation de ce dernier.

L'objectif est d'obtenir une vision complète et synthétique de la sinistralité encourue par le groupe sur un horizon d'un an suite aux engagements souscrits en prévoyance. En particulier, pour chaque segment de produit, on attend des mesures de risque, brutes et nettes de réassurance, sur les valeurs maximales possibles de la sinistralité, ainsi qu'une appréciation des améliorations apportées par d'éventuelles évolutions du programme de réassurance. Les outils mis en place pour cette étude devront être assez souples pour qu'ils puissent être réutilisés chaque année.

Dans un premier temps, nous expliciterons l'importance d'une segmentation des produits par profil de risque et la méthode mise en place pour étudier le risque de pointe sur les garanties décès. Puis, après analyse des résultats, nous simulerons des évolutions du programme de réassurance sur ces mêmes garanties. Enfin, nous ferons un bilan sur l'état du programme de réassurance actuel concernant les garanties décès et de l'aide apportée par ces travaux pour les arbitrages décisionnels. Nous envisagerons aussi les futures études qui viendront compléter le profil de risque de réassurance.

Section 1 Préliminaires

1.1 Le Groupe Apicil

1.1.1 Présentation générale

Historiquement, le Groupe Apicil naît de la création de l'AMP, Association Métallurgique de Prévoyance, en 1938 à Lyon. Très vite, cette dernière prend le nom d'Apicil, Association de prévoyance interprofessionnelle des cadres et ingénieurs de la région lyonnaise, et rassemble autour d'elle des caisses de retraite et des mutuelles.

Le Groupe Apicil naît en 2003 et son développement se poursuit en 2005 par l'ouverture d'agences commerciales hors Rhône-Alpes. Il devient membre du GNP, Groupement National de Prévoyance, qui regroupe des institutions de prévoyance paritaires. Aujourd'hui, le Groupe est dirigé par un représentant de chaque entreprise adhérente, sa gestion est donc paritaire, mutualiste et le Groupe est à but non lucratif. Dernièrement, le Groupe a rejoint cinq autres institutions de prévoyance et le GNP pour la création du GPP, Groupement Paritaire de Prévoyance.

Le Groupe développe ses compétences autour de 3 pôles d'expertise :

- La Prévoyance : offre de garanties santé en complément de la Sécurité Sociale et d'assurances contre les événements de la vie (incapacité, invalidité, dépendance et décès)
- L'Épargne : offre d'épargne salariale et de retraite supplémentaire
- La Retraite : gestion de la retraite complémentaire Arrco et Agirc

1.1.2 Quelques chiffres du Groupe Apicil

- 1 300 collaborateurs
- Plus de 50 000 entreprises adhérentes
- 1,42 million d'adhérents (salariés, retraités, professionnels, particuliers)
- 2,577 milliards d'euros de cotisations encaissées
- 3,49 milliards d'euros de placements
- 20 millions d'euros consacrés au mécénat social
- 2,16 millions d'euros consacrés à la lutte contre la douleur par la Fondation APICIL

1.2 Les produits prévoyance et leurs caractéristiques

1.2.1 Les différentes garanties décès

Aujourd'hui, parmi les garanties des produits prévoyance que le Groupe Apicil propose aux particuliers et aux entreprises pour leurs salariés, on distingue trois groupes de garanties : les garanties santé, les garanties décès et les garanties incapacité-invalidité. Nous étudions dans le cadre de ce mémoire les garanties décès qui se déclinent en six types de garanties :

- la garantie **décès toute cause** (DC) : versement d'un capital en cas de décès de l'assuré
- la garantie **décès accidentel** (DA) : majoration du capital versé en cas de décès accidentel
- la garantie **décès/accident de la circulation** (DCIR) : majoration du capital versé en cas de décès consécutif à un accident de la circulation
- la garantie **double effet** (DE) : capital supplémentaire versé en cas de décès simultané du conjoint ou après celui de l'assuré si le conjoint à moins de 60 ans
- la garantie **rente de conjoint** (RC) : versement d'une rente au conjoint de l'assuré en cas de décès de ce dernier. Cette rente peut être temporaire ou viagère et les deux types de rente peuvent être cumulés
- la garantie **rente d'éducation** (RE) : versement d'une rente aux enfants de l'assuré jusqu'à la fin de leurs études

Les garanties se cumulent au sein d'un même produit. Ainsi, il est possible de souscrire un produit prévoyance qui comporte uniquement une garantie décès (DC) ou bien tous les types de garanties cités ci-dessus : en cas de décès, les garanties se cumulent.

Il est à noter que les capitaux versés lors du décès d'un assuré (ou du conjoint dans le cadre d'une garantie DE) ainsi que les rentes de conjoint et d'éducation sont fonctions du salaire de l'assuré décédé dans la quasi-totalité des cas.

1.2.2 Un exemple de barème de garanties décès

Voici en exemple un barème type de garanties décès d'un produit prévoyance :

Garanties décès	
En pourcentage du SAB	
Capital décès	
CVDS	200%
Marié	300%
Majoration par enfant à charge	80%
Rente d'éducation	
jusqu'au 18ème anniversaire	10%
du 18ème au 26ème anniversaire si poursuite d'études	15%
Capital supplémentaire en cas de décès accidentel	
CVDS	175%
Marié	250%
Majoration par enfant à charge	80%
Capital supplémentaire en cas de décès accidentel de la circulation	
Toutes situations familiales confondues	175%
Rente de conjoint	
Rente temporaire	0,75%(X-25)
<i>Jusqu'à liquidation de la pension de réversion</i>	
<i>X : Age de l'assuré au décès</i>	
Rente viagère	10%
Double effet	
Si simultanément ou après le décès de l'assuré, son conjoint, non remarié décède à son tour avant 60 ans, il est versé un capital égal à celui du décès toutes causes	
<i>Exemple: CVDS avec 2 enfants à charge</i>	
<i>Versement d'un capital de 360%</i>	
Notes CVDS: Célibataire, Veuf, Divorcé ou Séparé	
Un couple pacsé est considéré comme un couple marié	
Le SAB (Salaire Annuel Brut) de l'assuré est limité à 12 PASS	
PASS: Plafond Annuel de la Sécurité Sociale (35352€ en 2011)	

Ce barème a la structure type d'un barème de garanties prévoyance. Cependant, on observe une grande diversité :

- Certains barèmes sont à options, laissant le choix entre un capital décès et une rente d'éducation ou un capital décès et une rente de conjoint par exemple. Ce choix est effectué par les bénéficiaires après le décès de l'assuré.
- La différenciation des niveaux de garantie selon la situation familiale n'est pas automatique.
- Certains barèmes n'ont qu'une garantie, le versement d'un capital décès ou une rente de conjoint par exemple.
- Les rentes viagères peuvent être minorées d'une partie de la pension de réversion acquise à la date du décès de l'assuré.

- Pour une même garantie, on peut avoir des niveaux différents, par exemple, 100% de la tranche 1 du salaire, et 150% de la tranche 2 et 3.

Il existe quatre tranches de salaires :

- La tranche 1, ou T1, correspond à la part du salaire inférieure à 1 PASS
- La tranche 2, ou T2, correspond à la part du salaire comprise entre 1 et 4 PASS.
- La tranche 3, ou T3, correspond à la part du salaire comprise entre 4 et 8 PASS
- La tranche 4, ou T4, correspond à la part du salaire comprise entre 8 et 16 PASS

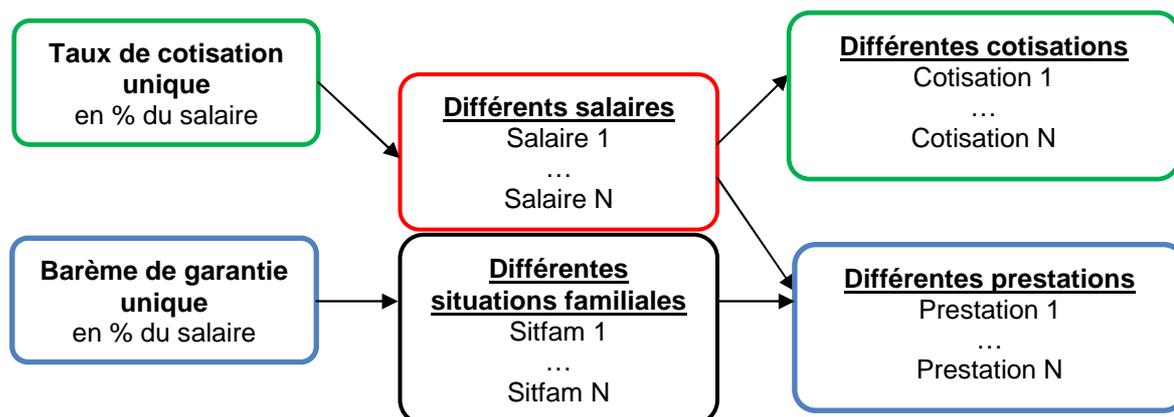
Le PASS, pour Plafond Annuel de la Sécurité Sociale est fixé chaque année et est égal à 35352€ pour 2011.

1.2.3 Liens entre cotisations, salaires et prestations pour les garanties décès

Abordons le lien entre les cotisations, les salaires et les prestations versées en cas de décès pour bien comprendre le processus de reconstitution de garanties mis en œuvre dans l'étude (cf. paragraphe 2.3.2 p37).

Le tarif d'un produit collectif en prévoyance est exprimé en pourcentage du salaire des cotisants. Ainsi, tous les salariés de l'entreprise cotisent au même taux. Mais les salaires de chacun étant différents, les cotisations versées seront aussi différentes. En revanche, les niveaux de garanties en pourcentage du salaire sont les mêmes pour tous. Mais en cas de décès, les prestations versées seront différentes d'un salarié à un autre car les salaires le sont aussi ainsi que les situations familiales quand le barème en prend compte. Voici un schéma récapitulatif :

Liens entre cotisations, salaires et prestations (Produits collectifs)



Le niveau de garantie est donc bien indépendant du salaire contrairement à la prestation versée : le salaire est donc une donnée importante qui porte en lui une part non négligeable du risque et que l'on s'attardera donc à modéliser.

1.3 La réassurance

La réassurance est un processus qui permet à l'assureur de transférer une partie ou la totalité de ses engagements qu'il a souscrit contre le versement d'une prime à un réassureur.

Le partage des engagements, et donc du risque, présente trois objectifs pour l'assureur :

- limiter la probabilité de ruine en écrêtant les sinistres importants et la somme des sinistres
- lisser les résultats
- libérer des fonds propres pour investissement

C'est un contrat, appelé traité de réassurance, conclu entre le réassureur et la cédante (i.e. l'assureur), qui établit les règles du partage des engagements et de la contrepartie financière. Il existe plusieurs montages de réassurance qui se regroupent en deux types : la réassurance non proportionnelle et la réassurance proportionnelle.

On parle de réassurance proportionnelle quand il a proportionnalité entre la prime versée par la cédante et le risque cédé au réassureur. L'engagement de ce dernier est effectif dès la survenance du premier sinistre. En réassurance non proportionnelle, la participation du réassureur au paiement des prestations n'est déclenchée qu'à partir d'un montant de sinistre prédéterminé dans le traité.

1.3.1 Le programme de réassurance du Groupe Apicil

L'ensemble des traités de réassurance conclus entre la cédante et le réassureur forment le programme de réassurance de la cédante. Aujourd'hui, celui du Groupe Apicil se décline en deux parties : un programme de réassurance non proportionnelle et un programme de réassurance proportionnelle.

Le programme de réassurance non proportionnelle est constitué de plusieurs traités en XS par tête et en XS catastrophe. Le programme de réassurance proportionnelle regroupe des traités en excédent de plein et de quote part.

Nous présenterons les trois types de traités de réassurance entrant en jeu dans l'étude du risque de pointe sur les garanties décès : l'XS par tête, l'excédent de plein et le quote part.

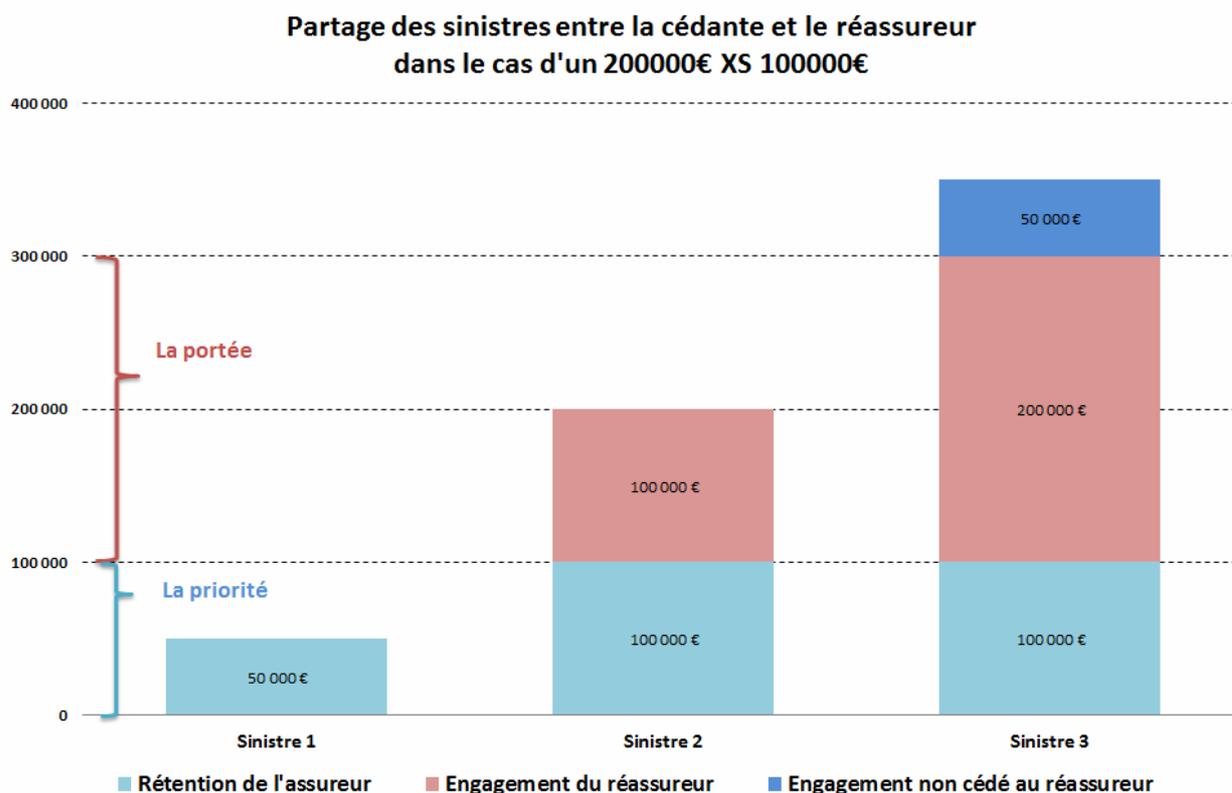
1.3.2 Le traité en XS par tête

C'est un traité appartenant à la réassurance non proportionnelle : le réassureur n'intervient qu'à partir d'un certain montant de sinistre, la priorité (ou rétention), et son intervention est limitée à la portée : on parle de portée au-delà d'une priorité, i.e de 'portée XS (excess en anglais) priorité'. Cette intervention est valable pour chaque sinistre, c'est-à-dire, dans le cas de produits prévoyance, pour chaque assuré décédé.

Prenons par exemple un traité 200000€ XS 100000€. Une compagnie d'assurance déclare pour l'année 2010 trois sinistres de montants 50000€, 200000€ et 350000€.

Le réassureur aura à sa charge respectivement 0€, 100000€ et 200000€. Ainsi, les montants des sinistres nets de réassurance seront 50000€, 100000€ et 150000€.

Voici graphiquement le partage de ces sinistres entre le réassureur et la cédante :



Les traités en XS par tête n'ayant aucun effet sur les sinistres de petites tailles, i.e inférieurs à la priorité, ces traités sont donc destinés à limiter les pertes dues à des sinistres de taille importante.

1.3.3 Le traité en excédent de plein

Le traité en excédent de plein est un traité proportionnel.

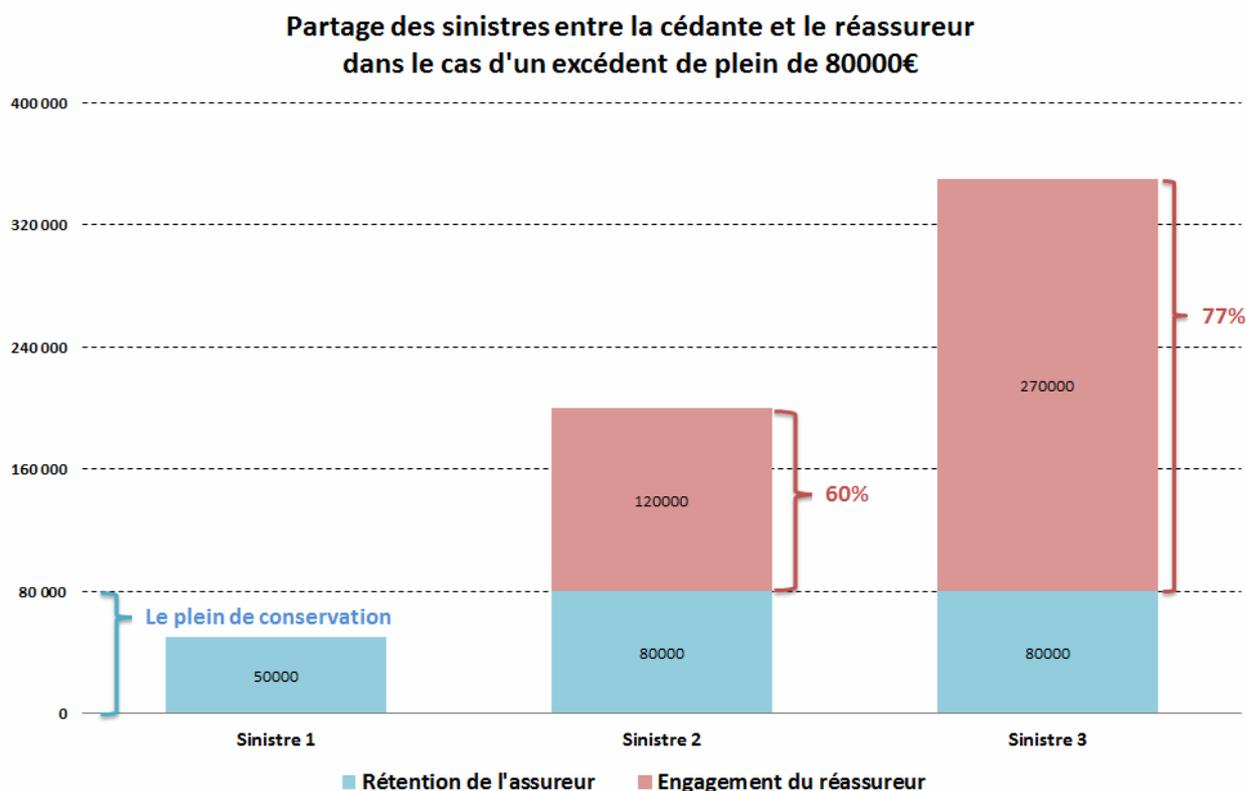
Il définit un plein de conservation qui est le montant maximal que la cédante conserve pour chaque sinistre. Il détermine aussi un plein de souscription qui est une limite d'engagement que la cédante doit respecter pour chaque contrat réassuré. Cette dernière ne peut s'engager à assurer des sinistres supérieurs à ce plein de souscription.

Le réassureur s'engage à prendre en charge l'excédent du plein de conservation pour chaque sinistre potentiel le dépassant et reçoit en contrepartie, lors de la conclusion du traité, un pourcentage de la prime du contrat réassuré égal au pourcentage du sinistre potentiel pris en charge. Cette prime proportionnelle à l'engagement du réassureur explique l'appartenance de ces traités à la réassurance proportionnelle.

De part une tarification possible contrat par contrat et avant toute survenance, ce type de traité est adapté aux produits individuels.

Reprenons l'exemple des sinistres précédents, trois sinistres de montants 50000€, 200000€ et 350000€. Considérons un traité en excédent de plein avec pour plein de conservation 80000€. Le réassureur prendra à sa charge respectivement 0€, 120000€ et 270000€ soit 0%, 60% et 77% des sinistres. Il a donc reçu deux primes de 60% et 77% des primes initiales.

Voici graphiquement le partage de ces sinistres entre le réassureur et la cédante :



1.3.4 Le traité en quote part

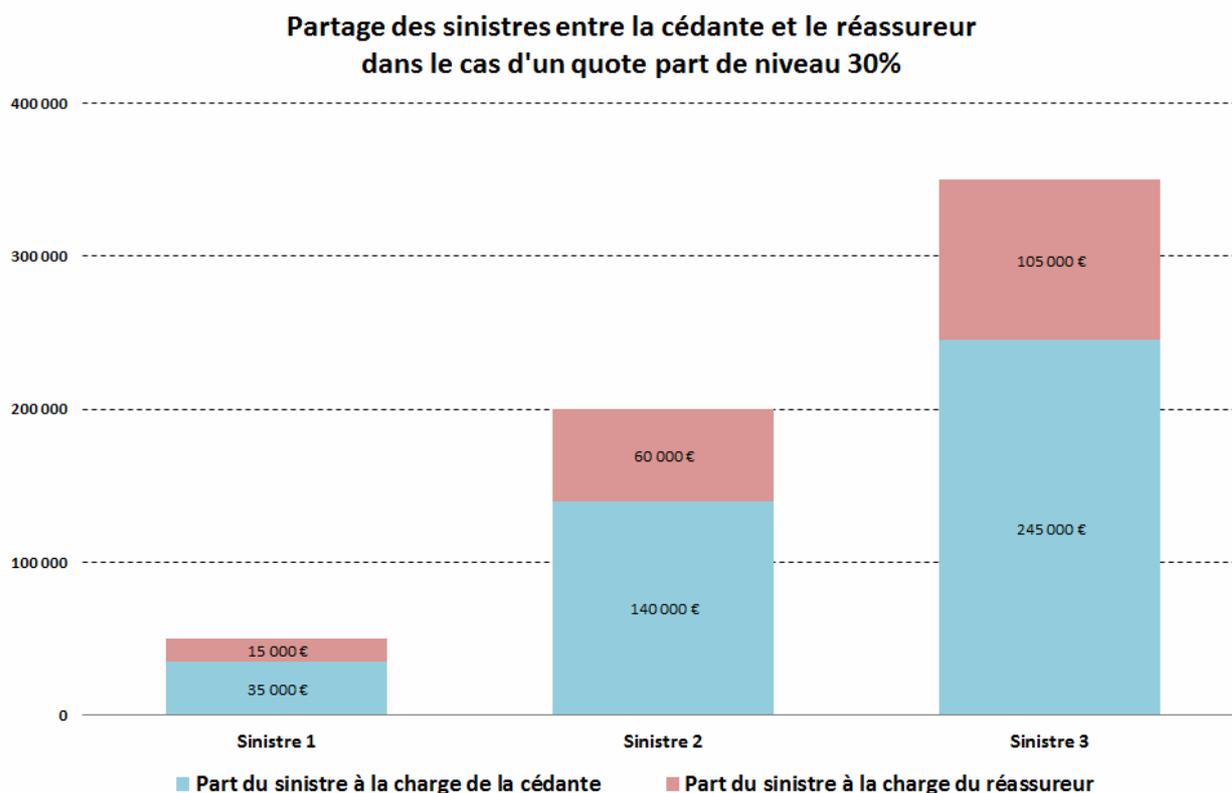
Le traité en quote part appartient à la réassurance proportionnelle car il y a cession au réassureur de X% des risques : ce dernier récupère X% des primes et X% des sinistres.

Ce traité n'a pas de conditions pour son application : tous les sinistres sont concernés, peu importe leur montant. Le ratio Sinistres/Primes de la cédante n'est pas modifié car primes et sinistres sont impactés de la même manière, c'est-à-dire réduit de X%. Ce montage permet un découpage commercial des produits et un partage du risque : ce dernier se trouve réduit en montant pour la cédante.

Reprenons l'exemple des sinistres précédents : trois sinistres de montants 50000€, 200000€ et 350000€. La cédante a signé un traité en quote part de niveau 30%.

Le réassureur aura à sa charge respectivement 15000€, 60000€ et 105000€. Ainsi, les montants des sinistres nets de réassurance seront 35000€, 140000€ et 245000€.

Voici graphiquement le partage de ces sinistres entre le réassureur et la cédante :



Section 2 La structure de l'étude

La construction du profil de réassurance en prévoyance du Groupe Apicil se fera en cinq temps :

- L'étude du **risque de pointe** consistera à évaluer la perte maximale possible brute et nette de réassurance.

- L'étude du **risque de dérive** estimera l'impact possible d'une dérive des paramètres (mortalité et longévité) via des stress effectués sur ces derniers.

- Le **risque de catastrophe** étudiera l'impact de catastrophes comme par exemple une pandémie ou un accident à grande échelle.

- L'étape 4 permettra de vérifier l'adéquation entre le programme de réassurance et la **politique de souscription** suite aux trois premières étapes.

- Les scénarios **d'évolution du programme de réassurance** fourniront un document de référence pour l'arbitrage décisionnel du choix de la couverture de réassurance du Groupe et des limites de souscription.

Ces études ont chacune deux périmètres d'étude correspondants aux deux types de garantie prévoyance : les garanties décès et les garanties incapacité-invalidité.

Le stage effectué, support de ce mémoire, porte sur l'étude du risque de pointe et sur les simulations d'évolutions du programme de réassurance pour les garanties décès. Les garanties incapacité-invalidité ne seront donc pas abordées.

Partie 2 Etude du risque de pointe

L'objectif est d'obtenir la distribution de la sinistralité sur un horizon d'un an des produits prévoyance avec des garanties décès souscrits par le Groupe et d'en déduire les pertes maximales probables i.e la queue de distribution. Les distributions brutes et nettes de réassurance sont attendues pour chaque segment de produits. Elles seront le support à la mesure du risque de pointe.

Les VaR à 99,5% permettront d'apprécier les risques encourus et la pertinence du programme de réassurance sur le risque de pointe.

Le processus mis en place doit être assez souple pour pouvoir être exploité lors des futurs exercices.

CHAPITRE 1 Présentation

Section 1 Champ d'étude

Les contrats retenus sont des contrats prévoyance collectifs et individuels souscrits par le Groupe dont les garanties peuvent être des garanties :

- décès (DC)
- décès accidentel (DA)
- décès accident de la circulation (DCIR)
- double effet (DE)
- rente de conjoint (RC)
- rente d'éducation (RE)

Ces garanties sont cumulables.

Section 2 Le risque de pointe pour les garanties décès

Le risque de pointe est le risque de survenance d'un ou plusieurs sinistres aux montants exceptionnellement importants, de l'ordre de plusieurs millions d'euros. Ils se situent à la pointe de la distribution des sinistres : ils sont très peu observés.

Un sinistre de pointe correspond au décès d'un assuré à risque, i.e rassemblant plusieurs caractéristiques qui font que les capitaux à verser et les provisions à constituer pour rentes dépassent largement les valeurs couramment observées.

En particulier, un assuré à risque type a des garanties complètes, c'est-à-dire que son contrat comporte toutes, ou presque, les garanties décès possibles avec des niveaux de garanties élevés. C'est notamment le cas de certains produits pour lesquels cotisent de grandes entreprises. Un salaire imposant donne donc lieu

à des prestations importantes. Mais ce qui confère au sinistre un caractère encore plus exceptionnel est la présence d'un conjoint et d'enfants. En effet, la présence de ces derniers majore le capital décès et implique aussi le versement d'une rente de conjoint et d'éducation. En particulier, plus les enfants seront nombreux et jeunes, plus le capital sera majoré et les rentes d'éducation nombreuses.

Pour résumer, un assuré dont le sinistre est un sinistre de pointe est un assuré qui a des capitaux sous risque très importants.

Section 3 Les capitaux sous risque

3.1 Définition des capitaux sous risque

Les capitaux sous risque (CSR) représentent pour chaque assuré les capitaux à verser en cas de décès de ce dernier ainsi que les provisions pour rentes à constituer (rentes d'éducation et de conjoint). Quand le décès survient, un CSR n'est plus 'potentiel' : il représente un sinistre. Les niveaux de garanties étant fonctions du salaire et éventuellement de la situation familiale, les capitaux sous risque sont propres à chaque assuré. Ils seront notés CSR dans la suite de ce mémoire.

3.2 Le calcul des capitaux sous risque

Les CSR étant fonctions du salaire, ils peuvent être exprimés en pourcentage de ce dernier. De plus, jusqu'à six garanties différentes peuvent être présentes dans un produit prévoyance pour quatre types de décès possibles.

On exprime donc six CSR en pourcentage du salaire pour chaque assuré : les CSR%. On en déduit quatre CSR pour les quatre types de décès.

Ce découpage du CSR d'un assuré en CSR% fonctions de la garantie et en CSR fonctions du type de décès permet de mieux appréhender le risque d'accumulation des garanties. De plus, nous verrons que l'outil créé pour l'étude du risque de pointe est construit selon ce principe : dans un premier temps, on calcule les CSR% des garanties des assurés, puis le CSR correspondant au type de décès observé ce qui nous donne le montant du sinistre.

3.2.1 Six CSR% pour six types de garanties

Les CSR% sont des coefficients qui, multipliés au salaire de l'assuré, donnent les CSR pour la garantie concernée. Il y en a six :

a) CSR%_{Rente de conjoint}

Le CSR%_{Rente de conjoint} correspond aux capitaux constitutifs de la rente viagère et/ou temporaire. Si l'assuré n'a pas de conjoint, le CSR%_{Rente de conjoint} est nul.

$$\text{CSR\%}_{\text{Rente de conjoint}} = \text{Niveau}_{\text{Rcjt_tempo}} * C_{\text{Rcjt_tempo}} + \text{Niveau}_{\text{Rcjt_viag}} * C_{\text{Rcjt_viag}}$$

Niveau_{Rcjt_tempo/viag} : Niveau de la garantie de rente de conjoint temporaire/viagère en pourcentage du salaire annuel

C_{Rcjt_tempo/viag} : Coefficient de rente de conjoint temporaire/viagère.

La rente temporaire est versée au conjoint du décès de l'assuré jusqu'à liquidation de la pension de retraite du conjoint. Plus ce dernier est jeune lors du décès de l'assuré, plus la durée de versement de cette rente sera donc longue et les provisions à constituer importantes. Le $C_{\text{Rcjt_tempo}}$ représente les provisions à constituer pour le versement annuel au conjoint d'une rente d'une unité monétaire fractionnée par trimestre et ce, jusqu'à liquidation de la pension de retraite, c'est-à-dire jusqu'à 62 ans par hypothèse, ou jusqu'à son décès si ce dernier intervient avant la liquidation. Le $C_{\text{Rcjt_tempo}}$ correspond à :

$$C_{\text{Rcjt_tempo}} = \ddot{a}^{(4)}_{x:n|} = \sum_{k=0}^{4n-1} \frac{1}{4} v^{k/4} \times_{k/4} p_x$$

où :

- x est l'âge du conjoint au décès de l'assuré
- n tel que $x+n=62$
- v facteur d'actualisation
- ${}_{k/4}p_x$ probabilité à l'âge x d'être vivant à l'âge $x+k/4$

En revanche, la rente viagère est versée au conjoint durant toute sa vie : c'est son décès qui arrêtera le versement de la rente. Encore une fois, plus le conjoint est jeune lors du décès de l'assuré, plus la durée de versement de cette rente sera donc longue et les provisions à constituer importantes. Le $C_{\text{Rcjt_viag}}$ représente les provisions à constituer pour le versement annuel au conjoint d'une unité monétaire fractionnée par trimestre et ce, jusqu'à son décès :

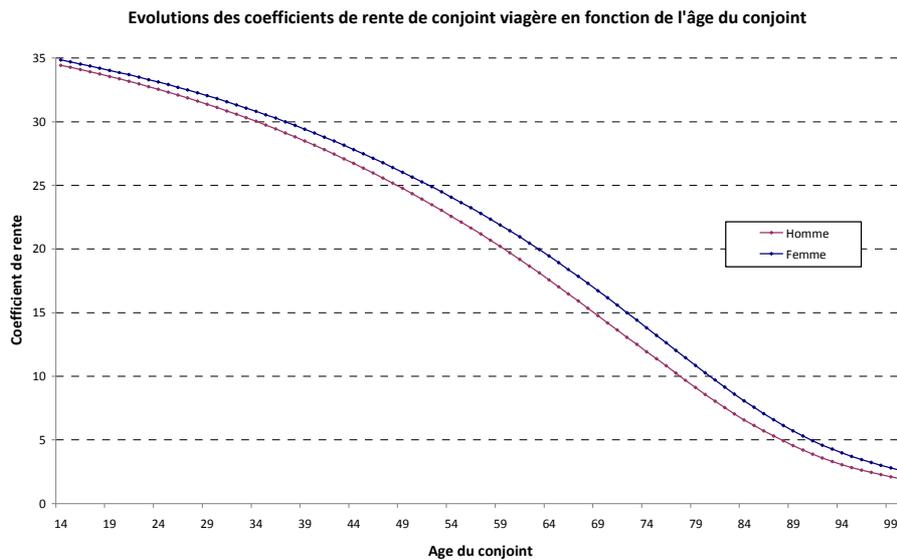
$$C_{\text{Rcjt_viag}} = \ddot{a}^{(4)}_x = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{4} v^{k/4} \times_{k/4} p_x$$

où :

- x est l'âge du conjoint au décès de l'assuré
- v est le facteur d'actualisation
- ${}_{k/4}p_x$ est la probabilité à l'âge x d'être vivant à l'âge $x+k/4$

Ainsi, la durée potentielle de versement de la rente étant plus importante pour la rente viagère que la rente temporaire, on a la relation $C_{\text{Rcjt_tempo}} < C_{\text{Rcjt_viag}}$.

