

Mémoire présenté le :
pour l'obtention du diplôme
de Statisticien Mention Actuariat
et l'admission à l'Institut des Actuares

Par : Madame / Monsieur Oumnia TAZI

Titre du mémoire : Calibrage des USP: Impact d'une segmentation par
branche de risques homogènes

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

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

Membres présents du jury de la Signature : Entreprise: Abille Actuaires
filiale :

Nom :

Signature :

Directeur de mémoire en
entreprise

Membres présents du jury de Signature : Nom : Arthur GUNT
l'Institut des Actuares : Signature :

Invité :

Nom :

Signature :

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

Signature du responsable
entreprise :



Signature du candidat :



Remerciements

Tout d'abord, je remercie sincèrement Kevine Tchakoute Njeukam et Laura Syed, du département Capital Économique Non Vie, pour leur bienveillance, leur précieux conseils et leurs nombreuses relectures.

Je tiens également à remercier l'ensemble des professeurs de l'SUP pour cette année d'enseignements qui m'a beaucoup aidé durant mon alternance.

Enfin, j'adresse mes remerciements à ma famille pour leur amour, leurs conseils ainsi que leur soutien inconditionnel permettant de rendre cette expérience agréable.

Résumé

A partir du 1^{er} janvier 2016 et l'entrée en vigueur de la réforme Solvabilité II, les organismes d'assurance doivent évaluer leur besoin de fonds propres en utilisant soit une formule standard soit un modèle interne (total ou partiel) construit par l'entreprise.

Dans le cas de l'application de la formules standard, l'entreprise peut adapter les paramètres standards en calibrant ses propres paramètres spécifiques (Undertaking specific parameters: USP) sur les risques de prime, de réserve et/ou sur le risque de révision.

Les actes délégués présentent des méthodes de calibrage des USP :

- Une méthode est proposée pour calibrer le risque de prime
- Deux méthodes existent pour le risque de réserve
- Une méthode pour le risque de révision.

L'ensemble de ces méthodes nécessite de disposer d'un historique homogène d'au moins cinq années de données et de justifier d'hypothèses sous-jacentes.

Ce mémoire est axé sur la méthode proposée pour le risque de prime et les deux méthodes utilisées pour le risque de réserve. En effet, le portefeuille étudié n'est pas concerné par le risque de révision. Ce mémoire présente deux objectifs majeurs :

1er objectif

- Présenter les méthodes de calibrage et le calcul des paramètre USP à la maille S2 : il s'agit des lignes d'activités réglementaires supposées intra homogènes et inters hétérogènes.

2nd objectif

- Calculer les paramètres USP à une maille plus adaptée au profil de risque de la compagnie dans le but de comparer les résultats ainsi que les impacts sur le besoin de fonds propres.

Un travail est donc nécessaire sur la qualité de données ainsi que sur la mise en place et la validation des hypothèses pour l'utilisation des USP.

Les travaux présentés traitent des méthodes de calibrage du risque de prime et de réserve du risque de « souscription non vie » et « santé similaire à la non vie ».

La mise en place du calibrage a fait ressortir deux enjeux :

- Un enjeu de **segmentation** : en proposant une nouvelle maille pour calibrer les paramètres USP de primes et de réserve afin de mieux refléter le profil de risque de la compagnie.
- Un enjeu de **corrélation** : en créant une nouvelle matrice de corrélation pour agréger les SCR, tout d'abord par modules de risque en agrégeant les sous modules de risque, puis au global en agrégeant les modules de risque.

Ainsi les travaux présentés dans ce mémoire portent principalement sur l'identification de la méthodologie adéquate et des enjeux cités ci-dessus.

Le calibrage obtenu a été réalisé en se basant sur le meilleur historique possible et en s'inspirant des techniques du modèle interne Aviva validé par l'ACPR.

En termes de résultats, l'application de cette nouvelle maille pour le calcul des USP fait apparaître un gain en point de ratio de solvabilité de 38,7% par rapport à la maille S2 et un gain de 57% par rapport à la Formule standard.

Le calibrage des paramètres USP à une maille plus fine semble donc plus adaptée au profil de risque de la compagnie dans l'évaluation de ses risques au titre du Pilier I permettant de générer des gains en point de ratio de solvabilité.

Mots clés : Solvabilité 2, Undertaking-Specific Parameters, risque de prime et de réserve, capital de solvabilité requis, modèle interne, corrélation, segmentation.

Abstract

As of January 1, 2016, and the implementation of the Solvency II reform, insurance companies must assess their capital requirements using either a standard formula or an internal model (total or partial) built by the company.

In the case of the application of the standard formula, the company can adapt the standard parameters by calibrating its own specific parameters (USP) on premium, reserve and/or revision risks.

The delegated acts present methods for calibrating the USPs :

- A method is proposed to calibrate the premium risk
- Two methods exist for reserve risk
- One method for revision risk.

All of these methods require a consistent history of at least five years of data and justification of underlying assumptions.

This thesis focuses on the proposed method for premium risk and the two methods used for reserve risk. Indeed, the portfolio studied is not concerned by the revision risk.

This thesis has two major objectives:

1er objectif

- To present the calibration methods and the calculation of the USP parameters at the S2 mesh: these are the regulatory activity lines assumed to be intra-homogenous and inter-homogenous

2nd objectif

- Calculate the USP parameters at a level more adapted to the company's risk profile in order to compare the results and the impact on the capital requirement

Work is therefore needed on data quality as well as on the implementation and validation of assumptions for the use of USPs.

The work presented deal with the methods for calibrating the premium risk and the reserve risk for "non-life underwriting" and "health similar to non-life".

The implementation of the calibration highlighted two issues:

- A **segmentation** issue: by proposing a new mesh to calibrate the premium and reserve USP parameters to better reflect the company's risk profile.
- A **correlation** issue: by creating a new correlation matrix to aggregate the SCRs, first by risk modules by aggregating the risk sub-modules, then globally by aggregating the risk modules.

The work presented in this report focuses on the identification of the appropriate methodology and the issues mentioned above.

The calibration obtained was based on the best possible historical data and was inspired by the techniques of the Aviva internal model validated by the ACPR.

In terms of results, the application of this new mesh for the calculation of the USP shows a gain in solvency ratio points of 38.7% compared to the S2 mesh and a gain of 57% compared to the Standard Formula.

The calibration of the USP parameters at a finer level is therefore more adapted to the risk profile of the company in the evaluation of its risks under Pillar I, thus generating gains in solvency ratio points.

Keywords: Solvency 2, Undertaking-Specific Parameters, premium and reserve risk, Solvency Capital Requirement, internal model, correlation, segmentation

Note de synthèse

La directive solvabilité II, entre en application le 1er janvier 2016. Elle s'adresse aux assureurs et réassureurs européens et vise à renforcer la protection des assurés tout en fixant des normes prudentielles permettant de mieux prendre en compte les besoins en fonds propres des assureurs par rapport aux risques qu'elles encourent.

Cette dernière préconise aux organismes d'assurance de disposer d'un niveau de fonds propres au moins égal au niveau de capital suffisant pour absorber un choc bicentenaire. Pour ce faire, le pilier 1 de cette norme impose le calcul de ce niveau de capital appelé le SCR (Solvency Capital Requirement). Celui-ci augmente avec le risque auquel est exposé la compagnie et peut être déterminé suivant plusieurs approches :

- L'approche formule standard : avec des paramètres fixes calibrés sur le marché européen.
- L'approche par USP : avec des paramètres calibrés sur les données propres de l'entreprise et utilisant des méthodes standardisées définies par la réglementation.
- L'approche Modèle Interne : avec des paramètres calibrés sur les données propres de l'entreprise et utilisant des méthodes propres à l'entreprise.

Aviva Assurances (devenu Abeille Assurances et Santé) a reçu l'agrément du Collège de l'ACPR pour l'utilisation de son modèle interne.

Cependant, suite à la cession d'Aviva Assurances au groupe AEMA, la compagnie calcule son SCR en Formule Standard depuis le deuxième trimestre 2021.

Toutefois, compte tenu du profil de risque d'Abeille Assurance, des discussions ont été menées avec l'ACPR sur la possibilité de la soumission d'un dossier d'approbation relatif à l'utilisation des USP.

La réglementation solvabilité II préconise le calibrage des paramètres USP à la maille Lob S2 ; il s'agit des lignes d'activités réglementaires supposées intra homogènes et inters hétérogènes. Toutefois, cette maille pourrait ne pas être toujours adaptée au profil de risque d'Abeille Assurances ; en effet la segmentation a été définie lors de la mise en place de la Directive Solvabilité 2, sur un panel d'acteurs du marché européen.

Cette dernière ne tient donc pas compte de toutes les spécificités du marché, notamment des activités propres au marché français tels que la prise en compte des garanties gérées par capitalisation (construction), la distinction entre les branches courtes et les branches longues, l'homogénéité des branches auto (risque corporel distingué du risque matériel).

De plus, les lignes d'activité responsabilité civile générale (garantie d'assurance qui permet de réparer les dommages (matériels ou corporels) causés à autrui), responsabilité civile auto et dommages (sert à indemniser les dommages matériels et corporels qui peuvent être causés à autrui après un accident) contribuent de manière significative au profil de risque de la compagnie.

Il conviendrait par conséquent de distinguer les branches et de calibrer différents paramètres USP pour ces garanties.

Dans ce contexte, on pourrait alors se poser la question suivante : Un calibrage des paramètres USP à une maille plus fine et mieux adaptée au profil de risque d'Abeille Assurances conviendrait-il mieux qu'un calibrage à la maille Lob S2 ?

De ce fait, il était question pour nous dans ce travail de calculer les paramètres USP d'Abeille Assurance à une maille plus adaptée à son profil de risque et de comparer ceci aux résultats de la maille Lob S2.

Cadre réglementaire des USP

Le calibrage des USP consiste à calculer sur la base des méthodes dite standardisées (c'est-à-dire décrites par la réglementation), des paramètres de volatilité propres au portefeuille de l'assureur.

L'utilisation de paramètres propres d'Abeille IARD & Santé concerne le risque de prime et le risque de réserve qui mesurent respectivement le risque de sous-tarification des contrats et le risque de sous-provisionnement des sinistres survenus.

Pour obtenir le SCR de primes et de réserve il est essentiel d'avoir les volumes de prime et de réserve (V) pour ensuite pouvoir appliquer la formule :

$$3 * \sigma * V$$

Les paramètres de volatilité σ de la Formule Standard sont donnés pour chaque ligne d'activité par l'EIOPA. L'approche des USP repose sur la détermination des facteurs de volatilité de chaque ligne d'activité sur la base des données interne de la compagnie.

La segmentation Lob S2 (par ligne d'activité) est la suivante :

Risque	Numéro de la LOB	Nom de la LOB
Santé	LOB1	Frais médicaux
	LOB2	Protection des revenus
Non-vie	LOB4	RC Auto
	LOB5	Dommmages Auto
	LOB6	Marine,Aviation,Transport
	LOB7	Dommmages aux biens
	LOB8	RC Generale
	LOB10	Protection juridique
	LOB11	Assistance
	LOB12	Pertes pécuniaires diverses

Pour le calcul des paramètres USP, nous avons utilisé les méthodologies précisées dans les textes réglementaires :

- Pour le risque de prime ceci repose sur le calibrage de la volatilité S/P.
- Pour le risque de réserve deux méthodes peuvent être utilisé (la plus robuste est retenue) : la première méthode est dite Boni / Mali fondée sur l'erreur de prédiction des sinistres historiques observés et la deuxième méthode dite Merz-Wüthrich repose sur la volatilité du risque de réserves reflétée par le calcul de l'erreur quadratique moyenne.

L'utilisation des méthodes précédentes nécessite la validation en amont d'un certain nombre d'hypothèses méthodologiques et de disposer de données de qualité.

Nous tenons à préciser que par faute de validation des hypothèses, les paramètres USP ne sont pas retenu et le paramètre de la formule standard est alors conservé.

Calcul des USP et comparaison entre les différentes mailles

Dans ce mémoire, une présentation des résultats du calibrage des USP à la maille Lob S2 a été décrite et comparé à ceux de la formule standard.

Nous avons d'abord constaté que les coefficients de variation pour les risques de prime et réserve pris séparément sont différents des paramètres de la formule standard. En effet, seulement quelques USP ne sont pas retenus pour le risque de prime et le risque de réserve car les hypothèses requises pour leur validation ne sont pas vérifiées (le paramètre de la formule standard est alors retenu).

Nous avons constaté que le **calibrage des USP à la maille Lob S2** permet donc de diminuer le SCR d'environ 21,8% par rapport à la formule standard et d'obtenir un gain de ratio de solvabilité de 38,7pts. Ceci s'explique par une meilleure prise en compte du profil de risque d'Abeille IARD & Santé.

Néanmoins, comme précisé précédemment, la segmentation Lob S2 ne tient pas compte de toutes les spécificités du marché et de certaines distinctions entre les branches.

A cet effet, nous avons décidé de proposer un calcul des paramètres propres à l'entreprise non pas à la maille définie dans la Directive Solvabilité 2 mais par branche de risques homogènes.

La nouvelle maille proposée s'inspire de la maille du modèle interne d'Aviva. Cette dernière fut validée par l'ACPR dans le cadre de l'approbation du modèle interne et permettait de refléter au mieux le profil de risque de la compagnie en tenant compte des spécificités des risques qui lui sont propres.

La nouvelle maille (MCC) est décrite dans le tableau suivant :

Risque	Numéro de la MCC	Nom de la MCC	LoB S2 associée
Santé	MCC1	Santé	Frais médicaux
	MCC2	Accident	Protection du revenu
Non-vie	MCC3	Auto-RC-Corp-Part (Automobile corporelle particuliers)	Moteur (responsabilité civile)
	MCC4	Auto-RC-Corp-Pro (Automobile corporelle professionnels)	
	MCC5	Auto-RC-Mat-Part (Automobile matérielle particuliers)	
	MCC6	Auto-RC-Mat-Pro (Automobile matérielle professionnels)	
	MCC7	Auto-Mat-Part (Automobile Matérielle particuliers)	Moteur (autres)
	MCC8	Auto-Mat-Pro (Automobile Matérielle professionnels)	
	MCC9	Dommmages-part (dommmages particuliers)	Dommmages aux biens
	MCC10	Dommmages-Pro (dommmages professionnels)	
	MCC11	Grêle	
	MCC12	RC-part (responsabilité civile particuliers)	RC Generale
	MCC13	RC-pro (responsabilité civile professionnels)	
	MCC14	Cons-RCD (Construction Responsabilité Civile)	
	MCC15	Cons-DO (construction dommmages)	Dommmages aux biens
	MCC16	Pr-juridique (protection juridique)	Protection juridique
	MCC17	MAT	Marine,Aviation,Transport
	MCC18	Assistance	Assistance

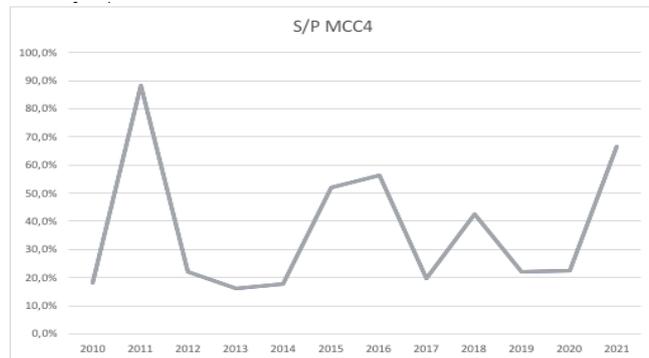
Au sein de cette nouvelle maille nous avons bien la distinction entre les risques corporel et les risques matériel ainsi que la distinction des branches construction.

En revanche, nous excluons la Lob9 car elle ne présente pas suffisamment d'historique de données et la Lob12 au vu du volume de primes et de réserve nul.

Après l'obtention des données pour le **risque de prime**, c'est-à-dire les charges ultimes et les primes acquises. Nous avons pu tester la validité des hypothèses et calculer les paramètres USP. On remarque rapidement que pour les MCC dont le paramètre USP n'a pas été retenu, une évolution des ratios S/P est très volatile ce qui ne permet pas de valider les hypothèses requises pour le calibrage des USP sur ce risque.

Par exemple :

La volatilité de la chronique des S/P pour la MCC4 est assez élevée et ne permet pas de valider les hypothèses requises pour le calibrage des USP du risque de prime.



Les données utilisées pour appliquer la méthode 1 du **risque de réserves** sont : les provisions de clôture et les paiements de l'année ainsi que les provisions d'ouverture. Et celle utilisées pour appliquer la méthode 2 du risque de réserves sont les triangles de paiements nets de recours relatif à chaque MCC. Grâce à cela, nous avons pu tester la validité des hypothèses et calculer les paramètres USP.

Notons que :

- Si les deux méthodes présentent des résultats robustes, la méthode retenue est celle avec le coefficient de volatilité le plus élevé et donc le plus prudent.
- Si les hypothèses d'une des deux méthodes ne sont pas valides, c'est celle présentant les résultats les plus fiables qui devra être retenue.
- Si aucune des deux méthodes n'est valide alors se sont les paramètres de la formule standard qui sont retenue.

Afin d'agrèger les SCR de cette nouvelle maille, tout d'abord par modules de risque en agrégeant les sous modules de risque, puis au global en agrégeant les modules de risque, nous avons créé une nouvelle matrice de corrélation.

La nouvelle segmentation étant à peu près similaires à celles du modèle interne, nous avons utilisé celle de ce dernier à quelques changements près.

Les résultats et les impacts des différentes méthodes de calibrages sur le ratio de solvabilité sont recensés dans le tableau ci-dessous :

	FS (A)	USP LoB S2 (B)	USP MCC (C)	(B) - (A)	(C) - (B)	(C) - (A)
SCR Total	681,2	532,9	488,6	-148,3	-44,3	-192,6
dont SCR Souscription non-vie	513,8	355,2	288,8	-158,6	-66,4	-225,0
dont SCR Santé	49,3	43,3	53,7	-6,0	10,4	4,4
Fonds Propres	818,0	846,0	868,2	28,0	22,2	50,2
dont Marge de risque (RM)	114,6	76,8	46,9	-37,7	-30,0	-67,7
dont DTL (générée par la RM)	67,7	77,4	85,2	9,7	7,7	17,5
Ratio de solvabilité	120,1%	158,8%	177,7%	38,7%	18,9%	57,6%

En termes de résultats, l'application de cette nouvelle maille pour le calcul des USP fait apparaître un gain en point de ratio de solvabilité de 38,7% par rapport à la maille S2 et un gain de 57% par rapport à la Formule standard.

Conclusion

L'étude menée permet de pouvoir comparer le calcul des paramètres USP entre la maille MCC, la maille Lob S2 et la formule standard :

- Au niveau du SCR total : Le SCR USP de la nouvelle maille (MCC) diminue de 44,3 millions d'euros par rapport au SCR USP Lob S2 et diminue de 192,6 millions d'euros par rapport à la formule standard.
- En termes de ratio de solvabilité : nous avons un gain estimé à 19 points pour les USP à la maille MCC par rapport aux USP à la maille Lob S2, soit un gain total de 57 points de couverture entre la formule standard et les USP à la nouvelle maille.

Cela s'explique donc d'une segmentation plus homogène des risques d'Abeille IARD et santé ainsi que d'une corrélation plus adaptée aux profils de risques.

SYNTHESIS NOTE

The Solvency II Directive will come into force on January 1, 2016. It is aimed at European insurers and reinsurers and aims to strengthen the protection of policyholders while setting prudential standards to better take into account the capital requirements of insurers in relation to the risks they incur.

The latter recommends that insurance companies have a level of equity at least equal to the level of capital sufficient to absorb a two-year shock. To do so, pillar 1 of this standard requires the calculation of this level of capital called the SCR (Solvency Capital Requirement). This increases with the risk to which the company is exposed and can be determined according to several approaches:

- The standard formula approach: with fixed parameters calibrated on the European market.
- The USP approach: with parameters calibrated on the company's own data and using standardized methods defined by the regulations.
- The Internal Model approach: with parameters calibrated on the company's own data and using methods specific to the company.