La table de mortalité utilisée est la TPG05. C'est elle qui sert à provisionner les rentes lorsqu'un sinistre survient. Voici l'évolution des coefficients de rente de conjoint viagère :



b) CSR%_{Rente d'éducation}

Le CSR%_{Rente d'éducation} correspond aux capitaux constitutifs des rentes d'éducation versées aux enfants de l'assuré en cas de décès de ce dernier. Si l'assuré n'a pas d'enfants, le CSR%_{Rente d'éducation} est nul.

Le nombre d'enfant et leur âge peuvent aggraver le risque lié à la présence d'une rente éducation. En effet, le coefficient de rente est d'autant plus important que les enfants sont jeunes et les capitaux constitutifs sont d'autant plus importants que les enfants sont nombreux.

Un assuré qui a des enfants jeunes et nombreux représente donc un risque majeur si les niveaux de la rente sont importants et son salaire aussi.

$$CSR\%_{Rente\ éducation} = \sum_{k=0..N} C_Reduc_k$$

C_Reduc_k : Coefficient de rente éducation du k^{ème} enfant

Pour cette étude, nous ne pouvons pas distinguer les âges des enfants de chaque assuré dans nos simulations (cf. paragraphe 2.4.5 du chapitre 2 de cette partie). Il leur sera donné un âge moyen. Ainsi, le CSR%_{Rente d'éducation} s'écrira :

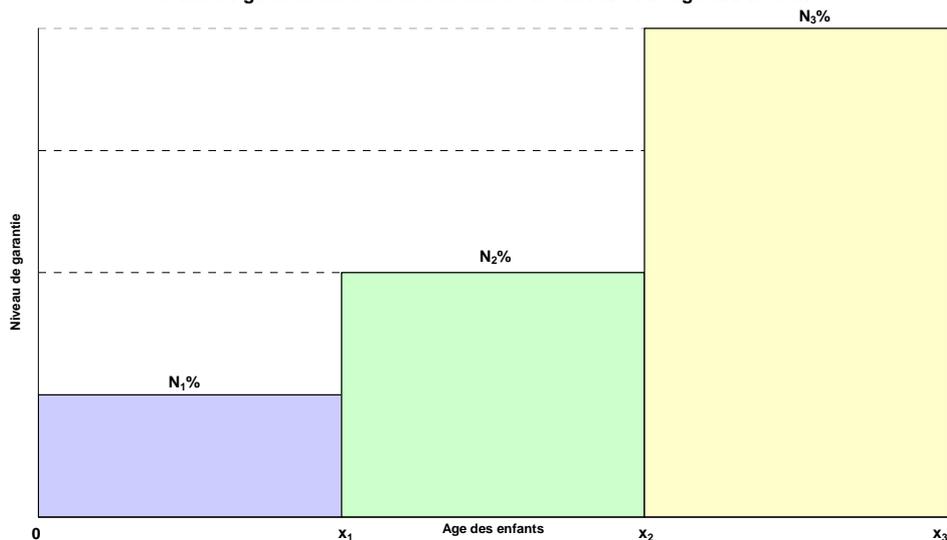
$$CSR\%_{Rente\ éducation} = Nb_enf * C_Reduc$$

C_Reduc : Coefficient de rente éducation correspondant à l'âge moyen des enfants

Nb_enf : Nombre d'enfants du cotisant

Le CSR%_{Rente d'éducation} correspond aux provisions en pourcentage du salaire à constituer pour verser annuellement à chaque enfant une unité de rente d'éducation fractionnée par trimestre. Les niveaux de garantie des rentes d'éducation sont souvent évolutifs avec l'âge des enfants. Considérons une rente qui verse N₁%, N₂% et N₃% du salaire de l'assuré entre respectivement les âges 0 et x₁, x₁ et x₂, x₂ et x₃.

Niveau de garantie de la rente d'éducation en fonction de l'âge des enfants



Soit x l'âge de l'enfant à l'âge du décès de l'assuré.

$$\text{Si } 0 < x < x_1, \text{ alors : } C_{\text{Reduc}} = N_1 \times \ddot{a}_{x:x_1-x}^{(4)} + N_2 \times {}_{x_1-x} \ddot{a}_{x_1:x_2-x_1}^{(4)} + N_3 \times {}_{x_2-x} \ddot{a}_{x_2:x_3-x_2}^{(4)}$$

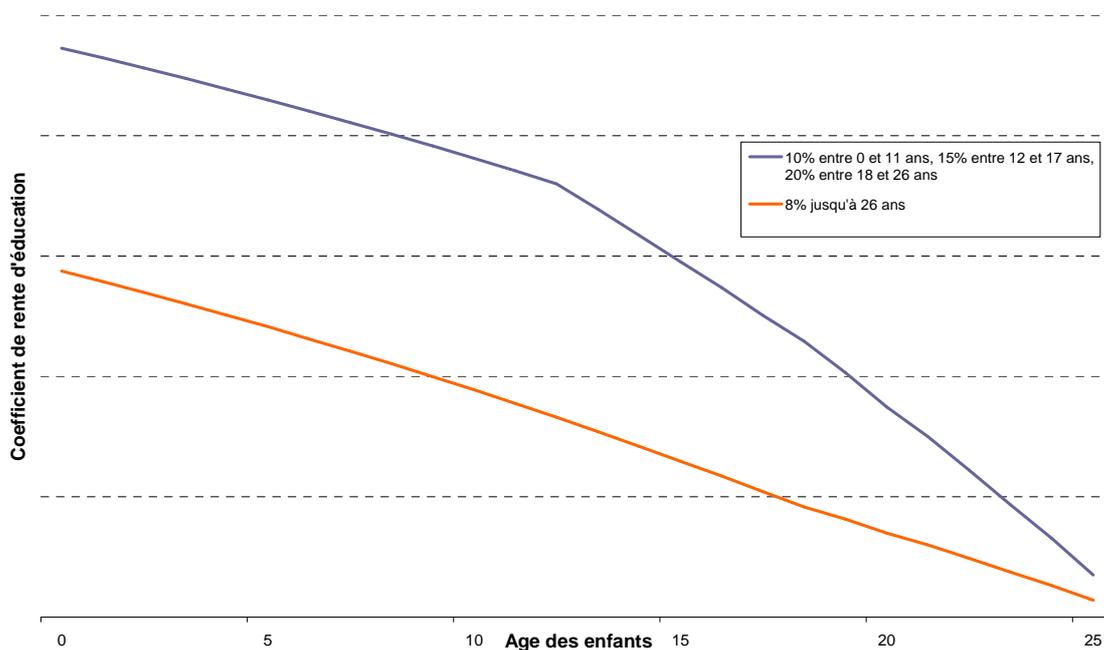
$$\text{Si } x_1 < x < x_2, \text{ alors : } C_{\text{Reduc}} = N_2 \times \ddot{a}_{x:x_2-x}^{(4)} + N_3 \times {}_{x_2-x} \ddot{a}_{x_2:x_3-x_2}^{(4)}$$

$$\text{Si } x_2 < x < x_3, \text{ alors : } C_{\text{Reduc}} = N_3 \times \ddot{a}_{x:x_3-x}^{(4)}$$

La table de mortalité utilisée est une table d'expérience.

Voici les évolutions du coefficient de rente d'éducation en fonction de l'âge des enfants pour deux rentes d'éducation. La première verse 10% du salaire entre 0 et 11 ans, 15% entre 12 et 17 ans puis 20% entre 18 et 26 ans. La deuxième rente est une rente linéaire : elle verse 8% du salaire quelque soit l'âge de l'enfant jusqu'à ses 26 ans.

Evolutions du coefficient de rente d'éducation en fonction de l'âge des enfants



On remarque bien que plus l'enfant est jeune, plus le coefficient de rente sera important. Le niveau de garantie est lui aussi déterminant : les coefficients de la rente de 8% sont moins importants que ceux de la rente progressive où le versement sera au minimum de 10%. Ceci illustre bien l'augmentation du risque apportée par des enfants jeunes et des niveaux de garantie forts.

c) CSR%_{DC}

Le CSR%_{DC} correspond à la somme à verser en cas de décès toute cause de l'assuré en pourcentage du salaire de ce dernier. Le versement de ce capital n'est pas conditionné par la présence d'un conjoint ou d'enfants. En revanche, il peut être majoré selon la situation familiale (marié, pacsé, union libre) et le nombre d'enfants.

$$\text{CSR\%}_{DC} = \text{Kal_DC} + \text{Majo_cjt} + \text{Majo_enf} * \text{Nb_enf}$$

Kal_DC : Niveau de la garantie de capital en cas de décès en pourcentage du salaire

Majo_cjt : Majoration du capital décès en pourcentage du salaire si présence d'un conjoint

Majo_ent : Majoration du capital décès en pourcentage du salaire pour chaque enfant de l'assuré

d) CSR%_{DA}

Le CSR%_{DA} correspond à la majoration du capital à verser en cas de décès accidentel de l'assuré. Ce dernier peut être fonction du CSR%_{DC} (Exemple : CSR%_{DA}=100%*CSR%_{DC}) ou directement du salaire et de la situation familiale selon le modèle de calcul du CSR%_{DC}. S'il n'y a pas de garantie DA, le CSR%_{DA} est nul.

e) CSR%_{DCIR}

Le CSR%_{DCIR} correspond à la majoration du capital à verser en cas de décès accidentel de la circulation de l'assuré en plus de la majoration pour décès accidentel. Ce dernier peut être fonction du CSR%_{DC} ou du CSR%_{DA} (Exemple : CSR%_{DCIR}=50%*CSR%_{DC}) ou directement du salaire et de la situation familiale selon le modèle de calcul du CSR%_{DC}. S'il n'y a pas de garantie DCIR, le CSR%_{DCIR} est nul.

f) CSR%_{DE}

Le CSR%_{DE} correspond à la majoration du capital à verser en cas de décès du conjoint avant 60 ans postérieur au décès de l'assuré. Cette garantie couvre donc le risque de décès simultané du couple assuré-conjoint. Ce dernier peut être fonction du CSR%_{DC} (Exemple : CSR%_{DE}=200%*CSR%_{DC}) ou directement du salaire et de la situation familiale selon le modèle de calcul du CSR%_{DC}. S'il n'y a pas de garantie DE, le CSR%_{DE} est nul.

3.2.2 Quatre CSR pour quatre types de décès

Il existe quatre types de décès : le décès toute cause, le décès accidentel, le décès suite à un accident de la circulation et le décès avec double effet. On a donc quatre CSR possibles par cotisant en fonction du décès observé et du salaire.

a) CSR DC

En cas de décès toute cause, les garanties applicables sont la garantie capital décès accompagnée éventuellement des rentes d'éducation et de conjoint.

$$\text{CSR DC} = \text{Salaire} * (\text{CSR\%}_{DC} + \text{CSR\%}_{\text{Rente de conjoint}} + \text{CSR\%}_{\text{Rente d'éducation}})$$

b) CSR DA

Lors d'un décès accidentel, les rentes d'éducation et de conjoint s'appliquent en plus de la garantie décès majorée par la présence éventuelle d'une garantie DA

$$\text{CSR DA} = \text{Salaire} * (\text{CSR}\%_{\text{DC}} + \text{CSR}\%_{\text{DA}} + \text{CSR}\%_{\text{Rente de conjoint}} + \text{CSR}\%_{\text{Rente d'éducation}})$$

c) CSR DCIR

Lors d'un décès consécutif à un accident de la circulation, les rentes d'éducation et de conjoint s'appliquent en plus de la garantie décès majorée par la présence éventuelle d'une garantie DA et DCIR. A noter que la garantie DCIR s'accompagne toujours d'une garantie DA.

$$\text{CSR DCIR} = \text{Salaire} * (\text{CSR}\%_{\text{DC}} + \text{CSR}\%_{\text{DA}} + \text{CSR}\%_{\text{DCIR}} + \text{CSR}\%_{\text{Rente de conjoint}} + \text{CSR}\%_{\text{Rente d'éducation}})$$

d) CSR DE

En pratique, la garantie DE n'est demandée qu'en cas de décès simultané du couple assuré-conjoint. Dans ce cas-là, la rente d'éducation est toujours versée aux enfants ainsi que le capital des garanties DC et DE et éventuellement DA et DCIR selon la cause de la mort ayant entraîné le décès simultané mais la rente de conjoint n'est pas versée.

$$\text{CSR DE} = \text{Salaire} * (\text{CSR}\%_{\text{DC}} + \text{CSR}\%_{\text{DE}} + \text{CSR}\%_{\text{Rente d'éducation}} + \text{CSR}\%_{\text{DA}} * 1_{\text{DC=DA}} + \text{CSR}\%_{\text{DCIR}} * 1_{\text{DC=DCIR}})$$

Dans nos simulations, nous considérerons que la cause d'un DE ne peut être qu'accidentelle. Ainsi, le décès devra être accidentel pour pouvoir être éventuellement qualifié de DE. Le CSR DE se réécrit :

$$\text{CSR DE} = \text{Salaire} * (\text{CSR}\%_{\text{DC}} + \text{CSR}\%_{\text{DE}} + \text{CSR}\%_{\text{Rente d'éducation}} + \text{CSR}\%_{\text{DA}} + \text{CSR}\%_{\text{DCIR}} * 1_{\text{DC=DCIR}})$$

3.3 Un exemple de calcul de CSR

Prenons comme barème de garanties celui proposé au paragraphe 1.2.2 de la partie Introduction, qui présente la structure de barème la plus répandue.

Considérons un homme de 40 ans, marié avec 1 enfant à charge de 10 ans. Sa conjointe a 38 ans. Les coefficients de rente de conjoint sont de 29,7 pour la rente viagère et de 17,9 pour la rente temporaire. Le coefficient de rente d'éducation est de 1,41 pour un enfant de 10 ans avec le niveau de garantie proposé.

Pour rappel, voici le barème :

Garanties décès	
En pourcentage du SAB	
Capital décès	
CVDS	200%
Marié	300%
Majoration par enfant à charge	80%
Rente d'éducation	
jusqu'au 18ème anniversaire	10%
du 18ème au 26ème anniversaire	15%
Capital supplémentaire en cas de décès accidentel	
CVDS	175%
Marié	250%
Majoration par enfant à charge	80%
Capital supplémentaire en cas de décès accidentel de la circulation	
Toutes situations familiales confondues	175%
Rente de conjoint	
Rente temporaire	0,75%(X-25)
<i>Jusqu'à liquidation de la pension de réversion</i>	
<i>X : Age de l'assuré au décès</i>	
Rente viagère	10%
Double effet	
Si simultanément ou après le décès de l'assuré, son conjoint, non remarié décède à son tour avant 60 ans, il est versé un capital égal à celui du décès toutes causes	
<i>Exemple : CVDS avec 2 enfants à charge</i>	
<i>Versement d'un capital de 360%</i>	
Notes CVDS: Célibataire, Veuf, Divorcé ou Séparé	
Un couple pacsé est considéré comme un couple marié	
Le SAB (Salaire Annuel Brut) de l'assuré est limité à 12 PASS	
PASS: Plafond Annuel de la Sécurité Sociale (35352€ en 2011)	

3.3.1 Calcul des CSR%

Calculons les CSR% rattachés au barème et à l'assuré décrit en introduction de ce paragraphe 3.3.

✓ $CSR\%_{Rente\ de\ conjoint} = Niveau_{Rcjt_tempo} * C_{Rcjt_tempo} + Niveau_{Rcjt_viag} * C_{Rcjt_viag}$

Soit

$CSR\%_{Rente\ de\ conjoint} = 0,75\% * (40-25) * 17,9 + 10\% * 29,7 = 4,98$

✓ $CSR\%_{Rente\ éducation} = Nb_enf * C_Reduc$

Soit

$CSR\%_{Rente\ éducation} = 1,41$

✓ $CSR\%_{DC} = Kal_DC + Majo_cjt + Majo_enf * Nb_enf$

Soit

$CSR\%_{DC} = 300\% + 80\% * 1 = 3,8$

Ici, le barème donne directement la garantie selon la situation familiale de l'assuré.

Ainsi, $Kal_DC + Majo_cjt = Kal_DC_Marié = 300\%$

✓ $CSR\%_{DA} = 250\% + 80\% = 3,3$

✓ $CSR\%_{DCIR} = 175\% = 1,75$

✓ $CSR\%_{DE} = CSR\%_{DC} = 3,8$

Voici un récapitulatif des CSR% calculés et les valeurs de ces derniers pour différentes situations familiales possibles :

Situation familiale	Situation actuelle	Célibataire avec 1 enfant	Marié sans enfants	Célibataire et sans enfants	Situation extrême
	Marié avec 1 enfant				Marié avec 4 enfants
CSR% _{Rente de conjoint}	4,98	0	4,98	0	4,98
CSR% _{Rente éducation}	1,41	1,41	0	0	5,64
CSR% _{DC}	3,80	2,80	3,00	2,00	6,20
CSR% _{DA}	3,30	2,55	2,50	1,75	5,70
CSR% _{DCIR}	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
CSR% _{DE}	3,80	2,80	3,00	2,00	6,20

Pour la situation extrême, il a été supposé un âge moyen des enfants égal à 10 ans

Ce tableau confirme que la situation de famille et le nombre d'enfants sont importants dans le calcul des CSR% : ils peuvent les augmenter de manière conséquente. Leur impact sur le calcul des CSR sera présenté au prochain paragraphe.

3.3.2 Calcul des quatre CSR

Supposons que le Salaire Annuel Brut de l'assuré est de 32 500€. Calculons les CSR pour chaque type de décès.

✓ **CSR DC** = Salaire * (CSR%_{DC} + CSR%_{Rente de conjoint} + CSR%_{Rente d'éducation})

Soit

CSR DC = 32 500€ * (3,8 + 4,98 + 1,41) = **331 175€**

✓ **CSR DA** = Salaire * (CSR%_{DC} + CSR%_{DA} + CSR%_{Rente de conjoint} + CSR%_{Rente d'éducation})

Soit

CSR DA = 32 500€ * (3,8 + 3,3 + 4,98 + 1,41) = **438 425€**

✓ **CSR DCIR** = Salaire * (CSR%_{DC} + CSR%_{DA} + CSR%_{DCIR} + CSR%_{Rente de conjoint} + CSR%_{Rente d'éducation})

Soit

CSR DCIR = 32 500€ * (3,8 + 3,3 + 1,75 + 4,98 + 1,41) = **495 300€**

✓ **CSR DE** = Salaire * (CSR%_{DC} + CSR%_{DE} + CSR%_{Rente d'éducation} + CSR%_{DA} + CSR%_{DCIR} * 1_{DC=DCIR})

Soit

CSR DE = 32 500€ * (3,8 + 3,8 + 1,41 + 3,3 + 1,75_{si DC=DCIR})

CSR DE = **400 075€ + 56 875€_{si DC=DCIR}**

Ainsi, si le couple décède dans un accident de voiture, les CSR s'élèvent à 456 950€.

Voici un récapitulatif des CSR calculés et les valeurs de ces derniers pour différentes situations familiales possibles :

Situation familiale	Situation actuelle	Célibataire avec 1 enfant	Marié sans enfants	Célibataire et sans enfants	Situation extrême	Augmentation entre la situation actuelle et extrême
	Marié avec 1 enfant				Marié avec 4 enfants	
CSR DC	331 175	136 825	259 350	65 000	546 650	65%
CSR DA	438 425	219 700	340 600	121 875	731 900	67%
CSR DCIR	495 300	276 575	397 475	178 750	788 775	59%
CSR DE	400 075	310 700	276 250	186 875	771 550	93%
CSR DE si DCIR	456 950	367 575	333 125	243 750	828 425	81%

Pour la situation extrême, il a été supposé un âge moyen des enfants égal à 10 ans

Si nous comparons le cas où notre exemple est célibataire avec un enfant et sa situation familiale actuelle, on remarque très clairement que la présence d'un conjoint augmente les CSR. En particulier, en cas de décès toute cause, l'augmentation observée est de 142%.

De plus, dans les situations où notre exemple est marié (hors situation extrême), on observe que les CSR DE, avec ou sans DCIR, restent inférieurs au CSR DCIR. Deux raisons expliquent cela. La première est qu'en cas de DE, le conjoint étant aussi décédé, il ne lui sera pas versé de rentes. De plus, le CSR%_{Rente de conjoint} est supérieure au CSR%_{DE} (4,98>3,8 et 4,98>3). La rente de conjoint porte donc une part non négligeable du risque.

En revanche, dans le cas de la situation extrême, le CSR DE avec DCIR est plus important que le CSR DCIR alors que ce dernier contient de la rente de conjoint. Ceci s'explique par le fait que le $CSR\%_{\text{Rente de conjoint}}$ est moins important que la majoration apportée par le double décès ($4,98 < 6,20$). En effet, cette dernière est égale au $CSR\%_{\text{DC}}$ qui comporte 4 majorations pour enfants. Le nombre d'enfants est donc aussi un risque dans ses valeurs extrêmes.

D'ailleurs, quand on compare la situation familiale actuelle de notre assuré avec la situation extrême, les augmentations dues à 3 enfants supplémentaires vont de 59% à 93%, ce qui est important. En particulier, si l'assuré de notre exemple n'avait pas d'enfants.

Un nombre important d'enfants ou la présence d'un conjoint augmente donc les CSR. La combinaison de ces 2 critères peut donc fortement les aggraver. Prenons le cas d'un célibataire sans enfant : son CSR DC est de 65000€. Si cet assuré se marie et a quatre enfants, alors son CSR DC sera de 546650€, soit une augmentation de 741%.

Les CSR étant proportionnels aux salaires, ce dernier est aussi une variable déterminante du risque. Celui de notre assuré est de 32500€. Supposons qu'il soit finalement de 65000€, salaire non aberrant pour un cadre. Cela représente une augmentation de 100%. Les CSR vont donc augmenter d'autant, c'est-à-dire qu'ils vont doubler. Dans le cas de la situation familiale actuelle, les CSR seraient d'au moins 662 000 euros et pourraient avoisiner le million d'euro en cas de décès accidentel de la circulation. Mais dans le cas de la situation familiale extrême où sont présents 1 conjoint et 4 enfants, le sinistre serait d'au moins 1 million d'euro et dépasserait 1,6 million d'euros pour un décès accidentel de la circulation avec double effet.

Sachant que le barème utilisé ici dans notre exemple est un exemple moyen, que les salaires testés ne sont pas des salaires de cadres supérieurs comme nous pouvons en trouver dans notre portefeuille, et que les âges des enfants et des conjoints pris ne sont pas les plus jeunes possibles, on comprend que les CSR, et donc les sinistres, peuvent dépasser plusieurs millions d'euros.

Le risque de pointe reflète donc bien le risque de décès des assurés mariés, aux enfants nombreux dont les garanties sont complètes et importantes et associées à un salaire de type cadre supérieur.

Section 4 La VaR, mesure du risque

Pour chacun des segments, on cherche à évaluer le risque de pointe, c'est-à-dire à connaître le montant de sinistre maximal possible et la probabilité de sa survenance. La VaR est une mesure de risque qui permet de répondre à cette question.

La VaR pour 'Value at Risk', que l'on peut traduire par 'Valeur sous Risque' ou 'Valeur en Risque', est une mesure de risque qui a émergé dans les années 90. Appliquée dans un premier temps au marché financier, son utilisation est aujourd'hui imposée aux assurances par Solvabilité 2 pour le calcul des exigences quantitatives.

La VaR de niveau de confiance $1-\alpha$ d'une variable X est le quantile à $(1-\alpha)\%$ de la distribution de cette variable. C'est la valeur qui sera dépassée dans les $\alpha\%$ des cas au plus. Autrement dit :

$$P(X \leq \text{VaR}[X; 1-\alpha]) = (1-\alpha)\% \text{ ou } P(X \geq \text{VaR}[X; 1-\alpha]) = \alpha\% \text{ où } \alpha \in [0;1]$$

Il a été décidé de calculer des VaR à 99,5% sur la distribution des indicateurs des sinistres. 99,5% est un niveau de confiance demandé par Solvabilité 2 pour le calcul des exigences quantitatives. Nous l'avons donc naturellement repris. Une VaR à 99,5% des sinistres donne donc le montant que le sinistre ne dépassera pas dans 99,5% des cas. Autrement dit, la VaR à 99,5% sera dépassée une fois en 200 ans.

Nous calculons la VaR à partir de données simulées selon la méthode de Monte Carlo : on dit que l'on obtient une VaR Monte Carlo ou VaR empirique. On trie les valeurs dont on veut calculer la VaR par ordre croissant et on récupère la $((1-\alpha)\% \times \text{effectif})^{\text{ème}}$ valeur. Pour mieux comprendre, regardons un exemple simple de calcul de VaR empirique et considérons la liste des sinistres ci-dessous. La VaR de cette distribution de 1000 sinistres est la 995^{ème} valeur triée dans l'ordre croissant :

Sinistres triés dans l'ordre croissant	
1000	265 000
999	220 265
998	215 098
997	199 526
996	199 054
995	198 320
994	198 026
...	
3	14 890
2	12 487
1	12 065

CHAPITRE 2 Méthodologie

L'objectif ici est d'obtenir la distribution, brute et nette de réassurance, de la sinistralité sur un horizon d'un an des contrats prévoyance, et d'en déduire des mesures de risque. L'étude de ces dernières nous permettra d'évaluer la pertinence de l'actuel programme de réassurance sur le risque de pointe.

Afin de prendre en compte les différences de risque de sinistralité entre produits, il sera procédé à la ventilation en sept segments des produits en fonction de leur type et de leur profil de risque. En particulier, on distinguera les produits standards destinés aux cadres et ceux destinés aux non cadres ainsi que les produits sur mesure en fonction de leurs assiettes de cotisation (tranche 1, 2, 3 ou 4). On regroupera les produits aux risques exceptionnels de par leurs niveaux de garanties et les salaires de leurs cotisants. Les produits individuels seront regroupés en un segment.

Idéalement, il faudrait calculer les CSR tête par tête et simuler la mortalité de chaque individu. Pour cela, nous devrions utiliser de nombreuses données sur les cotisants (salaire, âge du conjoint, nombre d'enfants, âges des enfants et niveau de garantie) qui sont aujourd'hui manquantes ou incomplètes pour de nombreux produits et qu'il est techniquement difficile de récupérer. En effet, certaines données ne sont jamais saisies, ou du moins non systématiquement, lors de l'adhésion de l'assuré.

On propose donc de modéliser les CSR de chaque assuré en gérant les données manquantes par des hypothèses basées sur des études statistiques.

Les CSR des contrats individuels étant déjà calculés tête par tête pour la tarification de la prime de réassurance, il n'y aura pas de modélisation de ces derniers avant la simulation de la sinistralité.

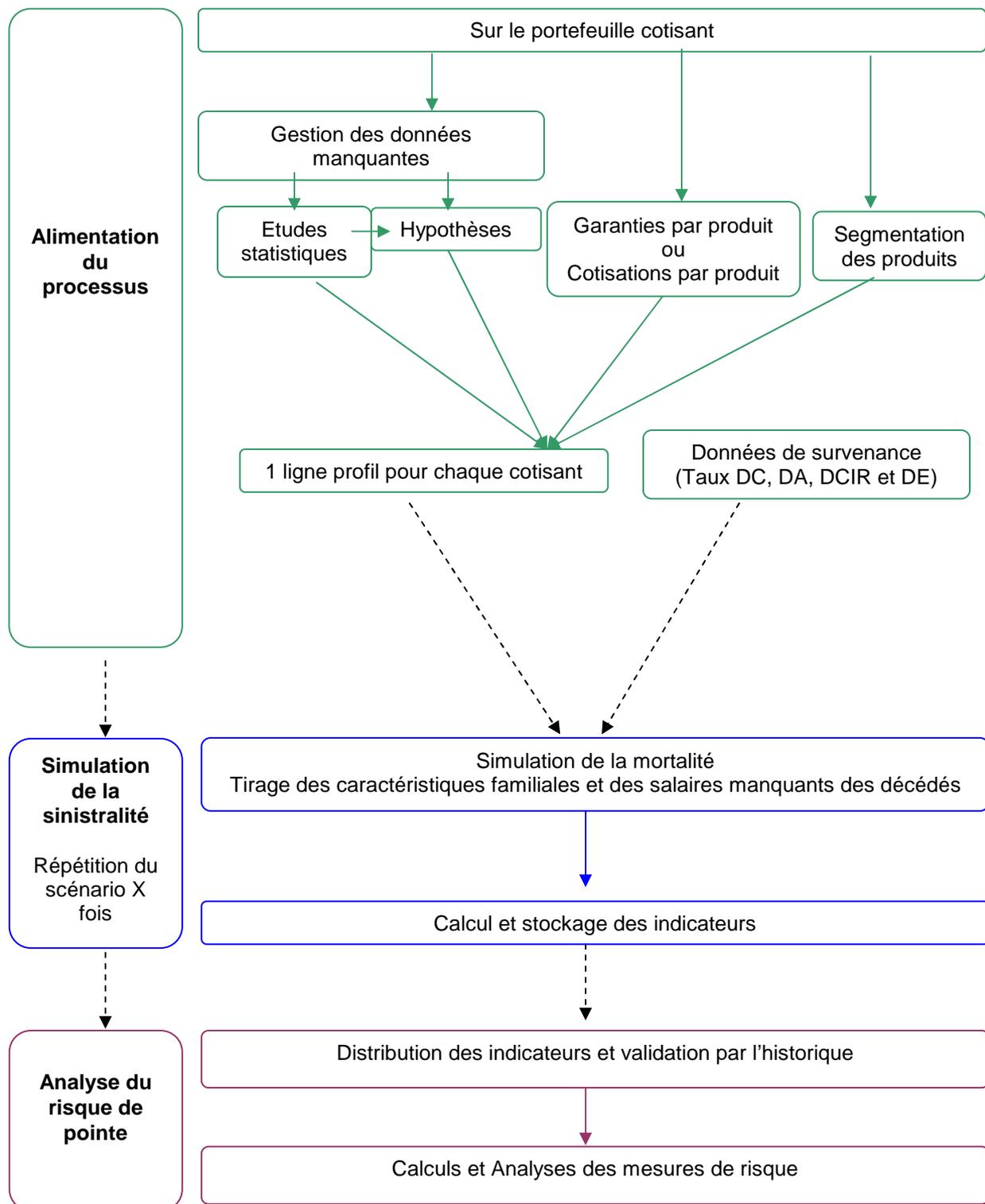
Pour les segments de produits sensibles, i.e. les produits avec des CSR potentiellement élevés de par les salaires et les niveaux de garanties connus, l'estimation des CSR sera fine : le faible volume de ces segments le permettant, les garanties seront récupérées manuellement.

Pour les autres segments, les niveaux de garanties seront estimés à partir des taux de cotisation pour chaque produit et ligne tarifaire.

Une simulation de la mortalité sur le principe de la méthode de Monte Carlo, nous donnera pour chaque segment et chaque scénario une série d'indicateurs : sinistre maximal, somme des sinistres,.... Dès que ces indicateurs auront été validés par les données historiques, on pourra en déduire des mesures de risques, dont des VaR à 99.5%.

L'étude de ces mesures de risque, avant et après réassurance, permettra d'apprécier la qualité du programme de réassurance actuel.

Schéma de la méthodologie générale



Section 1 La segmentation des produits

Il convient de segmenter les produits par marché (produits collectifs sur mesure, collectifs standards et individuels) et par risque sous-jacent (garanties faibles, fortes,...) en fonction notamment des tranches de salaires couvertes et du cumul des garanties, et ce, afin de prendre en compte les différences de sinistralité entre produits.

1.1 Les différents types de produit

Un **produit sur mesure** est un produit créé à la demande d'une entreprise ou d'un groupe et qui répond à ses besoins spécifiques : ce produit couvrira uniquement ses salariés. La tarification dépend donc du barème de garantie voulu par l'entreprise et de ses caractéristiques, notamment démographique.

Les **produits standards** sont des produits créés à l'initiative d'Apicil : il n'y a pas d'entreprise qui motivent leur création et ils ont vocations à être proposés à un secteur cible. L'offre est donc construite en fonction des attentes supposées du secteur et la tarification s'appuie sur ses caractéristiques. Une fois construit, le produit standard est vendu aux entreprises du secteur cible.

Les **produits CCN** présentent des caractéristiques des produits standards et des produits sur-mesure. En effet, ce sont des produits pour lesquels le barème et/ou le tarif sont imposés par une Convention Collective Nationale (CCN). Cependant, un produit CCN ne s'adresse pas à une seule entreprise mais à toutes les entreprises appartenant à la branche. Cette dernière peut soit conseiller à ses membres la souscription du produit créé chez l'assureur qu'elle a choisi, soit la rendre obligatoire. On parle d'assureur désigné.