Aviva Assurances (now Abeille Assurances et Santé) has received approval from the College of the ACPR to use its internal model.

However, following the sale of Aviva Assurances to the AEMA group, the company has been calculating its SCR using the Standard Formula since the second quarter of 2021.

However, given the risk profile of Abeille Assurance, discussions have been held with the ACPR on the possibility of submitting an approval file for the use of USP.

Solvency II regulations recommend calibrating the USP parameters at the Lob S2 level; these are regulatory business lines that are supposed to be intra-homogeneous and inter-homogeneous. However, this grid may not always be adapted to the risk profile of Abeille Assurances; in fact, the segmentation was defined at the time of the implementation of the Solvency 2 Directive, based on a panel of European market players.

This segmentation does not therefore take into account all the specificities of the market, in particular the activities specific to the French market, such as the inclusion of guarantees managed by capitalization (construction), the distinction between short and long lines of business, and the homogeneity of the motor lines of business (bodily injury risk distinguished from material risk).

In addition, the general civil liability (insurance coverage that allows for the repair of damage (material or bodily) caused to others), motor civil liability and damage (used to compensate for material and bodily damage that may be caused to others after an accident) business lines contribute significantly to the company's risk profile.

It would therefore be appropriate to distinguish the lines and calibrate different USP parameters for these coverages.

In this context, one might ask the following question: Would it be more appropriate to calibrate the USP parameters at a finer mesh size better adapted to the risk profile of Abeille Assurances than a calibration at the Lob S2 mesh size?

Therefore, in this work we wanted to calculate the USP parameters of Abeille Assurance at a mesh size better adapted to its risk profile and to compare this with the results of the Lob S2 mesh.

Regulatory framework for USPs

The calibration of USPs consists of calculating volatility parameters specific to the insurer's portfolio on the basis of so-called standard methods (i.e. described by the regulations).

The use of parameters specific to Abeille IARD & Santé concerns the premium risk and the reserve risk, which respectively measure the risk of underpricing of contracts and the risk of underprovisioning of claims incurred.

To obtain the premium and reserve SCR, it is essential to have the premium and reserve volumes (V) in order to apply the formula:

$$3 * \sigma * V$$

The volatility parameters σ of the Standard Formula are given for each line of business by EIOPA. The USP approach is based on the determination of volatility factors for each line of business based on the company's internal data.

The Lob S2 segmentation (by line of business) is as follows:

Risk	Lob number	Lob name
Health	LOB1	Medical expenses
	LOB2	Income protection
Non-life	LOB4	RC Auto
	LOB5	Auto Damage
	LOB6	Marine, Aviation, Transport
	LOB7	Property damage
	LOB8	General Liability
	LOB10	Legal protection
	LOB11	Assistance
	LOB12	Miscellaneous losses

For the calculation of the USP parameters, we used the methodologies specified in the regulatory texts:

- For the premium risk this is based on the calibration of the S/P volatility.
- For the reserve risk two methods can be used (the most robust is retained): the first method is called Boni/Mali based on the prediction error of observed historical claims and the second method called Merz-Wüthrich based on the volatility of the reserve risk reflected by the calculation of the mean square error.

The use of the above methods requires the validation of a certain number of methodological hypotheses and the availability of quality data.

We would like to specify that due to the lack of validation of the hypotheses, the USP parameters are not retained and the parameter of the standard formula is then kept.

Calculation of the USP and comparison between the different meshes

In this paper, a presentation of the results of the USP calibration at the Lob S2 mesh was described and compared to those of the standard formula.

We first found that the coefficients of variation for the premium and reserve risks taken separately are different from the parameters of the standard formula. Indeed, only a few USPs are not retained for the premium risk and the reserve risk because the assumptions required for their validation are not verified (the parameter of the standard formula is then retained).

We have observed that the **calibration of the USP at the Lob S2** mesh allows us to reduce the SCR by approximately 21.8% compared to the standard formula and to obtain a gain in solvency ratio of 38.7pts. This is explained by a better consideration of the risk profile of Abeille IARD & Santé.

Nevertheless, as previously mentioned, the Lob S2 segmentation does not take into account all the specificities of the market and certain distinctions between branches.

For this reason, we have decided to propose a calculation of the parameters specific to the company not at the level defined in the Solvency 2 Directive but by branch of homogeneous risks.

The proposed new mesh is based on the Aviva internal model mesh. The latter was validated by the ACPR as part of the approval of the internal model and allowed to best reflect the company's risk profile by taking into account the specificities of its risks.

The new mesh (MCC) is described in the following table:

Risk	MCC number	MCC name	Associated lob s2
Health	MCC1	Health	Medical expenses
	MCC2	Accident	Income protection
Non-life	MCC3	Auto RC corp part	RC Auto
	MCC4	Auto RC corp pro	
	MCC5	Auto RC mat part	
	MCC6	Auto RC mat pro	
	MCC7	Auto mat part	Auto damage
	MCC8	Auto mat pro	
	MCC9	Dommmages part	Property damage
	MCC10	Dommmages pro	
	MCC11	hail	
	MCC12	RC part	General liability
	MCC13	RC pro	
	MCC14	Cons RCD	
	MCC15	Cons DO	Property damage
	MCC16	legal protection	legal protection
	MCC17	MAT	MAT
	MCC18	Assistance	Assistance

Within this new mesh we have the distinction between bodily injury risks and material risks as well as the distinction of the construction branches.

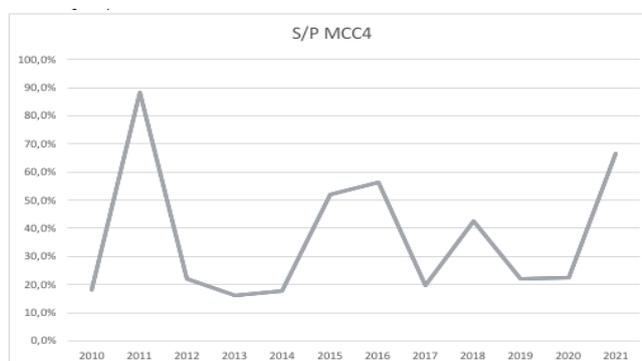
On the other hand, we exclude Lob9 because it does not present sufficient historical data and Lob12 because of the zero volume of premiums and reserves.

After obtaining the data for the **premium risk**, i.e. ultimate expenses and earned premiums. We were able to test the validity of the assumptions and calculate the USP parameters.

We quickly notice that for the MCCs for which the USP parameter has not been retained, the evolution of the S/P ratios is very volatile, which does not allow us to validate the assumptions required for the calibration of the USPs on this risk.

For example :

The volatility of the S/P column for MCC4 is quite high and does not validate the assumptions required for the USP calibration of premium risk.



The data used to apply the **reserve risk** method 1 are: the closing provisions and payments of the year and the opening provisions. And the data used to apply the reserve risk method 2 are the triangles of net recourse payments related to each MCC. With this, we were able to test the validity of the assumptions and calculate the USP parameters.

Note that :

- If both methods present robust results, the method with the higher volatility coefficient and therefore the more conservative one should be chosen.
- If the assumptions of one of the two methods are not valid, the one with the most reliable results should be chosen.
- If neither method is valid, then the parameters of the standard formula are used.

In order to aggregate the SCRs of this new grid, first by risk modules by aggregating the sub-risk modules, and then globally by aggregating the risk modules, we have created a new correlation matrix.

As the new segmentation is more or less similar to that of the internal model, we used the latter's with a few changes.

The results and impacts of the different calibration methods on the solvency ratio are listed in the table below:

	FS (A)	USP LoB S2 (B)	USP MCC (C)	(B) - (A)	(C) - (B)	(C) - (A)
SCR	681,2	532,9	488,6	-148,3	-44,3	-192,6
<i>SCR health</i>	513,8	355,2	288,8	-158,6	-66,4	-225,0
<i>SCR non life</i>	49,3	43,3	53,7	-6,0	10,4	4,4
Own funds	818,0	846,0	868,2	28,0	22,2	50,2
<i>Including risk margin</i>	114,6	76,8	46,9	-37,7	-30,0	-67,7
<i>Including DTL</i>	67,7	77,4	85,2	9,7	7,7	17,5
solvency ratio	120,1%	158,8%	177,7%	38,7%	18,9%	57,6%

In terms of results, the application of this new grid for the calculation of the USP shows a gain in solvency ratio points of 38.7% compared to the S2 grid and a gain of 57% compared to the Standard Formula.

Conclusion

The study carried out allows us to compare the calculation of the USP parameters between the MCC mesh, the Lob S2 mesh and the standard formula:

- In terms of total SCR: The SCR USP of the new mesh (MCC) decreases by 44.3 million euros compared to the SCR USP Lob S2 and decreases by 192.6 million euros compared to the standard formula.
- In terms of the solvency ratio, we have an estimated gain of 19 points for the USP at the MCC mesh compared to the USP at the Lob S2 mesh, i.e. a total gain of 57 points of coverage between the standard formula and the USP at the new mesh.

This can be explained by a more homogeneous segmentation of Abeille's P&C and health risks as well as a correlation that is better adapted to the risk profiles.

Table des matières

Remerciements.....	i
Résumé	ii
Abstract	iii
Table des matières	iv
Introduction	1
Contexte et justification de l'étude	1
Problématique.....	2
Objectifs	2
I- Cadre de l'étude	3
I.1 Présentation d'Abeille IARD & Santé et de son activité.....	3
I.2 Solvabilité II	4
I.2.1 Principes généraux	4
I.2.2 Structure à trois piliers	5
I.2.3 Pilier I : Exigences quantitatives.....	6
I.3 La Formule standard.....	9
I.3.1 La Méthodologie du calcul du SCR.....	9
I.3.2 Le risque de souscription non-vie	10
I.3.3 Le risque de souscription santé	10
I.3.4 Le risque de prime et réserves.....	11
I.4 Le profil de risque.....	13
II- Cadre réglementaire pour l'usage des USP	15
II.1 Paramètres propres à l'entreprise	15
II.2 Granularité réglementaire du calcul des USP.....	16
II.2.1 principes généraux	16
II.2.3 Segmentation pour le calibrage des USP d'Abeille IARD & Santé.....	17
II.3 La méthodologie de calcul des USP.....	18
II.3.1 La méthode de calcul du coefficient de volatilité.....	18
II.3.2 Les hypothèses sous-jacentes et tests mis en place	21
II.4 Exigences sur les données.....	27
II.4.1 Risque de prime	27
II.4.2 Risque de réserves méthode 1 (boni-mali)	28
II.4.3 Risque de réserves méthode 2 (Merz-Wüthrich)	28
III- Calcul des USP à la maille LoB S2	29
III.1 Les données utilisées	29
III.1.1 Risque de prime.....	29
III.1.2 Risque de réserves méthode 1	30

III.1.3	Risque de réserves méthode 2	31
III.2	Résultats de validation des hypothèses par méthode	32
III.2.1	Risque de prime.....	32
III.2.2	Risque de réserves méthode 1	33
III.2.3	Risque de réserves méthode 2	33
III.3	Résultats des USP	34
III.4	Calcul et impact sur le SCR.....	35
III.5	Limites du calcul à la maille Lob	36
IV-	Calcul des USP selon la nouvelle maille.....	37
IV.1	Définition d'une nouvelle maille.....	37
IV.1.1	La maille MCC du modèle interne.....	37
IV.1.2	La nouvelle maille MCC.....	38
IV.2	Les données utilisées	39
IV.2.1	Risque de Prime	39
IV.2.2	Risque de réserves.....	41
IV.3	Les résultats de validation des hypothèses par méthode.....	44
IV.3.1	Risque de prime.....	44
IV.3.2	Risque de Réserves	48
a)	Méthode 1 : Boni-mali	48
b)	Méthode 2 : M&W.....	52
IV.4	Les résultats des paramètres USP	55
IV.4.1	Risque de Prime	55
IV.4.2	Risque de Réserves	56
IV.5	Enjeux de corrélation	58
IV.5.1	Principes généraux	58
IV.5.2	Nouvelle matrice de corrélation	58
IV.6	Calcul du SCR.....	59
IV.6.1	Le SCR de Prime et Réserves	59
IV.6.2	Le SCR des risques non-vie et santé.....	61
IV.6.3	Résultat du SCR global	62
IV.7	Comparaisons des différents calibrages	63
Limites de l'étude	Erreur ! Signet non défini.	
Conclusion.....		65
Bibliographie.....		66
Annexes		67

Introduction

Contexte et justification de l'étude

Les organismes d'assurance vendent des polices d'assurance aux assurés moyennant le paiement d'une prime contre des événements qui pourront leur porter préjudice. Le coût des préjudices que pourraient subir les assurés n'étant pas connus à l'avance, on pourrait se trouver dans une situation dans laquelle l'assureur serait en incapacité d'honorer ses engagements vis à vis des assurés.

C'est dans ce contexte qu'a été mise en place la réglementation solvabilité SII. Il s'agit d'une norme européenne qui a pour objectif premier de garantir la solidité financière des assureurs et des réassureurs.

La réglementation Solvabilité II préconise aux organismes d'assurance de disposer d'un niveau de fonds propres au moins égal au niveau de capital suffisant pour absorber un choc bicentenaire. Ce niveau de capital appelé SCR (Solvency Capital Requirement) peut être déterminé suivant plusieurs approches :

- L'approche Formule Standard : paramètres fixes calibrés sur le marché européen
- L'approche par USP : paramètres calibrés sur les données propres de l'entreprise et utilisant des méthodes standardisées définies par la réglementation
- L'approche Modèle Interne : paramètres calibrés sur les données propres de l'entreprise et utilisant des méthodes propres à l'entreprise

Au 31 décembre 2020, Aviva Assurances (devenu Abeille Assurances et Santé) a reçu l'approbation du Collège de l'ACPR pour l'utilisation de son modèle interne.

Cependant, suite à la cession d'Aviva Assurances au groupe AEMA en mars 2021 entraînant la sortie d'Aviva Assurances du groupe AVIVA et donc à l'abandon du Modèle Interne, Aviva Assurances calcule son SCR en Formule Standard depuis le deuxième trimestre 2021.

Toutefois, au regard du profil de risque d'Aviva Assurance, des discussions ont été menées avec l'ACPR sur la possibilité de la soumission d'un dossier d'approbation relatif à l'utilisation des USP. Des travaux ont de ce fait été menés au sein de la compagnie afin de pouvoir calibrer les paramètres USP, pour une utilisation au T4 2022.

Problématique

La réglementation solvabilité II préconise le calibrage des paramètres USP à la maille Lob S2 ; il s'agit des lignes d'activités réglementaires supposées intra homogènes et inters hétérogènes. Cependant, la maille Lob S2 pourrait ne pas être toujours adaptée au profil de risque d'Abeille Assurances ; en effet, les garanties de responsabilité civile automobile par exemple sont toutes regroupées au sein d'une même Lob ; pourtant Abeille Assurances entité dispose au sein de son portefeuille des contrats de responsabilité civile automobile avec des particuliers et des contrats de responsabilité civile automobile avec des professionnels. Il serait donc pertinent de calibrer pour ces garanties deux paramètres USP : l'un sur les données des particuliers et l'autre sur les données des professionnels

L'argument énoncé ci-dessus pourrait être également valable pour d'autres garanties tel que le dommage par exemple.

Tout au long de ce travail, il sera donc question de répondre à la question suivante : « **Un calibrage des paramètres USP à une maille plus fine et plus adaptée au profil de risque d'Abeille Assurances serait-il mieux adapté qu'un calibrage à la maille Lob S2 ?** »

Objectifs

Ce rapport s'inscrit dans une démarche de calculer les paramètres USP d'Abeille assurances à une maille plus adaptée au profil de risque de la compagnie. De manière spécifique il s'agira de :

- Rappeler la réglementation autour du calibrage des USP
- Présenter les résultats du calibrage des USP à la maille Lob S2 et ses limites
- Définir une segmentation plus adaptée au profil de risque d'Aviva Assurances
- Calculer les paramètres USP à la nouvelle maille et comparer aux paramètres USP calculés à la maille Lob S2.

I- Cadre de l'étude

I.1 Présentation d'Abeille IARD & Santé et de son activité

Abeille IARD & Santé possède un portefeuille diversifié et propose une gamme de produits hétéroclite dans le secteur de l'IARD et de la Santé. Ces derniers couvrent les risques assurables pour les particuliers et les professionnels en France métropolitaine et sont répartis essentiellement en 6 marchés :

- ▶ Marché particulier et pro qui concerne des produits d'assurance dommages (automobile, multirisque habitation, responsabilité civile) et des produits d'assurance santé
- ▶ Marché entreprises qui concerne l'assurance de dommage aux biens, responsabilité civile générale, flottes automobiles, santé des professionnels et santé collective
- ▶ Marché agriculteurs qui concerne la grêle sur récolte, autres risques climatiques
- ▶ Marché pro et entreprise qui concerne les dommages ouvrage et tous risques chantier, responsabilité civile décennale et responsabilité civile pour les professionnels de la construction, santé et protection juridique
- ▶ Marchés particuliers
- ▶ Marché santé qui assure les risques de complémentaire santé

L'entité s'appuie d'une part, sur un réseau de distribution d'agents généraux et d'autre part sur un réseau de courtiers mais aussi en direct aux clients particuliers :

▶ **Aux clients des agents**

Abeille IARD & Santé a développé un réseau d'agents, en forte proximité avec ses clients. Depuis la création de la compagnie, les agents généraux conseillent les clients et leur proposent les produits d'assurance vie et non-vie répondant à leurs attentes et leurs besoins.

Au-delà de la croissance de l'activité, la production des agents généraux s'oriente de plus en plus, avec succès, vers les offres à destination des agriculteurs, des artisans, des commerçants et des entreprises, avec pour objectif de valoriser les conseils, le savoir-faire et les offres de services auprès de la clientèle professionnelle.

Les agents distribuent l'ensemble de la gamme de produits d'Aviva Assurances : produits pour les particuliers (Auto, Multirisque Habitation, Responsabilité Civile, Garantie Accident de la Vie, Santé) et pour les professionnels. Pour les agriculteurs, assurance grêle et autres risques climatiques sur récoltes. Pour l'ensemble des professionnels et entreprises : assurances de dommages aux biens, Responsabilité Civile y compris Responsabilité décennale en construction, flottes automobiles, Santé des professionnels et Santé Collective.

▶ **Aux clients de nos courtiers partenaires**

Abeille IARD & Santé a construit depuis de longues années des liens de proximité avec des courtiers pour distribuer les produits d'assurance construction : Dommage Ouvrage et tous risques chantier, Responsabilité Civile Décennale et Responsabilité Civile pour les professionnels de la construction. La compagnie a pour ambition de développer les relations avec les courtiers partenaires et d'offrir une proposition en assurance de dommages, à destination des entreprises.

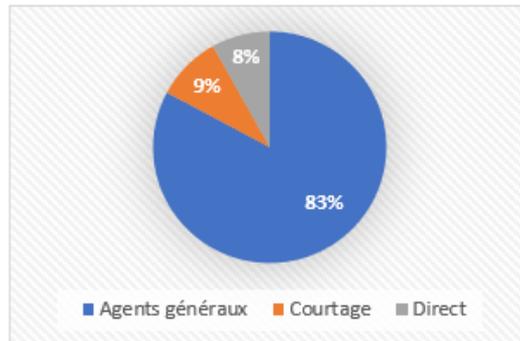
▶ **En direct, aux clients particuliers**

Les contrats sont distribués sous la marque « Eurofil by Aviva ». Il s'agit majoritairement de produits Auto, Multirisque Habitation et Garanties Accident de la Vie.

L'ambition d'Abeille IARD & Santé est d'offrir une couverture d'un bon rapport qualité-prix, des services efficaces et répondant aux attentes de ses clients. Le canal digital est privilégié.

Les clients bénéficient également du support téléphonique d'équipes professionnelles qui leur apportent conseils et assistance tout au long de la vie du contrat.

Le réseau de distribution d'agents généraux reste majoritaire par rapport au courtage et au direct en termes de chiffre d'affaires :



Graphique 1 : Pourcentage de chiffre d'affaires en fonction des solutions d'assurance

I.2 Solvabilité II

I.2.1 Principes généraux

En raison du contexte particulier de l'activité de l'assurance (inversion de la chaîne de production : l'assuré paye une prime et ne reçoit la prestation qu'à posteriori), les pouvoirs publics sont préoccupés par la capacité des compagnies d'assurance à faire face à leurs engagements. Ainsi, le marché unique européen développe dès les années 1970 une directive commune dénommée Solvabilité I. Cette dernière vise à harmoniser les règles de solvabilité des compagnies d'assurance et de réassurance européennes.

Rapidement, cette directive se révèle limitée. Le conseil et le parlement européen définissent alors la directive solvabilité II en 2009 en remplacement du régime Solvabilité I existant.

En effet, Solvabilité II permet d'assurer la pérennité de l'activité d'assurance en mesurant de manière réaliste les risques et la richesse de la compagnie. De ce point de vue, la vision comptable des Fonds propres n'est plus satisfaisante puisqu'elle ne reflète pas la valeur économique des actifs et des passifs.

La directive solvabilité II, entre donc en application le 1er janvier 2016. Elle s'adresse aux assureurs et réassureurs européens et a pour objectif de renforcer la protection des assurés tout en fixant des normes prudentielles pour mieux prendre en compte les besoins en fonds propres des assureurs par rapport aux risques qu'elles encourent. En effet, cela correspond à l'établissement d'un cadre sûr afin que l'assurance continue à être un vecteur de croissance et de stabilité économique pour l'Europe.

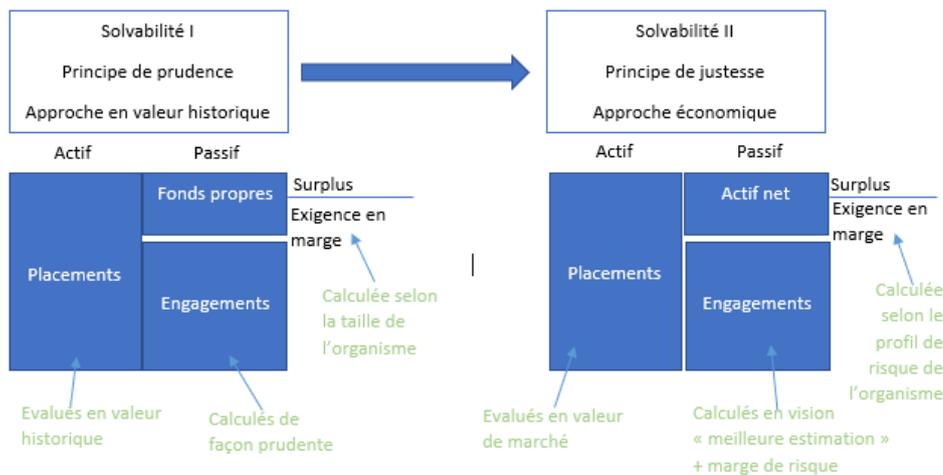


Schéma 1 : Passage de solvabilité I à solvabilité II

De plus, les niveaux de la réglementation Solvabilité II sont répartis en trois : les textes dits de niveau 1 fixent des principes généraux, dont les conditions d'application sont précisées par des textes et normes de niveau 2 et 3.

- ▶ Niveau 1 : directive 2009/138/CE
- ▶ Niveau 2 : règlement délégué de la Commission européenne et normes techniques réglementaires (règlement délégués 2015/35)
- ▶ Niveau 3 : recommandations et Orientations

I.2.2 Structure à trois piliers

La directive Solvabilité II est construite autour de 3 piliers qui sont à la base de la coordination et du soutien du marché européen de l'assurance. Ces trois piliers permettent de réduire le risque de faillite pour respecter les engagements envers les assurés.

- ▶ Le pilier 1 a pour objectif la mise en place d'un bilan prudentiel en trois grandes étapes :
 - Le passage d'un bilan comptable à un bilan prudentiel, dans lequel la marge de risque est incluse.
 - Le calcul de l'exigence de marge au travers de deux agrégats : le capital de solvabilité requis (SCR) et le minimum de capital requis (MCR).
 - Le contrôle du respect du ratio de solvabilité, qui correspond au rapport entre les fonds propres de l'entreprise et le SCR.
- ▶ Le pilier 2 a pour objectif la gestion et le contrôle des risques en trois grandes étapes :
 - Le renforcement de la gouvernance et gestion des risques.
 - Une évaluation prospective des risques (*ORSA : Own risk and solvency assessment*).
 - La formalisation des fonctions clés : Actuariat, gestion des risques, conformité et audit interne avec pour chacune d'elle, un responsable de la fonction qui a accès au point le plus haut de l'organisation de l'organisme d'assurance.
- ▶ Le pilier 3 a pour objectif la communication à destination du public et au superviseur en 3 grandes étapes :
 - L'exigence de publication d'information au marché selon des états de reporting relatifs à Solvabilité II : les états nationaux spécifiques, les états trimestriels et annuels.
 - L'exigence de deux rapports narratifs : le RSR (un rapport pour le contrôleur) et le SFCR (rapport pour le public sur la solvabilité et la situation financière)
 - D'avantage d'information à destination du public afin de renforcer la transparence

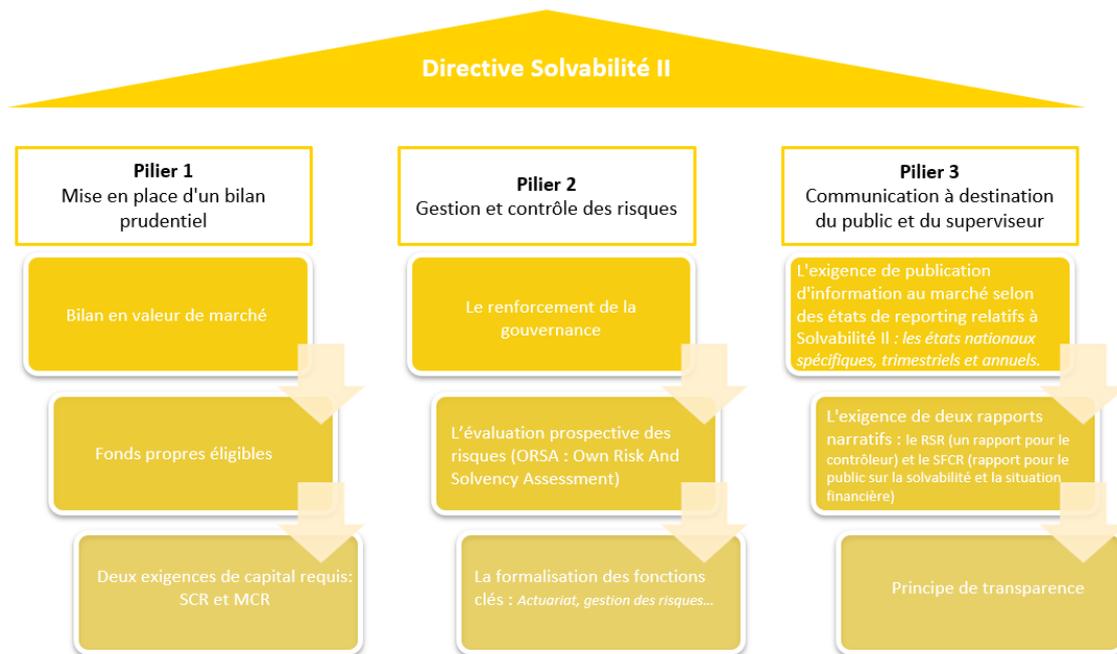


Schéma 2 : Les 3 piliers de la directive Solvabilité II

1.2.3 Pilier I : Exigences quantitatives

Le premier pilier de solvabilité II regroupe des exigences quantitatives : la valorisation des actifs et des passifs, ainsi que les exigences de fonds propres et leur mode de calcul.

Bilan prudentiel

Les exigences du pilier 1 portent sur la mise en place d'un nouveau type de bilan permettant d'adopter une vision économique de la richesse de l'entreprise : le bilan prudentiel.

Les fonds propres mesurent la richesse d'une entreprise, c'est l'ensemble des fonds apportés par les associés ou actionnaires lors de la création de la compagnie auxquels s'ajoutent les fonds générés par l'activité de cette dernière. Ils correspondent à la différence entre son actif (ce que l'entreprise possède : actifs financiers, créances, trésorerie, biens immobiliers...) et son passif (ce que l'entreprise doit : provisions qui incluent la marge de risque, dettes...).

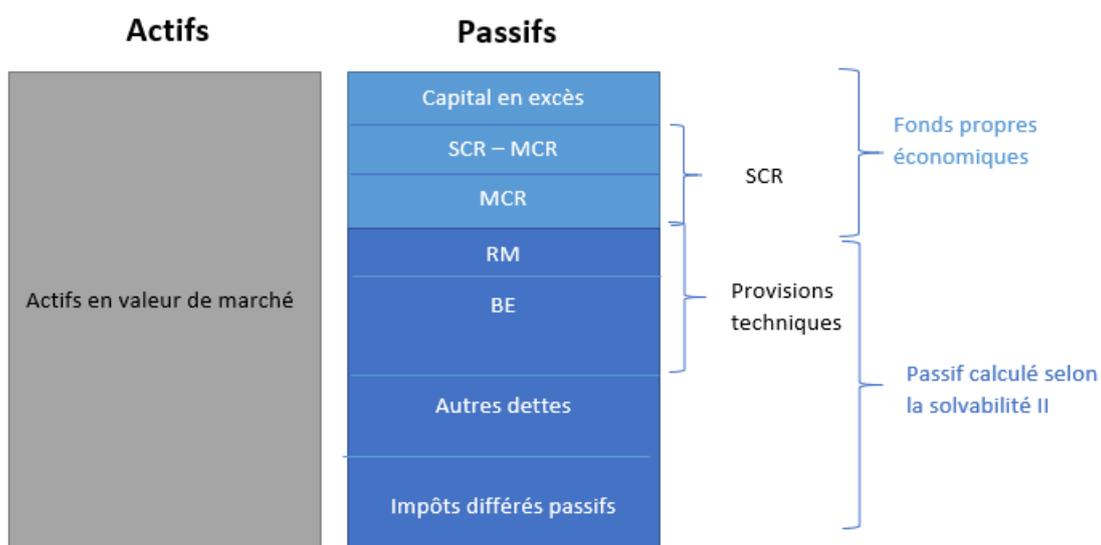


Schéma 3 : Le bilan prudentiel Solvabilité II

Les actifs sont valorisés en valeur de marché, c'est-à-dire au montant pour lequel ils pourraient être échangés dans le cadre d'une transaction conclue, entre des parties informées et consentantes. Pour les actifs qui n'ont pas pour vocation d'être cédés, ils constituent quand même une richesse potentielle et en cas de dégradation extrême de la sinistralité, l'organisme peut être amené à s'en séparer. (article 75 de la Directive européenne 2009/138/CE)

Les passifs sont réévalués et calculés selon la directive Solvabilité II. Ils sont valorisés au montant pour lesquels ils pourraient être échangés dans le cadre d'une transaction conclue, entre des parties informées et consentantes :

- Une revalorisation des provisions techniques : qui est définie dans *l'article L351-2 du code des Assurances* comme étant « le montant actuel que les entreprises devraient payer si elles transféraient immédiatement leurs engagements à une autre entité agréée pour pratiquer des opérations d'assurance et de réassurance ».
- Les impôts différés : qui donnent la possibilité de passer du bilan comptable au bilan économique. Ils représentent les dettes et créances envers l'état (impôt supplémentaire) dans le cas où l'entreprise réalise une plus-value latente ou si les provisions techniques du bilan prudentiel sont inférieures à celle du bilan comptable.
- Fonds propres économiques : qui représentent la « richesse de l'entreprise », égale à la différence entre l'actif et le passif. Ils doivent être suffisamment élevés car en cas de sinistralité plus importante, l'entreprise devrait puiser dans ses fonds propres pour honorer ses engagements. La Solvabilité II définit deux seuils réglementaires : le SCR et le MCR.

Les provisions techniques sont des montants évalués par les entreprises d'assurance et/ou de réassurance. Elles doivent être suffisamment convenables pour couvrir des engagements envers les assurés ou les bénéficiaires de contrats et correspondent au montant actuel à payer afin de transférer les engagements vers un organisme externe.

Elles font partie du passif du bilan et sont calculées par groupe homogène de risque appelé Lob (line of business), segmenté en 12 Lob, sous Solvabilité II. (article 75 de la Directive européenne 2009/138/CE)

La meilleure estimation est le montant que doit détenir l'assureur pour être en mesure d'indemniser ses assurés selon une « vision moyenne ». Il s'obtient en projetant les cash-flows futurs liés à l'exécution des contrats en portefeuille, en tenant compte de leur probabilité de survenance et en actualisant la courbe taux sans risque fournie par l'EIOPA (*European insurance and occupational pensions authority*)

La marge de risque est un élément qui s'ajoute à la meilleure estimation pour constituer les provisions techniques. Il est destiné à couvrir le risque lié à la reprise des engagements que prendrait un assureur qui récupérerait le portefeuille d'assurance de l'organisme et représente le coût de détention du capital jusqu'à écoulement des provisions.

Capital réglementaire SCR

Au-delà du bilan prudentiel, la directive Solvabilité II a pour objectif de couvrir les risques par le biais d'exigences en capital :

- Le Capital Minimum Requis (MCR) : correspond au niveau minimum de fonds propres assurant avec une probabilité de 80% de ne pas être en faillite à horizon d'un an. Autrement dit, le MCR est le capital minimum que doit détenir la compagnie d'assurance pour conserver son agrément.
- Le Capital de solvabilité Requis (SCR) : représente le niveau minimum de Fonds propres dont doit disposer une compagnie d'assurance pour s'assurer avec une probabilité de 99,5% de ne pas être en faillite à horizon d'un an.

Le SCR représente le capital permettant d'absorber un éventuel choc dû à la survenance dans l'année, d'évènements extrêmes, ne se produisant qu'une fois tous les 200ans.

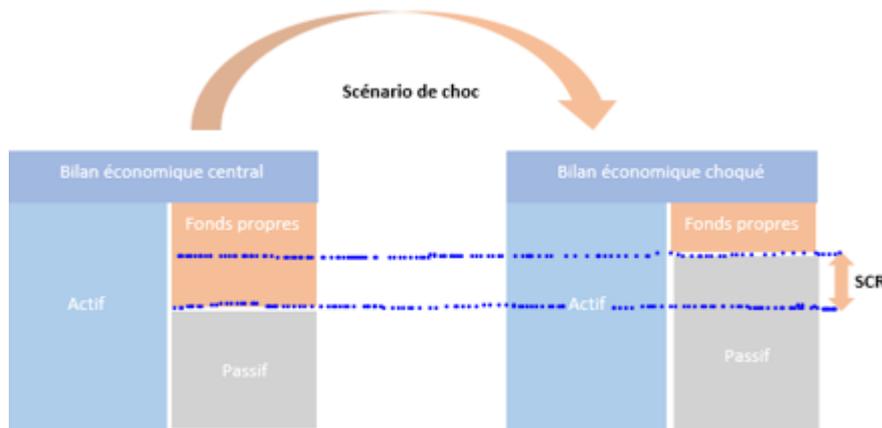


Schéma 4 : Obtention du SCR à partir d'un scénario de choc

La Directive Solvabilité II prévoit 3 approches différentes pour le calcul du besoin en capital d'une compagnie d'assurance : la formule standard, l'utilisation de paramètres spécifiques à l'entreprise (« *Undertaking Specific Parameters* » ou « USP ») ou encore le Modèle Interne (Partiel ou Complet). Cela donne la possibilité aux compagnies de trouver le bon compromis entre :

- ▶ La prise en compte des spécificités de leurs portefeuilles dans le calcul, permettant ainsi un meilleur reflet du profil de risque et un meilleur pilotage de l'entreprise
- ▶ La complexité opérationnelle découlant du processus d'approbation, de mise en œuvre et de maintenance d'approches alternatives à la formule standard.

Formule	Définitions
Formule Standard	Méthodologie de calcul dont les principales techniques de calcul et les paramètres sont encadrés par la réglementation. Les paramètres sont calibrés sur les acteurs du marché européen. Les Calculs de risques individuels sont agrégés par une matrice de corrélation. Les paramètres à retenir communs à toutes les compagnies
Formule Standard simplifiée	Approche dans laquelle certaines simplifications de calculs prédéfinies par la réglementation, sont réalisées sur certains modules ou sous modules de risque définis.
USP (« <i>Undertaking Specific Parameters</i> »)	Méthode permettant le remplacement de certains paramètres intervenants dans la formule standard (Cf. partie II.1) par des paramètres spécifiques (« <i>Undertaking Specific Parameters</i> » ou « USP ») ; Le calibrage de ces paramètres est réalisé à partir des caractéristiques du portefeuille de l'assureur.
Modèle interne	Ajustement de la méthodologie de calculs pour l'ensemble des sous-modules de risques (modèles internes complets) ou pour certains d'entre eux (modèles internes partiels). Les paramètres sont calibrés à partir des données spécifiques à l'entreprise.

L'entreprise peut choisir l'approche qui lui convient en fonction de la nature, l'ampleur et la complexité des risques à modéliser. L'idéal étant de pouvoir justifier d'un modèle interne complet (adapté au profil de risque de l'entreprise).

Néanmoins, la mise en place du modèle interne demande beaucoup de main d'œuvre et de temps, entraînant un coût élevé pour les entreprises. Les USP représentent donc le parfait compromis entre la formule standard (simple d'utilisation mais identique pour tous) et le modèle

interne. Ainsi, les entreprises possédant un historique de données assez important ont la possibilité de mesurer le risque réel.