Les **produits individuels** sont des contrats souscrits par des particuliers. Un produit individuel peut, selon le barème et la tarification proposée ainsi que les conditions d'accès, cibler plus particulièrement les jeunes actifs ou les retraités par exemple.

1.2 Règles d'affectation des produits

A partir des taux de cotisation connus pour chaque produit et ligne tarifaire, les produits sont affectés à un segment. C'est le type de cotisation qui détermine l'affectation : cotisations sur les tranches (T1, T2, T3 ou T4) ou hors tranches (salaire de base, PSS ou forfait).

1.2.1 Les produits standards

Dans un premier temps, nous avons séparé les produits standards destinés au collège cadre et les produits standards destinés au collège non cadre. En effet, ces derniers présentent en général moins de garanties, avec des niveaux plus faibles, des salaires moins importants et des prestations limitées à la tranche 2 du salaire (jusqu'à 4 PASS). Les cotisants des produits standards cadres reçoivent eux des prestations jusqu'à la tranche 3 du salaire (jusqu'à 8 PASS).

Les produits qui cotisent sur de la T3 ont été affectés au segment 6, Produits standards Cadre, les autres ont formé le segment 7, Produits standards Non Cadres.

Pour affecter les produits standards avec des cotisations hors tranches (salaire entier, PSS ou forfait), on a procédé à la méthode suivante :

- Si plus de 90% de non cadres sont observés sur le produit, ce dernier est affecté au segment 7, produits standards non cadres ; si c'est 0%, le produit est affecté au segment 6, produits standards cadres.
- Si le pourcentage observé est manquant ou non tranché, on regarde la qualification du produit dans la base de données du Groupe : cadre, non cadre ou mixte.
- Pour les produits qualifiés de mixte, si les garanties sont en pourcentage du salaire sur la T3, le produit est classé dans le segment 6, produits standards cadres, sinon, dans le segment 7, produits standards non cadre.

Dans un second temps, on a vérifié pour chaque produit la cohérence entre la proportion de cadres observée et la qualification de cadre ou non cadre du segment affecté : quelques produits ont été redirigés vers le segment opposé.

1.2.2 Les produits sur mesure

Nous avons segmenté les produits sur mesure en fonction des tranches de salaire couvertes pour le calcul des prestations. On part du principe que toute cotisation sur une tranche de salaire implique une prestation garantie sur cette tranche de salaire.

Les produits ayant des prestations limitées à la T3 mais présentant un cumul de garanties ont été regroupés avec les produits limités à la T4. Ils forment le segment 4.

Nous avons identifié les produits avec des risques exceptionnels, i.e présentant des prestations couvrant jusqu'à la tranche 4, un cumul de garanties décès avec des niveaux de garanties importants et couvrant des cotisants avec des salaires imposants. Ils forment le segment 5.

Voici les règles d'affectation :

- Les produits qui ne cotisent que sur de la T1 et/ou T2 ont été affectés au segment 2, produits sur mesure T1&T2.
- Puis, parmi les produits cotisant sur de la T3 mais pas sur de la T4, on marque ceux présentant un cumul de garanties : garanties décès, décès accidentel, rentes d'éducation et de conjoint. Ces produits sont affectés au segment 4, produits sur mesure T3cumul&T4.
- Les produits cotisant sur de la T3 mais sans cumul de garanties forment le segment 3, produits sur mesure T3.
- Les produits cotisant sur la T4 ont été qualifiés de produits avec risques exceptionnels s'ils présentaient un cumul de garanties (garanties décès, décès accidentel, rentes d'éducation et de conjoint) et si la garantie décès était haute : ils forment le segment 5, produits sur mesure T4RE.
- Les produits avec une cotisation sur de la T4 mais sans ce cumul de garanties sont dirigés vers le segment 4, produits sur mesure T3cumul&T4.

Pour affecter les produits avec des cotisations hors tranches (salaire entier, PSS ou forfait), on a procédé à la méthode suivante :

- Si une quantité importante de non cadres sont observés, le produit est affecté dans le segment 2, produits sur mesure T1&T2.
- Quand la donnée est manquante, si le nom du produit comporte le sigle « NC », le produit est affecté dans le segment 2, produits sur mesure T1&T2.
- Sinon, on regarde la qualification du produit, cadre, non cadre ou mixte, dans la base de données du Groupe. Si le produit est qualifié de cadre, il est affecté au segment 3, produits sur mesure T3, sinon au segment 2, produits sur mesure T1&T2.
- Si le produit est qualifié de mixte, on regarde le barème du produit dans l’outil de gestion. Si les niveaux de garanties sont exprimés en pourcentage de la T3, le produit est classé dans le segment 3, produits sur mesure T3, sinon dans le segment 2, produits sur mesure T1&T2.

1.2.3 Les produits CCN et individuels

Les produits CCN ont été considérés comme des produits standards. Ils ont donc été affectés comme ces derniers.

Les produits individuels, regroupés en un seul segment, ne nécessitent pas de segmentation plus fine car ils sont peu nombreux et ont des profils de risque peu différents.

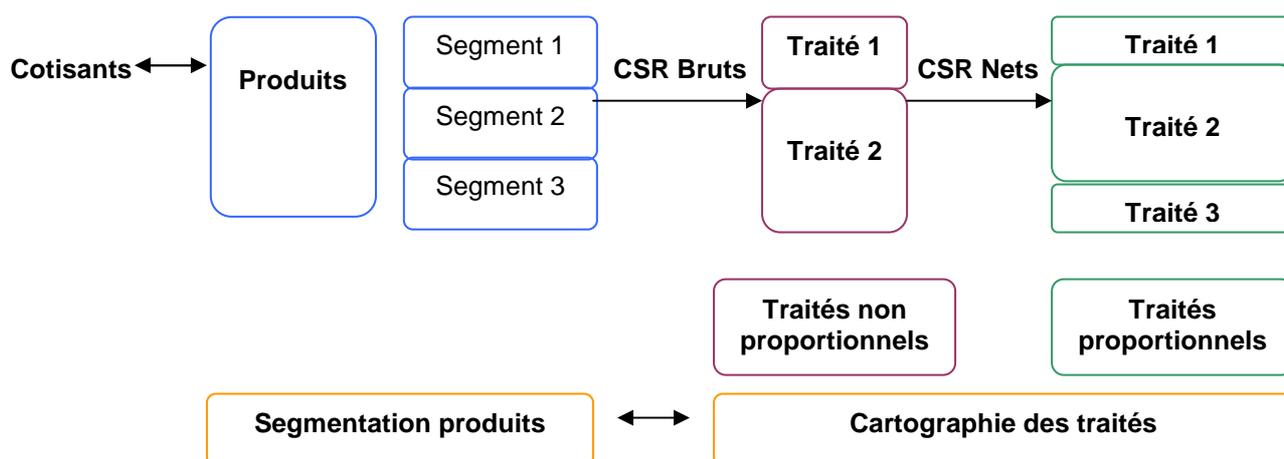
1.3 La segmentation obtenue

Voici un récapitulatif de la segmentation des produits effectuée :

Segmentation des produits				Segment
Produits Prévoyance	Produits individuels			1
	Produits Collectifs	Produits Standards	Standard Cadre	6
			Standard Non Cadre	7
		Produits Sur Mesure	Sur Mesure T1&T2	2
			Sur Mesure T3 - Type simple	3
			Sur Mesure T3 avec cumul de garanties&T4	4
		Sur Mesure T4 - Risques exceptionnels	5	

Il est à noter que la structure de la segmentation des produits a été construite indépendamment du programme de réassurance. Il ne prend en compte que l’aspect ‘exposition au risque’.

Schéma de l'articulation Segmentation produits/Cartographie des traités



Un produit appartient donc à un segment et un ou plusieurs traités de réassurance peuvent s'appliquer à un produit.

Cette segmentation des produits en profil de risque permettra par la suite de créer un programme de réassurance propre à chaque segment en fonction des résultats des études menées au sein du profil de risque de réassurance. Par la suite, chaque nouveau produit sera affecté à un segment en fonction de ses caractéristiques et recevra le programme de réassurance préétabli.

Section 2 Alimentation du processus

L'alimentation du processus est l'ensemble des données nécessaires à la simulation des décès et aux calculs des CSR, donc des sinistres, pour chaque personne décédée.

Comme demandé par l'article 82 de la directive Solvabilité 2, nous utiliserons dans la mesure du possible des données appropriées, complètes et exactes.

On s'attardera ainsi à inventorier les données nécessaires à l'étude, à décrire les documents utilisés et à expliciter le traitement des données manquantes.

2.1 La cartographie des données

Il a été dressé une cartographie des données nécessaires à la simulation. C'est un tableau qui regroupe par type de données, les variables, les descriptifs de ces dernières, leurs utilités, leurs sources et la gestion en cas de donnée manquante.

L'étude porte sur le portefeuille 2010 et nous avons recueilli les données 2010 à notre disposition au deuxième trimestre 2011.

Voici un extrait de la cartographie :

Référentiel Cotisant

Pour un cotisant		Descriptif	Finalité
Données cotisant	INSEE	Clé du cotisant	Distinguer les cotisants entre eux
	DNAISSASS	Date de naissance du cotisant	Connaître l'âge du cotisant
	SEXE	Sexe du cotisant	Attribuer les données manquantes et la survenance en fonction du sexe
	SITFAM	Situation familiale du cotisant	Savoir si des majorations pour conjoint et des rentes de conjoint sont à verser
	CSP	Catégorie socio-professionnelle du cotisant	Attribuer les données manquantes et la survenance en fonction de la CSP
	SALAIRE	Salaire du cotisant	Calcul des CSR et donc des sinistres
	PRODUIT LT	Produit et Ligne Tarifaire du cotisant	Récupérer les niveaux de garanties du produit et de la Lt du cotisant
	NO_ENTR	Numéro d'entreprise du cotisant	Déterminer si le cotisant doit être considéré comme cadre s'il est agent de maîtrise
	SECTEUR	Secteur d'activité du cotisant	
	NB_ENF	Nombre d'enfant du cotisant	Connaître les majorations de capital pour enfants à apporter et le nombre de rentes d'éducation à verser
	AGE_ENF	Age moyen des enfants du cotisant	Calculer les coefficients de rente d'éducation
	AGE_CJT	Age du conjoint du cotisant	Calculer les coefficients des rentes de conjoint

Référentiel Segment

Par produit+LT		Descriptif	Finalité
Données segment	Ind_indiv	Egal à: 1 si le produit+LT appartient à ce segment 0 sinon	Pouvoir répartir les cotisants en fonction de l'appartenance de leur produit+LT à un segment
	Ind_stan_C		
	Ind_stan_NC		
	Ind_SMT1T2		
	Ind_SMT3		
	Ind_SMT3T4		
	Ind_SMT4RE		

Référentiel Garantie

Par produit+LT		Descriptif
Produit	Ind_DC	Indique si le produit+LT présente une garantie décès
	Ind_Reduc	Indique si le produit+LT présente une rente d'éducation
	Ind_Rcjt	Indique si le produit+LT présente une rente de conjoint
	Ind_DA	Indique si le produit+LT présente une garantie pour décès accidentel
	Ind_DC_DCIR	Indique si le produit+LT présente une garantie pour décès accidentel de la circulation
	Ind_DE	Indique si le produit+LT présente une garantie pour décès double effet
Pour tous les produits		Descriptif
Niveau	Kal_DC	Capital de base garantie
	Majo_cjt	Majoration par la présence d'un conjoint
	Majo_enf	Majoration pour chaque enfant
	Majo_DA	Majoration pour décès accidentel
	Majo_DC_DCIR	Majoration pour décès accidentel de la circulation
	Majo_DE	Majoration pour décès double effet
	Niveau_Reduc	Niveau de la rente d'éducation
	Niveau_Rcjt_tempo	Niveau de la rente de conjoint temporaire
Niveau_Rcjt_viag	Niveau de la rente de conjoint viagère	
Pour tous les âges_enf et âge_cjt+sexe_cjt		Descriptif
Coefficient de rente	C_Reduc	Coefficient de rente d'éducation pour les enfants
	C_Rcjt_tempo	Coefficient de rente de conjoint temporaire
	C_Rcjt_viag	Coefficient de rente de conjoint viagère

A noter que LT signifie ligne tarifaire. Un produit peut être composé d'une ou de plusieurs lignes tarifaires et chaque ligne tarifaire porte un barème. Ainsi, il est nécessaire de ventiler par lignes tarifaires existantes les garanties présentes dans un produit.

2.2 La qualification du fichier cotisant

Les données 'cotisants' sont issues d'une table SAS qui recense tous les cotisants des produits prévoyance. Une analyse des données manquantes a été effectuée.

Il en ressort principalement des données manquantes pour la variable *sitfam*, qui indique la situation familiale du cotisant (C=Célibataire, V=Veuf, D=Divorcé, S=Séparé, M=Marié et U=Union libre). En effet, cette donnée n'est pas toujours saisie lors de l'adhésion au contrat.

Un nombre important de salaires sont aussi manquants car ils sont extraits de la base de facturation. En effet, la facturation des produits collectifs pouvant être globale (i.e sur la masse salariale) et non tête par tête (sur chaque salaire), la base ne recense pas tous les salaires.

2.3 La récupération des données

2.3.1 Les coefficients de rente d'éducation et de conjoint

On a construit une table qui donne, en fonction de l'âge des enfants et du niveau de garantie, les coefficients de rente d'éducation correspondant. Les C_{Reduc} construits sont ceux correspondant aux niveaux de garanties exacts des produits. On distinguera ainsi les coefficients des rentes linéaires (versement constant avec l'âge de l'enfant) et des rentes progressives (versement croissant avec l'âge).

Une deuxième table a été construite. Elle donne, en fonction de l'âge et du sexe du conjoint, les coefficients de rente de conjoint $C_{\text{Rcjt_viag}}$ et temporaire $C_{\text{-Rcjt_viag}}$ correspondants.

2.3.2 Les niveaux de garantie

a) Les segments sensibles : segments 4 et 5

Pour rappel, le segment 4 est un segment de produits sur mesure présentant des garanties sur la tranche 4 ou des garanties cumulées sur la tranche 3. Le segment 5 regroupe les produits sur mesure aux risques exceptionnels.

De par leur profil de risque sensible, la modélisation des niveaux de garantie des segments 4 et 5 est fine : on récupère les barèmes des garanties dans l'outil de gestion pour chaque produit et ligne tarifaire pour lesquels nous avons des cotisants.

b) Les segments non sensibles : les segments 2, 3, 6 et 7

Les segments 2, 3, 6 et 7 sont des segments aux produits peu risqués et surtout très nombreux. Nous ne pouvons donc pas techniquement récupérer chaque barème de garantie dans l'outil de gestion comme cela peut être fait pour les segments 4 et 5. La présence et les niveaux des garanties ont donc été reconstitués à partir des taux de cotisation.

Pour cela nous utilisons un fichier de taux de cotisation qui détaille pour chaque produit et ligne tarifaire les taux de cotisation qui s'appliquent sur chaque garantie. Nous considérons donc qu'une garantie est présente sur un produit et sa ligne tarifaire si une cotisation est aussi présente.

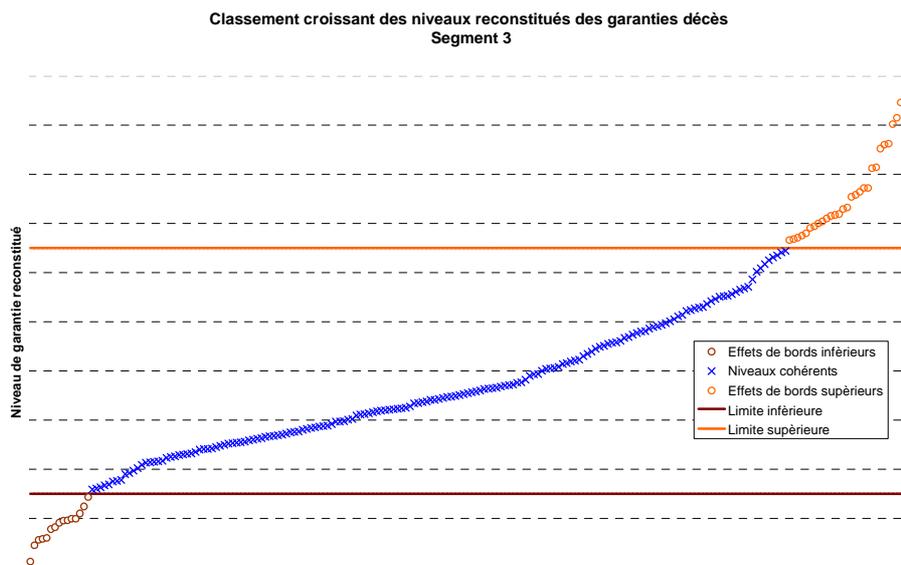
Le fichier de taux de cotisation nous permet aussi de récupérer les niveaux de garanties décès à partir de l'égalité suivante :

$$\text{Niveau_garantie} = \frac{\text{Taux_cotisation}}{q_x} \times (1 - \text{changement})$$

Le q_x , propre à chaque produit, est calculé de la même manière que lors de la tarification. Le chargement comprend le taux de gestion et les frais de courtage.

Cette méthode a ses limites. En effet, le q_x est calculé comme à la tarification mais les conditions de calcul lors de cette dernière ont évolué et ne sont donc plus les mêmes. De plus, le taux de chargement utilisé n'est pas propre à chaque produit : c'est un taux moyen observé. On néglige donc les frais de courtage spécifiques ainsi que d'éventuels efforts commerciaux sur les taux de cotisation. Enfin, certains taux de cotisation donnés sont globaux, i.e qu'ils comprennent toutes les garanties de leur produit. Nous n'avons donc pas le détail des taux de cotisation par garantie.

On observe ainsi certains effets de bord. Ce sont des niveaux reconstitués incohérents, i.e des niveaux très bas ou trop importants par rapport aux niveaux couramment observés : sur les produits concernés, le barème en vigueur a été récupéré et les niveaux de garantie ajustés si nécessaire. Voici un exemple d'effets de bords observés :



Les niveaux de garantie DA, DE et DCIR ne sont pas reconstitués : beaucoup trop d'effets de bords sont observés avec cette méthode. Il a été décidé de doubler le capital décès en cas de DA et de le majorer du capital décès en cas de DE et de DCIR. Ce sont des hypothèses qui correspondent aux niveaux de garanties quasi-systématiquement observés.

Dans le cas de la rente d'éducation, l'égalité s'écrit :

$$\text{Niveau_garantie} \times C_{\text{Reduc}} \times \text{Nb_enf_moyen} = \frac{\text{Taux_cotisation}}{q_x} \times (1 - \text{changement})$$

où C_{Reduc} est le coefficient de rente d'éducation propre au produit. Ce que nous reconstituons n'est donc pas le niveau de la rente d'éducation mais un CSR% moyen observé lors de la tarification du produit.

Dans le cas de la rente de conjoint, l'égalité s'écrit :

$$\text{Niveau_garantie} \times C_{\text{Rcjt_tempo}} + \text{Niveau_garantie} \times C_{\text{Rcjt_viag}} = \frac{\text{Taux_cotisation}}{q_x} \times (1 - \text{ch arg ement})$$

où les coefficients des rentes de conjoint viagère et temporaire sont propres à chaque produit. Ce que nous reconstituons n'est donc pas le niveau des rentes de conjoint mais un CSR% moyen observé lors de la tarification du produit.

Ces CSR% moyens pour les rentes d'éducation et les rentes de conjoint sont calculés selon certaines caractéristiques propres aux produits observées lors de la tarification qu'il faudrait connaître pour transformer ces CSR% en niveaux de garanties. Ces données étant techniquement difficiles à récupérer, il a été décidé de garder ces CSR% propres à chaque produit et de ne donc pas les individualiser selon la situation familiale du cotisant.

Pour chaque assuré décédé, nous simulerons la présence d'enfants : s'il y en a, on récupérera le CSR% moyen de la rente d'éducation pour le calcul du sinistre. Nous simulerons aussi la présence d'un conjoint : s'il y en a un, le CSR% moyen des rentes de conjoint sera intégré au calcul du sinistre. Nous ne prendrons donc pas en compte la variance des CSR liée au nombre d'enfant, à leur âge et à celui du conjoint. Ainsi, on pourra surestimer des rentes, mais surtout sous-estimer le risque porté par les situations familiales extrêmes.

On observe là encore certains effets de bords, i.e des CSR% moyens aux valeurs trop petites ou trop grandes, qui sont corrigés si nécessaire après récupération des barèmes.

Les calculs des CSR étant déjà effectués pour la tarification de la réassurance sur le segment 1, il n'y a pas lieu de récupérer les niveaux de garantie de ces produits.

2.3.3 Le programme de réassurance

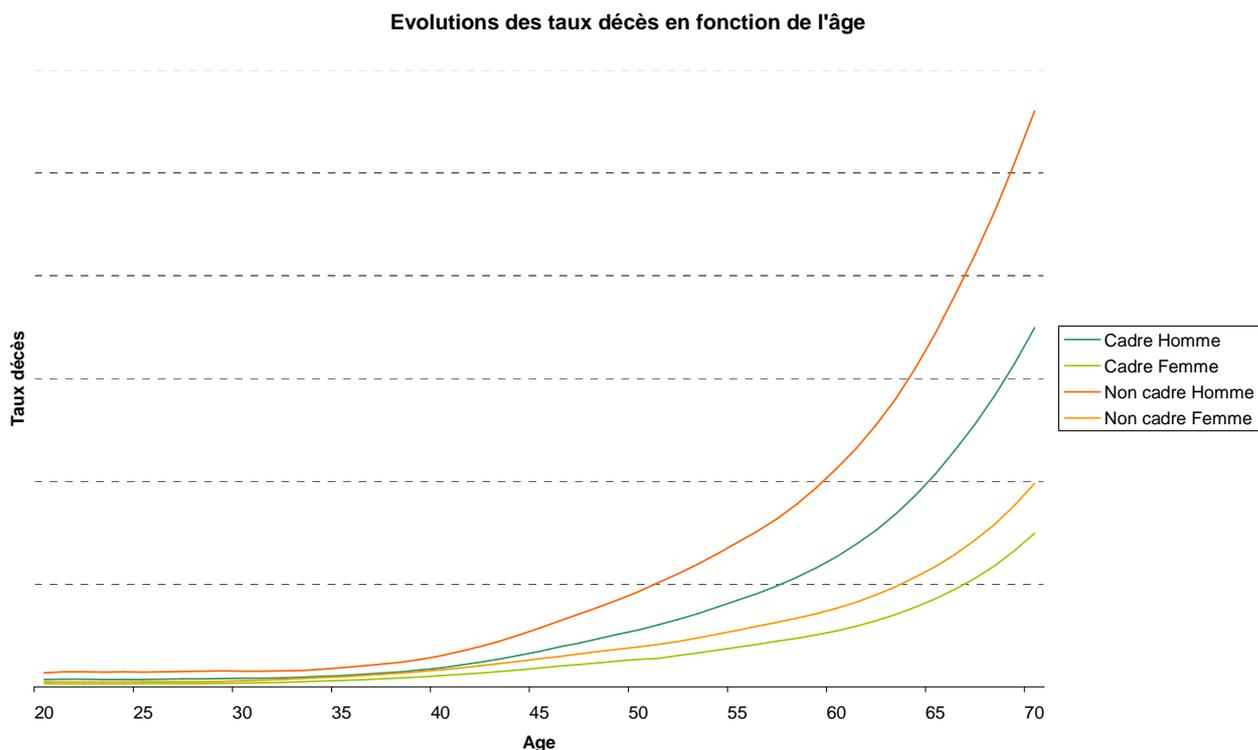
Une étude antérieure à la construction du profil de risque nous fournit une cartographie de l'existant des produits et des traités de réassurance, dont une segmentation des produits par type de couverture de réassurance et les conservations nettes par segment. On peut ainsi faire correspondre à chaque produit son programme de réassurance (cf. paragraphe 1.3 de ce chapitre).

2.3.4 La survenance de la sinistralité

On utilise pour la simulation de la survenance des bases issues de l'expérience du portefeuille.

La mortalité est simulée à partir d'une base de taux décès toutes causes segmentées par sexe, CSP et âge. Le taux décès accidentel provient d'une base d'expérience qui donne un taux DA en proportion du taux décès toute cause segmentée par sexe et catégories d'âge. Il en est de même pour le taux DCIR. Le taux DE est un taux unique d'expérience.

Voici l'évolution des taux décès en fonction de l'âge, segmentés par sexe et CSP :



Le sexe et la CSP des cotisants du segment 1, éléments importants pour individualiser la survenance, n'ont pas pu être récupérés. On a donc supposé la présence de 70% de cadre, de 30% de non cadre et une répartition égale des hommes et des femmes sur ce segment. On a pondéré selon ces hypothèses les taux décès segmentés par sexe et CSP. La table unisexe et uni-CSP ainsi obtenue fournit les taux décès utilisés pour ce segment.

2.4 Etudes statistiques pour gérer les données manquantes

2.4.1 Le lissage de Whittaker-Henderson

Le lissage de Whittaker-Henderson est une méthode non paramétrique qui permet de lisser des données. Elle a été utilisée pour lisser les résultats statistiques obtenus lors des études présentées dans la suite de ce paragraphe 2.4.

Cette méthode consiste à lisser des données en respectant deux contraintes : les données lissées doivent rester proches de la suite $(u)_{i \in \mathbb{N}}$ des valeurs initiales, et l'écart entre les valeurs lissées doit être contenu. On a donc un critère de fidélité et un critère de régularité.

La suite $(v)_{i \in \mathbb{N}}$ des données lissées doit minimiser une combinaison linéaire de la fidélité F et de la régularité R . Ainsi, elle doit vérifier pour tout i :

$$\frac{d}{dv_i}(F + hR) = 0$$

où

$$F = \sum_{i=1}^n (v_i - u_i)^2 \text{ et } R = \sum_{i=1}^n (\Delta^z(v_i))^2$$

h est un paramètre qui permet de contrôler l'importance donnée à R par rapport à F et z est un deuxième paramètre qui fixe le degré de l'opérateur différence : plus il est grand, plus la régularité est forte.

2.4.2 Modélisation des données manquantes par découpage

Pour modéliser les données manquantes du nombre d'enfants, de la présence d'un conjoint et du salaire, nous avons effectué des études statistiques présentées dans la suite de ce paragraphe 2.4. Nous obtenons des probabilités associées aux valeurs possibles des données manquantes. Plus précisément, nous obtenons deux suites : la suite $(x)_{i \in \mathbb{N}}$ des valeurs possibles de la variable X à modéliser et la suite $(p)_{i \in \mathbb{N}}$ telle que pour tout i , $P(X=x_i)=p_i$.

Nous avons utilisé la méthode de découpage pour modéliser ces lois discrètes. Elle consiste à tirer une variable aléatoire uniforme sur $[0;1]$ et à la comparer aux probabilités p_i pour déterminer la valeur de X .

Ainsi :

X prends la valeur x_1 si $U < p_1$

Sinon, X prends la valeur x_2 si $U < p_1 + p_2$

Sinon, X prends la valeur x_3 si $U < p_1 + p_2 + p_3$

...

Sinon, X prends la valeur x_n si $U < 1$

Dans la suite de ce paragraphe, des exemples chiffrés expliciteront cette méthode.

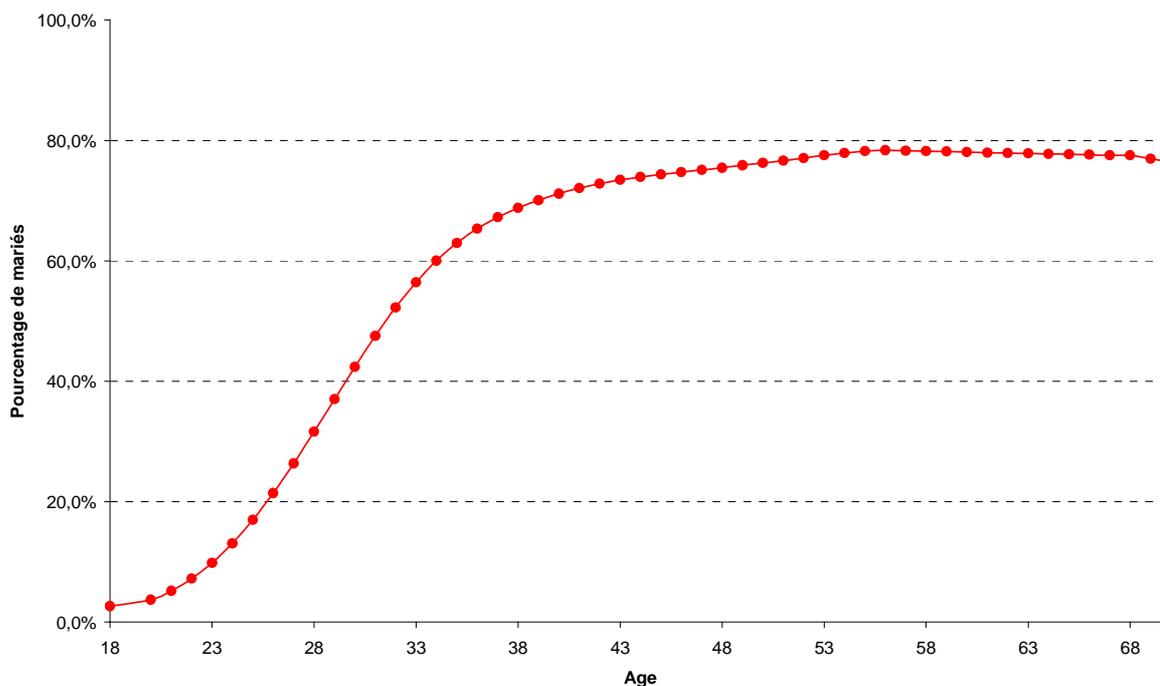
2.4.3 La situation familiale de l'assuré

La variable *sifam*, qui donne la situation familiale, nous indique la présence ou non d'un conjoint, information nécessaire pour savoir si le versement d'une rente de conjoint doit être simulé.

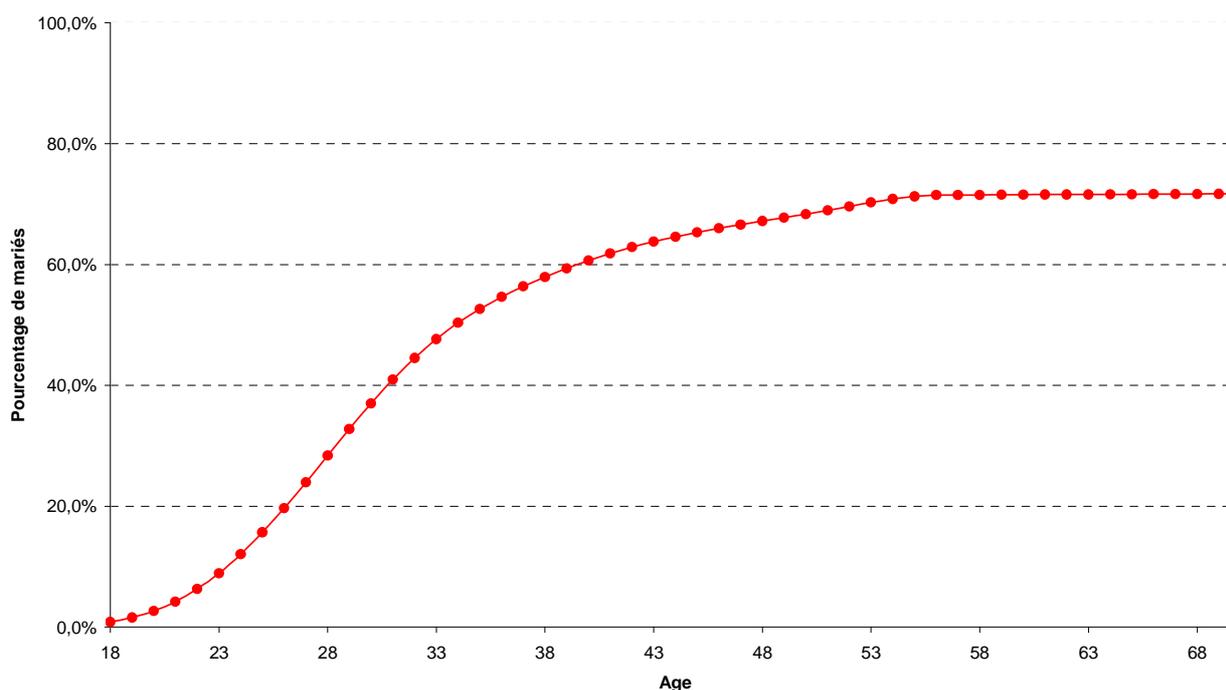
Nous avons donc effectué une étude statistique sur les cotisants dont la donnée est renseignée : par âge et CSP, nous avons calculé le pourcentage d'assuré avec un conjoint. Pour chaque âge et CSP, on obtient ainsi une loi de Bernoulli de probabilité le pourcentage observé d'assurés avec un conjoint.