I.3 La Formule standard

I.3.1 La Méthodologie du calcul du SCR

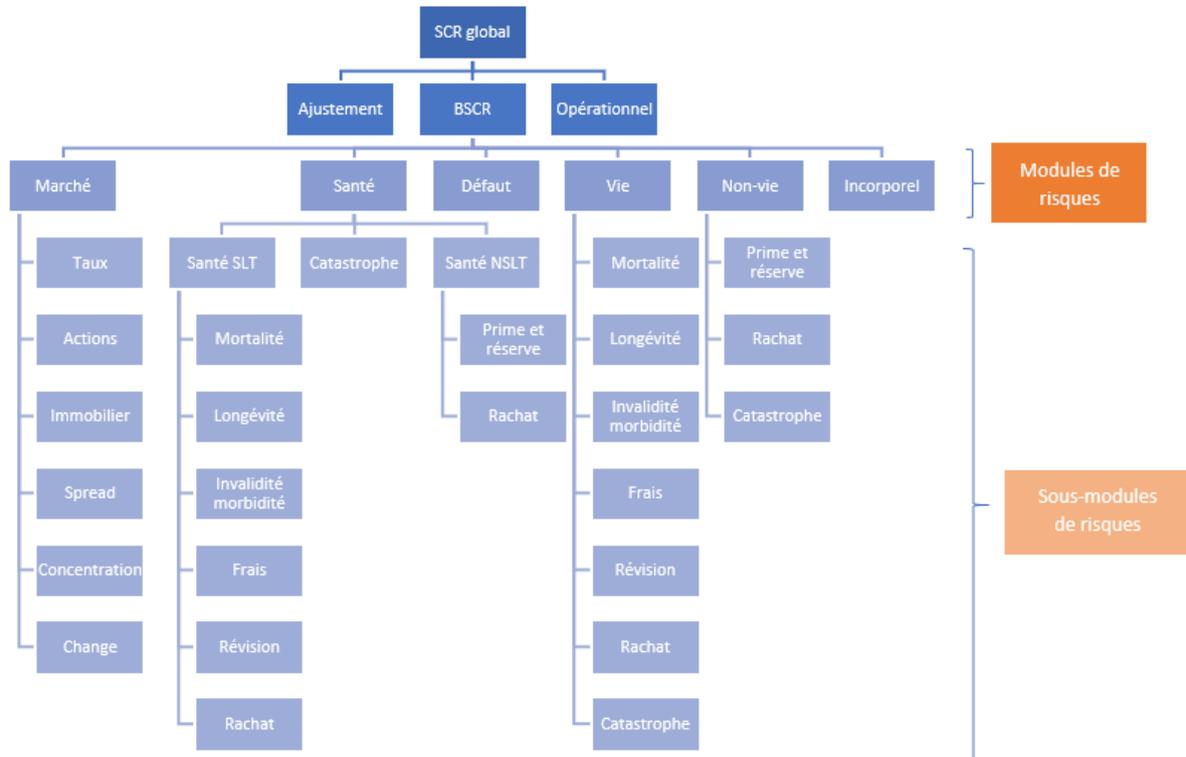


Schéma 5 : structure modulaire du SCR en formule standard

Le capital de solvabilité requis (SCR) évalué par la formule standard couvre l'ensemble des risques suivants :

- ▶ **Le risque de marché** qui couvre l'ensemble des risques liés aux instruments financiers ayant un impact sur la valeur de l'actif ou du passif du bilan (exemples : chute ou hausse des taux, chute de la valeur de marché des actions et biens immobiliers...).
- ▶ **Le risque de souscription en santé** qui couvre l'ensemble des risques liés aux engagements d'assurance santé similaire à la vie ou non (SLT ou NSLT) ou liés à la survenance d'événements catastrophiques.
- ▶ **Le risque de défaut de contrepartie** qui couvre l'ensemble des risques liés à la quantité de crédit des émetteurs de valeurs mobilières ou de contreparties : défaut inattendu ou détérioration de la qualité de crédit.
- ▶ **Le risque de souscription en vie** qui couvre l'ensemble des risques liés aux engagements d'assurance vie (exemple : sous-estimation ou surestimation de la mortalité des assurés).
- ▶ **Le risque de souscription non-vie** qui couvre l'ensemble des risques Ni8s aux engagements d'assistance non-vie (exemple : sous tarification, sous provisionnement des contrats)

- ▶ **Le risque incorporel** qui couvre l'ensemble des risques liés aux actifs incorporels, c'est-à-dire des actifs qui n'ont pas d'existence matérielle et sont non monétaires.
- ▶ **Le risque opérationnel** qui couvre l'ensemble des risques liés aux erreurs provenant de procédures internes, membres du personnel...

Le module ajustement (dont la valeur est négative) représente le montant de pertes liées aux chocs réalisés pour calculer le SCR qui est compensé par des mécanismes d'impôts différés ou de distribution de participation aux bénéficiaires.

Le SCR global de la Formule Standard est évalué selon les étapes macro suivantes :

- ▶ **1ère étape** : Evaluation des SCR sous modulaires.
- ▶ **2ème étape** : Déduction des SCR modulaires par agrégation des SCR sous modulaires à l'aide de matrices de corrélation.
- ▶ **3ème étape** : Déduction des BSCR (SCR de base) par agrégation des SCR modulaires à l'aide de matrices corrélations
- ▶ **4ème étape** : Déduction du SCR global tel que $SCR = Adj + BSCR + Op$

Avec,

- BSCR : SCR de base résultant de l'agrégation des 6 modules de risques
- Adj : module ajustement
- Op : l'exigence de capital pour le risque opérationnel

I.3.2 Le risque de souscription non-vie

Le risque de souscription non-vie étant un risque prédominant pour le portefeuille de la compagnie, l'analyse de celui-ci permet de mettre en visibilité des données ayant un fort impact pour le calcul du SCR. En effet, au 31.12.2021, le SCR de la souscription non-vie représente environ 32,6% du SCR global.

L'incertitude liée au risque de souscription non-vie peut provenir de problèmes liés à la tarification, au provisionnement, au comportement des assurés (rachat de contrats) ou encore à des phénomènes catastrophiques.

Le risque de souscription non-vie se décompose en trois sous-modules :

- ▶ **Le risque de prime et réserves** :
 - Le risque de prime est le risque de sous-tarification des contrats
 - Le risque de réserves est le risque de sous-provisionnement des sinistres survenus
- ▶ **Le risque de rachat** : correspond au risque de mauvaise anticipation de l'exercice des options de cessation ou de continuité des contrats
- ▶ **Le risque de catastrophe** : correspond au risque de survenance d'événements extrêmes (de fréquence faible mais forte sévérité) non pris en compte par les risques de prime et de réserve

I.3.3 Le risque de souscription santé

Un engagement est dit d'assurance santé, s'il couvre au moins l'un des éléments suivants :

- ▶ La prestation ou indemnisation financière versée pour rembourser une partie des frais liés à un traitement ou des soins médicaux à visée préventive ou curative, en raison d'une maladie, d'un accident, d'une incapacité ou d'une invalidité (les engagements d'assurance frais médicaux)

- ▶ Une indemnisation financière versée afin de compenser une perte de revenu liée à une maladie, un accident, une incapacité ou une invalidité (engagement d'assurance protection du revenu)

Les engagements de santé sont scindés en deux catégories : similaires aux techniques de valorisation vie (SLT : similar to life) ou non (NSLT : non similar to life).

Le risque de santé non similaire à la vie (santé NSLT) est le risque de souscription santé relatif aux engagements dont la gestion technique est similaire à la branche non-vie.

Le risque de santé similaire à la vie (santé SLT) est le risque de souscription santé relatif aux engagements dont la gestion technique est similaire à la branche vie.

Pour la suite de l'étude, nous nous concentrerons principalement sur le sous module : santé non similaire à la vie.

Le risque de santé NSLT se décompose en 2 sous modules :

- ▶ Le risque de prime et réserve
- ▶ Le risque de rachat

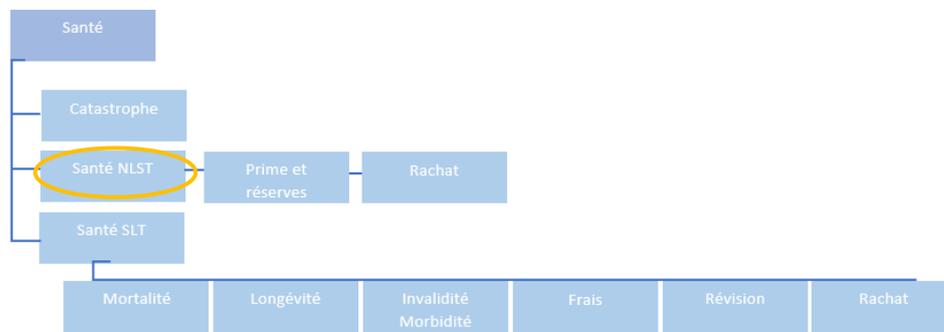


Schéma 6 : Zoom sur le risque de souscription santé

1.3.4 Le risque de prime et réserves

Le capital de solvabilité requis au titre du risque de prime et réserve en non-vie est évalué à l'aide d'une formule fermée qui permet d'estimer l'écart entre le quantile à 99,5% et la moyenne des provisions de la meilleure estimation de réserve et de prime :

$$NL_{pr.res} = 3 * \sigma * V$$

Avec : $\sigma = \sigma_{brut} * NP$

Tels que :

- ▶ $NL_{pr.res}$: Notation pour le SCR du risque de prime et réserves en non-vie
- ▶ σ : Coefficient de variation combiné des risques de prime et réserve en non-vie. Il correspond au ratio écart type sur moyenne
- ▶ V : Mesure du volume pour le risque de prime et de réserve en non-vie (celle-ci ne peut pas être négative)
- ▶ NP : le facteur de réassurance non proportionnelle

Un segment d'activité constitue un ensemble de lignes d'activités (Lob), que l'on notera s dans la suite.

La mesure de volume pour le risque de prime et réserve est évalué en sommant des volumes relatifs à chaque segment. Pour tous les segments, la mesure du volume (V_s) se calcule comme suit :

$$V_s = (V_{(pr,s)} + V_{(res,s)}) * (0.75 + 0.25 * DIV_s)$$

Tels que :

- ▶ $V_{(pr,s)}$: Volume sous-risque relatif au risque de prime pour le segment d'activité s

▶ $V_{(res,s)}$: Volume sous-risque relatif au risque de réserves pour le segment d'activité s

▶ DIV_s : Facteur de diversification géographique pour le segment s

Le coefficient de variation (tous segments confondus) est évalué par agrégation des écarts-types des segments d'activité et en divisant par le volume global sous-risque :

$$\sigma = \frac{1}{V} * \sqrt{\sum_{i,j} corrS_{i,j} * \sigma_i * V_i * \sigma_j * V_j}$$

Tels que :

▶ V : Mesure de volume pour le risque de prime et de réserve en non-vie

▶ $corrS$: Matrice de corrélation entre les différents segments

▶ (i,j) représente l'ensemble de combinaison possible de segment (i et $j \in [1; 12]$)

▶ $corrS_{i,j}$: Coefficient de corrélation pour le risque de prime et de réserves en non-vie du segment i et du segment j

▶ σ_i et σ_j : Ecarts types du risque de prime et de réserves en non-vie des segments i et j respectivement

▶ V_i et V_j : Mesures des volumes pour le risque de prime et de réserves en non-vie des segments i et j respectivement

L'écart type du risque de prime et de réserves en non-vie d'un segment s donné se calcule comme suit :

$$\sigma = \frac{\sqrt{(\sigma_{(pr,s)} * V_{(pr,s)})^2 + (\sigma_{(res,s)} * V_{(res,s)})^2 + (\sigma_{(pr,s)} * V_{(pr,s)}) * (\sigma_{(res,s)} * V_{(res,s)})}}{V_{(pr,s)} + V_{(res,s)}}$$

Où :

▶ $\sigma_{(pr,s)}$: Ecart type du risque de prime en non-vie du segment s

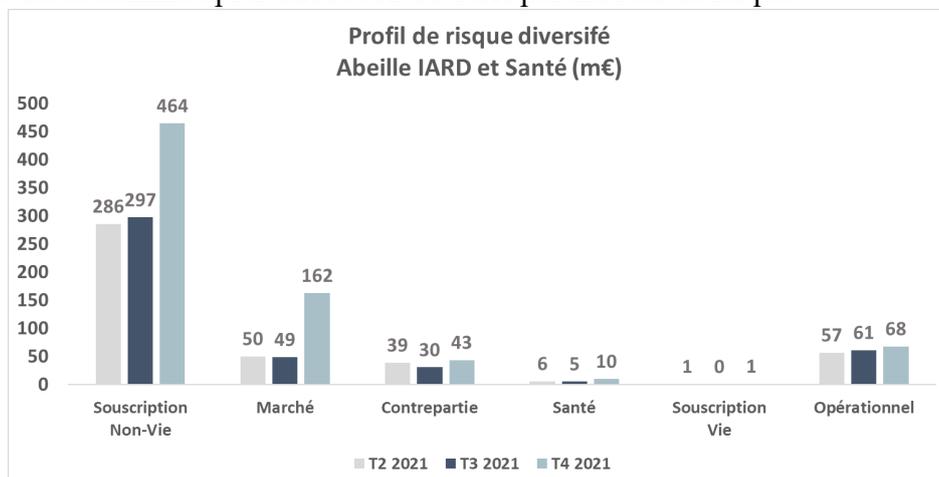
▶ $\sigma_{(res,s)}$: Ecart type du risque de réserves en non-vie du segment s

▶ $V_{(pr,s)}$: Mesure de volume pour le risque de prime en non-vie du segment s

▶ $V_{(res,s)}$: Mesure de volume pour le risque de réserves en non-vie du segment

I.4 Le profil de risque

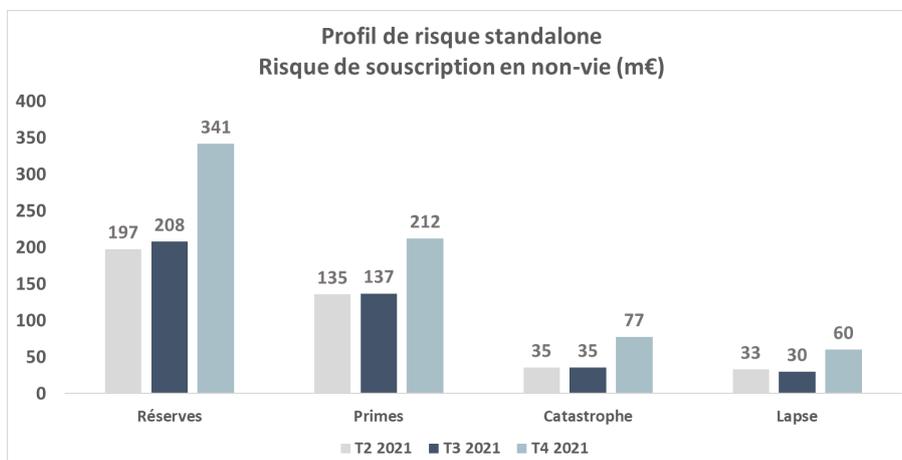
Le profil de risque d'une organisation décrit les principaux risques auxquels elle est confrontée, y compris les menaces et les occasions. Cette approche favorisera la prise de décisions éclairées en regard de la tolérance au risque et l'amélioration des résultats. Le profil de risque de la compagnie est déterminé après allocation du SCR par module de risque.



Graphique 2 : Profil de risque Abeille IARD et santé

Le graphique ci-dessus représente le SCR par risque à différentes périodes de l'année. Le risque de souscription non-vie reste prédominant pour la compagnie, suivi du risque de marché.

Pour notre étude, nous allons principalement détailler la partie du risque de souscription non-vie.

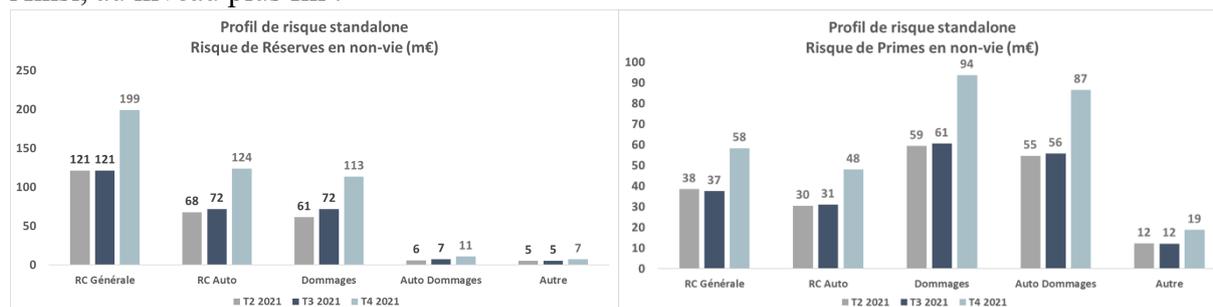


Graphique 3 : Profil de risque- risque de souscription non-vie

À la maille « sous module de risque », la compagnie est exposée spécifiquement au risque de prime et de réserves.

Le risque standalone correspond au risque pris isolément c'est-à-dire qui ne prend pas en compte la diversification avec les autres risques.

Ainsi, au niveau plus fin :



Graphique 4 : Profil de risque – risque de réserves et de primes en non-vie

Les lignes d'activité Responsabilité Civile Générale, Responsabilité Civile Auto et Dommages contribuent de manière significative au risque de réserves.

Définition des différentes lignes d'activité :

- ▶ La responsabilité civile permet d'indemniser la personne victime du sinistre dans le cas où cela implique la responsabilité de l'assuré.
- ▶ La responsabilité civile générale (RCG) est une garantie d'assurance qui permet de réparer les dommages (matériels ou corporels) causés à autrui. S'ils sont bien mentionnés sur la police d'assurance, le titulaire de l'assurance ou ses proches peuvent en bénéficier.
- ▶ La responsabilité civile automobile sert à indemniser les dommages matériels et corporels qui peuvent être causés à autrui après un accident.

Pour limiter le risque de souscription, la compagnie distribue majoritairement ses produits au travers d'un réseau d'agents dont le parcours de formation est réglementé et dont l'activité est rigoureusement contrôlée.

Le suivi périodique de la charge de sinistre permet à la compagnie de réagir rapidement sur la définition des cibles et interdits de souscription ainsi que sur les niveaux tarifaires.

La compagnie bénéficie aussi d'une couverture de réassurance pour maîtriser et pour pouvoir faire face aux dérives de sa sinistralité. Cette couverture lui permet de réduire son niveau d'exposition aux risques, de se protéger contre des pertes multiples ou importantes.

En effet, la hausse prédominante du SCR au 4^{ème} trimestre 2021 est en partie la conséquence de l'arrêt de l'ancien traité qui permettait d'atténuer les risques financiers en cédant 50% à la réassurance et aujourd'hui Abeille assurance est sous un nouveau traité qui en cédant seulement 25%.

Par son activité, le profil de risque d'Abeille IARD et santé est constitué principalement du risque de souscription non-vie (74%) et du risque de marché (17%).

Le SCR de souscription non-vie est lui principalement porté par :

- ▶ Le risque de prime et de réserves (93%)
- ▶ Le risque de rachat (1%)
- ▶ Le risque de catastrophe (6%)

Afin de refléter au mieux le profil de risque de la compagnie, Abeille Assurances a lancé un projet USP afin d'évaluer son besoin en capital de solvabilité à partir de paramètres ajustés à son profil de risque.

II- Cadre réglementaire pour l'usage des USP

II.1 Paramètres propres à l'entreprise

Les paramètres spécifiés par la Formule Standard ont été calibrés lors de la mise en place de la Directive Solvabilité II, sur un panel d'acteurs du marché européen et ne reflète pas suffisamment le profil de risque d'Abeille IARD & Santé.

Cette dernière se distingue par une activité spécifique au marché français (*ex : garanties constructions*) la poussant à utiliser des paramètres adaptés à son profil de risque.

Le calibrage des USP consiste à calculer sur la base des méthodes dite standardisées (c'est-à-dire décrites par la réglementation), des paramètres de volatilité propres au portefeuille de l'assureur.

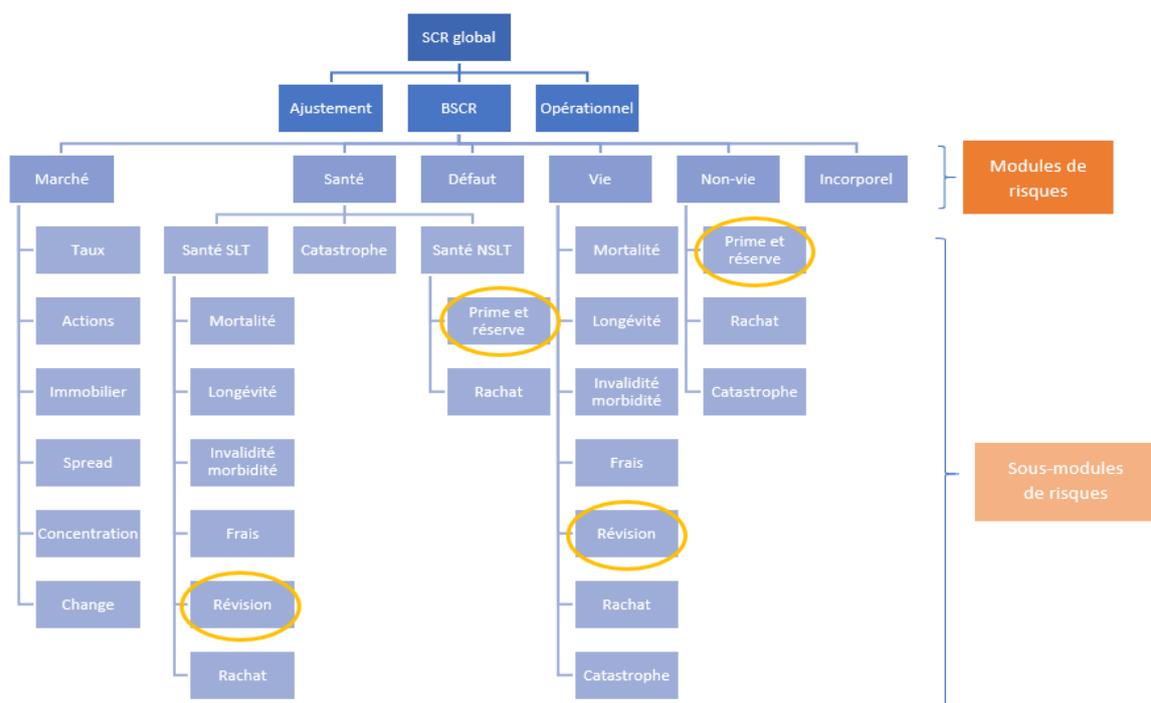


Schéma 7: modules intervenant dans le calibrage des USP

L'utilisation de paramètres propres d'Abeille IARD & Santé concerne plus particulièrement :

- ▶ L'évaluation des paramètres propres à l'entreprise pour le risque de prime
- ▶ L'évaluation des paramètres propres à l'entreprise pour le risque de réserves

L'évaluation de ces paramètres est réalisée pour tous les segments se rapportant au risque de souscription non-vie et au risque de souscription santé assimilable à la non-vie.

Ainsi sont exclus l'évaluation des paramètres propres à l'entreprise pour le risque de révision (pour les risques vie et santé non assimilable à la non-vie). Abeille IARD & Santé ne sollicite pas l'utilisation d'USP pour ce module de risque du fait du non-respect des exigences relatives aux données propres à la méthode de calibrage.

Les paramètres de volatilité σ de la Formule Standard sont donnés pour chaque ligne d'activité par l'EIOPA. L'approche des USP repose sur la détermination des facteurs de volatilité de chaque ligne d'activité sur la base des données interne de la compagnie.

Pour pouvoir utiliser les USP, les compagnies d'assurance doivent rédiger un dossier d'approbation qui doit être valide en interne avant d'être soumis à l'autorité de contrôle nationale.

Une compagnie en mesure d'utiliser plusieurs méthodes standard choisit celle qui fournit les résultats les plus précis, sinon le plus prudent.

II.2 Granularité réglementaire du calcul des USP

II.2.1 principes généraux

Les assurés d'une compagnie d'assurance n'ont pas tous le même profil de risque, c'est-à-dire la probabilité d'avoir un sinistre. La compagnie a intérêt à utiliser le plus d'information pour identifier les assurés à « risque faible » des assurés à « risque élevé ».

Le principe fondamental de l'assurance étant la mutualisation du risque, l'assureur doit non seulement diversifier son profil d'assurés mais aussi diversifier son activité

Différentes raisons qualitatives justifient la segmentation des engagements réalisée par une compagnie par exemple :

- ▶ Pour cibler une population d'assurés : sinistres particuliers et professionnels
- ▶ Selon un critère géographique : sinistre en zone urbaine ou en zone rurale
- ▶ Selon la distribution des contrats : à l'aide de courtiers ou d'agents généraux

Afin d'assurer une rentabilité suffisante à toute société d'assurance et face à un marché qui repose d'abord sur le prix, une segmentation adaptée au portefeuille est nécessaire.

La segmentation permet à l'assureur d'avoir une précision dans les calculs du SCR et dans le reporting.

Les organismes doivent segmenter leurs engagements par :

- ▶ Devise
- ▶ Familles de risque : risque de souscription non-vie, santé SLT... Ces mêmes familles de risque sont segmentées par lignes d'activités : Line of business (Lob)
- ▶ GRH : groupes de risques homogènes

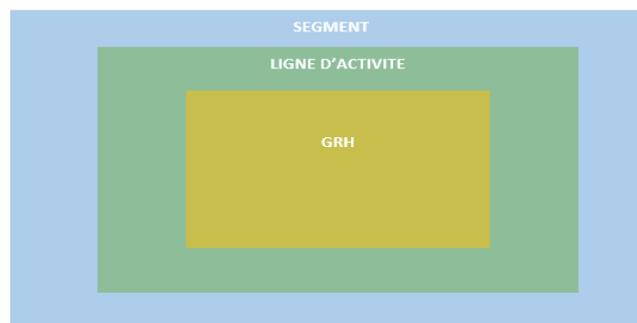


Schéma 8 : Mailles de segmentation

Les Lob constituent la maille de reporting réglementaire et contiennent un ou plusieurs GRH, il s'agit d'un niveau de granularité minimal.

II.2.3 Segmentation pour le calibrage des USP d’Abeille IARD & Santé

La segmentation utilisée pour calibrer les paramètres de volatilité σ des USP est définie par le régulateur dans le cadre de la Solvabilité II et se décline en lignes d’activité ou Lob (*line of business*) :

Risque	Lob	Nom	Définitions
Santé	Lob 01	Frais médicaux	Engagements d'assurance de frais médicaux dans le cas où l'activité sous-jacente n'est pas exercée sur une base technique similaire à celle de l'assurance vie
	Lob 02	Protection des revenus	Engagements d'assurance de protection du revenu dans le cas où l'activité sous-jacente n'est pas exercée sur une base technique similaire à celle de l'assurance vie
Non-Vie	Lob 04	Moteur (Responsabilité civile)	Engagements d'assurance couvrant toute responsabilité découlant de l'utilisation d'un véhicule à moteur terrestre ainsi que le transporteur
	Lob 05	Moteur (autres)	Engagements d'assurance couvrant tout dommage subi par les véhicules à moteur terrestres
	Lob 06	Marine, Aviation Transport	Engagements d'assurance couvrant tout dommage subi par les véhicules fluviaux, lacustres ou maritimes et les aéronefs et tout dommage subi par les marchandises transportées ou les bagages quel que soit le moyen de transport
	Lob 07	Dommages aux biens	Engagements d'assurance couvrant tout dommage subi par les biens ne relevant ni de la ligne d'activité 5 ni 6, par suite d'un incendie, d'une explosion, des forces de la nature y compris les tempêtes, la grêle...
	Lob 08	RC Générale	Engagements d'assurance couvrant tout dommage (matériels ou corporels) causés à autrui
	Lob 09	Crédit	Engagements d'assurance couvrant le risque de crédit (risque de défaillance de paiement des clients)
	Lob 10	Protection juridique	Engagements d'assurance juridique
	Lob 11	Assistance	Engagements d'assurance d'assistance
Lob 12	Divers	Engagements d'assurance de pertes pécuniaires diverses	

L’utilisation de cette segmentation permet de différencier les chocs appliqués en fonction de la nature du risque.

II.3 La méthodologie de calcul des USP

II.3.1 La méthode de calcul du coefficient de volatilité

Les méthodologies à appliquer pour la détermination des paramètres USP sont précisées dans les textes réglementaires (cf. *chapitre V section 12 du règlement délégué (UE) de la commission du 10 octobre 2014*).

a) Risque de Prime

Méthode de calcul du coefficient de volatilité du risque de prime : méthode S/P

La méthode pour le risque de prime repose sur le calibrage de la volatilité S/P, tel que $S/P=Y/X$ avec :

- ▶ Les primes acquises X (la variable explicative) : correspond aux primes acquises sur l'année t
- ▶ La charge ultime Y (la variable à expliquer) : correspond aux montants encourus en fin d'année t , c'est-à-dire à la somme des versements effectués au cours de l'année et de la meilleure estimation pour sinistres à payer constituée en fin d'année t (pertes cumulées)

Le modèle calibre le paramètre de volatilité $\hat{\sigma}$ comme suit :

- ▶ **Etape 1** : Pour chaque année d'accident t ($t \in [1, \dots T]$), nous avons :
 - x_t , le tableau des primes acquises en année t
 - Y_t , le tableau des pertes agrégées en année t

- ▶ **Etape 2** : Nous notons π_t , la fonction de deux paramètres :

$$\pi_t(\hat{\delta}, \hat{\gamma}) = \frac{1}{\ln \left(1 + \left((1 - \hat{\delta}) * \frac{\bar{x}}{x_t} + \hat{\delta} \right) * e^{2\hat{\gamma}} \right)}$$

Où $\bar{x} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T x_t$

- ▶ **Etape 3** : La valeur des paramètres $\hat{\delta}$ et $\hat{\gamma}$ est estimée par minimisation de l'estimateur :

$$\sum_{t=1}^T \pi_t(\hat{\delta}, \hat{\gamma}) \cdot \left(\ln \left(\frac{y_t}{x_t} \right) + \frac{1}{2\pi_t(\hat{\delta}, \hat{\gamma})} + \hat{\gamma} - \ln(\hat{\sigma}(\hat{\delta}, \hat{\gamma})) \right)^2 - \sum_{t=1}^T \ln(\pi_t(\hat{\delta}, \hat{\gamma}))$$

- ▶ **Etape 4** : La valeur du paramètre de volatilité est obtenue à l'aide de la fonction suivante :

$$\hat{\sigma}(\hat{\delta}, \hat{\gamma}) = \exp \left(\hat{\gamma} + \frac{\frac{1}{2}T + \sum_{t=1}^T \pi_t(\hat{\delta}, \hat{\gamma}) \cdot \ln \left(\frac{y_t}{x_t} \right)}{\sum_{t=1}^T \pi_t(\hat{\delta}, \hat{\gamma})} \right)$$

- ▶ **Etape 5** : La valeur finale de l'USP du risque de prime est obtenue à l'aide d'une moyenne pondérée entre le paramètre de volatilité précédemment calculé et celui de la formule standard :

$$\sigma_{(pr,s,USP)} = c \cdot \hat{\sigma}(\hat{\delta}, \hat{\gamma}) \cdot \sqrt{\frac{T+1}{T-1}} + (1-c) \cdot \sigma_{(prem,s)}$$

Où c désigne le facteur de crédibilité en fonction de la profondeur d'historique

Cadre réglementaire lié à la prise en compte de la réassurance au sein du risque de prime

L'un des trois paramètres suivants pourra être remplacé par un paramètre USP estimé sur la base du portefeuille propre de l'entreprise : $\sigma_{net}^{primes} = \sigma_{brut}^{primes} * NP$

- ▶ Volatilité brute / nette : L'EIOPA propose une méthode basée sur l'évaluation de la volatilité des ratios Sinistres / Primes.
- ▶ Facteur NP : L'EIOPA propose une méthode fondée sur la réduction de l'écart-type de la charge de sinistres par la réassurance en excédent de sinistres.

Les USP ne peuvent pas être simultanément calibré sur la volatilité brute de l'entreprise et sur le NP facteur de l'entreprise à l'article 218 paragraphe 1 du Titre I / Chapitre V du Règlement délégué 2015/35.

Dans le cas d'une volatilité brute, un facteur d'ajustement NP permet de prendre en compte l'effet de la réassurance d'un traité en non proportionnel.

Le tableau ci-dessous récapitule le calcul de la volatilité retenue en fonction du degré de sophistication des méthodes utilisées :

Capacité de l'entreprise	de	Volatilité retenue
Aucun USP n'est calculé		$\sigma_{retenu} = \sigma_{FS} \times NP_{FS}$
Seul le NP facteur est calculé		$\sigma_{retenu} = \sigma_{FS} \times NP_{USP}$
La volatilité brute de réassurance est calculée		$\sigma_{retenu} = \left[c \times \sigma_{brut,USP} \sqrt{\frac{T+1}{T-1}} + (1-c) \times \sigma_{FS} \right] \times NP_{FS}$
La volatilité nette de réassurance est calculée		$\sigma_{retenu} = c \times \sigma_{net,USP} \sqrt{\frac{T+1}{T-1}} + (1-c) \times \sigma_{FS} \times NP_{FS}$

La méthode retenue par Abeille IARD & Santé est de calculer des volatilités brutes de réassurance et d'appliquer le facteur NP marché pour la prise en compte de la réassurance.

b) Risque de Réserves

Deux méthodes sont proposées par la réglementation :

- ▶ **Méthode n°1** : La méthode dite Boni / Mali est une méthode rétrospective fondée sur l'erreur de prédiction des sinistres historiques observés.
- ▶ **Méthode n°2** : La méthode dite Merz-Wüthrich est fondée sur la volatilité du risque de réserves reflétée par le calcul de l'erreur quadratique moyenne.

La méthode présentant les résultats les plus fiables / robustes devra être retenue. Si les deux méthodes présentent des résultats fiables, la méthode la plus conservatrice sera retenue.

Méthode n°1 Boni / Mali

La méthode n°1 pour le risque de réserve est similaire à la méthode précédemment décrite pour le risque de primes, la seule différence résidant dans la variable modélisée ; en effet, on calibre la volatilité des Boni/mali (B/M), tel que $B/M = Y/X$ avec :

- ▶ La variable X (la variable explicative) correspond à la meilleure estimation des provisions pour sinistres au début de l'année t
- ▶ La variable Y (la variable à expliquer) correspond au Claims Development Result (CDR) défini comme suit : $CDR_{[t-1,t]} = BE_t + Paid_t - BE_{t-1}$

Tels que :

- ▶ $BE_{(t-1)}$ correspond à la meilleure estimation de la provision pour les sinistres à payer au début de l'année t
- ▶ $Paid_t$ désigne aux paiements effectués en année t pour les sinistres qui étaient à payer au début de cette même année
- ▶ BE_t correspond à la meilleure estimation de la provision à la fin de l'année t pour les sinistres qui étaient à payer au début de cette même année.

Le modèle va calibrer le paramètre de volatilité $\hat{\sigma}$ comme suit :

- ▶ **Etape 1** : π_t la fonction de deux paramètres :

$$\pi_t(\hat{\delta}, \hat{\gamma}) = \frac{1}{\ln\left(1 + \left((1 - \hat{\delta}) * \frac{\bar{x}}{x_t} + \hat{\delta}\right) * e^{2\hat{\gamma}}\right)}$$

où $\bar{x} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T x_t$

- ▶ **Etape 2** : La valeur des paramètres $\hat{\delta}$ et $\hat{\gamma}$ est estimée par minimisation de l'estimateur :

$$\sum_{t=1}^T \pi_t(\hat{\delta}, \hat{\gamma}) \cdot \left(\ln\left(\frac{y_t}{x_t}\right) + \frac{1}{2\pi_t(\hat{\delta}, \hat{\gamma})} + \hat{\gamma} - \ln(\hat{\sigma}(\hat{\delta}, \hat{\gamma})) \right)^2 - \sum_{t=1}^T \ln(\pi_t(\hat{\delta}, \hat{\gamma}))$$

- ▶ **Etape 3** : La valeur du paramètre de volatilité est obtenue à l'aide de la fonction suivante :

$$\hat{\sigma}(\hat{\delta}, \hat{\gamma}) = \exp\left(\hat{\gamma} + \frac{\frac{1}{2}T + \sum_{t=1}^T \pi_t(\hat{\delta}, \hat{\gamma}) \cdot \ln\left(\frac{y_t}{x_t}\right)}{\sum_{t=1}^T \pi_t(\hat{\delta}, \hat{\gamma})}\right)$$

- ▶ **Etape 4** : L'USP pour le risque de réserves selon la méthode n°1 est ensuite obtenue comme suit :

$$\sigma_{(res,s,USP)} = c \cdot \hat{\sigma}(\hat{\delta}, \hat{\gamma}) \cdot \sqrt{\frac{T+1}{T-1}} + (1-c) \cdot \sigma_{(res,s)}$$

Méthode n°2 : La méthode dite Merz-Wüthrich

La méthode n°2 pour le risque de réserves se base sur le modèle de Merz-Wüthrich. Contrairement aux deux modèles précédents qui sont des modèles log-normal, ce modèle se base sur le développement de triangles.

Merz & Wüthrich proposent une formule fermée afin d'estimer l'erreur quadratique moyenne de prédiction MSEP (*Mean Square Error of Prediction*) sur une année :

- **Etape 1** : Tout d'abord, la formule s'appuie sur les estimateurs Chain-Ladder classique :

$$\hat{C}_{(i,j)} = C_{(i,I-1)} * \hat{f}_{I-i} * \dots * \hat{f}_{j-1} \text{ Avec } \hat{f}_j = \frac{\sum_{i=0}^{I-j-1} C_{(i,j+1)}}{\sum_{i=0}^{I-j-1} C_{(i,j)}}$$

- **Etape 2** : Elle s'appuie également sur l'estimateur de volatilité dérivé de Mack afin d'estimer la MSEP du modèle de Chain Ladder :

$$\hat{\sigma}_j^2 = \frac{1}{I-j-1} \sum_{i=0}^{I-i-1} C_{(i,j)} \cdot \left(\frac{C_{(i,j+1)}}{C_{(i,j)}} - \hat{f}_j \right)^2, \text{ pour } j = 0, \dots, (J-2)$$

$$\hat{\sigma}_j^2 = \min \left(\hat{\sigma}_{j-2}^2, \hat{\sigma}_{j-3}^2, \frac{\hat{\sigma}_{j-2}^4}{\hat{\sigma}_{j-3}^2} \right), \text{ pour } j = J-1$$

- **Etape 3** : La formule fermée proposée par Merz-Wüthrich est ensuite obtenue comme suit :

$$MSEP = \sum_{i=1}^I \hat{C}_{(i,j)}^2 \cdot \left(\frac{\hat{Q}_{I-i}}{C_{(i,I-i)}} + \frac{\hat{Q}_{I-i}}{S_{I-i}} + \sum_{j=I-i+1}^{J-1} \frac{C_{(I-j,j)}}{S'_j} \cdot \frac{\hat{Q}_j}{S_j} \right) + 2 \sum_{i=1}^I \sum_{k=i+1}^I \hat{C}_{(i,j)} \cdot \hat{C}_{(k,j)} \cdot \left(\frac{\hat{Q}_{I-i}}{S_{I-i}} + \sum_{j=I-i+1}^{J-1} \frac{C_{(I-j,j)}}{S'_j} \cdot \frac{\hat{Q}_j}{S_j} \right)$$

$$\text{où : } S'_j = \sum_{i=0}^{I-j} C_{(i,j)}, S_j = \sum_{i=0}^{I-j-1} C_{(i,j)}, \hat{Q}_j = \frac{\hat{\sigma}_j^2}{\hat{f}_j^2}$$

- **Etape 4** : L'USP pour le risque de réserves selon la méthode n°2 est ensuite obtenue comme suit :

$$\sigma_{res,s,USP} = c \cdot \frac{\sqrt{MSEP}}{\sum_{i=0}^I (\hat{C}_{(i,j)} - C_{(i,I-i)})} + (1-c) \cdot \sigma_{(res,s)}$$

II.3.2 Les hypothèses sous-jacentes et tests mis en place

L'utilisation des méthodes précédentes nécessite la validation en amont d'un certain nombre d'hypothèses méthodologiques.

a) Hypothèses sous-jacentes à la méthode de calcul du risque de prime

Les données doivent se conformer aux hypothèses suivantes :

- **Hypothèse 1** : Pour un segment et une année d'accident particuliers, les pertes agrégées attendues sont en relation linéaire proportionnelle avec les primes acquises au cours de cette année d'accident.