Pour chaque assuré décédé dont la donnée *siffam* est manquante, on utilise la méthode par découpage présentée au paragraphe 2.4.2 pour modéliser cette variable. On tire une variable aléatoire entre 0 et 1. Si cette variable est inférieure à la probabilité d'avoir un conjoint, on admet que l'assuré a un conjoint, sinon, il est considéré comme étant célibataire. Voici les probabilités par âge d'avoir un conjoint utilisées :

Pourcentage de mariés par âge pour les Cadres



Pourcentage de mariés par âge pour les Non Cadres



2.4.4 Le nombre d'enfants par assuré

La variable *Nb_enf* n'est pas fiable et trop peu renseignée. Pourtant, cette variable nous indique le nombre de rentes d'éducation qui doit être versées quand cette garantie est présente.

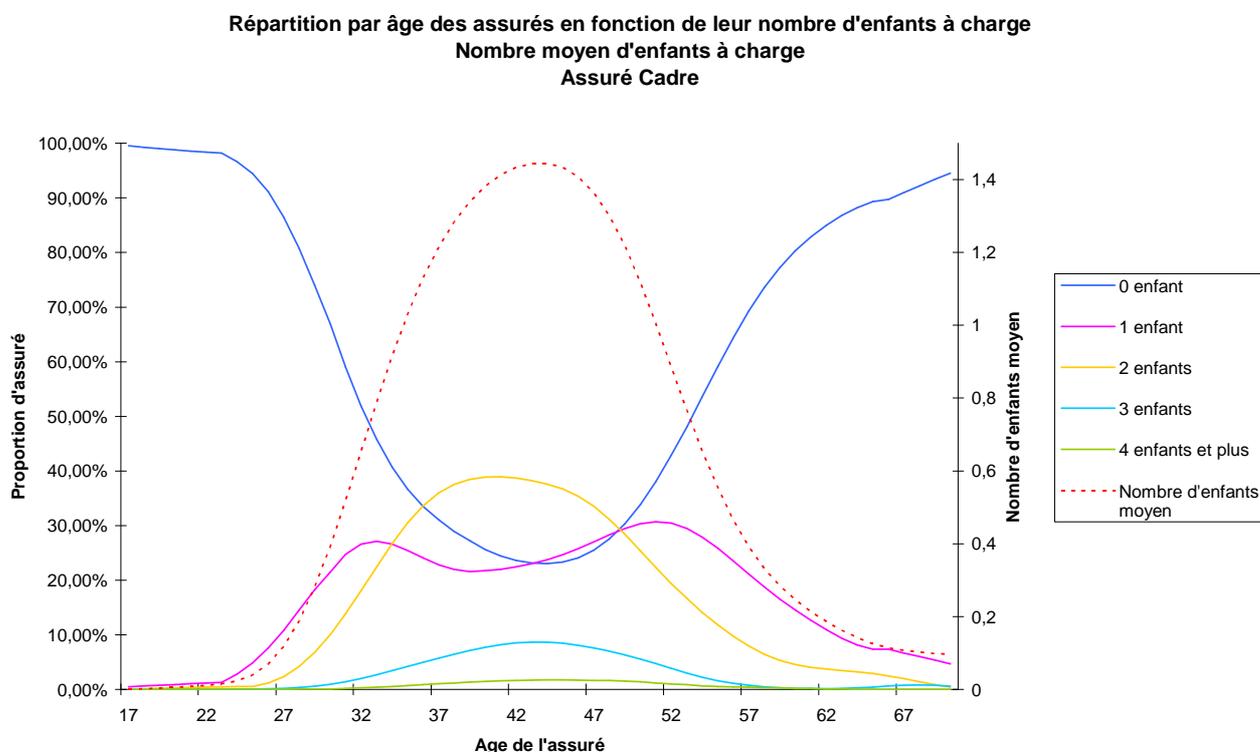
Nous avons donc effectué une étude statistique sur les lignes décomptés des frais médicaux du portefeuille santé du Groupe pour les produits à cotisation familiale. On a repéré les enfants consommant, i.e ayant perçus des remboursements pour frais médicaux. Puis, par âge et CSP, nous avons compté la proportion de cotisants ayant 0, 1, 2, 3 ou 4 enfants et plus. A l'aide de la méthode par découpage et des résultats de l'étude, nous pourrions attribuer à chaque assuré un nombre d'enfants.

Par exemple, considérons un assuré non cadre de 30 ans. Voici la proportion d'assuré ayant 0, 1, 2, 3, ou 4 enfants et plus pour cet âge et cette CSP :

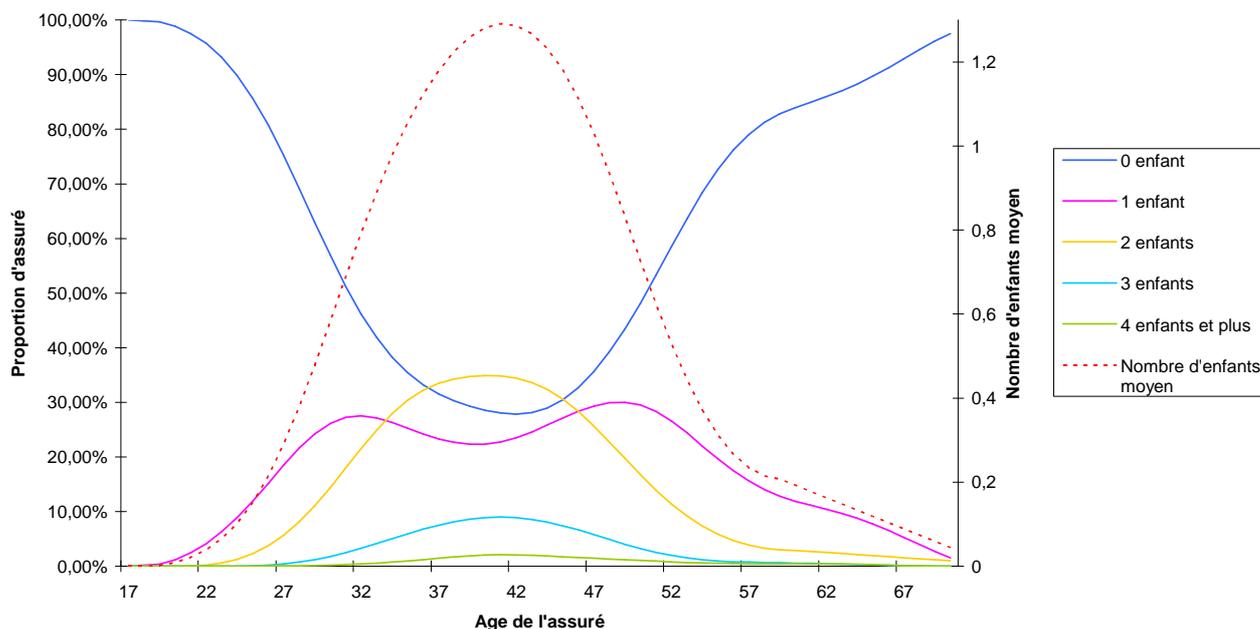
Nb_enf	0	1	2	3	4 et +
Proportion	56,9%	26,1%	14,4%	2,3%	0,3%
Proportion cumulée	56,9%	83,0%	97,4%	99,7%	100,0%

Si lors des simulations un assuré non cadre de 30 ans décède, alors on tire une variable aléatoire uniforme entre 0 et 1. Si cette dernière est inférieure à 56,9%, alors on attribue 0 enfant à l'assuré. Si la variable est inférieure à 83%, alors on considère qu'il a 1 enfant. Sinon, on teste ainsi toutes les autres valeurs de proportion cumulée jusqu'à ce qu'un des tests soit vrai.

Voici les statistiques du nombre d'enfants à charge par assuré, selon l'âge et la CSP de ce dernier, utilisées dans la modélisation :



Répartition par âge des assurés en fonction de leur nombre d'enfants à charge
Nombre moyen d'enfants à charge
Assuré Non Cadre



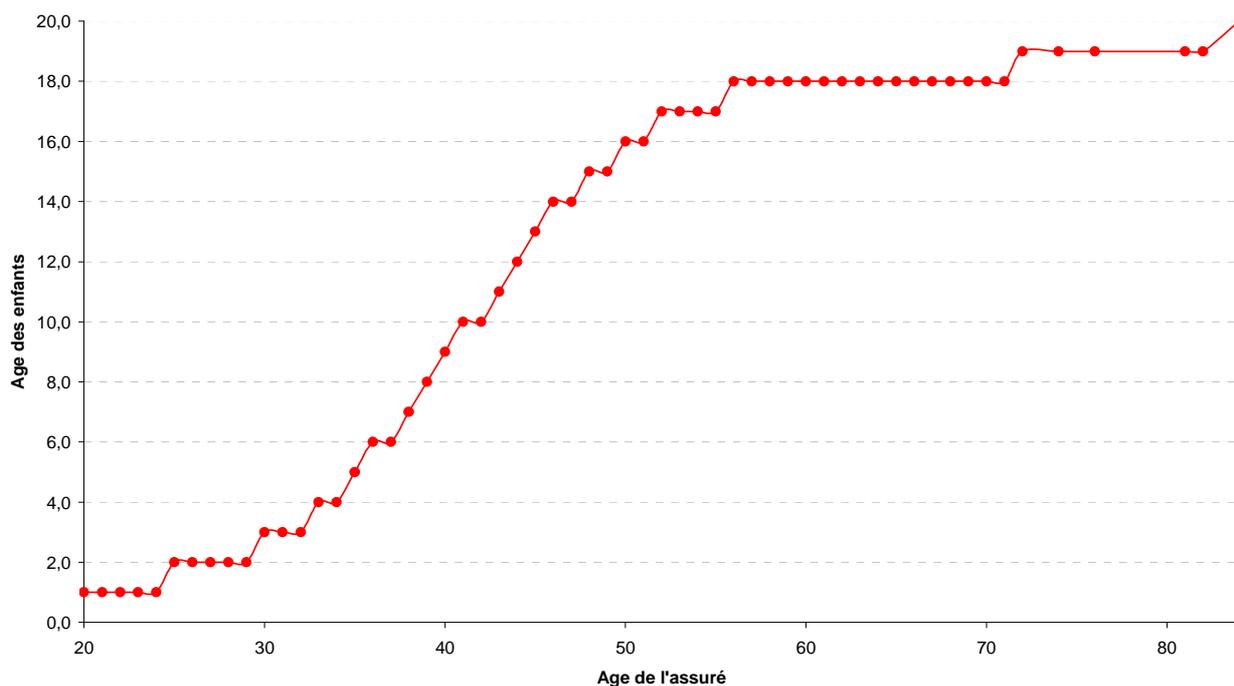
Les enfants des assurés sont considérés comme tel jusqu'à leur 26 ans, âge limite d'ouverture des droits aux rentes d'éducation s'il y a poursuite d'études et à la majoration du capital décès. On observe donc sans grande surprise que le nombre d'enfant aux âges extrêmes est nul et que l'on atteint un pic du nombre d'enfant entre 41 et 44 ans.

Les résultats présentés ont été obtenus après lissage de Whittaker Henderson, méthode présentée précédemment au paragraphe 2.4.1.

2.4.5 L'âge des enfants

Pour le calcul de la rente d'éducation, nous avons besoin de connaître les âges des enfants des cotisants. N'ayant pas cette donnée, il sera apporté à tous les enfants d'un cotisant un âge moyen. Cet âge est issu d'une étude statistique que nous avons effectuée sur les lignes de décomptes des frais médicaux du portefeuille santé. Nous avons repéré les enfants consommant, i.e ayant perçus des remboursements pour frais médicaux, et retenu leur âge ainsi que celui de l'assuré auquel ils sont rattachés. Nous obtenons ainsi l'âge moyen des enfants en fonction de l'âge de l'assuré. Nous avons retenu des âges entiers afin de pouvoir attribuer facilement des coefficients de rente d'éducation.

Age moyen des enfants en fonction de l'âge de l'assuré



Encore une fois, les enfants des assurés sont considérés comme tel jusqu'à leur 26 ans, âge limite d'ouverture des droits aux rentes d'éducation si poursuite d'études et à la majoration du capital décès. Lors de notre étude, nous avons donc supprimé de nos données tous les enfants de plus de 28 ans. Il n'est donc pas étonnant que l'âge moyen des enfants observé ne dépasse pas 20 ans.

Ces graphiques ont été obtenus après lissage de Whittaker Henderson, méthode présentée précédemment au paragraphe 2.4.1.

Ne pas dissocier les âges des enfants d'un assuré en leur donnant un âge moyen nous empêche d'individualiser le coefficient de rente éducation de chaque enfant : ils auront tous le même coefficient, calculé à partir de leur âge moyen. C'est une simplification nécessaire. En effet, attribuer un âge à chaque enfant compliquerait de manière importante la modélisation des CSR et bloquerai l'exploitation de l'outil de simulation.

2.4.6 Le salaire de l'assuré

La variable *salaire* est en partie manquante dans le portefeuille cotisant de 2010. Elle fait l'objet d'un redressement à partir du portefeuille 2009 : on récupère des salaires renseignés en 2009 qui ne le sont plus en 2010. On diminue ainsi le pourcentage de salaire manquant.

A partir du fichier cotisant aux salaires redressés, on obtient les quantiles des salaires par classe d'âge et par CSP pour chaque segment et on utilise la méthode par découpage présentée au paragraphe 2.4.2. Pour chaque assuré décédé au salaire inconnu, on tire une variable aléatoire uniforme entre 0 et 1 que l'on compare aux niveaux des quantiles.

Voici les catégories d'âge retenues :

Catégories	Âges
1	18-25 ans
2	25-30 ans
3	30-35 ans
4	35-40 ans
5	40-45 ans
6	45-50 ans
7	50-55 ans
8	55-60 ans
9	plus de 60 ans

Considérons un assuré cadre de 30 ans dont le salaire est inconnu. Voici les quantiles de la distribution des salaires sur son segment, pour sa catégorie d'âge et sa CSP :

Quantiles	0	0,25	0,5	0,75	0,95	1
Salaires en euros	8000	15000	29000	35000	42000	45000

On tire une variable aléatoire uniforme entre 0 et 1. Voici le salaire qui lui sera attribué en fonction de la valeur de cette variable :

		Salaire attribué
Valeur aléatoire inférieure à :	0,25	8000
	0,5	15000
	0,75	29000
	0,95	35000
	1-P _{max}	42000
	1	45000

P_{max} est le pourcentage d'assuré ayant effectivement le salaire maximal sur ce segment, pour la catégorie d'âge et la CSP de l'assuré pour lequel on essaye de modéliser le salaire.

2.4.7 L'âge du conjoint de l'assuré

On fait l'hypothèse que l'âge du conjoint est celui de l'assuré minoré ou majoré de deux ans. Il est minoré si l'assuré est un homme, il est majoré s'il est une femme. Autrement dit, on considère qu'un homme est toujours plus vieux de deux ans dans un couple. C'est une hypothèse qui s'est vérifiée lors d'une étude précédente sur le portefeuille santé du Groupe.

Section 3 Construction et structure de l'outil de simulation

3.1 Principe fonctionnel

L'idée générale est de simuler, pour chaque segment de produit, la survenance des décès sur l'ensemble des cotisants sur un horizon d'un an, et de calculer, pour chaque décédé, le sinistre engendré. Pour chaque scénario, on récupère les indicateurs souhaités (sinistre maximal, sinistre moyen,...).

La répétition de la simulation (de 20 000 à 100 000 fois) sur le principe de Monte Carlo nous permet d'obtenir pour chaque segment une distribution des indicateurs, brut et nette de réassurance, dont on peut vérifier la cohérence à l'aide des données historiques.

Schéma du principe de simulation

Listing des cotisants avec leur loi de survénance
(taux DC, DA, DE, DCIR)

Insee	Sexe	CSP	Age	qx	Tx DA
1	1	NC	20	0,01%	0,001%
2	...	...	...	...	...
...
120	...	...	...	...	...

Simulation de la loi de survénance

Insee	Ind DC
1	1
2	0
...	...
120	1

Calcul du sinistre pour chaque décédé

Insee	Descriptif familial	Garanties	Salaires	Sinistres
1
2
...
...
120

Statistiques extraites : sinistre maximum, sinistre moyen, somme des 10 plus gros sinistres,...

UN SCENARIO

Méthode de Monte Carlo

Répétition du scénario x fois (de 20000 à 100 000 fois)

Obtention d'une distribution des statistiques extraites

Données historiques

Statistiques

Validation de la distribution simulée

3.2 La méthode de Monte Carlo

3.2.1 Principe

La méthode de Monte Carlo consiste à réitérer plusieurs fois la simulation d'une réalisation d'une variable dont on veut connaître la distribution. Cette dernière sera donnée par l'ensemble des réalisations obtenues.

Ici, notre variable est le vecteur d'indicateurs de risque (dont le sinistre maximal et le sinistre moyen par exemple) calculés à partir des valeurs des sinistres de notre segment. Une réalisation de ce vecteur correspond à une réalisation de la survenance des décès sur un horizon d'un an. C'est cette dernière qui sera réitérée plusieurs fois par tirage successif de variables aléatoires.

A chaque réalisation de la survenance, i.e quand il est déterminé pour chaque tête si elle est décédée ou non, on calcule la valeur des sinistres et les indicateurs qui s'y rattachent. Ces derniers sont dépendants de plusieurs paramètres dont certains sont inconnus (salaire, présence d'un conjoint, ...etc) mais modélisés à partir des études statistiques effectuées en amont.

3.2.2 Le nombre de simulations

De manière très générale, on cherche pour chaque segment le sinistre maximal possible. Pour cela, il faut que chaque tête soit décédée au moins une fois sur l'ensemble de nos simulations afin de s'assurer de la présence du maximum dans notre distribution.

Considérons la tête dont le taux décès est le plus faible, de l'ordre de 0,08%. Alors, nous pouvons considérer que cette tête sera décédée au moins une fois si nous faisons 12500 simulations car $0,008\% \times 12500 = 1$. Cela signifie aussi que moins de simulations sont nécessaires pour s'assurer du décès des autres têtes : 12500 simulations est un minimum imposé.

Il a donc été décidé d'effectuer 100000 simulations quand cela est techniquement possible du point de vu du temps nécessaire à l'outil pour les effectuer. Sinon, on demande à l'outil le maximum de simulations qu'autorise la contrainte temps tout en respectant le minimum de 12500 simulations.

Voici le nombre de simulations effectuées pour chaque segment :

Segment	Nombre de simulations
1	100 000
2	20 000
3	30 000
4	100 000
5	100 000
6	50 000
7	35 000

3.3 Mise en œuvre opérationnelle

Nous décrivons succinctement les étapes nécessaires à la construction de l'outil de simulation. Cette procédure est à réitérer pour chaque segment.

L'outil créé est assez souple pour pouvoir facilement modifier des paramètres et relancer des simulations. On peut notamment modifier rapidement les lois de survenance et le programme de réassurance.

3.3.1 Récupération des données cotisant

La récupération des données cotisant se fait à partir d'une table cotisant sous SAS. A partir de cette dernière, nous redressons la variable *salaire* et nous calculons les quantiles de salaires par CSP et catégorie d'âge pour gérer les données manquantes.

3.3.2 Mise en place de la table de travail

La table de travail est un tableau Excel où chaque ligne est une ligne cotisant issue de la récupération des données cotisant sous SAS. On complète les lignes des cotisants avec les variables nécessaires à la simulation de la survenance et aux calculs des sinistres.

a) Les données pour le tirage de la survenance

- Le taux DC
- Le taux DCIR
- Le taux DA
- Le taux DE

b) Les caractéristiques familiales

- La probabilité d'avoir un conjoint
- L'âge du conjoint
- La répartition du nombre d'enfant
- L'âge des enfants

c) Les variables nécessaires aux calculs des sinistres

- Les quantiles de salaires
- Les niveaux des garanties présentes
- Les coefficients de rente
- Le programme de réassurance

3.3.3 La simulation sous Excel

Le principe de la simulation est de tirer aléatoirement le décès sur l'ensemble des cotisants de la table de travail, de modéliser les données manquantes des décédés et de calculer les sinistres. Ce scénario est ensuite répété entre 20000 et 100 000 fois selon les segments.

A chaque scénario, on récupère :

- Le nombre de DC, DA, DCIR et DE
- Le sinistre maximal, brut et net de réassurance

- La somme des 10 plus gros sinistres, brute et nette de réassurance
- Le sinistre moyen, brut et net de réassurance
- La somme des sinistres, brute et nette de réassurance

Ces indicateurs peuvent ensuite être retravaillés sous SAS et Excel pour notamment le calcul des VaR à 99,5% et la sortie graphique des résultats.

CHAPITRE 3 Résultats et mesures du risque

Ce chapitre présente les résultats obtenus suite aux simulations effectuées pour l'étude du risque de pointe sur les garanties décès pour chaque segment de produit. Ils mettent en avant les quantiles, bruts et nets de réassurance non proportionnelle et proportionnelle, des indicateurs obtenus lors des simulations. Les variations de la VaR à 99.5% de la somme des sinistres et du sinistre maximal suite à l'application du programme de réassurance actuel seront détaillées.

Voici la liste des indicateurs pour lesquels les quantiles sont présentés :

- Sinistre maximal
- Somme des sinistres
- Somme des 10 plus gros sinistres
- Sinistre moyen

Pour des raisons de confidentialité, les valeurs des indicateurs ont été supprimées. En revanche, les rapports entre les quantiles bruts et nets de réassurance ont été gardés.

Section 1 Résultats du segment 1

Le segment 1 regroupe les produits individuels et son programme de réassurance se compose de traités en excédent de plein.

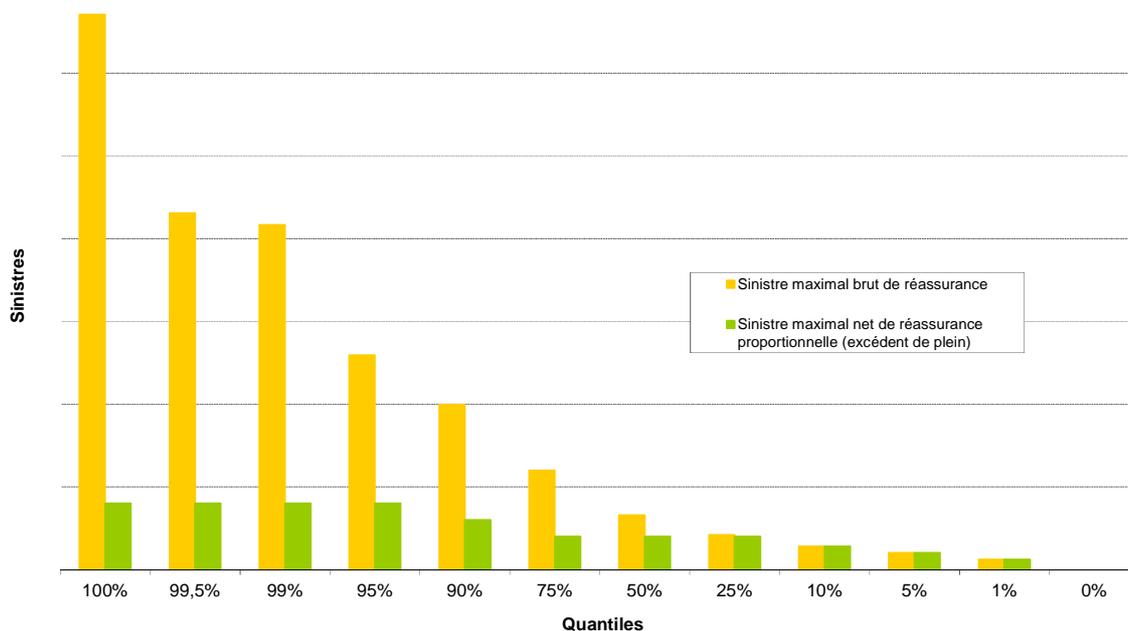
Il a été fait 100000 simulations de survenance. De par la sinistralité faible en nombre moyen de décès sur ce segment, la somme des 10 plus gros sinistres est un indicateur qui n'a pas été récupéré.

L'historique des sinistres n'est pas assez volumineux pour qu'il soit pertinent de valider les résultats des simulations avec ce dernier. En effet, seulement 9 sinistres sont observés. Cependant, sur ce segment, les capitaux sous risque étaient déjà calculés suite à la tarification du traité de réassurance en excédent de plein. L'incertitude des résultats réside uniquement dans les taux décès utilisés, mais ceux-ci étant d'expérience, l'incertitude est mineure.

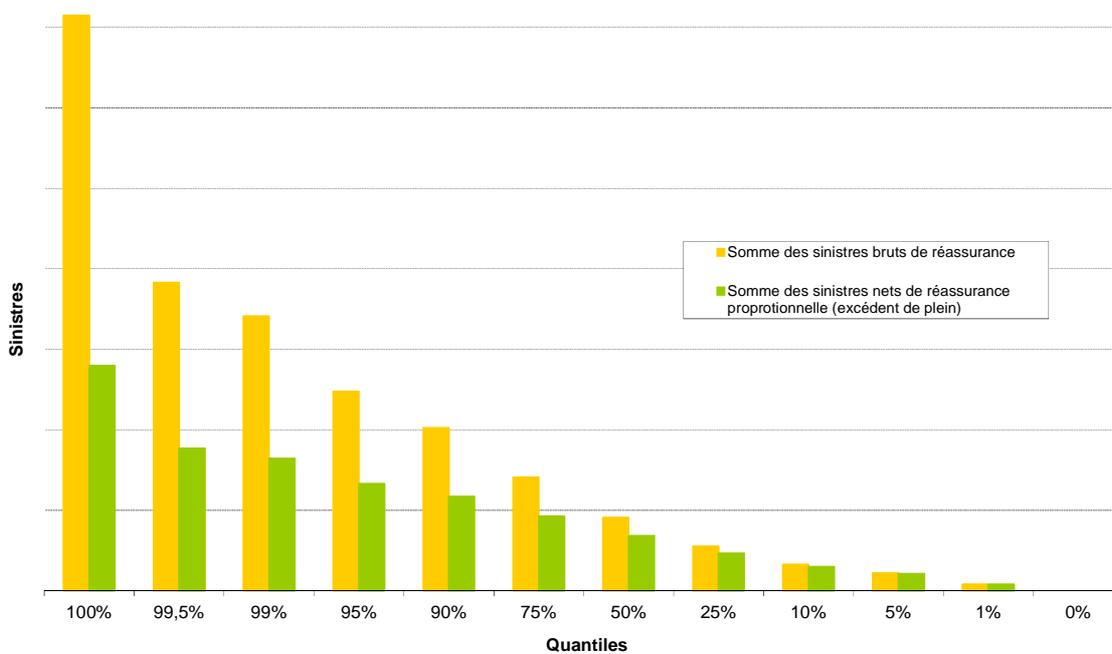
1.1 Les quantiles des indicateurs

Voici les résultats graphiques des indicateurs récupérés des 100000 simulations :

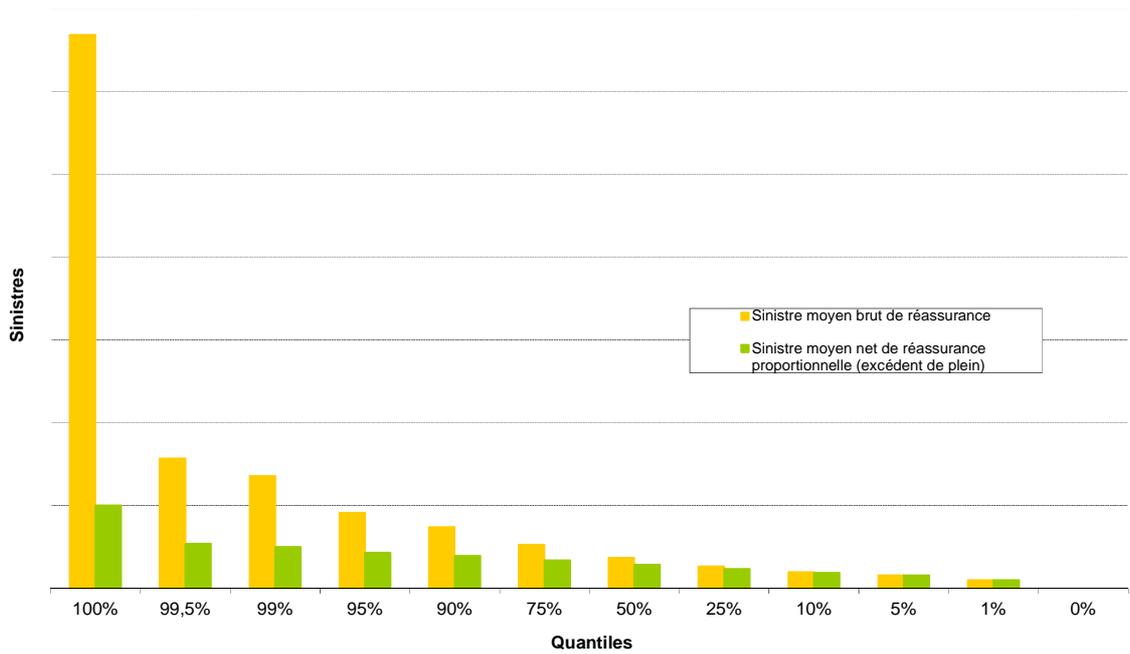
Quantiles du sinistre maximal du segment 1
(100000 simulations)



Quantiles des sommes des sinistres du segment 1
(100000 simulations)



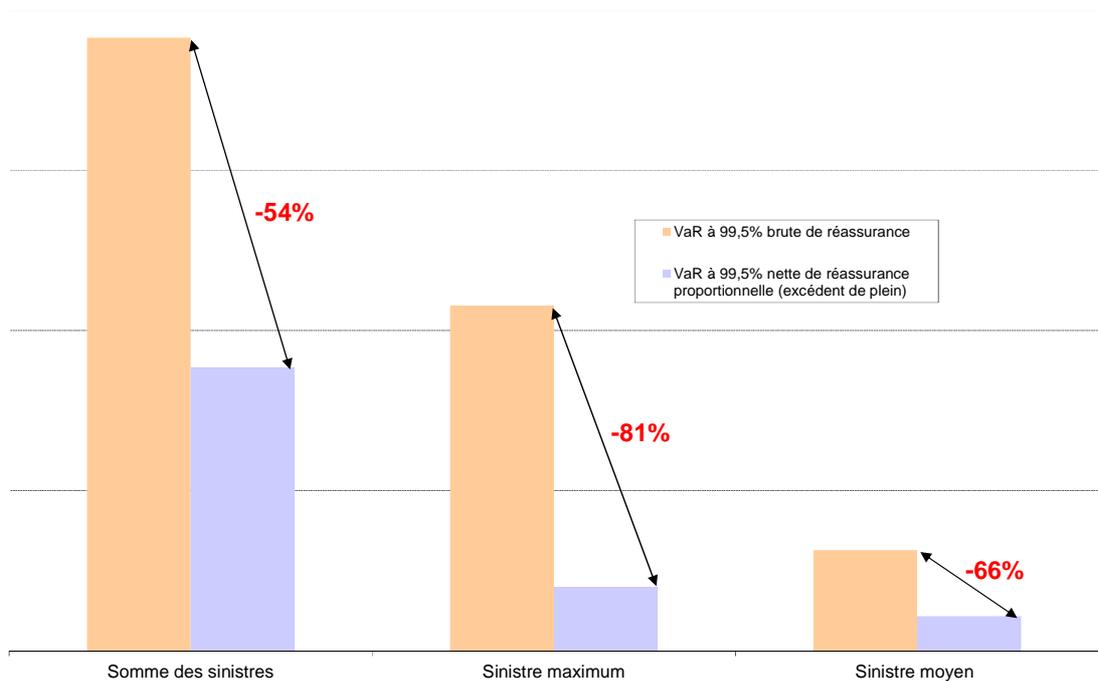
Quantiles du sinistre moyen du segment 1
(100000 simulations)



1.2 Les variations de VaR à 99,5%

Nous mesurons l'impact du programme de réassurance sur la VaR à 99,5% de trois indicateurs : la somme des sinistres, le sinistre maximal et le sinistre moyen.

Variations des VaR à 99,5% sur le segment 1



1.3 Bilan

Le traité en excédent de plein permet de réduire considérablement les quantiles du sinistre maximal. En effet, on observe que les sinistres nets de réassurance sont plafonnés fortement : ce plafond correspond au plein de conservation des traités. On remarque le même phénomène sur les quantiles du sinistre moyen.

Les sommes de sinistres faibles, i.e inférieures ou presque au plein de conservation, voient les traités non appliqués car chaque sinistre est aussi inférieur au plein de conservation. Ces sommes de sinistres correspondent aux quantiles inférieurs à 50%. Les traités ont donc un impact très limité sur ces configurations de sinistres mais ceci peut rester acceptable car ce sont des montants de sinistres faibles.

En résumé, les variations de VaR à 99.5% des indicateurs démontrent bien l'efficacité du programme de réassurance, en particulier sur le sinistre maximal, en le réduisant de 81%.