- ▶ **Hypothèse 2** : Pour un segment et une année d'accident particuliers, la variance des pertes agrégées est en relation quadratique avec les primes acquises au cours de cette année d'accident.
- ▶ **Hypothèse 3** : Les pertes agrégées suivent une distribution log-normale.
- ▶ **Hypothèse 4** : L'estimation de la vraisemblance maximum est adéquate.

b) Hypothèses sous-jacentes à la méthode de calcul du risque de réserves

Méthode 1 : Boni-Mali

Les données doivent se conformer aux hypothèses suivantes :

- ▶ **Hypothèse 1** : Pour un segment et une année d'accident particuliers, la somme de la meilleure estimation de la provision établie à la fin de l'exercice et des paiements effectués durant l'exercice dans le segment s est en relation linéaire proportionnelle avec les primes acquises au cours de cette année d'accident ;
- ▶ **Hypothèse 2** : Pour un segment et une année d'accident particuliers, la variance de la somme de la meilleure estimation de la provision établie à la fin de l'exercice et des paiements effectués durant l'exercice dans le segment s est en relation quadratique avec les primes acquises au cours de cette année d'accident ;
- ▶ **Hypothèse 3** : La somme de la meilleure estimation de la provision établie à la fin de l'exercice et des paiements effectués durant l'exercice dans le segment s suit une distribution log-normale ;
- ▶ **Hypothèse 4** : L'estimation de la vraisemblance maximum est adéquate.

Méthode 2 : Merz-Wüthrich

Les données sont cohérentes avec les hypothèses suivantes concernant la nature stochastique des montants de sinistres cumulés :

- ▶ Les montants de sinistres cumulés des différentes années d'accident sont stochastiquement indépendants les uns des autres ;
- ▶ Pour toutes les années d'accident, les montants de sinistres incrémentiels implicites sont stochastiquement indépendants ;
- ▶ Pour toutes les années d'accident, la valeur attendue du montant de sinistres cumulés d'une année de développement est proportionnelle au montant de sinistres cumulés de l'année de développement précédente ;
- ▶ Pour toutes les années d'accident, la variance du montant de sinistres cumulés d'une année de développement est proportionnelle au montant de sinistres cumulés de l'année de développement précédente.

c) Tests de validation des hypothèses du risque de Prime

La méthode du risque de prime est aussi appelée la méthode S/P.

- ▶ **Hypothèse 1** : Pour un segment et une année d'accident particuliers, les pertes agrégées attendues sont en relation linéaire proportionnelle avec les primes acquises au cours de cette année d'accident.

L'hypothèse 1 consiste à vérifier l'équation suivante : $E[Y|X] = \beta \cdot X$, avec Y les pertes agrégées et X les primes acquises.

Le test mis en place consiste à étudier le coefficient de détermination R^2 de la régression linéaire suivante, afin de vérifier la relation de proportionnalité :

$$y_t = \beta \cdot x_t + a + \varepsilon_t, \text{ avec } (\varepsilon_t) \text{ les résidus de la régression}$$

Si le R^2 est supérieur à 70%, alors le test est validé.

De plus, on confirme la relation de proportionnalité grâce à un graphique représentant la chronique des S/P sur la période considérée, où l'on atteste visuellement de la stabilité des S/P au cours du temps.

► **Hypothèse 2 : Pour un segment et une année d'accident particuliers, la variance des pertes agrégées est en relation quadratique avec les primes acquises au cours de cette année d'accident**

Afin de valider l'hypothèse 2, on se fonde sur les travaux de De Felice & Moriconi (*le nom du document est renseigné dans la bibliographie*).

La variance des pertes agrégées est estimée par la formule suivante :

$$\widehat{V}(Y) = \hat{\sigma}^2 \cdot \bar{Y}^2$$

Tels que :

- $\hat{\sigma}$ le paramètre USP calculé via la méthode standardisée du règlement délégué
- $\bar{Y} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T Y_t$, moyenne des observations des pertes agrégées sur l'historique des années de survenance 1 à T

Cette formule ne donne qu'une valeur de la variance, ce qui ne permet pas de valider l'hypothèse. Il est donc nécessaire de générer en amont plusieurs jeux de données (X, Y) , par la méthode du moving block bootstrap : i chroniques de primes et pertes sont générées grâce à l'échantillon original de primes et de pertes agrégées.

Pour chaque nouveau jeu de données i recréé, on calcule un paramètre USP $\hat{\sigma}_i$, puis une valeur estimée de la variance des pertes agrégées, $\widehat{V}(Y)_i$.

De plus, on calcule pour chaque jeu de données i la valeur $\bar{X}_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T X_{t,i}$.

Enfin, on vérifie l'existence d'une régression linéaire entre les deux vecteurs $(\bar{X}_i^2; \widehat{V}(Y)_i)$ pour vérifier l'hypothèse.

► **Hypothèse 3 : Les pertes agrégées suivent une distribution log-normale**

L'hypothèse 3 demande de vérifier $Y|X \sim LN(\mu, \omega^2)$. Plusieurs tests sont effectués.

Un test statistique : Kolmogorov-Smirnov (KS) sur les observations y_t

- Estimation des paramètres de la loi log-normale d'après les observations y_t des pertes agrégées
- Calcul de la statistique de KS où F_0 représente la fonction de répartition de la loi log-normale de paramètres déterminés précédemment et y_t les observations des pertes agrégées :

$$D_{KS} = \max_{t=1, \dots, T} \left\{ \left| F_0(y_t) - \frac{t}{n} \right| ; \left| F_0(y_t) - \frac{t-1}{n} \right| \right\}$$

On valide le test si la statistique est supérieure à une valeur critique cible dépendante de la taille de l'échantillon.

Un test graphique : la droite de Henry consiste en la représentation graphique :

- En abscisse des valeurs centrées réduites de $\ln(y_t)$ grâce aux paramètres calculés dans le cadre du test statistique de KS
- En ordonnée des quantiles de la loi normale $N(0,1)$.

Le test est validé si les coordonnées correspondent à une droite.

► **Hypothèse 4 : L'estimation de la vraisemblance maximum est adéquate**

Ce test vise à vérifier que l'estimation du paramètre USP σ par le maximum de vraisemblance est pertinente.

Avant d'effectuer le calcul du maximum de vraisemblance, on choisit des bornes pour les paramètres δ et γ afin de réduire le temps de calcul :

- Variation du paramètre δ : d'après le règlement délégué, δ prend sa valeur entre 0 et 1
- Variation du paramètre γ : De Felice et Moriconi nous donnent : γ est défini comme $\gamma = \ln\left(\frac{\sigma_{USP}}{\beta}\right)$, avec $\beta = E\left[\frac{Y}{X}\right]$. En admettant que $\beta \approx 1$ (hypothèse 1 : le S/P est constant du risque de prime) et $\sigma_{USP} \in [0,005; 1]$, on obtient $\gamma \in [-5,3; 0]$.

Après avoir défini les bornes de l'intervalle considéré, on réalise le graphique en trois dimensions de la fonction à minimiser et on vérifie l'existence et l'unicité d'un minimum entre ces bornes. De plus, cela permet de confirmer que le minimum déterminé par le solveur de la maquette est le bon.

d) Tests de validation des hypothèses du risque de Réserves

Méthode du risque de réserves n°1 : Boni-Mali

Cette méthode repose sur les mêmes hypothèses et calcul que la méthode du risque de prime. Les tests d'hypothèses utilisés sont donc identiques. La différence repose sur les données sélectionnées en entrée :

- La variable Y représente la somme de la meilleure estimation de la provision en fin d'exercice et des paiements effectués au cours de cet exercice, pour les paiements qui étaient à payer en début d'exercice
- La variable X représente la meilleure estimation de la provision en début d'exercice

Méthode du risque de réserves n°2 : Merz-Wüthrich

- **Hypothèse 1 : Les montants de sinistres cumulés des différentes années d'accident sont stochastiquement indépendants les uns des autres.**

L'hypothèse (H1) du modèle de Merz-Wuthrich est identique à celle du modèle de Chain-Ladder, et suppose l'indépendance des années d'accident.

Le test permettant de vérifier cette hypothèse est le test d'absence d'effet calendaire, décrit par Thomas Mack (*cf.annexe 6*). En résumé, ce test consiste à étudier les facteurs de développement individuels et à détecter d'éventuelles tendances sur chaque diagonale du triangle de paiements.

On calcule les facteurs de développement individuel $f_{i,j} = \frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}}$ et on définit les éléments d'une diagonale D_j par :

$$D_j = \{C_{j,1}, C_{j-1,2}, \dots, C_{2,j-1}, C_{1,j}\}_{1 \leq j \leq n}$$

Pour chaque colonne du triangle des facteurs de développement individuels, on compare ses éléments à la médiane de cette même colonne que nous notons :

$$med_j = \text{médiane}(f_{1,j}, \dots, f_{n-j,j})_{1 \leq j \leq n}$$

On construit ensuite un triangle constitué des valeurs suivantes :

Pour un j fixé,

- Si $f_{i,j} < med_j$, on donne la valeur -1
- Si $f_{i,j} = med_j$ on donne la valeur 0 (cas d'un nombre impair d'éléments dans la colonne)
- Si $f_{i,j} > med_j$ on donne la valeur +1

Pour chaque diagonale, on note par L_j (pour « Larger ») et S_j (pour « Smaller ») le nombre respectivement de « +1 » et de « -1 ». Dans le cas théorique d'absence d'effet calendaire, la probabilité d'être supérieur ou inférieur à la médiane est de 50% et donc les valeurs de L_j et S_j doivent être très rapprochées ; autrement dit, la variable aléatoire $Z_j = \min(S_j; L_j) \cong \frac{S_j + L_j}{2}$.

Pour élaborer un test, on doit déterminer les 2 premiers moments de Z_j . Dans le cas de l'hypothèse d'absence d'effet calendaire, $S_j \sim B(n_j; 0,5)$ et $L_j \sim B(n_j; 0,5)$, avec $n_j = S_j + L_j$.

On montre en utilisant la loi du minimum de deux variables aléatoires que :

$$E(Z_j) = \frac{n_j}{2} - \frac{n_j}{2^{n_j}} \left(\frac{n_j - 1}{\left[\frac{n_j - 1}{2} \right]} \right)$$

Et

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

En considérant toutes les diagonales, on définit la variable aléatoire $Z = \sum_{k=2}^{n-1} Z_k$ tel que :

$$E(Z) = \sum_{k=2}^{n-1} E(Z_k) \text{ et } V(Z) = \sum_{k=2}^{n-1} V(Z_k)$$

Comme Z est la somme de variables aléatoires *i.i.d*, on applique le T.C.L et asymptotiquement, Z converge vers une variable aléatoire normale.

On peut donc construire un intervalle de confiance à 95 % permettant de tester notre hypothèse principale.

L'intervalle de confiance est : $IC_{normale}^{95\%} = [E(Z) - 2\sqrt{V(Z)}; E(Z) + 2\sqrt{V(Z)}]$

Si Z appartient à cet intervalle alors on conclut qu'il y a absence d'effet calendaire et par conséquent absence de dépendance entre les années d'accident.

- **Hypothèse 2** : Pour toutes les années d'accident, les montants de sinistres incrémentiels implicites sont stochastiquement indépendants.

Le test réalisé dans le cadre de l'hypothèse 1 permet de vérifier également l'hypothèse 2.

- **Hypothèse 3** : Pour toutes les années d'accident, la valeur attendue du montant de sinistres cumulé d'une année de développement est proportionnelle au montant de sinistres cumulé de l'année de développement précédente.

Mathématiquement, cela revient à dire : Pour j fixé, $\forall i, E[C_{i,j}|C_{i,j-1}] = f_{j-1} \cdot C_{i,j-1}$, avec :

- i l'année de survenance
- j l'année de développement
- $C_{i,j}$ le montant de sinistres cumulé
- $f_j = \frac{\sum_i C_{i,j+1}}{\sum_i C_{i,j}}$ le coefficient de développement

Ce test consiste en une vérification de la corrélation linéaire entre les montants de sinistres cumulés de deux années de développement consécutives. On effectue donc une régression linéaire de la forme : Pour j fixé, $C_{i,j+1} = f_j \cdot C_{i,j} + \varepsilon_{i,j}$.

- Le calcul du R^2 entre les montants de sinistres cumulés de deux années de développement consécutives est effectué. Le test est validé si l'on obtient un R^2 supérieur à 70%, pour toutes les valeurs de j .
- Une représentation graphique de la régression linéaire entre les montants de sinistres cumulés de deux années de développement consécutives permet d'avoir une confirmation visuelle de l'hypothèse.

- **Hypothèse 4** : Pour toutes les années d'accident, la variance du montant de sinistres cumulé d'une année de développement est proportionnelle au montant de sinistres cumulé de l'année de développement précédente.

Cela revient à dire : Pour j fixé, $\forall i, Var[C_{i,j}|C_{i,j-1}] = \hat{\sigma}_{j-1}^2 \cdot C_{i,j-1}$

En reprenant l'hypothèse précédente :

$$\text{Pour } j \text{ fixé, } \forall i, E[C_{i,j}|C_{i,j-1}] = f_{j-1} \cdot C_{i,j-1}$$

On obtient :

$$Var[C_{i,j}|C_{i,j-1}] = E[(C_{i,j} - E[C_{i,j}|C_{i,j-1}])^2]$$

$$\text{Var}[C_{i,j}|C_{i,j-1}] = E[(C_{i,j} - f_{j-1}C_{i,j-1})^2]$$

Or, la régression linéaire nous donnait : $C_{i,j} = f_{j-1}C_{i,j-1} + \varepsilon_{i,j-1}$

$$\text{Donc, } \text{Var}[C_{i,j}|C_{i,j-1}] = E[(\varepsilon_{i,j-1})^2]$$

En remplaçant ces résidus par les résidus normalisés, $\varepsilon'_{i,j-1} = \frac{C_{i,j} - f_{j-1}C_{i,j-1}}{\sqrt{C_{i,j-1}}}$, on obtient :

$$\text{Var}[C_{i,j}|C_{i,j-1}] = E[C_{i,j-1} \cdot \varepsilon'^2_{i,j-1}]$$

Il faut maintenant prouver l'indépendance entre $C_{(i,j-1)}$ et $\varepsilon'_{i,j-1}$, pour j fixé. Ainsi, on pourra séparer les deux espérances et écrire la variance sous sa forme finale :

$$\text{Var}[C_{i,j}|C_{i,j-1}] = E[\varepsilon'^2_{i,j-1}] \cdot C_{i,j-1}$$

$$\text{Var}[C_{i,j}|C_{i,j-1}] = \hat{\sigma}_{j-1}^2 \cdot C_{i,j-1}$$

Afin de valider ce test, on vérifie donc graphiquement que les points de coordonnées $(\varepsilon'_{i,j-1}; C_{i,j-1})$, pour j fixé, sont bien distribués aléatoirement.

II.4 Exigences sur les données

II.4.1 Risque de prime

Les données d'entrée servant à l'estimation de l'USP du risque de prime dans le segment s sont les suivantes :

- ▶ Les paiements effectués et les meilleures estimations de la provision pour sinistres à payer dans le segment s après la première année de développement suivant l'année d'accident de ces sinistres (pertes agrégées)
- ▶ Les primes acquises dans le segment s

Les exigences relatives aux données propres à la méthode sont les suivantes :

- ▶ Les données sont représentatives du risque de prime auquel l'entreprise d'assurance ou de réassurance est exposée pendant les douze mois à venir. Pour cette raison, l'ancien traité de réassurance se terminant à fin 2021, n'est pas appliqué.
- ▶ Les données sont disponibles pour cinq années d'accident consécutives au moins. L'historique retenu débute à 2010.
- ▶ Les pertes agrégées et les primes acquises ne sont pas ajustées pour tenir compte des montants recouvrables au titre des contrats de réassurance et des véhicules de titrisation ou des primes de réassurance. En effet, le calibrage du risque de prime s'effectue sur des données brutes de réassurance.
- ▶ Les pertes agrégées sont ajustées pour tenir compte des sinistres catastrophiques dans la mesure où le risque de ces sinistres est pris en considération dans les sous-modules « risque de catastrophe en non-vie » ou « risque de catastrophe en santé ». L'historique

de données d'Abeille IARD & Santé ne contient pas de sinistres au caractère « catastrophique ».

- ▶ Les pertes agrégées incluent les dépenses encourues pour la gestion des engagements d'assurance et de réassurance (les frais ainsi que les provisions pour frais de gestion de sinistres, transmis par la Comptabilité technique, ont bien été inclus dans les données de calibrage du risque de prime).

II.4.2 Risque de réserves méthode 1 (boni-mali)

Les données d'entrée servant à l'estimation de l'USP du risque de réserves, selon la première méthode, en non-vie ou le risque de réserves en santé non-SLT dans le segment s sont les suivantes :

- ▶ La somme de la meilleure estimation de la provision établie à la fin de l'exercice pour les sinistres qui étaient à payer en début d'exercice dans le segment s et des paiements effectués durant l'exercice pour les sinistres qui étaient à payer en début d'exercice dans le segment s
- ▶ La meilleure estimation de la provision pour sinistres à payer dans le segment s au début de l'exercice

Les exigences relatives aux données propres à la méthode sont les suivantes :

- ▶ Les données sont représentatives du risque de réserves auquel l'entreprise d'assurance ou de réassurance est exposée pour les douze mois à venir.
- ▶ Les données sont disponibles pour cinq exercices consécutifs au moins.
- ▶ Les données sont ajustées pour tenir compte des montants recouvrables au titre des contrats de réassurance et des véhicules de titrisation qui sont conformes aux contrats de réassurance et véhicules de titrisation mis en place pour fournir une couverture pour les douze mois à venir.
- ▶ Les données incluent les dépenses encourues pour la gestion des engagements d'assurance et de réassurance.

II.4.3 Risque de réserves méthode 2 (Merz-Wüthrich)

Les données d'entrée servant à l'estimation de l'USP du risque de réserves, selon la deuxième méthode, en non-vie ou le risque de réserves en santé non-SLT dans le segment s sont les triangles des paiements des segments s

Les exigences relatives aux données propres à la méthode sont les suivantes :

- ▶ Les données sont représentatives du risque de réserves auquel l'entreprise d'assurance ou de réassurance est exposée pour les douze mois à venir.
- ▶ Les données sont disponibles pour cinq exercices consécutifs au moins.
- ▶ Les données sont ajustées pour tenir compte des montants recouvrables au titre des contrats de réassurance et des véhicules de titrisation qui sont conformes aux contrats de réassurance et véhicules de titrisation mis en place pour fournir une couverture pour les douze mois à venir.
- ▶ Les données incluent les dépenses encourues pour la gestion des engagements d'assurance et de réassurance.

III- Calcul des USP à la maille Lob S2

La méthode retenue par Abeille IARD & Santé est de calculer des volatilités brutes de réassurance et d'appliquer le facteur NP marché pour la prise en compte de la réassurance, pour le risque de prime. Et de calculer des volatilités nettes de réassurance pour le risque de réserves.

III.1 Les données utilisées

Afin de valider les hypothèses et de calculer les coefficients de variation des USP, plusieurs catégories de données ont été utilisées.