Section 2 Résultats du segment 2

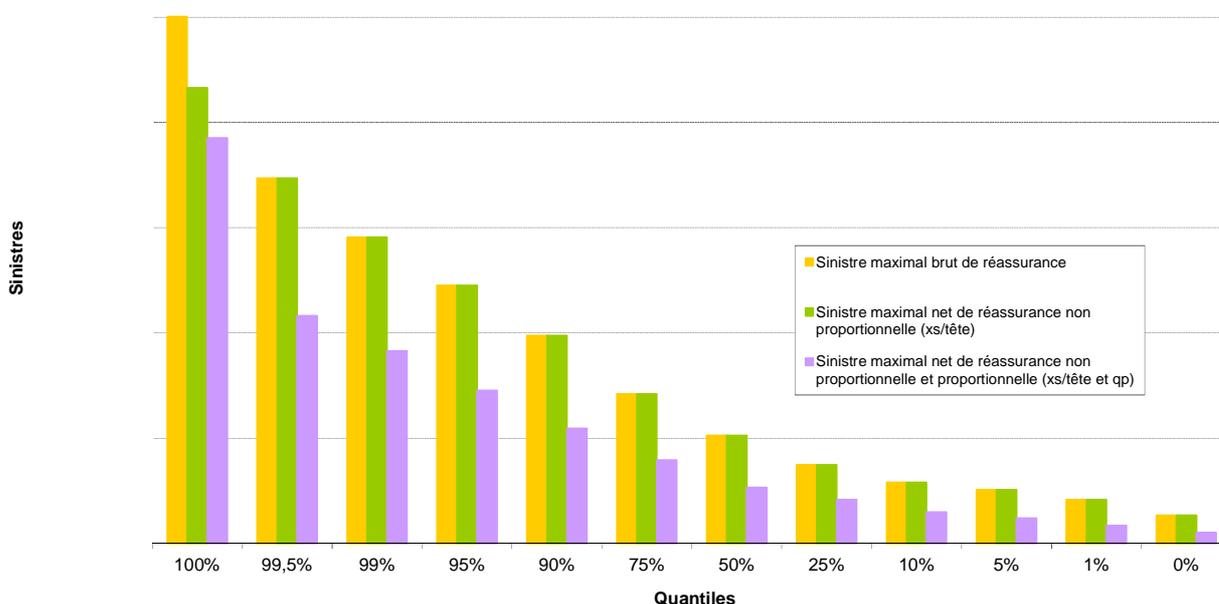
Le segment 2 regroupe des produits sur mesure couvrant les tranches T1 et T2. Son programme de réassurance se compose de traités en XS par tête et de quotes parts.

De par son effectif important, le nombre de simulations effectuées est le plus faible : 20000.

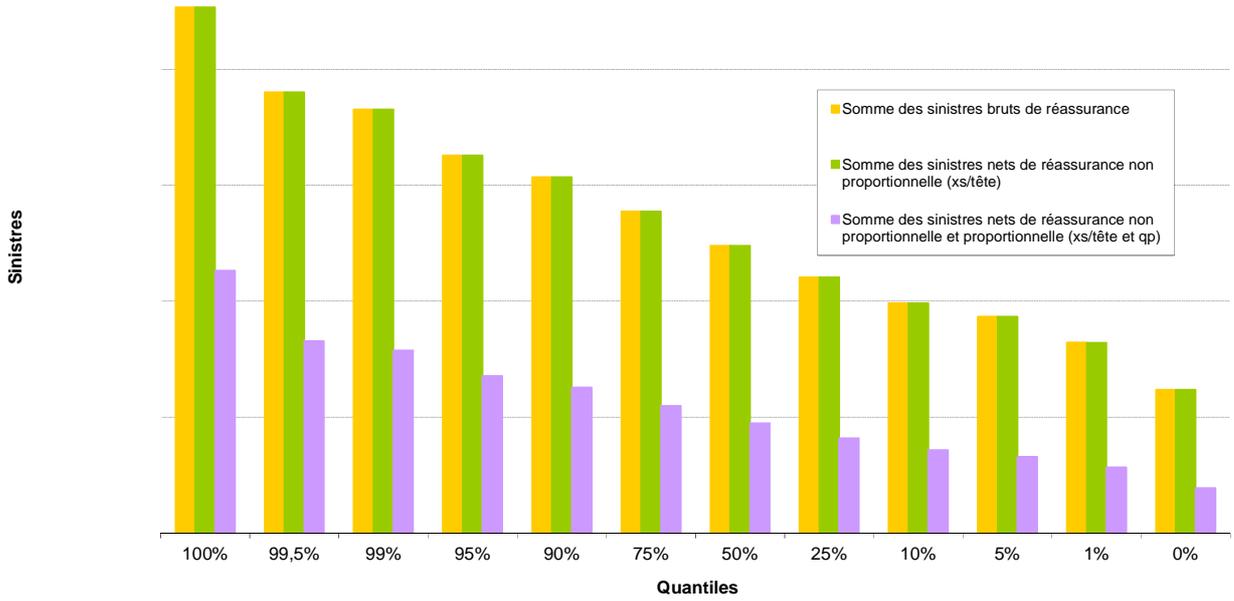
2.1 Les quantiles des indicateurs

Voici les résultats graphiques des indicateurs récupérés des 20000 simulations :

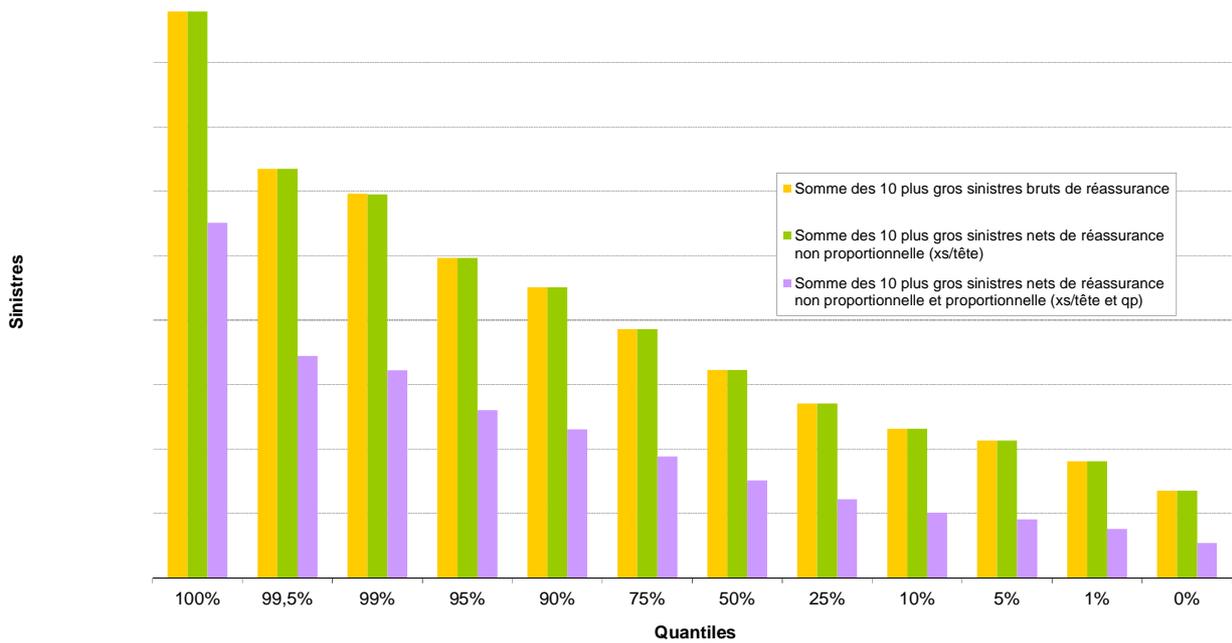
Quantiles du sinistre maximal du segment 2
(20000 simulations)



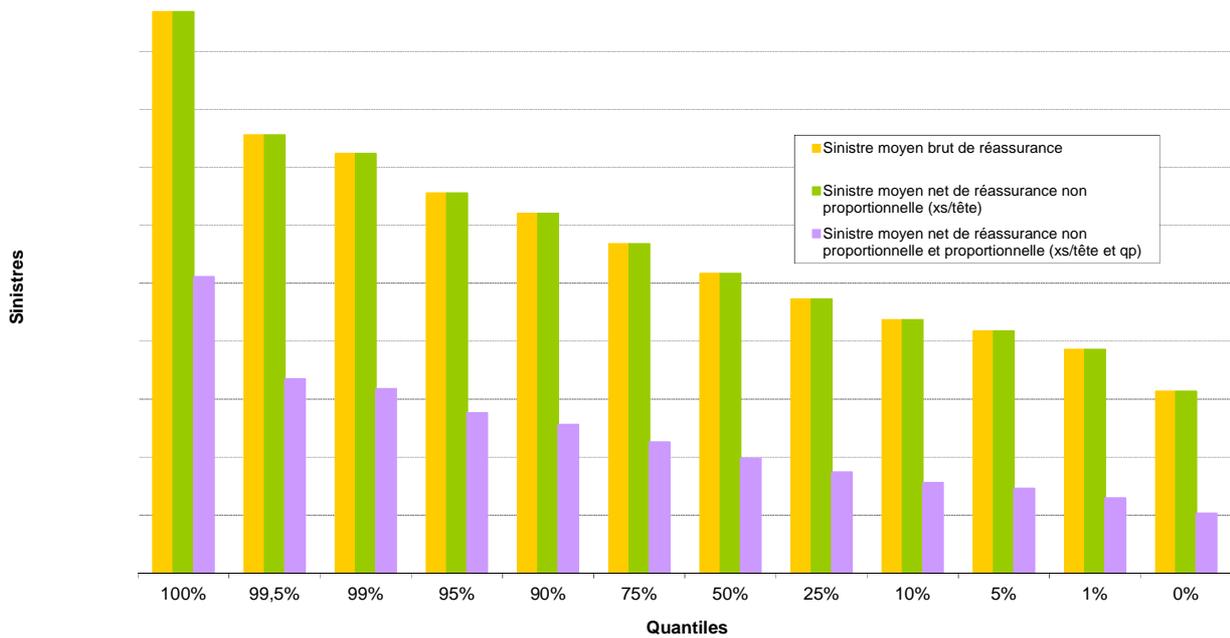
**Quantiles des sommes des sinistres du segment 2
(20000 simulations)**



**Quantiles des sommes des 10 plus gros sinistres du segment 2
(20000 simulations)**



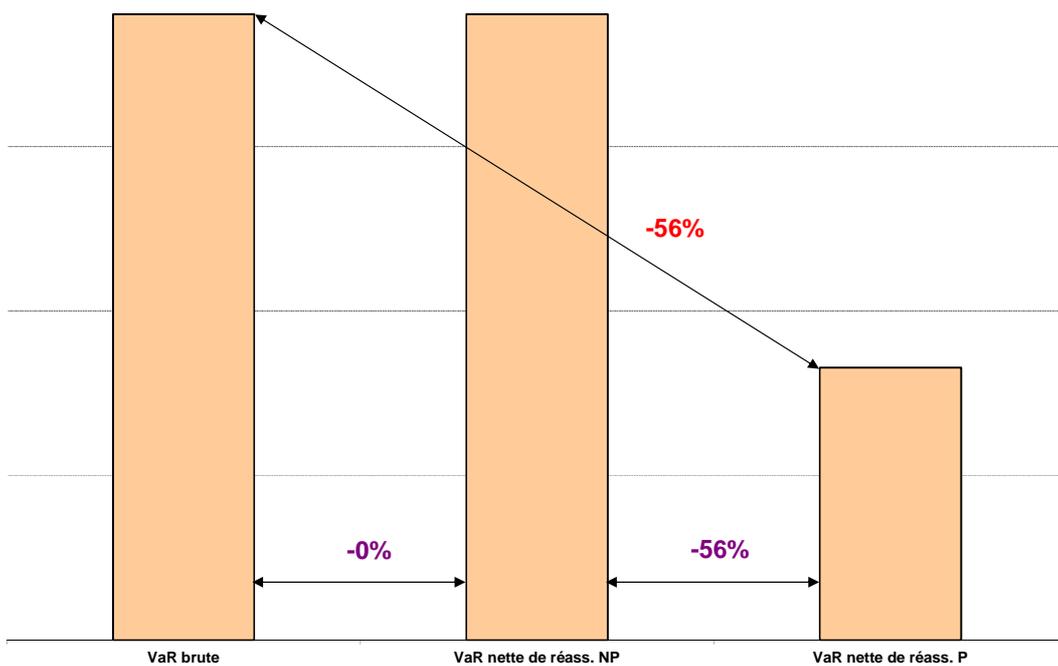
**Quantiles du sinistres moyen du segment 2
(20000 simulations)**



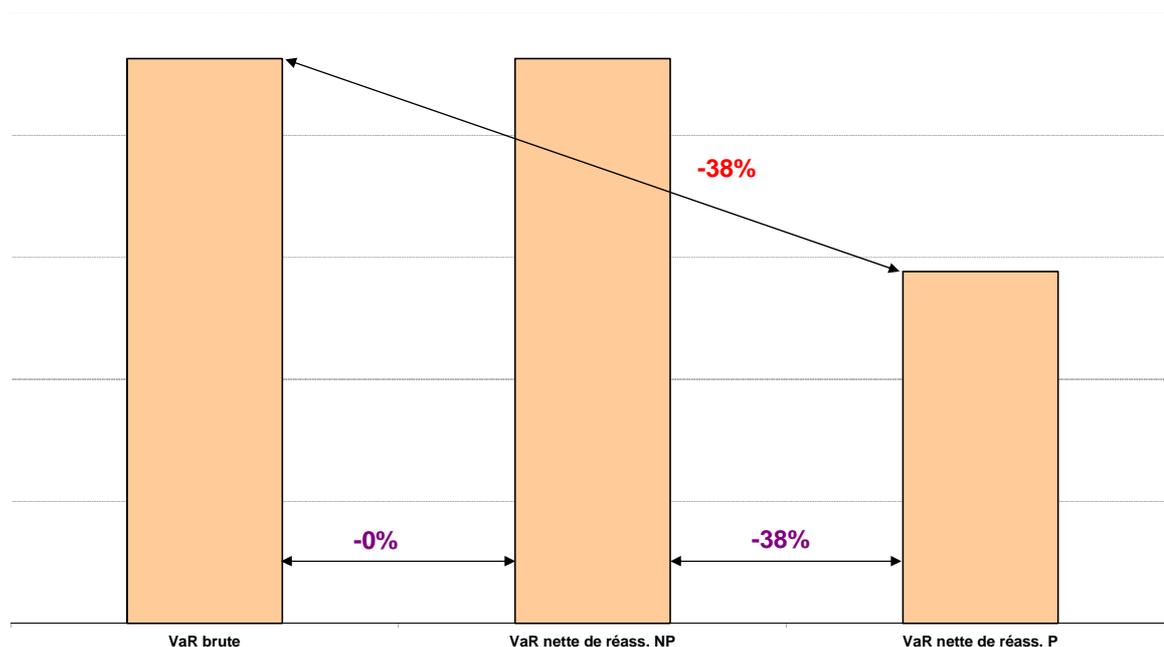
2.2 Les variations de VaR à 99,5%

Nous mesurons l'impact du programme de réassurance sur la VaR à 99,5% de deux indicateurs : la somme des sinistres et le sinistre maximal.

Variations de la VaR à 99,5% de la somme des sinistres du segment 2



Variations de la VaR à 99,5% du sinistre maximal du segment 2



2.3 Validation par l'historique

Il est pertinent de comparer les indicateurs récupérés lors des simulations par rapport aux données d'expérience afin de vérifier la bonne construction de l'outil. L'historique récupéré pour le segment 2 rassemble 353 sinistres de 2006 à 2009. La comparaison se fait brute de toute réassurance.

Evolution de la moyenne des indicateurs par rapport à l'historique

Indicateurs	Ecart
Sinistre moyen	5%
Somme des sinistres	15%
Sinistre maximum	22%
Somme des 10 plus gros sinistres	22%

L'évolution du sinistre moyen et de la somme des sinistres reste proche des valeurs historiques. On n'observe pas d'écarts aberrants.

2.4 Bilan

On observe de manière claire que le programme de réassurance non proportionnelle, constitué de traités en XS par tête, n'a aucune efficacité sur la réduction des quantiles de tous les indicateurs, si ce n'est sur le quantile à 100% du sinistre maximal. On peut donc remettre en question les caractéristiques de ces traités sur ce segment.

De manière générale, le programme de réassurance proportionnelle constitué de quotes parts permet une réduction significative des montants des sinistres. Cependant, son effet reste limité pour les valeurs extrêmes du sinistre maximal. En effet, bien que la réduction de sa VaR à 99.5% soit de 38% celle de sa valeur maximale n'est que de 11%.

En résumé, le programme de réassurance non proportionnelle ne semble pas adapté à ce segment car inopérant et l'impact du programme de réassurance proportionnelle est limité sur les valeurs extrêmes.

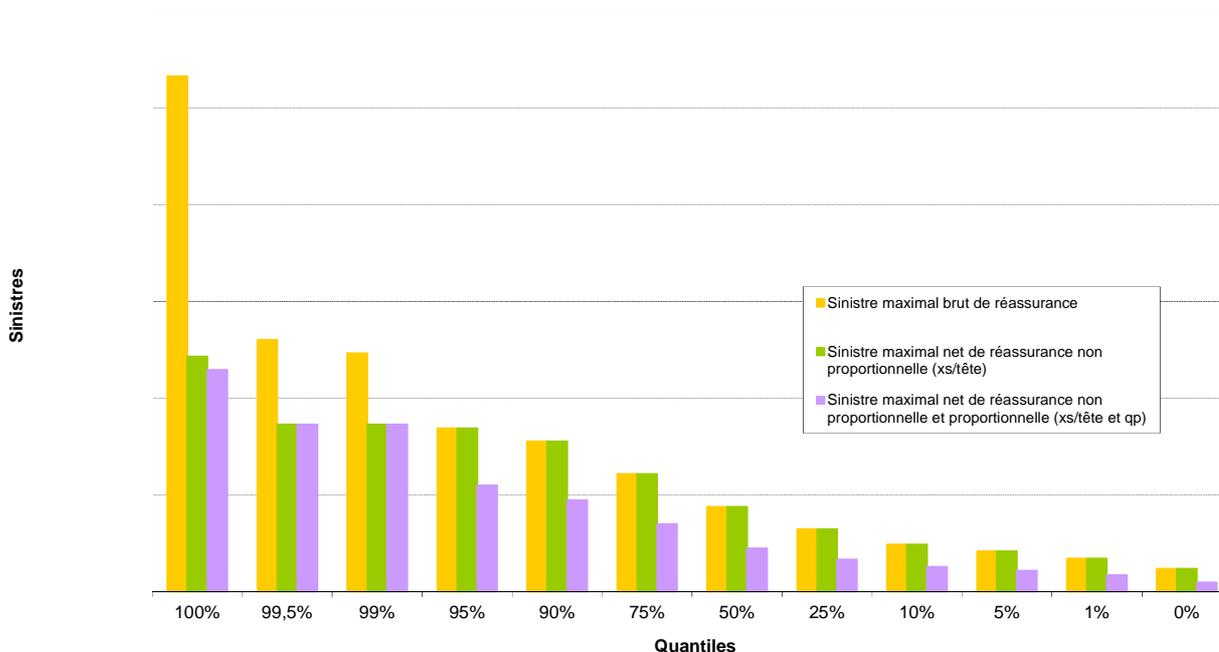
Section 3 Résultats du segment 3

Le segment 3 regroupe des produits sur mesure couvrant les salaires jusqu'à la tranche T3. Son programme de réassurance se compose de traités en XS par tête et de quotes parts. Le nombre de simulations effectuées est de 30000.

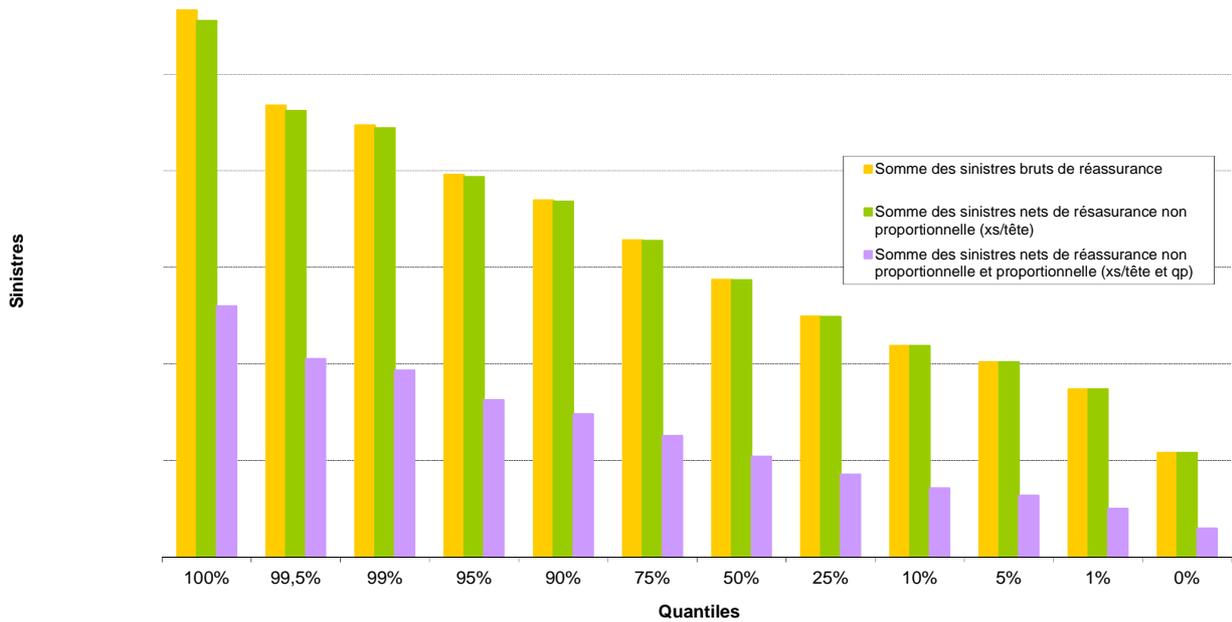
3.1 Les quantiles des indicateurs

Voici les résultats graphiques des indicateurs récupérés des 30000 simulations :

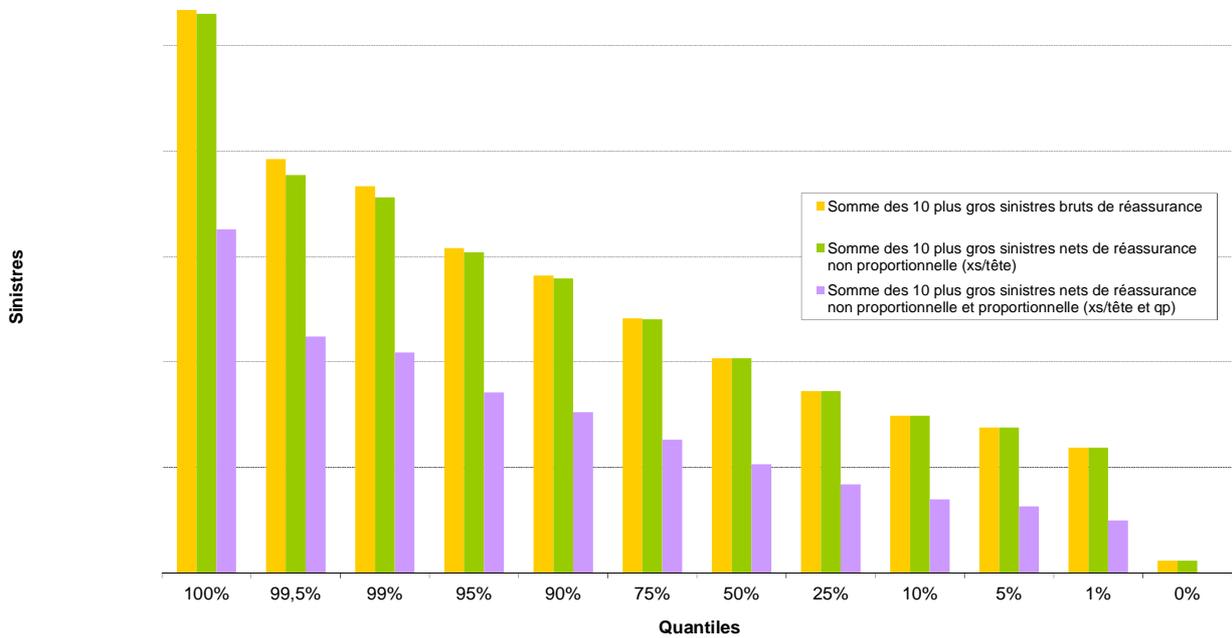
Quantiles du sinistre maximal du segment 3
(30000 simulations)



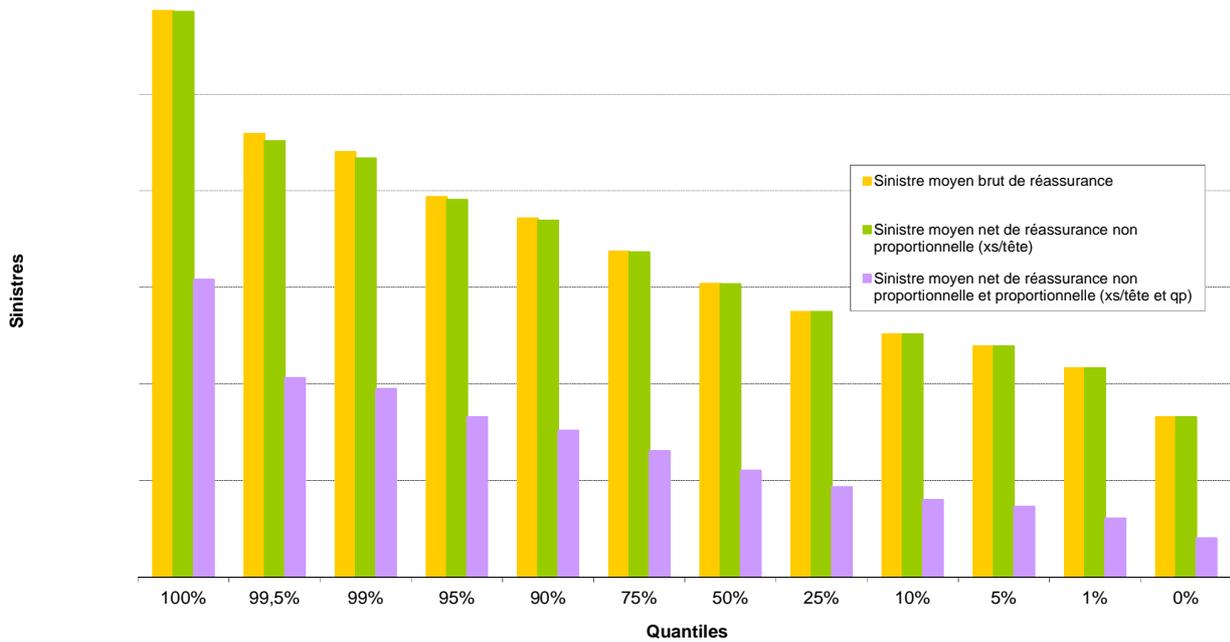
**Quantiles des sommes des sinistres du segment 3
(30000 simulations)**



**Quantiles des 10 plus gros sinistres du segment 3
(30000 simulations)**



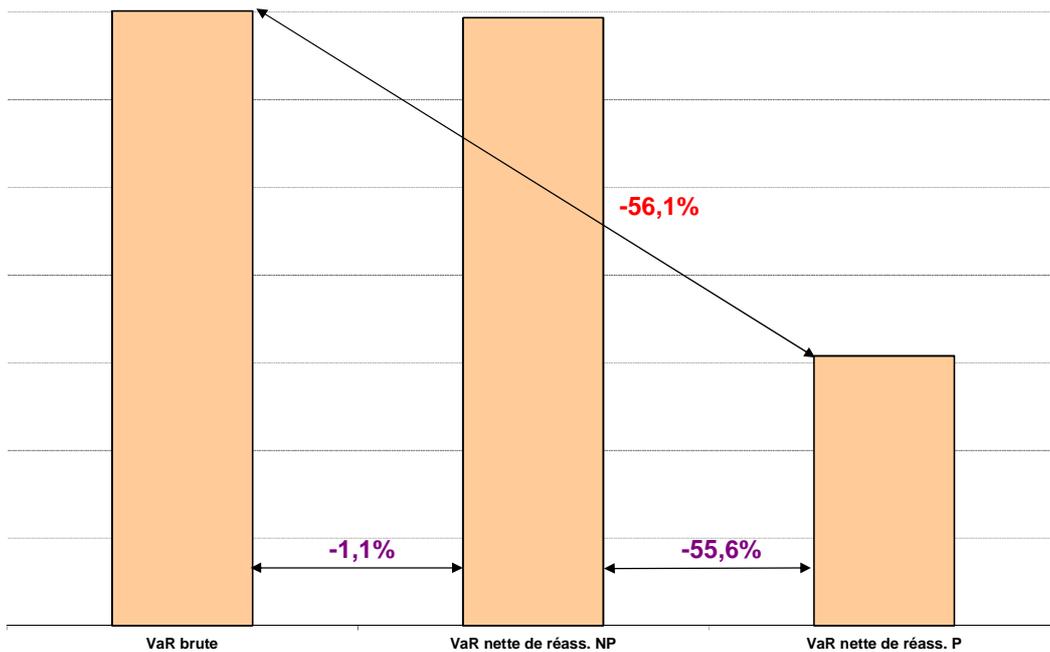
Quantiles du sinistre moyen du segment 3
(30000 simulations)



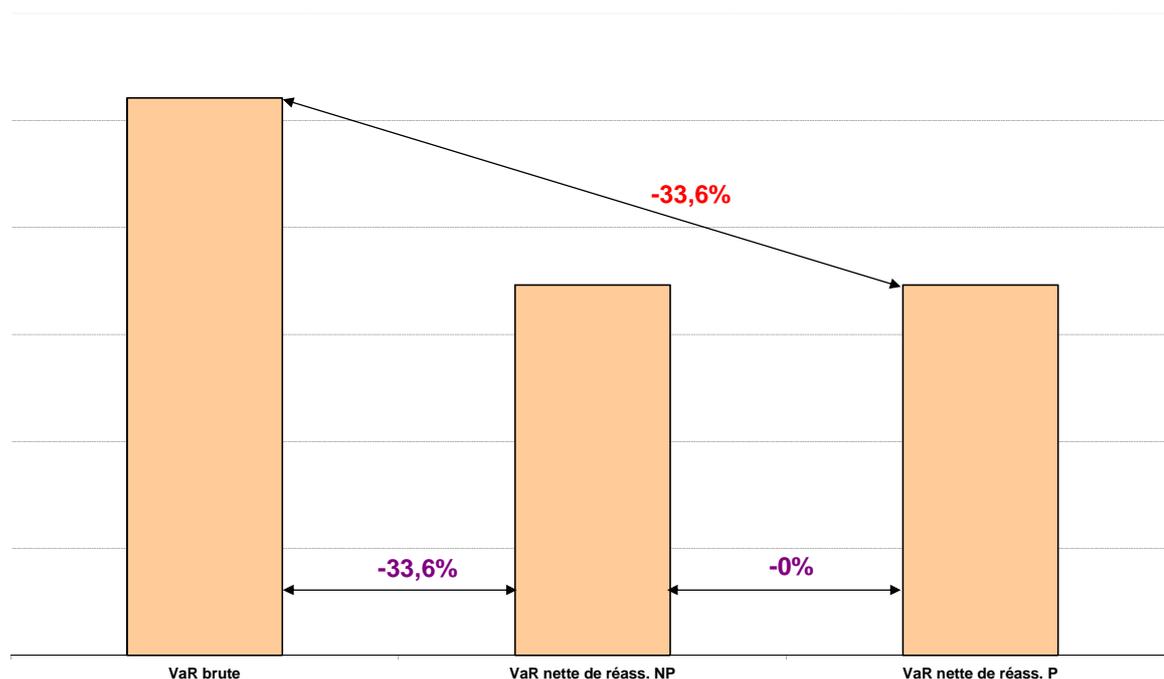
3.2 Les variations de VaR à 99,5%

Nous mesurons l'impact du programme de réassurance sur la VaR à 99,5% de deux indicateurs : la somme des sinistres et le sinistre maximal.

Variations de la VaR à 99,5% de la somme des sinistres du segment 3



Variations de la VaR à 99,5% du sinistre maximal du segment 3



3.3 Validation par l'historique

L'historique récupéré pour le segment 3 rassemble 612 sinistres de 1999 à 2010. La comparaison se fait brute de toute réassurance.

Evolution de la moyenne des indicateurs par rapport à l'historique

Indicateurs	Ecart
Sinistre moyen	-10%
Somme des sinistres	-1%
Sinistre maximum	-25%
Somme des 10 plus gros sinistres	-7%

On remarque que les valeurs moyennes des simulations sont en dessous des valeurs historiques. Cela peut s'expliquer par le fait que la méthode de reconstitution des garanties nous donne des CSR moyens par assuré pour les rentes de conjoint et d'éducation. Ces dernières sont donc sous estimées.

Cependant, les évolutions restent proches des valeurs historiques et ne sont pas aberrantes.

3.4 Bilan

On observe clairement que le programme de réassurance non proportionnelle, constitué de traités en XS par tête, a une efficacité très faible sur la réduction des quantiles. Son efficacité est quand même essentielle pour la réduction du sinistre maximal. Sa présence est donc justifiée sur ce segment.

De manière générale, le programme de réassurance proportionnelle constitué de quotes parts permet une réduction significative des montants des sinistres. Cependant, son effet reste limité pour les valeurs extrêmes du sinistre maximal : la réduction de la VaR à 99.5% du sinistre maximal par les traités en quote part est nulle.

En résumé, le programme de réassurance non proportionnelle semble adapté aux valeurs extrêmes des sinistres. Des modifications de niveau de quote part sont à envisager si l'on souhaite une efficacité plus forte du programme de réassurance sur le sinistre maximal.

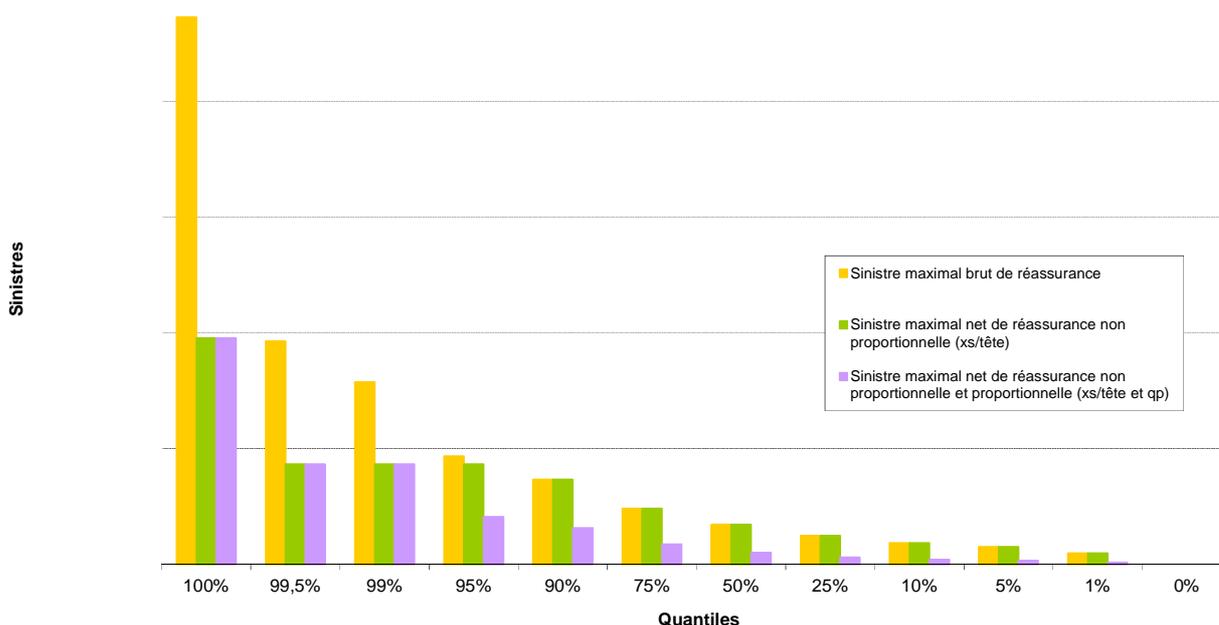
Section 4 Résultats du segment 4

Le segment 4 est un segment sensible qui regroupe des produits sur mesure couvrant la T3 avec des cumuls de garanties ou la T4. Son programme de réassurance se compose de traités en XS par tête et de quotes parts. Le nombre de simulations effectuées est de 100000.

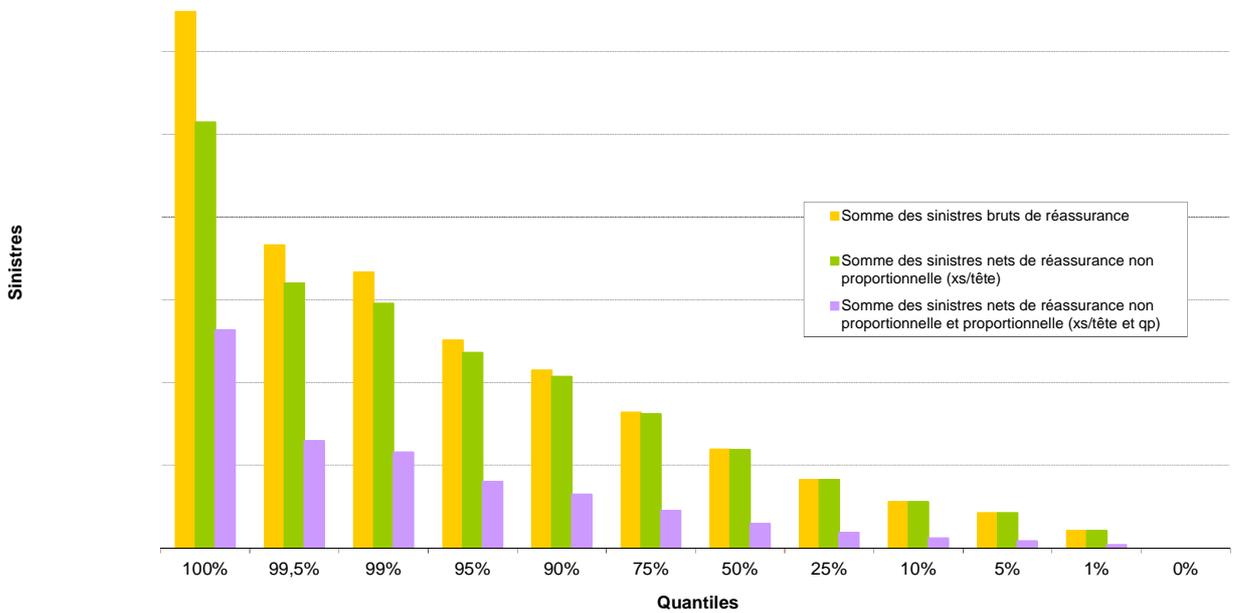
4.1 Les quantiles des indicateurs

Voici les résultats graphiques des indicateurs récupérés des 100000 simulations :

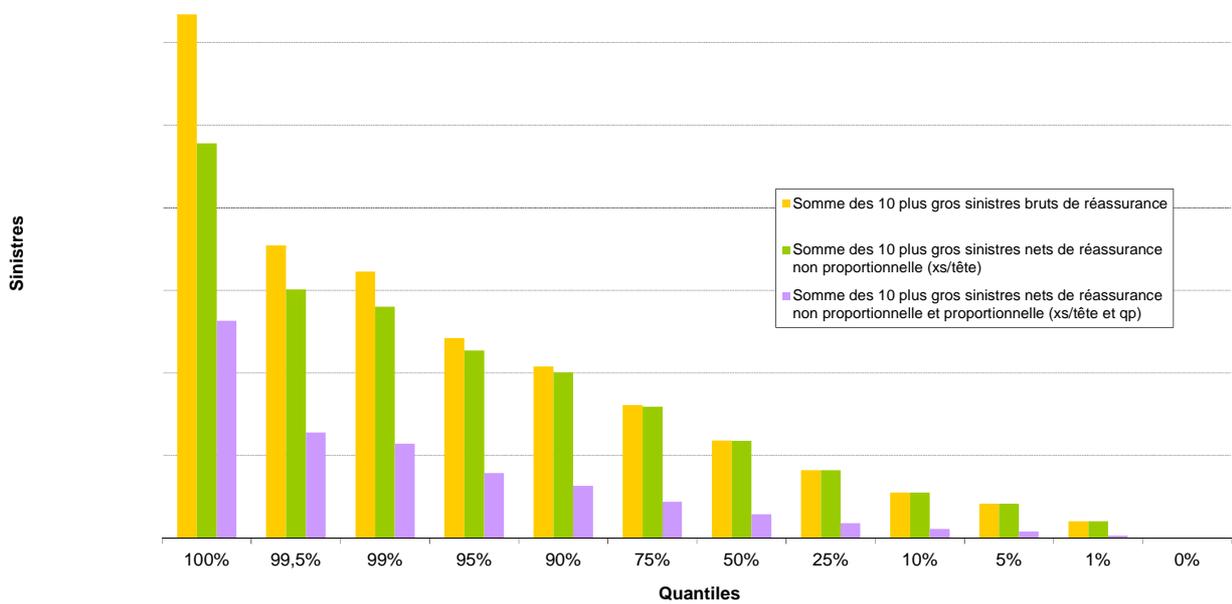
Quantiles du sinistre maximal du segment 4
(100000 simulations)



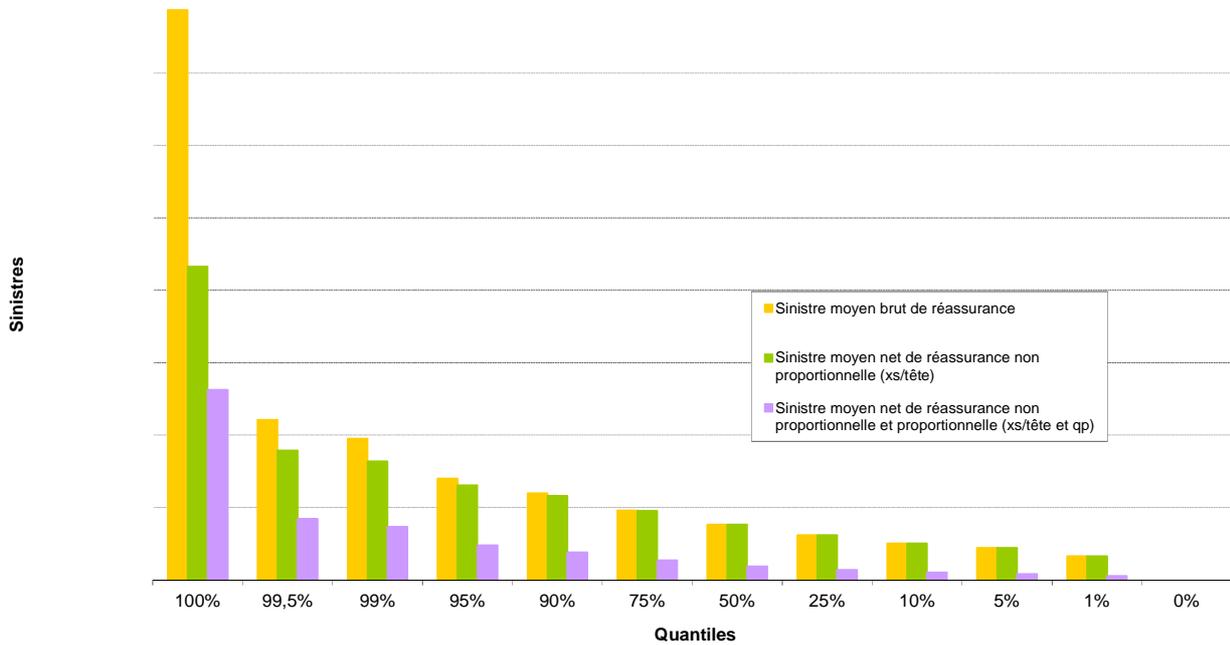
**Quantiles des sommes des sinistres du segment 4
(100000 simulations)**



**Quantiles des sommes des 10 plus gros sinistres du segment 4
(100000 simulations)**



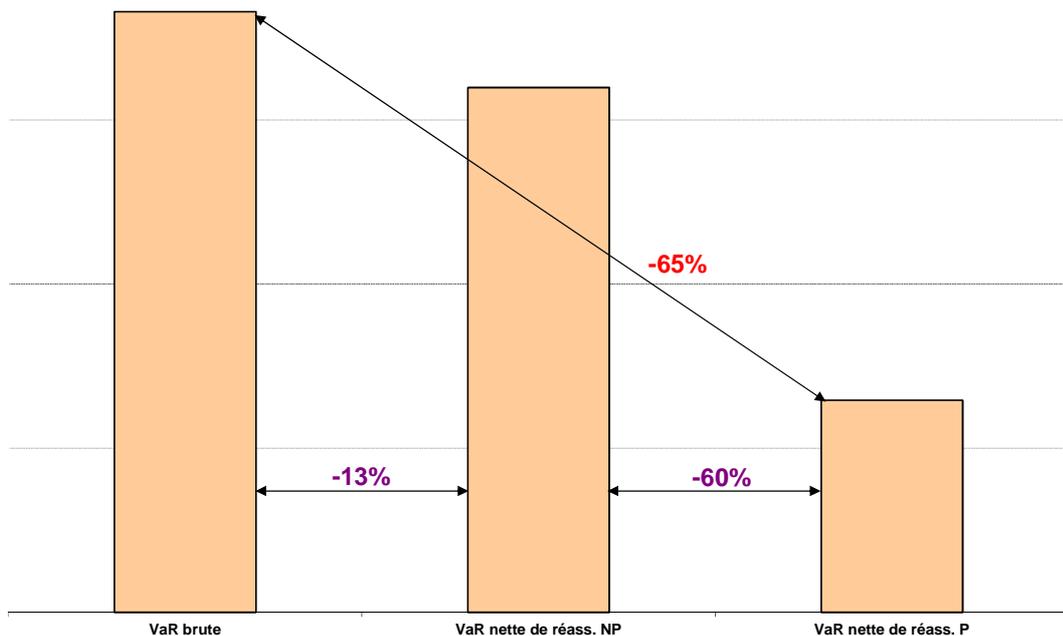
**Quantiles du sinistre moyen du segment 4
(100000 simulations)**



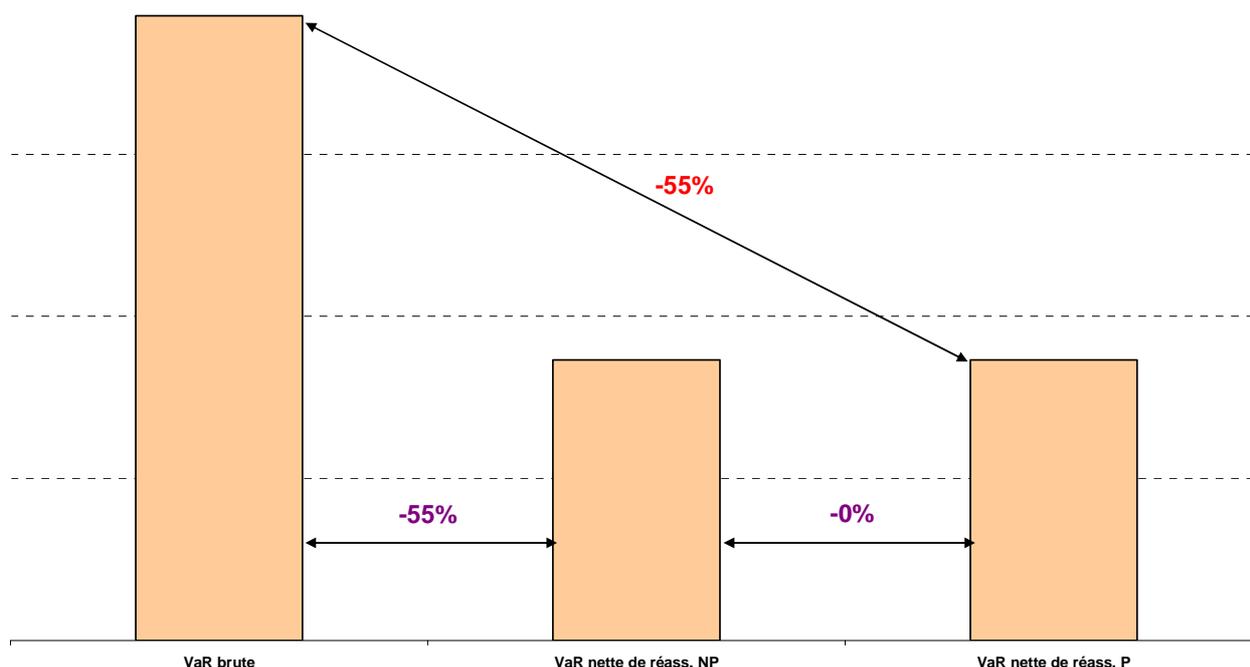
4.2 Les variations de VaR à 99,5%

Nous mesurons l'impact du programme de réassurance sur la VaR à 99,5% de deux indicateurs : la somme des sinistres et le sinistre maximal.

Variations de la VaR à 99,5% de la somme des sinistres du segment 4



Variations de la VaR à 99,5% du sinistre maximal du segment 4



4.3 Validation par l'historique

L'historique récupéré pour le segment 4 rassemble 69 sinistres de 1999 à 2010. La comparaison se fait brute de toute réassurance.

Evolution de la moyenne des indicateurs par rapport à l'historique

Indicateurs	Ecart
Sinistre moyen	11%
Somme des sinistres	34%
Sinistre maximum	20%

L'historique n'est pas assez important pour récupérer l'indicateur de la somme des 10 plus gros sinistres. Les valeurs des indicateurs restent proches des valeurs historiques. On n'observe pas d'écarts aberrants.

4.4 Bilan

On remarque que le programme de réassurance non proportionnelle, constitué de traités en XS par tête, joue bien son rôle pour écrêter les sinistres dans leurs valeurs extrêmes. Sa présence est donc justifiée sur ce segment.

Le programme de réassurance proportionnelle constitué de traités en quote part permet lui aussi de diminuer considérablement la valeur des quantiles des indicateurs. En revanche, ces traités n'ont aucun effet

sur les quantiles du sinistre maximal dans ses valeurs extrêmes. En particulier, la VaR à 99.5% du sinistre maximal n'est pas modifiée par l'application du programme de réassurance proportionnelle.

En résumé, le programme de réassurance non proportionnelle semble adapté aux valeurs extrêmes des sinistres. L'ajout de quotes parts supplémentaires dans le programme de réassurance proportionnelle est à envisager si l'on souhaite diminuer encore la valeur du sinistre maximal.

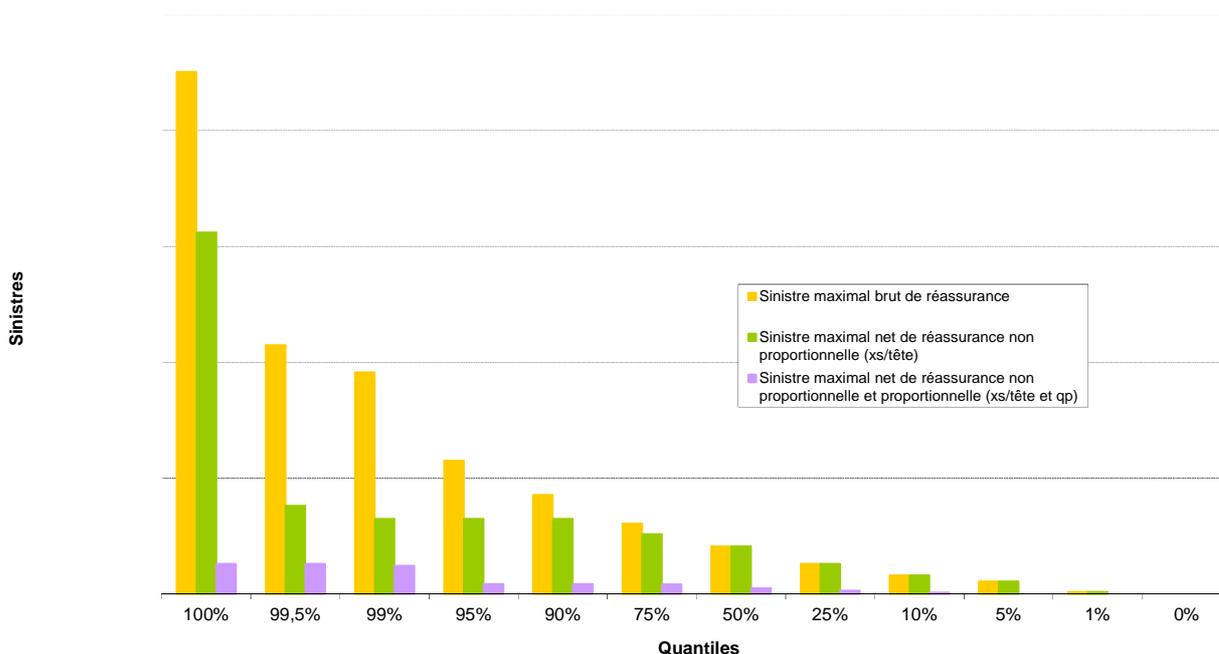
Section 5 Résultats du segment 5

Le segment 5 est le segment le plus sensible. Il regroupe des produits sur mesure couvrant jusqu'à la T4 du salaire, présentant toutes les garanties décès avec des niveaux de garanties très importants, et des salaires imposants. Son programme de réassurance se compose de traités en XS par tête et de quotes parts. Le nombre de simulations effectuées est de 100000.

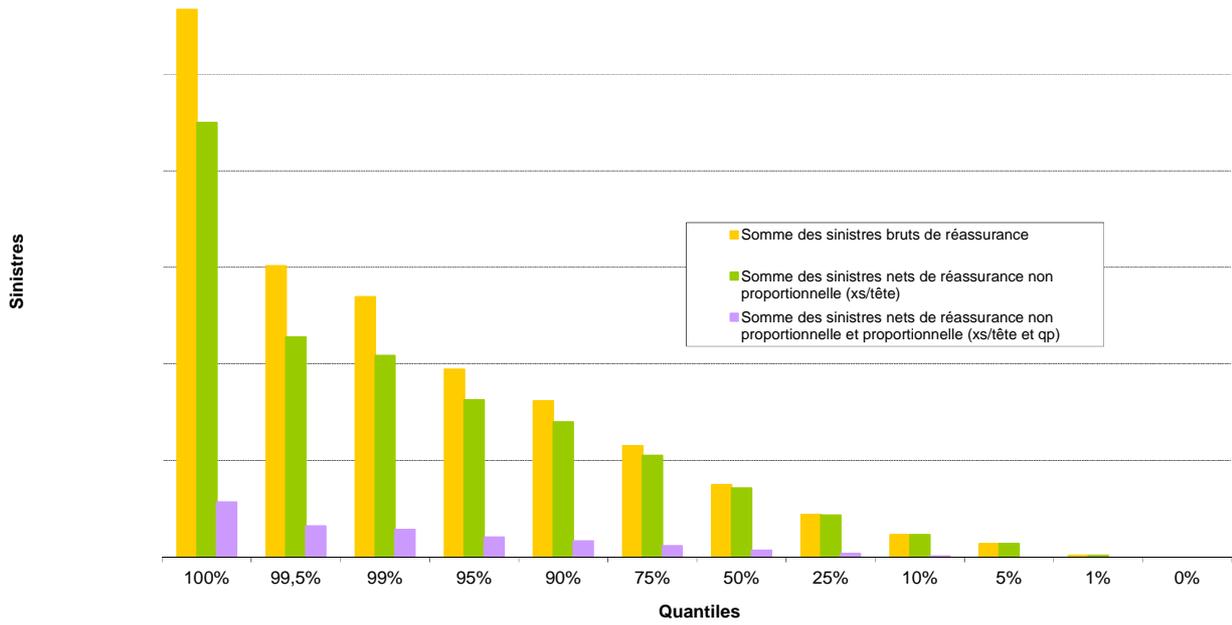
5.1 Les quantiles des indicateurs

Voici les résultats graphiques des indicateurs récupérés des 100000 simulations :

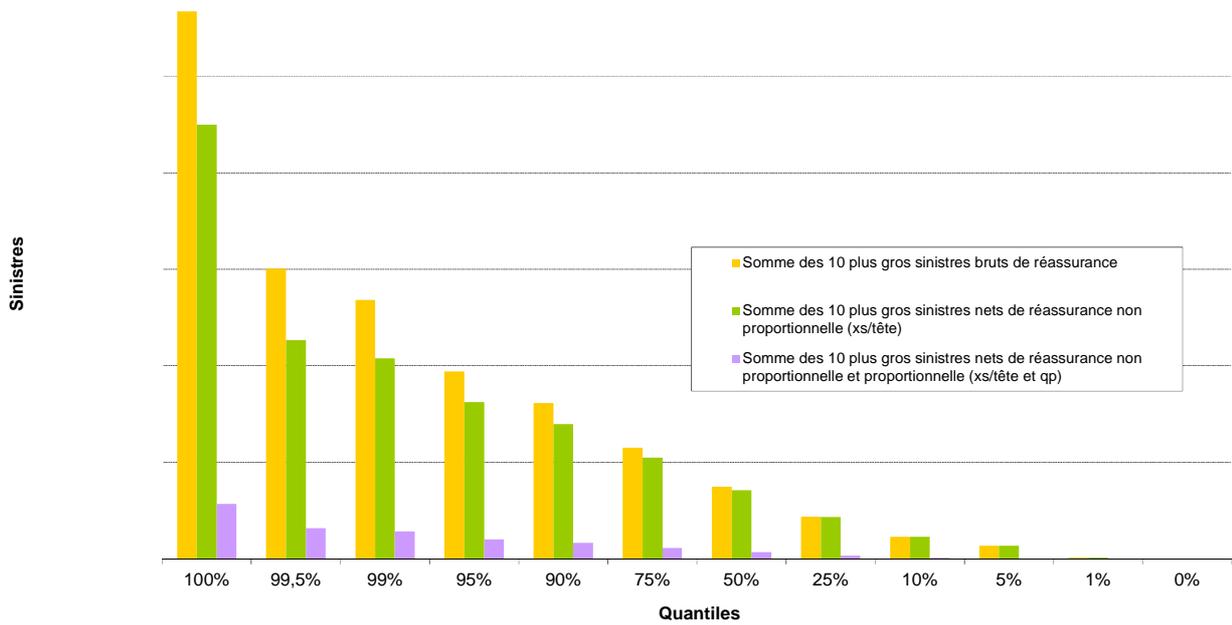
Quantiles du sinistre maximal du segment 5
(100000 simulations)



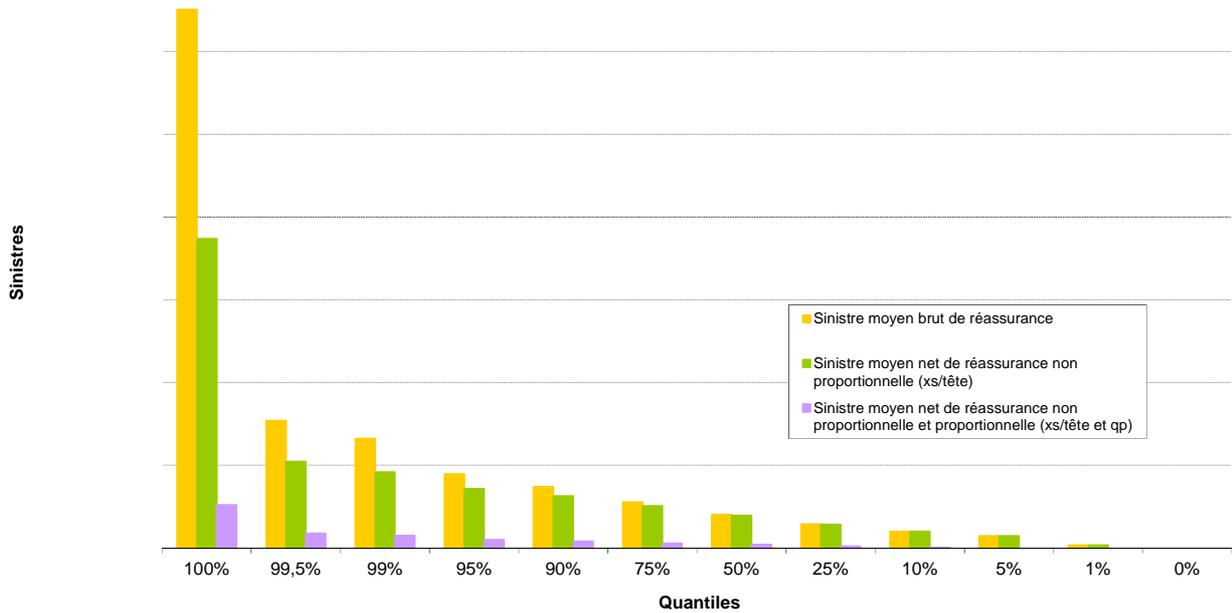
**Quantiles des sommes des sinistres du segment 5
(100000 simulations)**



**Quantiles des sommes des 10 plus gros sinistres du segment 5
(100000 simulations)**



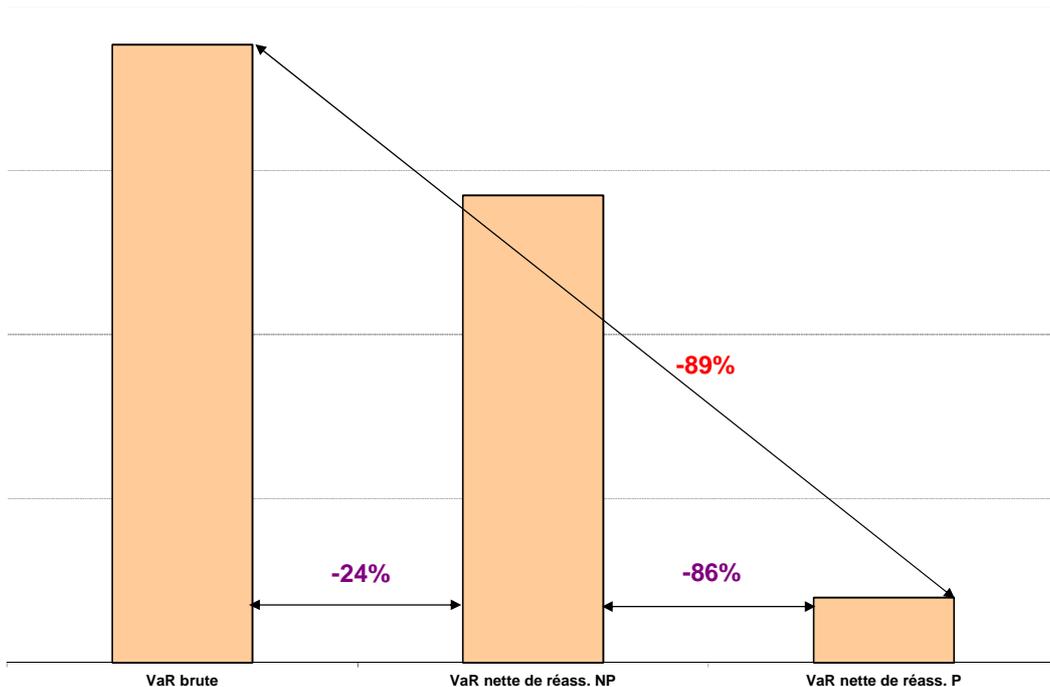
**Quantiles du sinistre moyen du segment 5
(100000 simulations)**



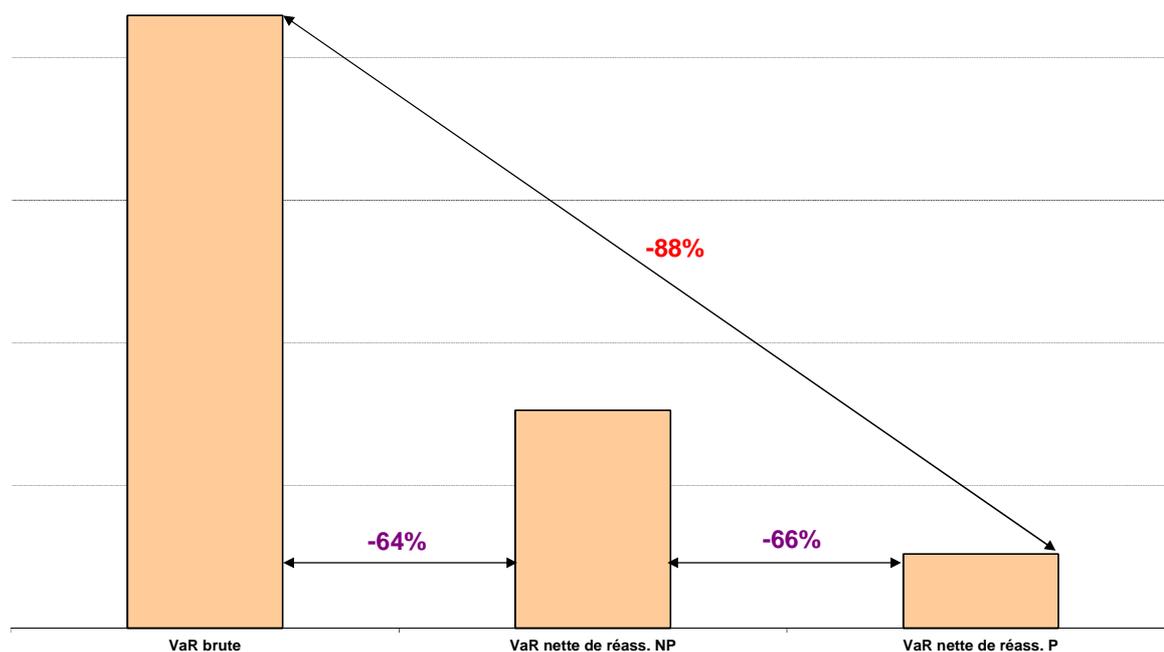
5.2 Les variations de VaR à 99,5%

Nous mesurons l'impact du programme de réassurance sur la VaR à 99,5% de deux indicateurs : la somme des sinistres et le sinistre maximal.

Variations de la VaR à 99,5% de la somme des sinistres du segment 5



Variations de la VaR à 99,5% du sinistre maximal du segment 5



5.3 Validation par l'historique

L'historique récupéré pour le segment 5 rassemble 37 sinistres de 1997 à 2010. La comparaison se fait brute de toute réassurance.

Evolution de la moyenne des indicateurs par rapport à l'historique

Indicateurs	Ecart
Sinistre moyen	3%
Somme des sinistres	-5%
Sinistre maximum	-9%

L'historique n'est pas assez important pour récupérer l'indicateur de la somme des 10 plus gros sinistres.