III.1.1 Risque de prime

Comme cité dans la partie précédente, les données utilisées pour le risque de prime sont :

- ▶ les paiements effectués et les meilleures estimations de la provision pour sinistres à payer dans le segment *s* après la première année de développement suivant l'année d'accident de ces sinistres (pertes agrégées) i.e. les charges ultimes ;
- ▶ les primes acquises dans le segment *s*.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
LoB1	186 313 324	192 276 560	192 351 138	200 256 342	220 092 070	234 908 795	228 590 334	221 197 748	168 561 985	166 083 670	157 117 400	177 432 038
LoB2	6 857 095	6 913 839	5 714 357	6 307 313	6 435 293	6 983 576	9 421 050	10 954 209	8 654 254	7 577 187	12 070 700	11 416 022
LoB4	128 205 013	144 958 906	120 609 849	122 883 587	141 627 520	171 043 277	174 900 115	169 925 369	189 687 101	193 486 465	182 612 414	241 910 810
LoB5	150 078 336	155 511 863	155 445 173	167 215 994	181 301 277	188 582 855	198 950 462	202 882 707	221 342 544	236 953 467	223 218 643	261 206 110
LoB6	3 213 463	1 866 256	2 924 065	3 132 965	4 392 856	3 341 619	3 200 614	2 857 545	3 187 095	2 842 894	2 743 102	4 214 973
LoB7	234 232 859	194 797 395	237 804 838	286 139 172	287 340 817	269 874 443	295 342 775	280 909 798	341 204 973	362 841 606	347 922 598	393 102 572
LoB8	60 160 096	60 902 451	69 694 683	72 048 425	76 677 440	82 855 318	89 395 054	86 343 965	101 900 377	103 343 436	105 819 582	117 057 299
LoB9												
LoB10	17 654 721	19 305 511	24 141 952	23 616 127	24 301 686	27 032 423	25 271 792	24 648 551	23 712 090	26 591 421	26 759 563	28 637 715
LoB11	4 132 114	4 164 910	5 341 312	1 904 366	1 408 292	1 170 606	1 478 156	1 484 429	440 870	453 092	529 316	552 478
LoB12	482 551	17 842	91 511	30 122	60 858	23 901	17 446	11 395	37 304	29 167	10 830	13 494

Tableau 1– Données de charges ultimes

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
LoB1	267 893 620	265 270 714	264 597 673	281 615 245	295 179 035	290 439 884	296 622 907	300 815 666	232 528 285	236 875 322	234 519 436	234 612 674
LoB2	15 895 821	16 037 318	14 392 049	13 384 938	13 424 605	14 383 718	14 983 478	15 838 651	16 584 050	16 398 698	16 257 017	16 223 162
LoB4	132 606 126	123 719 569	137 836 943	155 296 403	152 205 724	158 631 069	171 397 170	194 926 844	190 075 421	200 792 524	221 725 720	230 719 122
LoB5	218 942 996	242 636 042	259 869 017	286 132 338	300 199 955	309 767 729	319 785 857	339 589 818	349 815 327	362 938 734	383 905 464	415 540 928
LoB6	6 026 174	6 001 130	5 953 284	6 530 505	6 462 516	6 843 459	7 920 586	7 583 721	8 103 512	8 782 578	9 387 760	10 374 036
LoB7	322 512 726	338 291 493	350 596 812	381 497 329	417 298 911	434 272 973	448 117 587	467 234 359	449 943 335	507 448 757	533 837 352	568 290 087
LoB8	126 424 085	139 204 042	134 799 724	141 077 210	146 992 437	156 205 004	172 198 829	165 735 232	188 216 834	189 998 015	193 497 563	197 963 411
LoB9												
LoB10	40 940 151	42 808 994	45 777 940	48 681 988	52 936 630	56 026 944	56 556 482	59 904 230	59 168 385	63 304 308	65 898 353	67 363 476
LoB11	8 112 304	8 212 709	9 961 436	5 841 810	6 232 141	6 382 024	6 309 795	6 438 473	6 538 800	6 815 638	7 013 954	7 228 204
LoB12	77 116	60 541	60 440	50 089	64 055	60 747	57 957	49 687	73 420	115 406	50 770	61 631

Tableau 2– Données de primes acquises

Ces données permettent de construire le ratio S/P pour chacun des segments et pour chaque année de survenance :

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
LoB1	70%	72%	73%	71%	75%	81%	77%	74%	72%	70%	67%	76%
LoB2	43%	43%	40%	47%	48%	49%	63%	69%	52%	46%	74%	70%
LoB4	97%	117%	88%	79%	93%	108%	102%	87%	100%	96%	82%	105%
LoB5	69%	64%	60%	58%	60%	61%	62%	60%	63%	65%	58%	63%
LoB6	53%	31%	49%	48%	68%	49%	40%	38%	39%	32%	29%	41%
LoB7	73%	58%	68%	75%	69%	62%	66%	60%	76%	72%	65%	69%
LoB8	48%	44%	52%	51%	52%	53%	52%	52%	54%	54%	55%	59%
LoB9												
LoB10	43%	45%	53%	49%	46%	48%	45%	41%	40%	42%	41%	43%
LoB11	51%	51%	54%	33%	23%	18%	23%	23%	7%	7%	8%	8%
LoB12	626%	29%	151%	60%	95%	39%	30%	23%	51%	25%	21%	22%

III.1.2 Risque de réserves méthode 1

Les données utilisées pour la méthode boni-mali du risque de réserves sont :

- ▶ Les provisions de clôture et les paiements de l'année i.e. la somme de la meilleure estimation de la provision établie à la fin de l'exercice pour les sinistres qui étaient à payer en début d'exercice dans le segment s et des paiements effectués durant l'exercice pour les sinistres qui étaient à payer en début d'exercice dans le segment s.
- ▶ Les provisions d'ouverture i.e. La meilleure estimation de la provision pour sinistres à payer dans le segment s au début de l'exercice.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
LoB1	23 866 741	24 475 266	25 032 751	30 085 225	31 157 429	30 338 791	28 712 884	26 090 635	35 142 968	20 251 640	20 297 386
LoB2	5 741 484	10 233 727	11 981 789	11 367 436	11 662 923	14 336 330	17 057 280	18 296 018	16 754 091	18 712 202	24 012 666
LoB4	78 088 794	149 392 917	187 740 657	215 980 829	264 148 601	328 221 688	376 502 470	394 935 401	412 486 751	439 000 915	516 893 808
LoB5	32 501 422	30 037 627	31 768 769	35 048 846	35 329 184	34 497 168	39 519 297	42 746 272	48 608 313	58 157 258	45 141 548
LoB6	973 145	1 802 917	1 374 168	2 590 115	2 545 076	2 253 090	2 679 127	1 859 961	2 159 668	1 987 681	2 376 968
LoB7	102 664 514	130 414 341	177 040 896	229 459 336	230 403 183	232 085 789	255 672 166	272 471 894	340 673 018	432 403 005	500 550 352
LoB8	51 487 343	108 275 214	157 721 965	212 273 345	258 679 095	316 486 255	345 872 034	427 915 542	486 011 970	577 267 150	640 906 077
LoB9											
LoB10	11 772 056	22 150 135	25 276 388	26 201 814	26 536 257	27 896 935	28 010 858	29 567 043	32 686 229	33 722 322	36 501 432
LoB11	-3 113	114	418	615	18 082	23 690	23 614	26 077	37 439	32 340	41 364
LoB12	14 155	56 339	30 719	58 053	103 173	358	498	25 190	45 218	17 939	-11 079

Tableau 3 – Provisions de clôture et paiement de l'année

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
LoB1	31 488 874	26 757 004	22 637 886	27 291 410	31 236 863	31 944 671	31 877 314	26 416 708	39 934 136	22 533 812	22 292 973
LoB2	4 464 582	8 306 043	10 773 849	10 725 307	11 459 472	13 649 847	16 486 896	19 104 782	19 167 322	16 898 580	24 297 249
LoB4	81 416 336	148 731 928	179 724 303	208 231 067	248 790 002	307 147 870	364 652 962	393 842 983	428 589 697	437 891 436	468 049 803
LoB5	25 557 579	28 774 350	28 301 991	29 838 044	32 155 715	35 516 410	36 580 205	36 835 197	44 606 025	47 509 411	45 580 522
LoB6	1 884 012	974 097	1 572 399	2 081 118	3 716 442	2 755 991	2 467 154	2 496 175	1 936 769	1 675 610	1 626 539
LoB7	109 789 986	123 250 415	153 065 126	221 581 902	233 830 846	235 753 367	255 365 669	273 029 252	321 918 962	402 945 507	437 368 672
LoB8	52 338 267	94 855 502	154 410 006	201 358 544	252 135 582	299 749 622	354 816 342	380 648 270	463 303 219	520 367 879	609 184 555
LoB9											
LoB10	12 411 224	19 167 394	27 747 623	29 141 278	30 023 191	31 044 946	31 215 579	30 238 840	30 780 794	34 709 005	35 130 371
LoB11	975	1 513	-393	1 724	230	373	-408	5 637	5 312	16 889	1 628
LoB12	440	-936	108 975	18 172	75 833	53 379	-17 850	-13 669	38 246	49 877	5 064

Tableau 4 – Provisions d'ouverture

Ces données permettent de construire le ratio boni/mali (B/M) :

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
LoB1	76%	91%	111%	110%	100%	95%	90%	99%	88%	90%	91%
LoB2	129%	123%	111%	106%	102%	105%	103%	96%	87%	111%	99%
LoB4	96%	100%	104%	104%	106%	107%	103%	100%	96%	100%	110%
LoB5	127%	104%	112%	117%	110%	97%	108%	116%	109%	122%	99%
LoB6	52%	185%	87%	124%	68%	82%	109%	75%	112%	119%	146%
LoB7	94%	106%	116%	104%	99%	98%	100%	100%	106%	107%	114%
LoB8	98%	114%	102%	105%	103%	106%	97%	112%	105%	111%	105%
LoB9											
LoB10	95%	116%	91%	90%	88%	90%	90%	98%	106%	97%	104%
LoB11	-319%	8%	-106%	36%	7862%	6351%	-5788%	463%	705%	191%	2541%
LoB12	3217%	-6019%	28%	319%	136%	1%	-3%	-184%	118%	36%	-219%

III.1.3 Risque de réserves méthode 2

Les données utilisées pour la méthode de Merz-Wüthrich du risque de réserves sont les triangles de paiements relatifs à chaque ligne d'activités (deux dimensions : date de survenance et date de développement).

Un exemple de triangle est donné ci-dessous :

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2010	46 788 677	76 130 322	85 433 042	93 649 142	97 353 156	102 631 402	106 404 256	115 114 066	115 925 675	116 792 927	118 526 929	118 596 044
2011	44 974 127	79 287 101	93 206 527	100 511 714	108 477 010	116 857 818	120 209 537	126 877 654	134 227 559	135 757 700	139 105 767	
2012	46 662 770	79 730 470	91 386 830	99 277 948	106 427 849	110 467 858	114 128 125	117 270 931	120 917 225	121 426 772		
2013	47 189 951	82 394 312	94 912 554	101 248 752	111 342 047	113 817 131	116 910 326	119 019 688	119 657 276			
2014	50 948 426	86 402 398	101 734 236	109 753 377	116 281 270	120 071 862	123 737 768	131 363 682				
2015	58 937 134	97 388 438	111 367 500	120 673 345	126 410 094	131 611 509	136 292 234					
2016	59 045 937	100 258 684	118 901 342	137 240 801	142 990 920	151 328 505						
2017	63 179 076	106 749 604	122 456 230	131 537 997	141 892 114							
2018	64 370 803	108 671 352	124 290 163	133 187 642								
2019	65 754 646	110 080 934	128 664 014									
2020	60 899 422	101 305 984										
2021	74 779 163											

Tableau 5-triangle de paiement net de recours et de réassurance relatif à la Lob4

III.2 Résultats de validation des hypothèses par méthode

Avant de calibrer le coefficient de variation pour le risque de prime et de réserves des USP, il est nécessaire de valider les hypothèses définies. Si ces dernières ne sont pas valides, les coefficients standards sont retenus.

III.2.1 Risque de prime

Pour rappel, les quatre hypothèses préalables au calibrage de l'écart type propre à l'entreprise du risque de prime sont :

Hypothèse 1	Hypothèse 2	Hypothèse 3	Hypothèse 3
=	=	=	=
Pour un segment et une année d'accident particuliers, les pertes agrégées attendues sont en relation linéaire proportionnelle avec les primes acquises au cours de cette année d'accident	Pour un segment et une année d'accident particuliers, la variance des pertes agrégées est en relation quadratique avec les primes acquises au cours de cette année d'accident	Les pertes agrégées suivent une distribution log-normale	L'estimation de la vraisemblance maximum est adéquate

Les résultats des tests des différentes hypothèses sont recensés dans le tableau ci-dessous :

Risque	Numéro de la LOB	Nom de la LOB	Risque de prime			
			Hypothèse1	Hypothèse2	Hypothèse3	Hypothèse4
Santé	LOB1	Frais médicaux	Validée	Validée	Validée	Validée
	LOB2	Protection des revenus	Rejetée	Validée	Validée	Validée
Non-vie	LOB4	RC Auto	Validée	Validée	Validée	Validée
	LOB5	Dommages Auto	Validée	Validée	Validée	Validée
	LOB6	Marine, Aviation, Transport	Rejetée	Validée	Validée	Validée
	LOB7	Dommages aux biens	Validée	Validée	Validée	Validée
	LOB8	RC Generale	Validée	Validée	Validée	Validée
	LOB10	Protection juridique	Validée	Validée	Validée	Validée
	LOB11	Assistance	Rejetée	Validée	Validée	Validée
	LOB12	Pertes pécuniaires diverses	Rejetée	Rejetée	Validée	Validée

Tableau 6 : Résultats des tests d'hypothèses pour le risque de prime à la maille S2

Nous constatons que toutes les hypothèses sont vérifiées pour toutes les lignes d'activité S2 sauf pour les Lob02 (protection des revenus), Lob06 (marine, aviation, transport), Lob11 (Assistance) et Lob12 (pertes pécuniaires diverses) :

- ▶ **Protection des revenus (2)** : La disparité des S/P à 1 an ne permet pas d'établir une relation de proportionnalité entre les primes acquises et les pertes agrégées.
- ▶ **Marine, aviation, transport (6)** : Segment très volatile, comportant des volumes faibles, pour laquelle les tests d'hypothèses, tant sur le risque de primes que sur le risque de réserve, ne sont pas validés.
- ▶ **Assistance (11)** : Il s'agit d'une branche courte avec très peu de provisions, présentant une forte volatilité entre les différentes survenances. Les volumes de prime historiques sont très peu significatifs.
- ▶ **Pertes pécuniaires diverses (12)** : Il s'agit d'une branche courte avec très peu de provisions, présentant une forte volatilité entre les différentes survenances. Les volumes de prime historiques sont très peu significatifs. A fin 2021, cette ligne d'activité ne présentait plus de volume de prime.

Par ailleurs, la Lob Crédit Caution (9) ne dispose que de 2 années d'historique, en dessous des années des 5 années minimum requises pour le calibrage et exigées par la réglementation.

L'ensemble de ce périmètre non-modélisable représente près de 1% du volume de prime et réserves à fin 2021.

III.2.2 Risque de réserves méthode 1

Les quatre hypothèses préalables au calibrage de l'écart-type propre à l'entreprise du risque de réserves (boni-mali) sont communes à celles énoncées en partie III.2.1. Les résultats des différentes hypothèses sont recensés dans le tableau ci-dessous :

Risque	Numéro de la LOB	Nom de la LOB	Risque de réserve-méthode 1			
			H1	H2	H3	H4
Santé	LOB1	Frais médicaux	Rejetée	Validée	Validée	Validée
	LOB2	Protection des revenus	Validée	Validée	Validée	Validée
Non-vie	LOB4	RC Auto	Validée	Validée	Validée	Validée
	LOB5	Dommmages Auto	Validée	Validée	Validée	Validée
	LOB6	Marine,Aviation,Transport	Rejetée	Rejetée	Validée	Validée
	LOB7	Dommmages aux biens	Validée	Validée	Validée	Validée
	LOB8	RC Generale	Validée	Validée	Validée	Validée
	LOB10	Protection juridique	Validée	Validée	Validée	Validée
	LOB11	Assistance	Rejetée	Rejetée	Rejetée	Rejetée
	LOB12	Pertes pécuniaires diverses	Rejetée	Rejetée	Rejetée	Rejetée

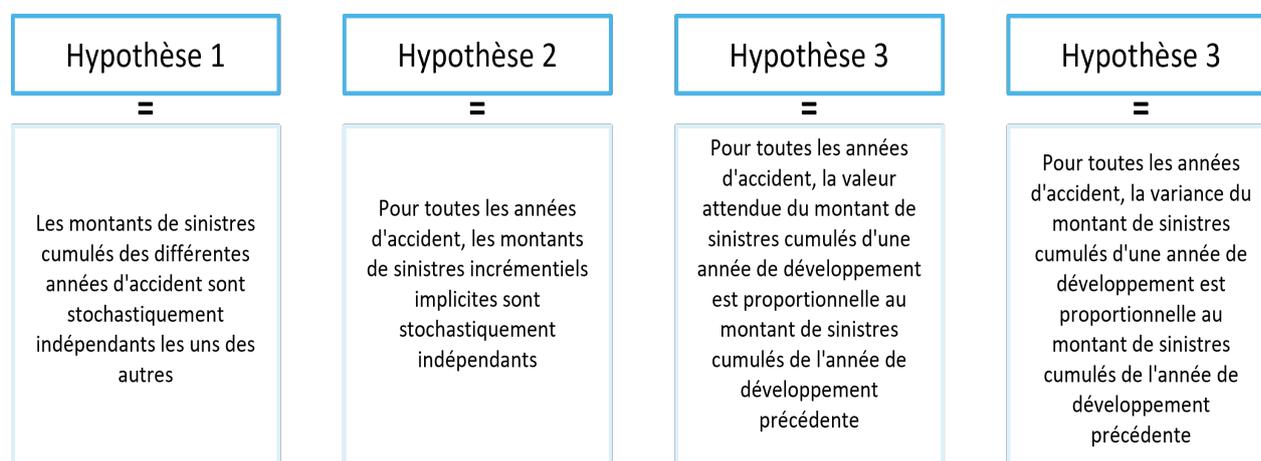
Tableau 7 : Résultats des tests d'hypothèses pour le risque de réserves -B/M à la maille S2

Nous constatons les mêmes conclusions que pour le risque de prime pour les Lob06 (marine, aviation, transport), Lob09 (Crédit caution) Lob11 (Assistance) et Lob12 (pertes pécuniaires diverses).

Pour la Lob01 la disparité des B/M à 1 an ne permet pas d'établir une relation de proportionnalité entre les provisions et paiement de l'année N+1 et les provisions N.

III.2.3 Risque de réserves méthode 2

Les quatre hypothèses préalables au calibrage de l'écart type propre à l'entreprise du risque de réserves (Merz & Wuthrich) diffèrent des parties III.2.1 et III.2.2 :



Les résultats des tests des différentes hypothèses sont recensés dans le tableau ci-dessous :

Risque	Numéro de la LOB	Nom de la LOB	Risque de réserve-méthode 2			
			H1	H2	H3	H4
Santé	LOB1	Frais médicaux	Validée	Validée	Validée	Validée
	LOB2	Protection des revenus	Validée	Validée	Rejetée	Validée
Non-vie	LOB4	RC Auto	Validée	Validée	Validée	Validée
	LOB5	Dommmages Auto	Rejetée	Rejetée	Validée	Validée
	LOB6	Marine,Aviation,Transport	Validée	Validée	Rejetée	Rejetée
	LOB7	Dommmages aux biens	Rejetée	Rejetée	Rejetée	Rejetée
	LOB8	RC Generale	Rejetée	Rejetée	Rejetée	Rejetée
	LOB10	Protection juridique	Validée	Validée	Validée	Rejetée
	LOB11	Assistance	Validée	Validée	Validée	Validée
	LOB12	Pertes pécuniaires diverses	Validée	Validée	Rejetée	Validée

Tableau 8 : Résultats des tests d'hypothèses pour le risque de réserves -M&W à la maille S2

Nous constatons que toutes les hypothèses sont vérifiées pour toutes les lignes d'activité S2 sauf pour les Lob02 (protection des revenus), Lob05 (dommmages auto), Lob06 (marine, aviation, transport), Lob07 (dommmages aux biens), Lob08 (RC générale), Lob10 (protection juridique) et Lob12 (pertes pécuniaires diverses) :

- ▶ **Protection des revenus (2)** : L'hypothèse 3 est invalidée au regard d'un faible R^2 de la régression linéaire et d'une grande dispersion des paiements entre les deux premières années de développement.
- ▶ **Dommmages auto (5)** : Le test d'indépendance des années de survenance de Mack n'est pas valide impliquant l'invalidité des hypothèses 1 et 2.
- ▶ **Marine, aviation, transport (6)** : Les hypothèses 3 et 4 ne sont pas valide.
- ▶ **Dommmages aux biens (7) & Responsabilité Civile Générale (8)** : Ces lignes d'activités sont composées de garanties gérées par répartition mais également de garanties gérées par capitalisation (garantie construction dommmages ouvrage et décennale) ce qui en fait une particularité dans leur traitement. Les garanties gérées en capitalisation se caractérisent par la notion d'une dimension supplémentaire : la DROC (Date Règlementaire d'Ouverture du Chantier). La méthode Merz & Wuthrich s'appliquant sur un triangle de paiements en vision survenance x développement, elle apparait comme inadaptée pour capter le risque inhérent aux garanties construction.
- ▶ **Protection juridique (10)** : Les résidus normalisés présentent une tendance, il y a donc un lien de dépendance entre les résidus normalisés et les paiements, l'hypothèse 4 est donc rejetée.
- ▶ **Assistance (11)** : Cette Lob est très peu significative au sein du portefeuille d'Abeille IARD & santé. L'hypothèse 4 n'est donc pas valide pour cette Lob.
- ▶ **Pertes pécuniaires diverses (12)** : L'hypothèse 3 est invalidée au regard d'un faible R^2 de la régression linéaire entre les différentes années de développement consécutives. Ceci peut être expliquer par une forte volatilité entre les différentes survenances.