Les indicateurs restent très proches des valeurs historiques. On n'observe pas d'écarts aberrants.

5.4 Bilan

On remarque que le programme de réassurance non proportionnelle, constitué de traités en XS par tête, est extrêmement efficace dans la réduction des quantiles du sinistre maximal dans ses valeurs extrêmes. De manière moins importante, il permet une réduction significative des quantiles des autres indicateurs. Sa présence est donc justifiée sur ce segment.

Les traités en quote part du programme de réassurance proportionnelle ont un impact important : les quantiles sont fortement réduits, parfois jusqu'à être quasi-nuls.

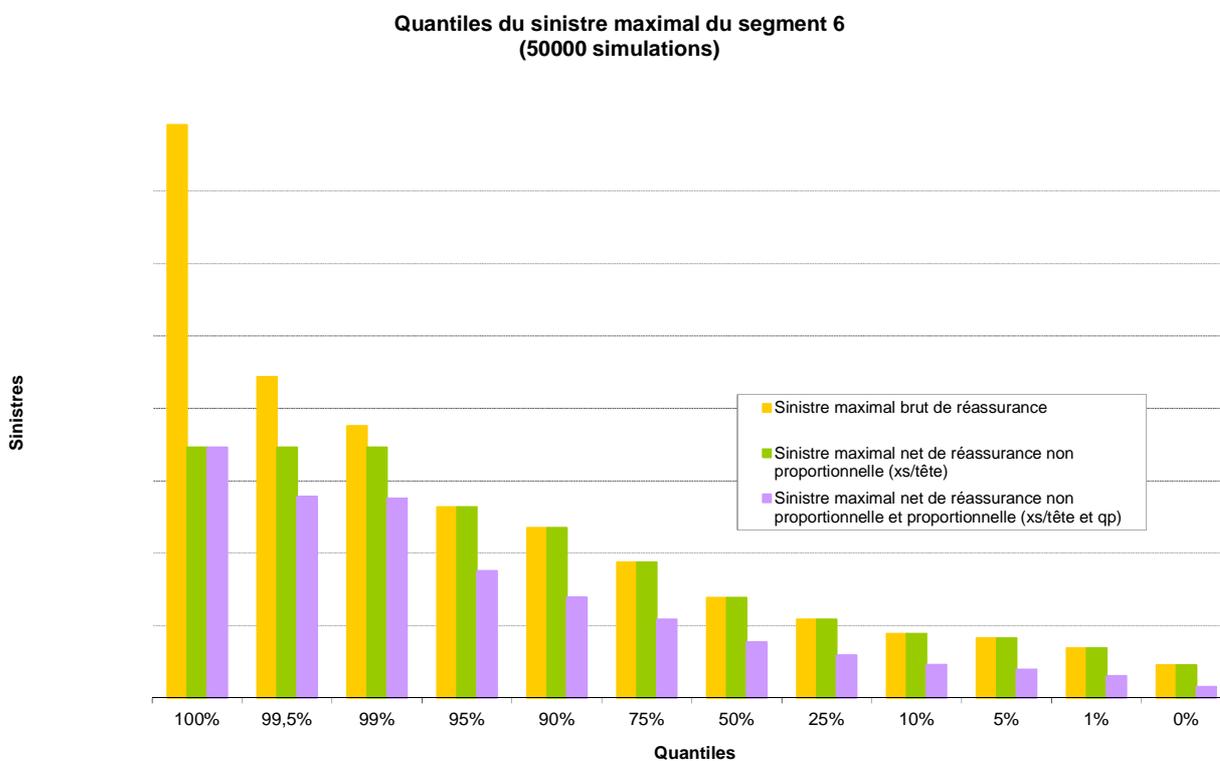
En résumé, le programme de réassurance de ce segment est très efficace, la réduction totale de la VaR à 99,5% du sinistre maximal étant de 89%.

Section 6 Résultats du segment 6

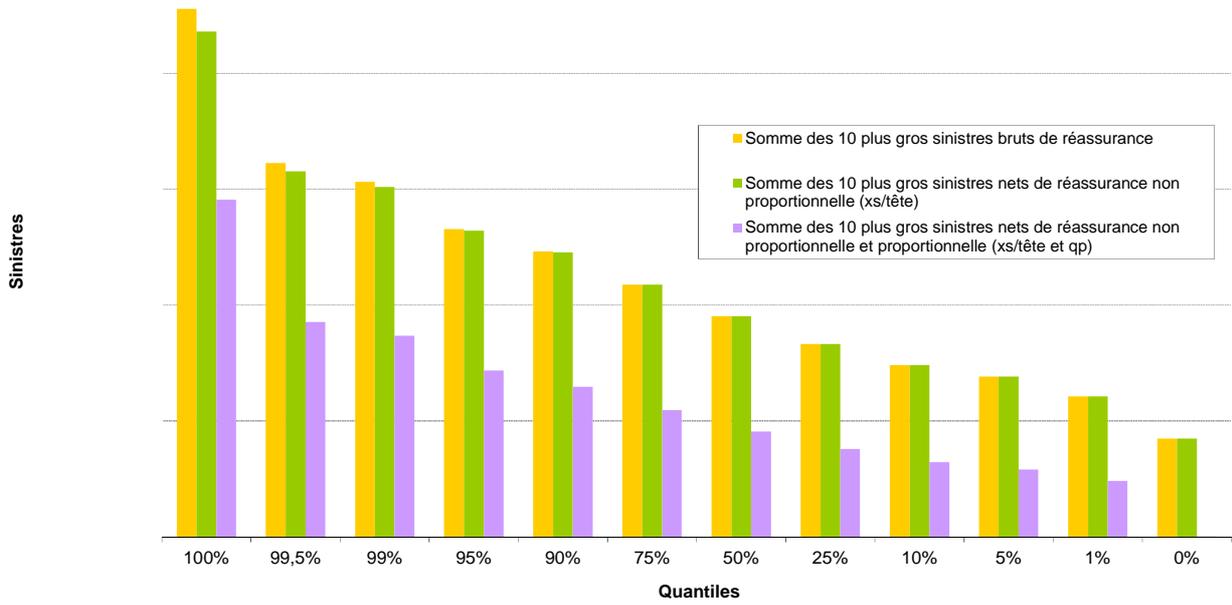
Le segment 6 regroupe les produits standards cadre. Son programme de réassurance se compose de traités en XS par tête et de quotes parts. Le nombre de simulations effectuées est de 50000.

6.1 Les quantiles des indicateurs

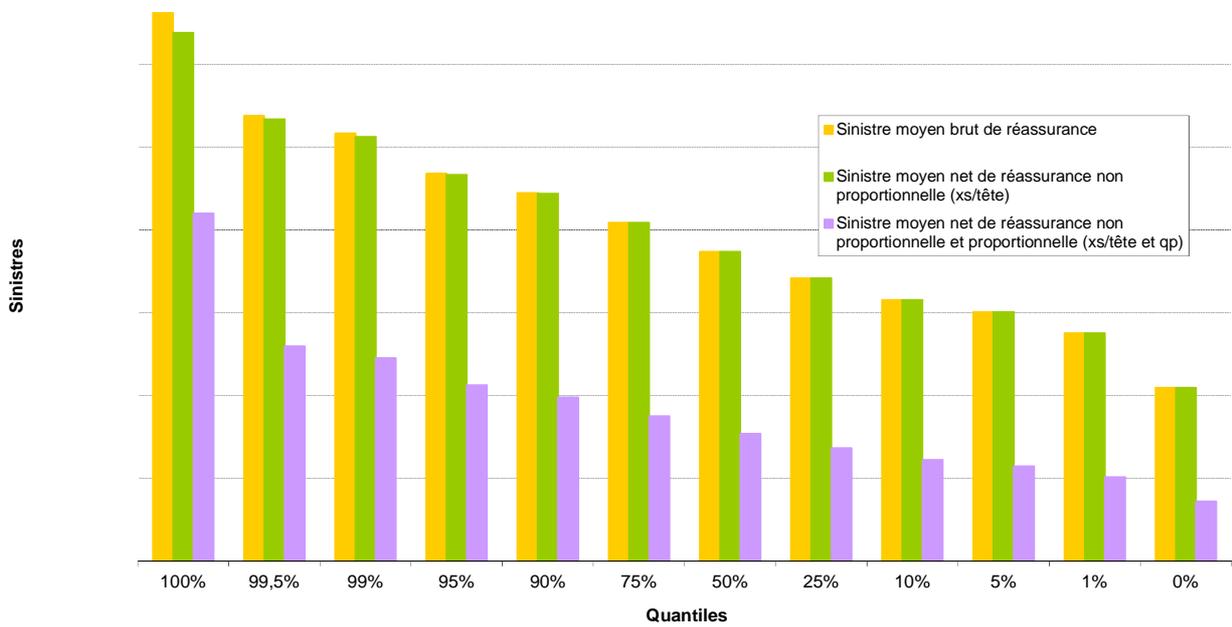
Voici les résultats graphiques des indicateurs récupérés des 50000 simulations :



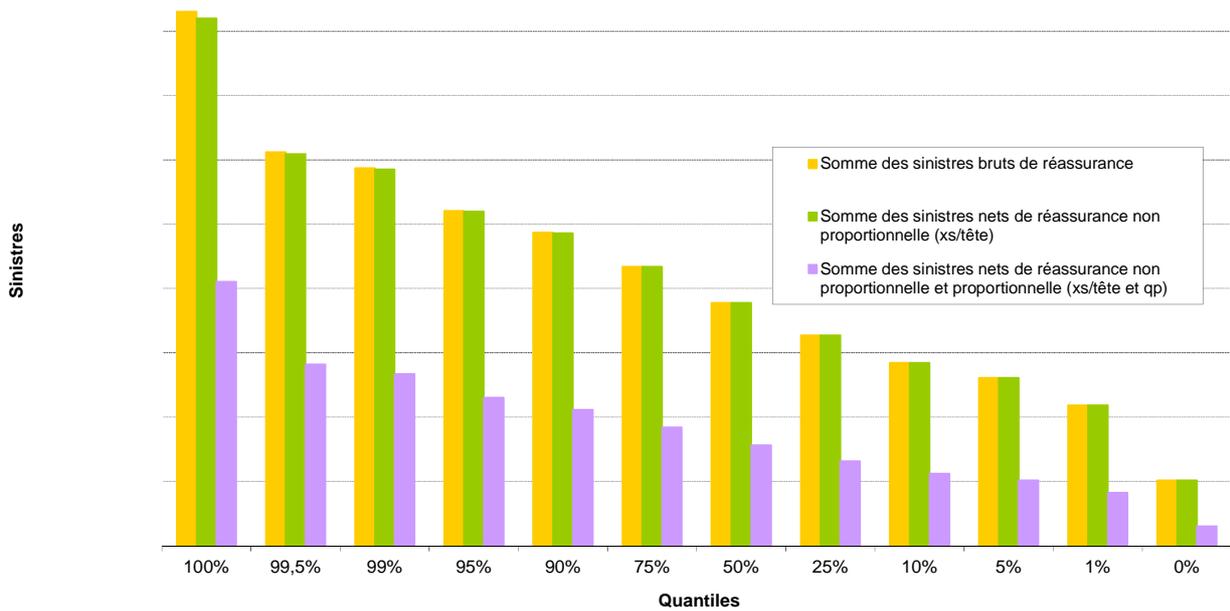
**Quantiles des sommes des 10 plus gros sinistres du segment 6
(50000 simulations)**



**Quantiles du sinistre moyen du segment 6
(50000 simulations)**



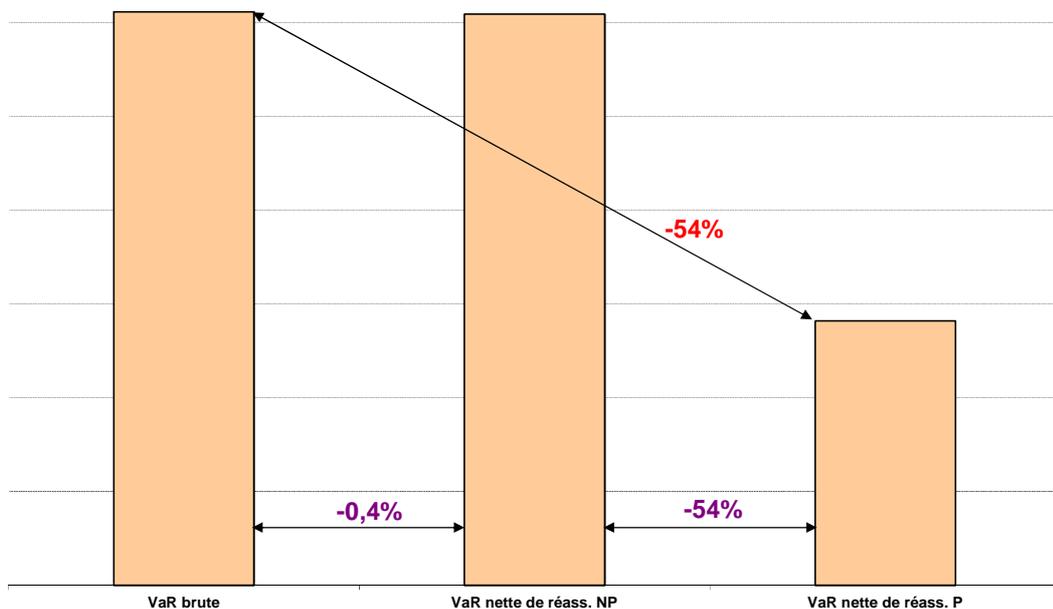
**Quantiles des sommes des sinistres du segment 6
(50000 simulations)**



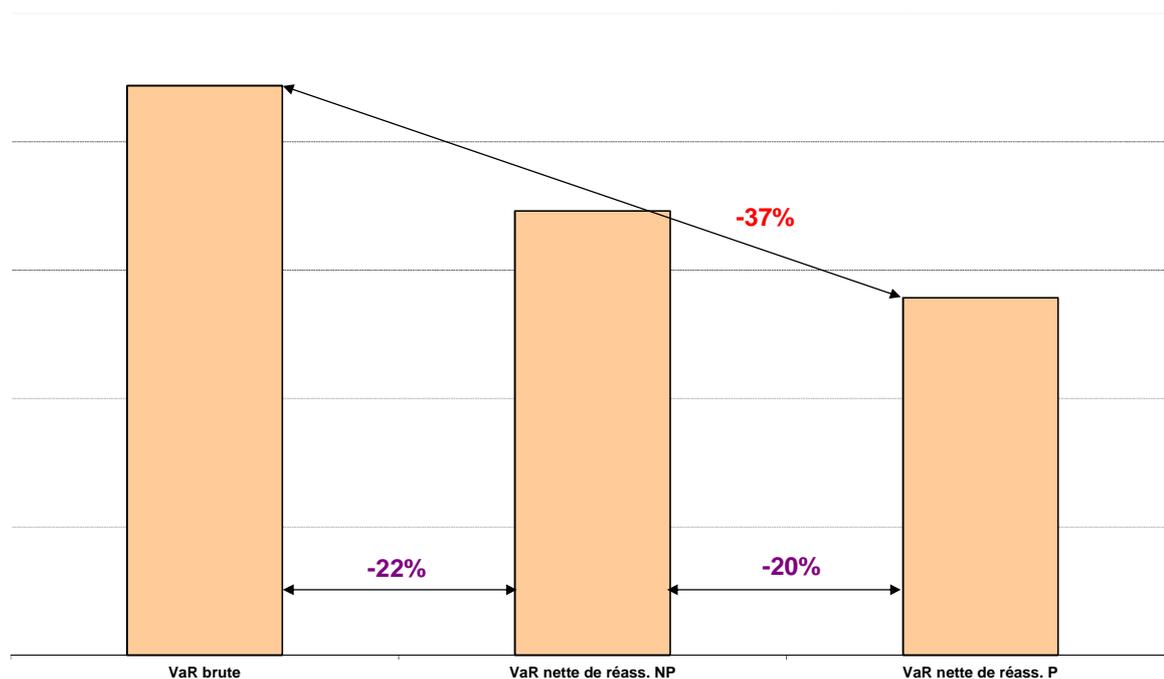
6.2 Les variations de VaR à 99,5%

Nous mesurons l'impact du programme de réassurance sur la VaR à 99,5% de deux indicateurs : la somme des sinistres et le sinistre maximal.

Variations de la VaR à 99,5% de la somme des sinistres du segment 6



Variations de la VaR à 99,5% du sinistre maximal du segment 6



6.3 Validation par l'historique

L'historique récupéré pour le segment 6 rassemble 302 sinistres de 2004 à 2010. La comparaison se fait brute de toute réassurance.

Evolution de la moyenne des indicateurs par rapport à l'historique

Indicateurs	Ecart
Sinistre moyen	-5%
Somme des sinistres	-11%
Sinistre maximum	-26%
Somme des 10 plus gros sinistres	-14%

On remarque que les valeurs moyennes des simulations sont en dessous des valeurs historiques de manière un peu plus importante que pour le segment 3. Encore une fois, cela peut s'expliquer par le fait que la méthode de reconstitution des garanties nous donne des CSR moyens par assuré pour les rentes de conjoint et d'éducation. Ces dernières sont donc sous estimées.

Cependant, les valeurs des indicateurs restent proches des valeurs historiques et nous ne remarquons pas d'écarts aberrants en valeurs absolues

6.4 Bilan

Manifestement, les traités en XS par tête du programme de réassurance non proportionnelle n'ont aucun impact ou presque sur les valeurs des quantiles des indicateurs, excepté pour les valeurs extrêmes du sinistre maximal. On peut donc remettre en question les caractéristiques de ces traités sur ce segment.

Les traités en quote part du programme de réassurance proportionnelle permettent une réduction significative des valeurs des quantiles des indicateurs mais plus faible pour le sinistre maximal.

En résumé, le programme de réassurance non proportionnelle est uniquement approprié pour les valeurs extrêmes de sinistres et le programme de réassurance proportionnelle n'est pas approprié pour une réduction du risque de pointe car il y est peu efficace.

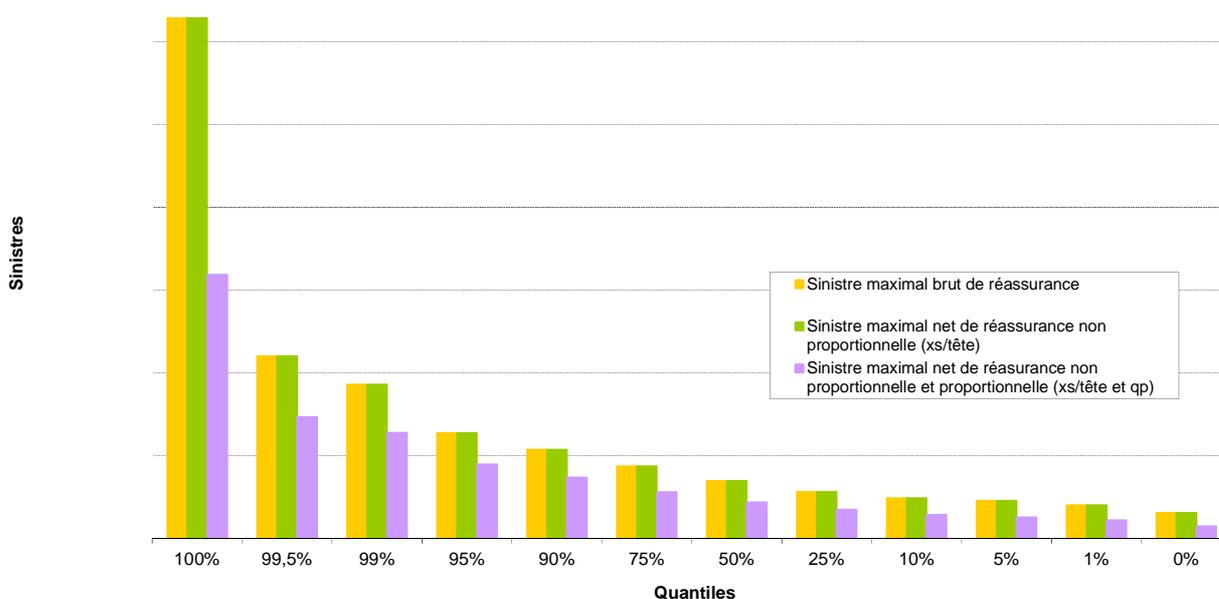
Section 7 Résultats du segment 7

Le segment 7 regroupe les produits standards non cadres. Son programme de réassurance se compose de traités en XS par tête et de quote part. Le nombre de simulations effectuées est de 35000.

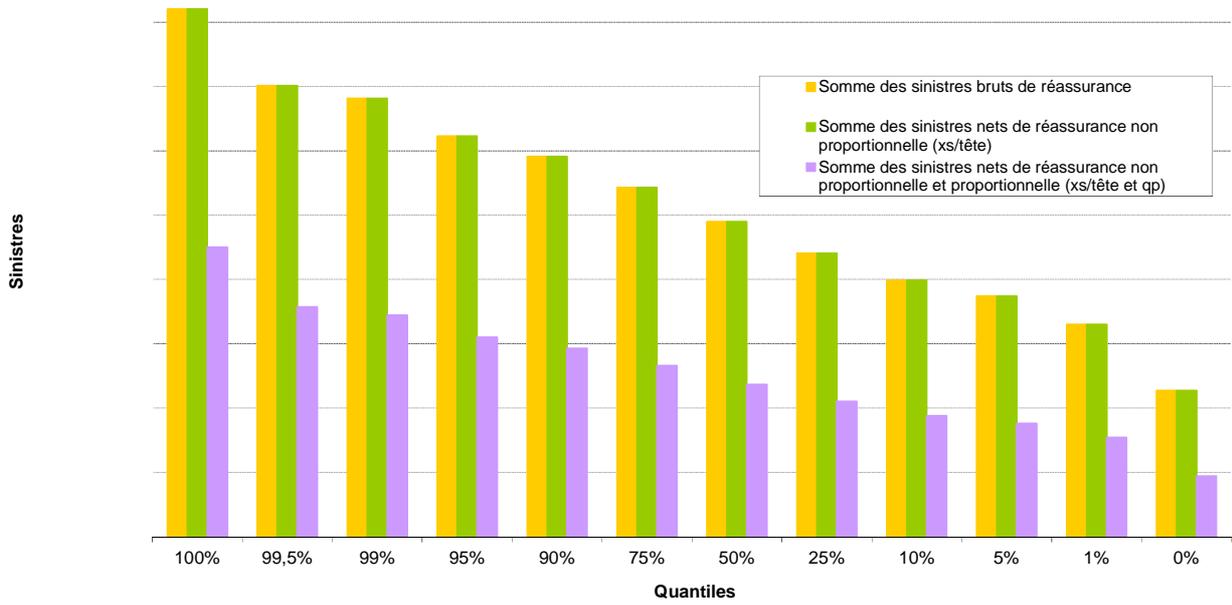
7.1 Les quantiles des indicateurs

Voici les résultats graphiques des indicateurs récupérés des 35000 simulations :

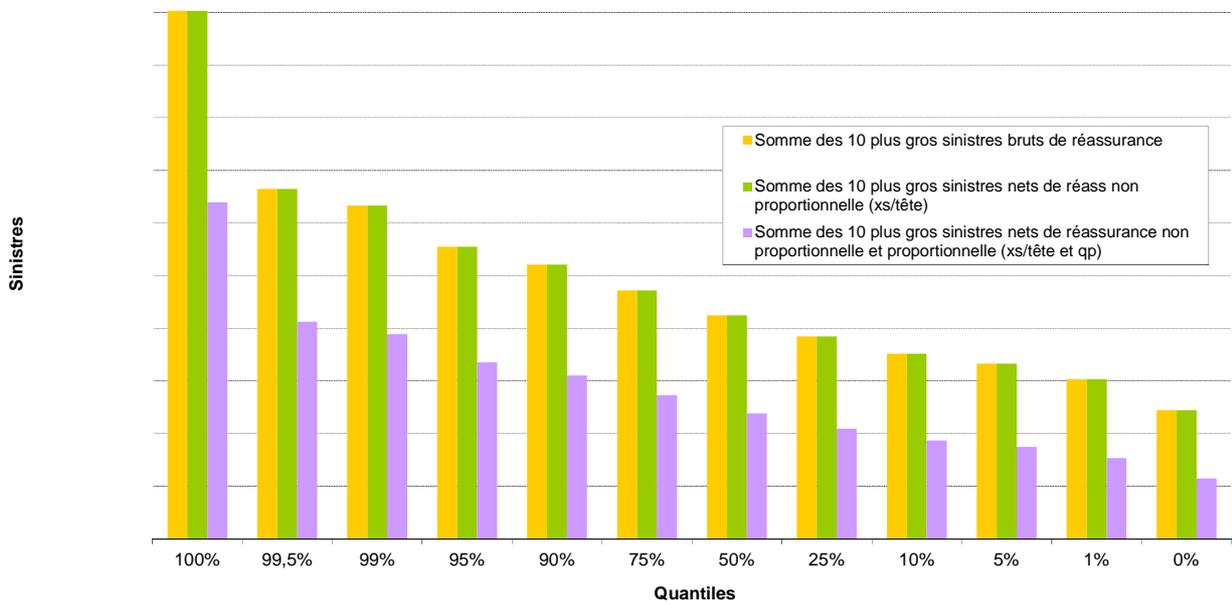
Quantiles du sinistre maximal du segment 7
(35000 simulations)



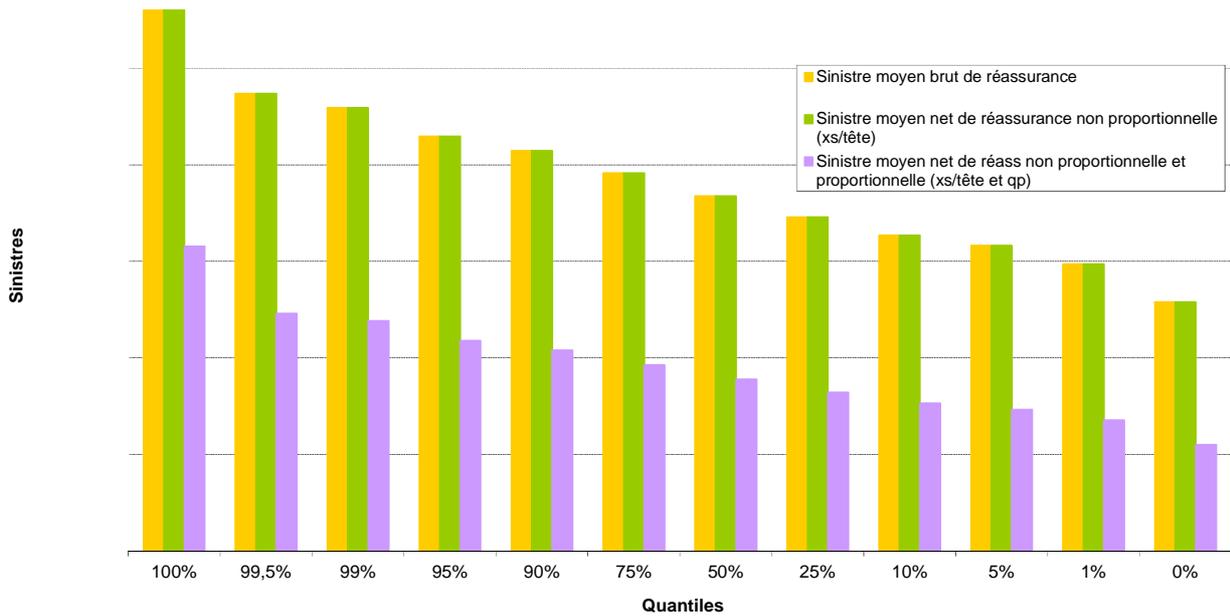
**Quantiles des sommes des sinistres du segment 7
(35000 simulations)**



**Quantiles des sommes des 10 plus gros sinistres du segment 7
(35000 simulations)**



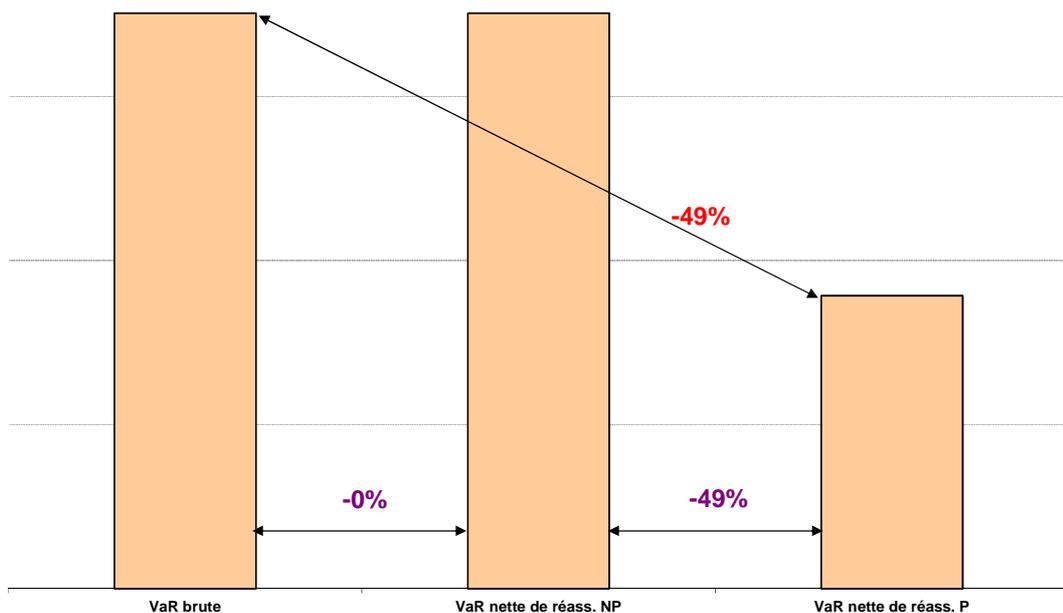
**Quantiles du sinistre moyen du segment 7
(35000 simulations)**



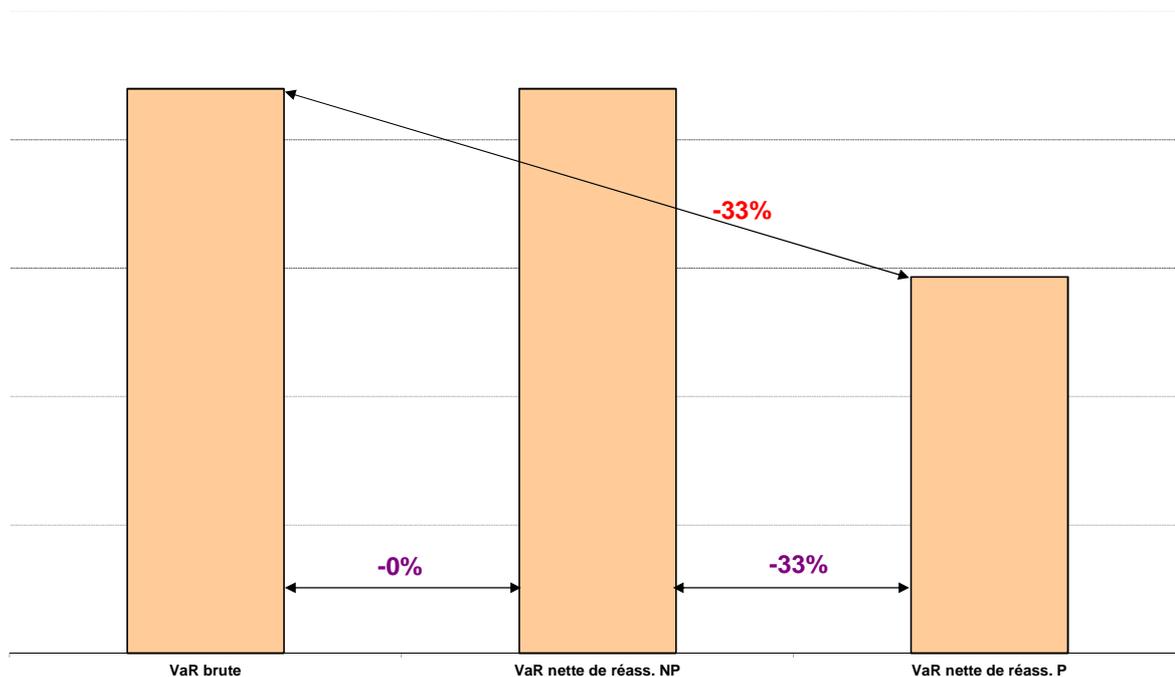
7.2 Les variations de VaR à 99,5%

Nous mesurons l'impact du programme de réassurance sur la VaR à 99,5% de deux indicateurs : la somme des sinistres et le sinistre maximal.

Variations de la VaR à 99,5% de la somme des sinistres du segment 7



Variations de la VaR à 99,5% du sinistre maximal du segment 7



7.3 Validation par l'historique

L'historique récupéré pour le segment 7 rassemble 1181 sinistres de 1995 à 2010. La comparaison se fait brute de toute réassurance.

Evolution de la moyenne des indicateurs par rapport à l'historique

Indicateurs	Ecart
Sinistre moyen	-3%
Somme des sinistres	-11%
Sinistre maximum	-33%
Somme des 10 plus gros sinistres	-13%

On remarque comme pour le segment 6 que les valeurs moyennes des simulations sont en dessous des valeurs historiques. Encore une fois, cela peut s'expliquer par le fait que la méthode de reconstitution des garanties nous donne des CSR moyens par assuré pour les rentes de conjoint et d'éducation. Ces dernières sont donc sous estimées.

Cependant, les valeurs des indicateurs restent proches des valeurs historiques et nous ne remarquons pas d'écarts aberrants en valeurs absolues.

7.4 Bilan

Le programme de réassurance non proportionnelle constitué de traités en XS par tête est inopérant, et ce, sur tous les indicateurs. Il serait pertinent de revoir les caractéristiques des traités afin qu'ils puissent avoir un impact de réduction sur les sinistres.

Les traités en quotes parts du programme de réassurance proportionnelle assurent une diminution significative des valeurs des quantiles des indicateurs mais de manière plus faible pour le sinistre maximal.

En résumé, le programme de réassurance non proportionnelle n'est pas adapté à ce segment mais le programme de réassurance proportionnelle si.

Section 8 Conclusion

La simulation de la survenance sur chacun des segments de produits a permis une évaluation complète des programmes de réassurance non proportionnelle et proportionnelle.

Il a été mis en évidence que sont appliqués sur les segments non sensibles 2, 3, 6 et 7, c'est-à-dire regroupant les produits sur-mesure et standards non sensibles, des traités en XS par tête ne sont pas opérant car n'ayant aucun impact sur la réduction de la valeur des sinistres. Ceci est dû à une priorité trop forte rarement dépassée par les sinistres : le réassureur n'intervient pas.

En revanche, le programme de réassurance proportionnelle en XS par plein est très efficace sur le segment 1, segment des produits individuels. De même, les programmes appliqués aux segments 4 et 5, segments les plus sensibles, ont un fort impact de réduction des sinistres. Cependant, le programme de réassurance proportionnelle du segment 4 a un impact limité sur les valeurs extrêmes du sinistre maximal, phénomène aussi observé sur les segments non sensibles 2, 3 et 6.

En résumé, les résultats obtenus forment un document de référence pour l'arbitrage décisionnel, et permettent de pointer les segments et les programmes pour lesquels il serait intéressant de simuler des évolutions de programme de réassurance afin de l'améliorer.

Voici un extrait du document de référence qui sera transmis au superviseur du Groupe et qui lui permettra d'arbitrer sur la couverture de réassurance des produits prévoyance :

Segment	Programme de réassurance non proportionnelle	Programme de réassurance proportionnelle	Sinistre maximal	
	Traités en XS par tête (sauf segment 1, excédent de plein)	Traités en quote part	Simulé	VaR _{99,5%}
1	Efficace		NC	
2	Inopérant	Opérant mais impact limité sur les valeurs extrêmes	NC	
3	Opérant uniquement sur les valeurs extrêmes	Opérant mais impact limité sur les valeurs extrêmes	NC	
4	Efficace	Opérant mais impact limité sur les valeurs extrêmes	NC	
5	Efficace	Efficace	NC	
6	Opérant uniquement sur les valeurs extrêmes	Opérant mais impact limité sur les valeurs extrêmes	NC	
7	Inopérant	Opérant mais impact limité sur les valeurs extrêmes	NC	

NC: Non Communiqué car confidentiel

Partie 3 Simulations d'évolutions de programmes de réassurance

Les outils construits pour étudier le risque de pointe sont souples : on peut facilement les réutiliser et changer des paramètres, en particulier, le programme de réassurance de chaque produit, c'est-à-dire les niveaux de portée, de priorité et de quote part. Ainsi, on peut simuler des évolutions de programmes et analyser leur impact, et ce, afin de compléter le document de référence pour l'arbitrage décisionnel du choix de la couverture de réassurance du Groupe et des limites de souscription.

Bien que les résultats obtenus pour les segments 4 et 5 dans l'étude du risque de pointe ne mettent pas en avant de 'trous de couverture' et qu'ils soient satisfaisants, il a été décidé de simuler des évolutions de leur programme de réassurance non proportionnelle et proportionnelle. En effet, ces segments sont assez sensibles pour que l'on ajuste au mieux leur programme. Pour rappel, ces segments regroupent les produits couvrant la T3 avec un cumul de garanties ou la T4 (segment 4) ainsi que des produits couvrant la T4 aux risques exceptionnels (segment 5).

CHAPITRE 1 Evolutions du programme de réassurance non proportionnelle

Nous avons simulés dans un premier temps des modifications des programmes de réassurance non proportionnelle, c'est-à-dire des modifications de portées et de priorités des traités en XS par tête actuellement en place sur les segments 4 et 5. Les programmes de réassurance proportionnelle sont inchangés dans ces scénarios.

Section 1 Scénarios simulés

Pour des raisons de confidentialité, les niveaux de priorités et de portées des traités actuels et simulés ne peuvent pas être communiqués. De ce fait, nous noterons α un niveau de priorité et β un niveau de portée actuellement présents sur des traités appliqués aux segments sensibles et nous aborderons les caractéristiques des scénarios simulés en pourcentage de α et de β .

Attention, α et β ne résument pas à eux seul le programme de réassurance actuel, ce sont des références prises pour comparer les scénarios simulés.

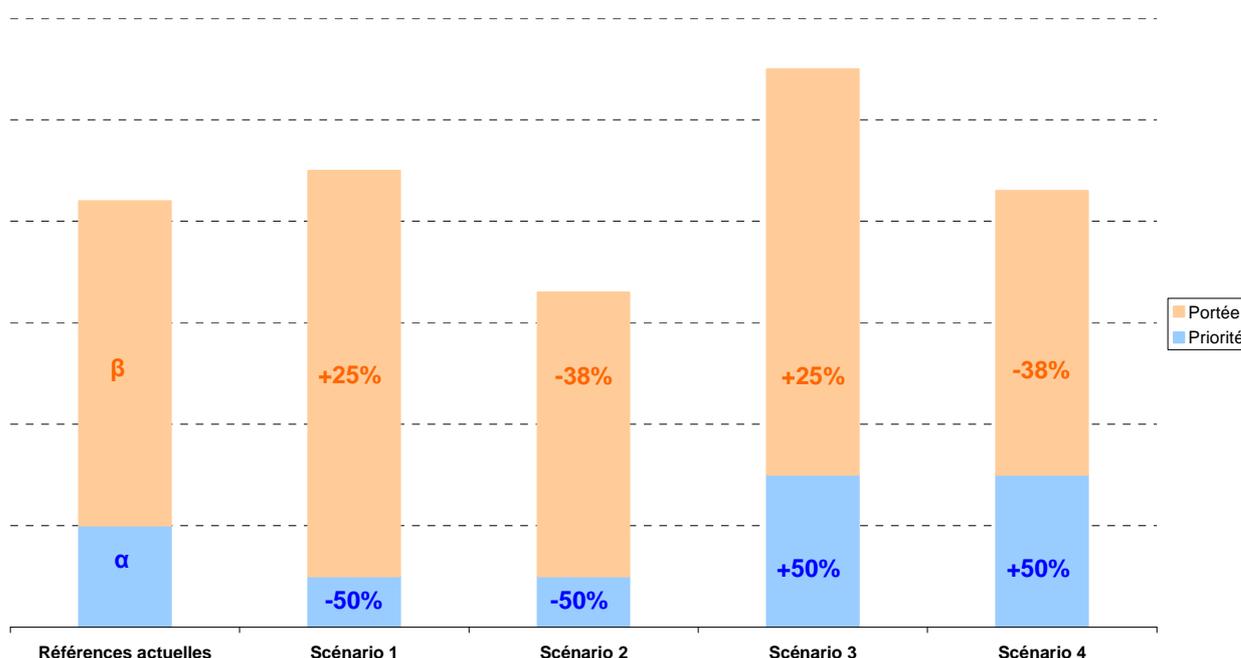
Voici les scénarios d'évolution de programme retenus pour le segment 4 et 5 :

Scénarios d'évolution du programme de réassurance non proportionnelle

	Priorité	Portée
Références actuelles	α	β
Scénario 1	-50%	25%
Scénario 2	-50%	-38%
Scénario 3	50%	25%
Scénario 4	50%	-38%

Voici un résumé graphique de ces scénarios :

Les différents scénarios de programmes de réassurance non proportionnelle
Segment 4 et 5



La baisse de la priorité dans les scénarios 1 et 2 a deux effets positifs :

- Pour un sinistre dépassant la priorité α et de valeur inférieure à la somme des nouvelles priorité et portée, le réassureur prendra à sa charge une plus grande part du sinistre
- Certains sinistres qui ne dépassaient pas la priorité α la dépasseront et seront donc en partie pris en charge par le réassureur

On s'attend donc à ce que la baisse de la priorité entraîne une diminution de la valeur moyenne du sinistre moyen et de la somme des sinistres après réassurance non proportionnelle.

A l'inverse, la hausse de la priorité dans les scénarios 3 et 4 entraîne une augmentation de la valeur moyenne du sinistre moyen et de la somme des sinistres après réassurance non proportionnelle. En effet, certains sinistres pris en charge auparavant le seront à partir d'un seuil plus haut tandis que d'autres ne seront plus pris en charge.

Les scénarios 1, 3 et 4 présentent une somme priorité+portée supérieure à $\alpha + \beta$. On s'attend donc à ce que les sinistres aux valeurs extrêmes soient mieux pris en charge. A contrario, ils devraient être plus importants suite à l'application du scénario 2.

Nous présenterons dans un premier temps les résultats des simulations d'évolutions des programmes de réassurance non proportionnelle du segment 5 puis du segment 4.

Section 2 Résultats et bilans des scénarios d'évolutions du programme non proportionnel du segment 5

Pour chaque scénario, on présente une synthèse des impacts sur la moyenne, le maximum et la VaR à 99,5% de trois indicateurs : le sinistre maximal, la somme des sinistres et le sinistre moyen.

2.1 Résultats et bilan du scénario 1

Pour rappel, le scénario 1 diminue la priorité de 50% et augmente la portée de 25%.

Synthèse des impacts suite à l'application du scénario 1

		Evolution entre les montants bruts et nets de réassurance non proportionnelle		
		Programme actuel	Programme scénario 1	Gain (en points)
Sinistre moyen	Moyenne	-9%	-37%	-27,16
	Maximum	-43%	-61%	-18,35
	Quantile 99,5%	-32%	-72%	-39,82
Somme des sinistres	Moyenne	-9%	-37%	-27,10
	Maximum	-21%	-50%	-28,95
	Quantile 99,5%	-24%	-53%	-28,12
Sinistre maximum	Moyenne	-18%	-57%	-39,12
	Maximum	-31%	-43%	-12,61
	Quantile 99,5%	-64%	-81%	-16,11

On remarque que les gains de réduction sont importants, allant jusqu'à 39 points, ce qui correspond à ce qui était envisagé, à savoir une meilleure prise en charge des sinistres par la réassurance suite à la baisse de la priorité et à une somme priorité+portée supérieure à $\alpha + \beta$

Ainsi, le scénario 1 est plus efficace que le programme actuel pour réduire les sinistres bruts de toute réassurance.

2.2 Résultats et bilan du scénario 2

Pour rappel, le scénario 2 diminue la priorité de 50% et la portée de 38%.

Synthèse des impacts suite à l'application du scénario 2

		Evolution entre les montants bruts et nets de réassurance non proportionnelle		
		Programme actuel	Programme scénario 2	Gain (en points)
Sinistre moyen	Moyenne	-9%	-36%	-26,55
	Maximum	-43%	-43%	-0,75
	Quantile 99,5%	-32%	-60%	-27,84
Somme des sinistres	Moyenne	-9%	-36%	-26,53
	Maximum	-21%	-44%	-23,81
	Quantile 99,5%	-24%	-49%	-24,10
Sinistre maximum	Moyenne	-18%	-56%	-37,49
	Maximum	-31%	-27%	3,59
	Quantile 99,5%	-64%	-56%	8,06

Comme supposé, la baisse de la priorité de 50% permet de réduire les montants des indicateurs nets de réassurance non proportionnelle.

De plus, on observe bien une réduction plus faible du maximum et de la VaR à 99,5% du sinistre maximal après application du scénario 2 car la somme des nouvelles priorité et portée est inférieure à $\alpha + \beta$.

En résumé, ce scénario 2 est dans l'ensemble plus avantageux que le programme actuel mais couvre moins bien le risque de pointe.

2.3 Résultats et bilan du scénario 3

Pour rappel, le scénario 3 augmente la priorité de 50% et la portée de 25%.

Synthèse des impacts suite à l'application du scénario 3

		Evolution entre les montants bruts et nets de réassurance non proportionnelle		
		Programme actuel	Programme scénario 3	Gain (en points)
Sinistre moyen	Moyenne	-9%	-7%	2,34
	Maximum	-43%	-68%	-25,22
	Quantile 99,5%	-32%	-28%	3,80
Somme des sinistres	Moyenne	-9%	-7%	2,37
	Maximum	-21%	-33%	-12,75
	Quantile 99,5%	-24%	-22%	2,78
Sinistre maximum	Moyenne	-18%	-15%	3,48
	Maximum	-31%	-43%	-11,97
	Quantile 99,5%	-64%	-70%	-5,34

On remarque très clairement que le scénario 3 donne un gain de réduction supérieur au programme de réassurance actuel, et ce, pour les valeurs maximales des indicateurs et la VaR à 99,5% du sinistre maximum. Pour les sinistres aux montants élevés, le gain apporté par l'augmentation de la portée est supérieur à la perte engendrée par l'augmentation de la priorité.

En revanche, comme il était supposé, la réduction des moyennes des indicateurs est plus faible que celle apportée par le programme actuel : l'augmentation de la priorité augmente aussi les montants nets de réassurance non proportionnelle des sinistres non exceptionnels.

En résumé, le scénario 3 est plus efficace que le programme actuel pour réduire le risque de pointe mais augmente en moyenne les sinistres non exceptionnels.

2.4 Résultats et bilan du scénario 4

Pour rappel, le scénario 4 augmente la priorité de 50% et diminue la portée de 38%.

Synthèse des impacts suite à l'application du scénario 4

		Evolution entre les montants bruts et nets de réassurance non proportionnelle		
		Programme actuel	Programme scénario 4	Gain (en points)
Sinistre moyen	Moyenne	-9%	-7%	2,57
	Maximum	-43%	-37%	5,38
	Quantile 99,5%	-32%	-27%	5,14
Somme des sinistres	Moyenne	-9%	-7%	2,54
	Maximum	-21%	-38%	-17,28
	Quantile 99,5%	-24%	-21%	3,13
Sinistre maximum	Moyenne	-18%	-14%	3,93
	Maximum	-31%	-30%	0,39
	Quantile 99,5%	-64%	-56%	8,06

On observe le même phénomène que pour le scénario 3 mais de manière plus forte : comme prévu, l'augmentation de la priorité diminue considérablement l'impact du programme de réassurance non proportionnelle. Ici, il n'y a pas d'augmentation de portée qui permet de compenser l'augmentation de la priorité pour les valeurs extrêmes.

Le gain de réduction de 17,28 points observé pour le maximum de la somme des sinistres n'est pas aberrant. En effet, il existe quelques produits qui possèdent un programme de réassurance proche du scénario 3. En particulier, ils ont la même priorité. On peut donc trouver un arrangement de sinistres tel que la réduction de la somme de ces derniers avec le scénario 3 soit plus important qu'avec le programme de réassurance actuel.

En résumé, ce scénario 4 est moins efficace que le programme actuel.

Section 3 Résultats et bilans des scénarios d'évolutions du programme non proportionnel du segment 4

Pour chaque scénario, on présente une synthèse des impacts sur la moyenne, le maximum et la VaR à 99,5% de trois indicateurs : le sinistre maximal, la somme des sinistres et le sinistre moyen.

3.1 Résultats et bilan du scénario 1

Pour rappel, le scénario 1 diminue la priorité de 50% et augmente la portée de 25%.

Synthèse des impacts suite à l'application du scénario 1

		Evolution entre les montants bruts et nets de réassurance non proportionnelle		
		Programme actuel	Programme scénario 1	Gain (en points)
Sinistre moyen	Moyenne	-2%	-7%	-5,32
	Maximum	-45%	-71%	-26,34
	Quantile 99,5%	-19%	-34%	-14,94
Somme des sinistres	Moyenne	-2%	-7%	-5,33
	Maximum	-21%	-44%	-23,39
	Quantile 99,5%	-13%	-23%	-10,64
Sinistre maximum	Moyenne	-6%	-21%	-14,87
	Maximum	-59%	-77%	-17,97
	Quantile 99,5%	-55%	-78%	-22,46

Comme pour le segment 5, on observe ce qui était supposé : les gains de réduction sont supérieurs pour tous les indicateurs à ceux du programme actuel, allant jusqu'à 26 points.

Ainsi, ce scénario 1 propose une meilleure réduction du risque de pointe et, dans leur ensemble, des valeurs des sinistres bruts de réassurance non proportionnelle.

3.2 Résultats et bilan du scénario 2

Pour rappel, le scénario 2 diminue la priorité de 50% et la portée de 38%.

Synthèse des impacts suite à l'application du scénario 2

		Evolution entre les montants bruts et nets de réassurance non proportionnelle		
		Programme actuel	Programme scénario 2	Gain (en points)
Sinistre moyen	Moyenne	-2%	-8%	-5,38
	Maximum	-45%	-71%	-26,02
	Quantile 99,5%	-19%	-35%	-16,08
Somme des sinistres	Moyenne	-2%	-8%	-5,38
	Maximum	-21%	-38%	-16,90
	Quantile 99,5%	-13%	-23%	-10,68
Sinistre maximum	Moyenne	-6%	-21%	-14,93
	Maximum	-59%	-54%	4,56
	Quantile 99,5%	-55%	-78%	-22,46

Bien que la baisse de la portée soit de 38%, on remarque que les gains de réduction sont tous négatifs : l'écart entre les valeurs brutes de toute réassurance et nets de réassurance non proportionnelle sont plus grands. C'est donc la baisse de 50% de la priorité qui explique ces gains.

Comme pour le segment 5, on observe que le maximum des sinistres est moins réduit avec ce scénario : ceci est dû à une portée plus faible donc moins agressive sur le risque de pointe.

On observe donc bien dans l'ensemble ce qui était supposé.

En résumé, ce scénario 2 est dans l'ensemble plus avantageux que le programme actuel mais protège moins des valeurs extrêmes des sinistres.

3.3 Résultats et bilan du scénario 3

Pour rappel, le scénario 3 augmente la priorité de 50% et la portée de 25%.

Synthèse des impacts suite à l'application du scénario 3

		Evolution entre les montants bruts et nets de réassurance non proportionnelle		
		Programme actuel	Programme scénario 3	Gain (en points)
Sinistre moyen	Moyenne	-2%	-1%	1,30
	Maximum	-45%	-9%	35,76
	Quantile 99,5%	-19%	-10%	9,30
Somme des sinistres	Moyenne	-2%	-1%	1,30
	Maximum	-21%	-22%	-1,84
	Quantile 99,5%	-13%	-8%	4,63
Sinistre maximum	Moyenne	-6%	-3%	3,92
	Maximum	-59%	-63%	-4,57
	Quantile 99,5%	-55%	-34%	21,06

Les écarts entre les valeurs brutes de toute réassurance et nettes de réassurance non proportionnelle des indicateurs sont réduits, excepté pour le maximum de la somme des sinistres et du sinistre maximum. Ceci s'explique par l'augmentation de 25% de la portée qui compense en montant la hausse de la priorité de 50%.

En résumé, ce scénario 3 n'est opérant que pour le risque de pointe.

3.4 Résultats et bilan du scénario 4

Pour rappel, le scénario 4 augmente la priorité de 50% et diminue la portée de 38%.

Synthèse des impacts suite à l'application du scénario 4

		Evolution entre les montants bruts et nets de réassurance non proportionnelle		
		Programme actuel	Programme scénario 4	Gain (en points)
Sinistre moyen	Moyenne	-2%	-1%	1,30
	Maximum	-45%	-18%	27,49
	Quantile 99,5%	-19%	-10%	8,92
Somme des sinistres	Moyenne	-2%	-1%	1,31
	Maximum	-21%	-15%	5,18
	Quantile 99,5%	-13%	-8%	4,72
Sinistre maximum	Moyenne	-6%	-2%	3,95
	Maximum	-59%	-54%	5,01
	Quantile 99,5%	-55%	-33%	22,46

On observe le même phénomène que pour le scénario 3 : l'augmentation de la priorité entraîne une diminution de l'impact du scénario testé. De plus, l'absence d'augmentation de portée ne permet pas de compenser en montant la hausse de la priorité : le programme est aussi moins agressif sur les valeurs extrêmes. Ceci se remarque aussi sur les résultats de la simulation du scénario 4 sur le segment 5.

Encore une fois, le scénario 4 est moins efficace que le programme de réassurance actuel.

Section 4 Bilan des simulations d'évolutions du programme de réassurance non proportionnelle

Avec l'analyse des scénarios 3 et 4, on conclut que toute augmentation de la priorité est pertinente pour réduire le risque de pointe si celle-ci ne s'accompagne pas d'une baisse de la portée. Cependant, cela s'accompagne d'une augmentation des valeurs moyennes des sinistres.

A contrario, une baisse de la priorité entraîne une augmentation du risque de pointe si celle-ci n'est pas suivie d'une augmentation compensatrice de la portée comme nous le montre le scénario 2.

Enfin, le scénario 1, combinaison d'une baisse de priorité et d'une augmentation de portée, est sans surprise celui qui réduit le plus le risque de pointe mais aussi la valeur des sinistres dans son ensemble.

Pour conclure, le scénario type permettant une plus grande réduction du risque de pointe est composé d'une baisse de la priorité, qui permet de réduire la valeur nette de réassurance non proportionnelle des 'petits' sinistres, et d'un accroissement de la portée au moins égal, en montant, à la diminution de la priorité. Cette condition est nécessaire pour s'attaquer de manière au moins semblable aux sinistres extrêmes.

En résumé, un montage de réassurance en XS par tête est un jeu d'équilibre entre portée et priorité s'adaptant au profil de risque du portefeuille.

CHAPITRE 2 Evolutions du programme de réassurance proportionnelle

Dans un deuxième temps, nous avons simulé des évolutions du programme de réassurance proportionnelle sur les segments sensibles 4 et 5. Ces programmes de ces derniers étant très différents, les scénarios ont été individualisés par segment.

Section 1 Evolutions du programme de réassurance proportionnelle du segment 5

Sur ce segment 5, nous avons en particulier travaillé sur le niveau d'un des traités en quote part. Nous avons donc testé deux niveaux de quotes parts inférieurs à l'actuel afin de mesurer l'importance de ce quote part dans le programme de réassurance.

Le scénario A baisse le quote part de 40 points et le scénario B de 20 points.

1.1 Résultats et bilan du scénario A

Pour rappel, le scénario A baisse de 40 points le niveau d'un des traités en quote part présents sur ce segment 5.

Synthèse des impacts suite à l'application du scénario A

		Evolution entre les montants nets de réass. non proportionnelle et nets de réass. non proportionnelle et proportionnelle		
		Programme actuel	Programme scénario A	Gain (en points)
Sinistre moyen	Moyenne	-90%	-70%	19,53
	Maximum	-86%	-87%	-1,01
	Quantile 99,5%	-83%	-60%	23,40
Somme des sinistres	Moyenne	-90%	-70%	19,56
	Maximum	-87%	-67%	20,62
	Quantile 99,5%	-86%	-65%	21,17
Sinistre maximum	Moyenne	-86%	-62%	24,72
	Maximum	-92%	-90%	2,16
	Quantile 99,5%	-66%	-64%	1,84

En baissant le niveau d'un quote part, on diminue aussi la prise en charge par le réassureur des sinistres des produits couverts par ce traité. On s'attend donc à ce que sur l'ensemble du segment, les valeurs des indicateurs soient moins réduites par le programme de réassurance proportionnelle simulés. Et c'est effectivement ce que l'on observe : la moyenne des indicateurs perd environ 20 points de réduction.

1.2 Résultats et bilan du scénario B

Pour rappel, le scénario B baisse de 20 points le niveau d'un traité en quote part présent sur ce segment 5. La baisse est donc moins importante que pour le scénario A.

Synthèse des impacts suite à l'application du scénario B

		Evolution entre les montants nets de réass. non proportionnelle et nets de réass. non proportionnelle et proportionnelle		
		Programme actuel	Programme scénario B	Gain (en points)
Sinistre moyen	Moyenne	-90%	-80%	9,73
	Maximum	-86%	-83%	2,96
	Quantile 99,5%	-83%	-72%	10,97
Somme des sinistres	Moyenne	-90%	-80%	9,77
	Maximum	-87%	-81%	6,82
	Quantile 99,5%	-86%	-76%	10,42
Sinistre maximum	Moyenne	-86%	-74%	12,26
	Maximum	-92%	-91%	0,82
	Quantile 99,5%	-66%	-66%	0,00

En baissant le niveau d'un traité en quote part sur ce segment, on s'attend, comme pour le scénario A, à ce que les valeurs des indicateurs soient moins réduites. De nouveau, c'est ce qui est observé avec une réduction des moyennes des indicateurs d'environ 10 points de moins entre les montants nets de réassurance non proportionnelle et les montants nets de réassurance non proportionnelle et proportionnelle.

1.3 Bilan des simulations d'évolutions du programme de réassurance proportionnelle sur le segment 5

La baisse d'efficacité des scénarios A et B par rapport au programme de réassurance actuel n'est pas étonnant puisque des niveaux de quotes parts sont réduits. Ainsi, pour une baisse de 40 et 20 points de ce niveau de quote part, on observe respectivement 20 et 10 points de réduction en moins sur la moyenne du sinistre moyen, de la somme des sinistres et du sinistre maximal nets de réassurance non proportionnelle. Ces résultats, accompagnés des impacts chiffrés en euros de ces modifications de programme, serviront à l'arbitrage décisionnel du choix de la couverture de réassurance proportionnelle.

Section 2 Evolutions du programme de réassurance proportionnelle du segment 4

Sur ce segment, nous avons cherché à mesurer l'impact de la création d'un nouveau quote part. Nous avons testé un premier niveau, de 20 points de moins que le niveau couramment observé, et un deuxième, égal à ce niveau couramment observé.

Le scénario A teste le quote part de niveau bas et le scénario B le quote part de niveau couramment observé.

2.1 Résultats et bilan du scénario A

Pour rappel, le scénario A crée un nouveau quote part de niveau égal à celui couramment observé minoré de 20 points.

Synthèse des impacts suite à l'application du scénario A

		Evolution entre les montants nets de reass. non proportionnelle et nets de réass. non proportionnelle et proportionnelle		
		Programme actuel	Programme scénario A	Gain (en points)
Sinistre moyen	Moyenne	-72%	-79%	-6,62
	Maximum	-39%	-75%	-36,10
	Quantile 99,5%	-53%	-77%	-24,47
Somme des sinistres	Moyenne	-72%	-79%	-6,61
	Maximum	-49%	-78%	-28,65
	Quantile 99,5%	-60%	-78%	-18,10
Sinistre maximum	Moyenne	-62%	-77%	-15,65
	Maximum	0%	-74%	-73,69
	Quantile 99,5%	0%	-66%	-65,97

En créant un nouveau quote part, on sait que l'impact du programme de réassurance proportionnelle sera plus fort. C'est d'ailleurs ce que l'on observe. La moyenne de la somme des sinistres et du sinistre moyen sont réduits de 6 points supplémentaires, et leur valeur maximale de 30 points environ. Les réductions supplémentaires remarquables sont sur le maximum et la VaR à 99,5% du sinistre maximal : là où la programme de réassurance n'avait aucun impact, la réduction est de 70% environ avec le scénario A.

2.2 Résultats et bilan du scénario B

Pour rappel, le scénario B crée un nouveau quote part de niveau égal à celui couramment observé.

Synthèse des impacts suite à l'application du scénario B

		Evolution entre les montants nets de reass. non proportionnelle et nets de réass. non proportionnelle et proportionnelle		
		Programme actuel	Programme scénario B	Gain (en points)
Sinistre moyen	Moyenne	-72%	-81%	-8,64
	Maximum	-39%	-83%	-44,21
	Quantile 99,5%	-53%	-80%	-27,53
Somme des sinistres	Moyenne	-72%	-81%	-8,64
	Maximum	-49%	-80%	-31,33
	Quantile 99,5%	-60%	-81%	-21,12
Sinistre maximum	Moyenne	-62%	-80%	-18,59
	Maximum	0%	-87%	-86,67
	Quantile 99,5%	0%	-80%	-80,00

On s'attend, avec la création d'un quote part au niveau plus important de 20 points que celui du scénario A, à observer des réductions de sinistres plus importantes. Les moyennes de la somme des sinistres et du sinistre moyen sont réduites de plus de 8 points supplémentaires et leurs valeurs maximales de 30 à 40

points environ. De plus, la réduction avec ce scénario des valeurs extrêmes du sinistre maximal est de 80% environ.

2.3 Bilan des simulations d'évolutions du programme de réassurance proportionnelle sur le segment 4

L'impact de la création d'un quote part sur le segment 4 est très fort. Son application augmente en particulier les réductions des valeurs extrêmes des indicateurs. La mise en place d'un nouveau traité en quote part, dont le niveau est fonction du choix commercial du décisionnel, peut donc être envisagée afin de réduire le risque de pointe.

Partie 4 Conclusion

L'étude du risque de pointe a permis de faire une synthèse de la sinistralité encourue par le Groupe sur chaque segment et de mesurer l'efficacité, en termes de réduction des sinistres, de la couverture de réassurance. Cette dernière peut être optimisée à partir de l'analyse des résultats des simulations d'évolutions du programme de réassurance non proportionnelle et proportionnelle.

Ces études ont nécessité la création d'un outil de simulation qui a été validé par la cohérence des résultats obtenus. Cependant, on peut envisager des améliorations de ce dernier. En particulier, son alimentation en données cotisant pourrait être plus pertinente si l'on pouvait mettre en place, en amont de l'étude, l'automatisation du calcul des capitaux sous risque. Les montants des sinistres simulés contiendraient moins d'incertitude liée à la modélisation des données manquantes.

Le document de référence pour l'arbitrage décisionnel comportera les résultats analysés de ces études. En particulier, pour chaque segment, il présentera les impacts de la réassurance proportionnelle et non proportionnelle sur la réduction des sinistres, le montant du sinistre maximal possible, la VaR à 99,5% du sinistre maximal ainsi qu'un chiffrage des impacts d'éventuelles modifications des programmes de réassurance. Le superviseur décidera des évolutions du programme de réassurance lors du renouvellement en s'appuyant sur le document de référence et en comparant les budgets, définis par les réassureurs, de chaque montage.

Ces études sont le socle fondateur de la construction du profil de risque de réassurance en prévoyance du Groupe. En effet, afin de répondre aux exigences de Solvabilité 2, il sera prochainement mené des études du risque de dérive et de catastrophe qui viendront compléter le profil de risque, base de la justification, envers l'autorité de contrôle, de la bonne gestion du risque et de l'adéquation de la couverture de réassurance au portefeuille du Groupe.

Partie 5 Annexes

Section 1 Documentation

OUVRAGES

- Hélène Kontchou Kouomegni et Oliver Decourt (2004) : SAS, Edition DUNOD
- Cours de Frédéric PLANCHET – *Modèles de durée* – Année 2010/2011
Section 3.3 – Méthode de Whittaker Henderson - Cas de la dimension 1
- Cours d'Alexis BIENVENÛE – *Technique de simulation* – Année 2006/2007
Section 2.3 – Simulation d'une loi discrète par découpage

DOCUMENTS INTERNES

- « Présentation générale de la réassurance »
- « La couverture en réassurance du Groupe Apicil »
- « La réassurance d'un produit »
- Note interne sur les chantiers réassurance dans le cadre de Solvabilité 2
- « La cartographie des traités de réassurance du Groupe Apicil »

DOCUMENTS INTERNETS

- **Publication du CEIOPS sur la qualité des données pour les provisions techniques**
<https://eiopa.europa.eu/publications/sii-final-l2-advice/index.html>
- **Site du Groupe Apicil**
<http://www.groupe-apicil.com>
- **Article sur la Réassurance**
<http://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9assurance>

COURS SUIVIS :

- Cours de Frédéric HEINRICH - *Solvabilité 2*
- Cours de Frédéric BOULLIUNG - *Réassurance*
- Cours de Frédérique HENGE - *Assurance vie*
- Cours d'Armelle GUILLOU - *Extrêmes et assurance*

Section 2 Lexique

ACP	Autorité de Contrôle Prudentiel
AMP	Association Métallurgique de Prévoyance
CCN	Convention Collective Nationale
CSP	Catégorie Socio-Professionnelle
CSR	Capitaux Sous Risque
CVDS	Célibataire, Veuf, Divorcé, Séparé
DA	Décès Accidentel
DC	Décès
DCIR	Décès accidentel de la CIRculation
DE	Double Effet
GNP	Groupement National de Prévoyance
GPP	Groupement Paritaire de Prévoyance
LT	Ligne Tarifaire
PASS	Plafond Annuel de la Sécurité Sociale
RC	Rente de Conjoint
RE	Rente d'Education
SAB	Salaire Annuel Brut
TX	Tranche X du salaire
VaR	'Value at Risk'