III.3 Résultats des USP

Le tableau suivant présente les résultats des calculs des paramètres USP de primes et de réserves par ligne d'activité. Faute de validation des hypothèses, les paramètres USP ne sont pas retenus et le paramètre de la formule standard est alors conservé.

Risque	Numéro de la LOB	Nom de la LOB	Risque de prime			Risque de réserve		
			USP (1)	FS (2)	(1) - (2)	USP (1)	FS (2)	(1) - (2)
Santé	LOB1	Frais médicaux	3,6%	5,0%	-1,4%	11%	5,7%	5,3%
	LOB2	Protection des revenus	8,5%	8,5%	0,0%	10,3%	14,0%	-3,7%
Non-vie	LOB4	RC Auto	8,8%	8,0%	0,8%	5,8%	9,0%	-3,2%
	LOB5	Dommmages Auto	3,0%	8,0%	-5,0%	9,6%	8,0%	1,6%
	LOB6	Marine,Aviation,Transp	6,4%	6,4%	0,0%	10,0%	10,0%	0,0%
	LOB7	Dommmages aux biens	4,2%	11,2%	-7,0%	7,3%	11,0%	-3,7%
	LOB8	RC Generale	3,0%	6,4%	-3,4%	9,6%	10,0%	-0,4%
	LOB10	Protection juridique	3,8%	8,3%	-4,5%	8,2%	5,5%	2,7%
	LOB11	Assistance	15,0%	15,0%	0,0%	11,0%	11,0%	0,0%
	LOB12	Pertes pécuniaires diver	6,4%	6,4%	0,0%	22,0%	22,0%	0,0%

Tableau 9 : Résultats des USP et comparaison avec la formule standard

De par la partie III.2 :

- ▶ Pour le risque de prime : Les USP ne sont pas retenus pour les Lobs 2, 6, 11, 12 car les hypothèses requises pour leur validation ne sont pas vérifiées. Les paramètres de la formule standard sont alors conservés pour ces dernières.
- ▶ Pour le risque de réserve : La méthode présentant les résultats les plus fiables devra être retenue. Si les deux méthodes présentent des résultats robustes, la méthode retenue est celle avec le coefficient de volatilité le plus élevé et donc le plus prudent. Les USP ne sont pas retenus pour les Lobs 6, 11 et 12 car les hypothèses requises ne sont ni validées avec la méthode Boni Mali, ni avec la méthode Merz-Wüthrich. Par conséquent, ce sont les paramètres spécifiés par la formule standard qui sont utilisés.

III.4 Calcul et impact sur le SCR

Avec les paramètres USP sélectionnés et présentés dans la partie précédente (III.3), il est possible de calculer :

- ▶ L'impact par Lob sur le SCR prime et réserve ($3 * \sigma * V$)
- ▶ L'impact SCR non-vie et santé
- ▶ Le SCR global présenté dans le tableau suivant (montants exprimés en millions d'euros)

Afin de connaître la santé financière de l'entreprise, il est important de calculer le ratio de solvabilité. Ce dernier permet d'estimer la capacité de remboursement à terme d'une compagnie. Ce ratio s'obtient en divisant les fonds propres de l'entreprise par le SCR.

Afin de déterminer un impact sur le ratio de couverture, un impact *proxy* sur les Fonds Propres a été réalisé tenant compte d'une modification de la marge de risque et de l'impact DTL sous-jacent :

	USP Lob S2 (1)	Formule standard (2)	(1)-(2)
SCR	532,9	681,2	-148,3
SCR santé	43,3	49,3	-6
SCR non vie	355,2	513,8	-158,6
Fonds propres	846,0	818,0	28,0
Dont marge de risque	76,8	114,6	-37,7
Dont DTL	77,4	67,7	9,7
Ratio de solvabilité	158,8%	120,1%	38,7%

Tableau 10: Résultats des SCR et ratio de solvabilité en comparaison avec la formule standard

Les résultats mettent en exergue les conclusions suivantes :

- ▶ Une baisse du SCR en utilisant le calibrage des USP par rapport à la Formule Standard qui s'explique par une meilleure prise en compte du profil de risque d'Abeille IARD & Santé.

- ▶ Les fonds propres augmentent en utilisant le calibrage des USP par rapport à la formule standard, en raison d'une diminution de la marge de risque entraînée par la baisse du SCR prime et réserve.
- ▶ L'impact du ratio de solvabilité d'Abeille IARD & Santé évalué au 31 décembre 2021 est donc estimé à 38.7pts par l'utilisation des USP calibrés sur des données historiques estimées à fin 2021

III.5 Limites du calcul à la maille Lob

Pour rappel, la segmentation Lob S2 a été définie lors de la mise en place de la Directive Solvabilité 2, sur un panel d'acteurs du marché européen. Cette segmentation ne tient pas compte de toutes les spécificités du marché, notamment des activités propres au marché français tels que la prise en compte des garanties gérées par capitalisation (construction), la distinction entre les branches courtes et les branches longues, l'homogénéité des branches auto (risque corporel distingué du risque matériel).

A cet effet, nous proposerons dans la suite de ce rapport un calcul de paramètres propres à l'entreprise non pas à la maille définie dans la directive Solvabilité 2 mais par branche de risques homogènes qu'on appellera MCC pour *Model Class Calculation*.

Cette segmentation a été définie lors de la mise en place du modèle interne d'Aviva Assurances en 2020 et permettait de refléter au mieux le profil de risque de la compagnie en tenant compte des spécificités des risques qui lui sont propres.

Celle proposée dans ce rapport repose sur cette définition et comportera des ajustements.

IV- Calcul des USP selon la nouvelle maille

IV.1 Définition d'une nouvelle maille

IV.1.1 La maille MCC du modèle interne

Aviva Assurances (devenu Abeille IARD & Santé) avait reçu l'approbation de l'ACPR pour l'utilisation du modèle interne.

La granularité utilisée est appelée MCC (model Calculation Class) ou « branches de garanties ».

La méthode basée sur la maille MCC conduit à diminuer de façon considérable le déséquilibre entre les classes avec pour finalité : l'obtention de bases où la classe minoritaire est mieux représentée.

Une MCC est un groupe de produits d'assurance non-vie ; les MCC sont intra-homogènes et inter-hétérogènes, chacune d'elle peut être incluse dans une Lob S2 comme le montre le tableau suivant :

Numéro de la MCC	Nom de la MCC	LoB S2 associée
MCC1	Santé	Frais médicaux
MCC2	Accident	Protection du revenu
MCC3	Auto-Corp-Part (Automobile corporelle particuliers)	Moteur (responsabilité civile)
MCC4	Auto-Corp-Pro (Automobile corporelle professionnels)	Moteur (responsabilité civile)
MCC5	Auto-Mat-Part (Automobile Matérielle particuliers)	Moteur (autres)
MCC6	Auto-Mat-Pro (Automobile Matérielle professionnels)	Moteur (autres)
MCC7	Dommmages-part (dommmages particuliers)	Incendie
MCC8	Divers	Divers
MCC9	Dommmages-Pro (dommmages professionnels)	Incendie
MCC10	Pr-juridique (protection juridique)	Protection juridique
MCC11	RC-part (responsabilité civile particuliers)	Responsabilité civile
MCC12	RC-pro (responsabilité civile professionnels)	Responsabilité civile
MCC13	Grêle	Incendie
MCC14	Cons-DO (construction dommages)	Incendie
MCC15	Cons-RCD (Construction Responsabilité Civile)	Responsabilité civile
MCC16	Cons-Autres (construction autre)	Incendie

Tableau 11 : segmentation MCC du modèle interne Aviva Assurance

Les garanties couvertes par les différents segments de risque sont les suivantes :

- ▶ **Santé** : Les risques liés aux frais de soins de santé (collectifs et individuels).
- ▶ **Accident** : Les sinistres causés par les accidents de la vie privée.
- ▶ **Auto-Corp-Part** : Les dommages corporels causés par tout type de véhicule motorisé pour les particuliers et tel que la responsabilité civile automobile de l'assurées engagée.
- ▶ **Auto-Corp-Pro** : Les dommages corporels causés par tout type de véhicule motorisé utilisé dans le cadre d'une activité professionnelle chez les professionnels et tel que la responsabilité civile automobile de l'assuré est engagée.
- ▶ **Auto-Mat-Part** : Les dommages matériels sur tout type de véhicule motorisé pour les particuliers assurés.
- ▶ **Auto-Mat-Pro** : Les dommages matériels sur tout type de véhicule motorisé utilisé dans la cadre d'une activité professionnelle chez les professionnels assurés.
- ▶ **Dommmages-Part** : Les dommages au bien pour les particuliers.
- ▶ **Dommmages-Pro** : Le risque dû aux dommages matériels sur les locaux commerciaux et les stocks mais aussi le risque sur les pertes d'exploitation.

- ▶ **Pr-Juridique** : Les risques sur les frais juridiques
- ▶ **RC Part** : Les risques pour lesquels la responsabilité civile (hors automobile) des particuliers assurés est engagée.
- ▶ **RC Pro** : Les risques pour lesquels la responsabilité civile (hors automobile) des professionnels assurés est engagée par exemple la responsabilité civile des professions médicales, des professions réglementées, des commerçants...
- ▶ **Grêle** : Les dommages causés par la grêle, le gel ou les inondations sur les produits agricoles.
- ▶ **Cons-DO** : Les locataires d'un mauvais travail de construction (assurance de dommages spécifique à la France et garantie 10 ans)
- ▶ **Cons-RCD** : Les entrepreneurs du bâtiment en cas de dommages causés par leurs travaux de construction (10ans de garantie et assurance de responsabilité civile spécifique à la France).
- ▶ **Cons-Autre** : Les risques liés à la construction mais qui ne sont pas couverts par les segments Cons-DO et Cons-RCD
- ▶ **Divers** : Tous les autres risques qui ne seront compris dans les 15 autres MCC.

Néanmoins, une MCC peut contenir deux lignes d'activités différente. Par exemple, la MCC5 regroupe :

- ▶ Une partie de la Lob4 i.e. des produits d'assurance automobile couvrant les sinistres corporels et matériels pour les particuliers et aussi pour les entreprises
- ▶ Une partie de la Lob5 i.e. des produits d'assurance dommages automobile.

Or, la cinquième ligne d'activité se caractérise par une durée relativement courte contrairement à la partie 4.

Il s'est avéré donc plus judicieux de proposer une nouvelle maille pour calibrer les paramètres USP de primes et de réserve afin de mieux refléter le profil de risque de la compagnie.

IV.1.2 La nouvelle maille MCC

La nouvelle maille définie pour l'étude menée est inspirée de celle du modèle interne proposé par Aviva (la maille MCC). Cette dernière a été validée par l'ACPR dans le cadre de l'approbation du modèle interne.

Cette nouvelle maille a été conçue de la manière suivante :

- ▶ En effectuant un regroupement, au sein de chaque Lob, selon les homogénéités des branches de garanties
- ▶ En excluant la Lob 9 car elle ne présente pas suffisamment d'historique de données
- ▶ En excluant la Lob12 au vu du volume de primes et de réserve nul
- ▶ En excluant les branches construction non obligatoire car elles impactent très peu le portefeuille de la compagnie

La nouvelle maille est décrite dans le tableau suivant :

Risque	Numéro de la MCC	Nom de la MCC	LoB S2 associée
Santé	MCC1	Santé	Frais médicaux
	MCC2	Accident	Protection du revenu
Non-vie	MCC3	Auto-RC-Corp-Part (Automobile corporelle particuliers)	Moteur (responsabilité civile)
	MCC4	Auto-RC-Corp-Pro (Automobile corporelle professionnels)	
	MCC5	Auto-RC-Mat-Part (Automobile matérielle particuliers)	
	MCC6	Auto-RC-Mat-Pro (Automobile matérielle professionnels)	
	MCC7	Auto-Mat-Part (Automobile Matérielle particuliers)	Moteur (autres)
	MCC8	Auto-Mat-Pro (Automobile Matérielle professionnels)	Dommages aux biens
	MCC9	Dommages-part (dommages particuliers)	
	MCC10	Dommages-Pro (dommages professionnels)	
	MCC11	Grêle	
	MCC12	RC-part (responsabilité civile particuliers)	RC Generale
	MCC13	RC-pro (responsabilité civile professionnels)	
	MCC14	Cons-RCD (Construction Responsabilité Civile)	
	MCC15	Cons-DO (construction dommages)	
	MCC16	Pr-juridique (protection juridique)	Protection juridique
	MCC17	MAT	Marine,Aviation,Transport
	MCC18	Assistance	Assistance

Tableau 12 : nouvelle segmentation MCC

En effet, au sein de la nouvelle maille MCC, nous avons bien la distinction entre les risques corporel et les risques matériel pour la ligne d'activité moteur (responsabilité civil) contrairement à la maille du modèle interne.

IV.2 Les données utilisées

IV.2.1 Risque de Prime

Comme cité dans la partie II.3.2, les données utilisées pour le risque de prime sont les charges ultimes et les primes acquises.

Les données ont été ainsi constituées à partir de :

- ▶ Triangle de développement des paiements
- ▶ Triangle de développement des recours (suite à l'indemnisation de l'assuré victime d'un sinistre, l'assureur obtient un droit de subrogation, il a ainsi la possibilité d'exercer un recours contre le responsable du sinistre à la place de l'assuré)
- ▶ Triangle de développement des sinistres à payer (SAP)
- ▶ Triangle de développement des recours à encaisser (RAE)
- ▶ Triangle de développement des primes
- ▶ Meilleure estimation de sinistres actualisé vu à la fin de la première année de développement relative à chaque Lob

Un travail effectué sur chaque GRH, qu'on somme ensuite en fonction de notre nouvelle maille définie dans la partie précédente.

Les données de primes acquises sont obtenues à l'aide du triangle de primes en prenant les années de développement (ligne du triangle) de la première année de survenance (colonne du triangle).

Les données suivantes sont donc obtenues pour les primes acquises :

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
MCC1	13470940	13208815	12752855	12535592	12671928	13345090	14521925	15318701	15559111	15611926	15850814	15926295
MCC2	260150014	267427264	262896638	274274115	287233559	281694339	290298074	293057719	225190944	227202828	230824341	233966416
MCC3	98506058	95916881	96526225	101596875	109362559	117185970	122851071	126541314	131682994	136783297	143848151	150030124
MCC4	34370147	35306885	37571341	41563944	46800954	52513509	57753635	62693149	66316886	70089348	74735977	83727013
MCC5	98506058	95916881	96526225	101596875	109362559	117185970	122851071	126541314	131682994	136783297	143848151	150030124
MCC6	34370147	35306885	37571341	41563944	46800954	52513509	57753635	62693149	66316886	70089348	74735977	83727013
MCC7	172369534	194571521	216375711	228833161	232350109	232612276	234252552	239825069	245660621	252789924	266731048	281893107
MCC8	50318751	52951881	57643374	63727451	70821366	79298226	88518715	98242796	105375738	112535257	120918613	134166229
MCC9	145121096	153310261	163753482	176128279	186225545	196699717	202921097	205561843	207079593	208991692	215866250	222084206
MCC10	115821293	119117423	123921591	132486196	143170026	149674838	155974173	160069499	165852974	164829369	202531437	225394863
MCC11	24615869	29656223	32431950	36228374	39349710	39549030	39886727	44123899	48961252	51923871	55438538	58489215
MCC12	27493139	28902358	30754852	31787967	31983947	31874017	32091968	33087466	33455896	33234578	33685756	34169402
MCC13	36222484	37269068	38456878	40334281	42873713	46616408	50023649	52455901	53961747	56620913	59798219	64444183
MCC14	33151147	41212987	37690411	37029928	37837212	39046280	45050862	42065243	50085609	48949241	47740034	50810648
MCC15	28152171	27138309	24400459	28193257	27761110	30941733	33065944	39681685	41725668	51605558	46799338	52400813
MCC16	41845389	43834381	46745332	46669214	50918203	54097115	54916039	55706290	56033999	58525862	61633854	63720609
MCC17	5362564	5288467,2	5303716	5602919,8	5889910,8	6265341,1	6565509,9	6781083,6	7128155,5	7499605,8	8126010,3	9190027
MCC18	4004680,1	4581648	5067944	5359317,1	5518338,4	5577819,8	5629155,3	5746641,1	5906264,3	6115855,5	6379809,6	6600432,4

Les charges ultimes sont le résultat de l'addition de la meilleure estimation et les règlements nets.

Les données suivantes sont obtenues pour les charges ultimes :

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
MCC1	5937727,9	6040778,1	4642391,6	5320188,3	5431292,4	6033088,3	8312185	9672475,6	7229944,4	6416076	11047897	10313026
MCC2	207526065	232507889	227123228	227350909	261560747	293225055	286804594	284107280	236234212	255751921	241482759	300134764
MCC3	34668741	35568441	39205920	39334489	53817961	40413908	33316140	41667448	52477647	65076187	50699355	41004753
MCC4	6203715,6	31168980	8322424,8	6657374,8	8306337,2	27360084	32597905	12282050	28343869	15402227	16648657	55675567
MCC5	40190261	36670480	43856760	45487847	48421614	52204765	54840102	54060289	55058373	57536706	54563749	74368957
MCC6	25565427	14787443	17705388	16606318	21461278	28006419	29476305	42676354	33110370	36024446	40308343	42834210
MCC7	104222490	102493569	105406104	111439359	115715212	115703471	119623335	120309104	128658848	140261363	125794063	152872826
MCC8	28782006	34685297	34908525	39018909	47017948	52253197	60244812	63340064	73110527	75613732	75312723	84018381
MCC9	128039845	98771430	125835060	115356448	134197100	116476652	128349535	124126030	134922220	127253365	119077318	149422875
MCC10	71009994	55175173	66486178	92096099	90681502	105521300	97043840	102874980	121898763	149092082	139544304	158573725
MCC11	8854758,7	14149444	20856826	35845052	34234689	14224143	39118009	27972885	46508866	41075855	43965613	35098410
MCC12	25015139	23540831	24883838	28495568	33659952	26574414	33077430	35653079	38420328	42270465	31794135	37395792
MCC13	24471011	22165723	28761489	23626872	34880728	30780805	43501524	35831777	52220268	49671836	59526695	63705187
MCC14	28056810	30475509	34090679	34083317	38791116	42906456	45908787	44827103	52535592	53715799	53199545	57720693
MCC15	8501261,6	7681788,3	7598632,9	8881681	8248248,6	12013669	12809525	18124995	18157702	25269215	21888867	27911242
MCC16	12523220	13682042	14722783	14637666	15817389	15457577	14803394	14206794	12777370	14986957	15196558	17127356
MCC17	2891923,4	1587215,9	2297100,7	2676288,6	3746876,5	2530124,5	2467517,7	2362161,5	2839914,7	2459356,2	2417961	3561474,1
MCC18	8420,3482	7079,2354	2886,7463	3354,2254	1185,8457	696,71155	#DIV/0!	12961,666	4129,3891	14216,047	8663,4814	11044,263

En 2016, les réserves de la MCC18 sont nulles entrainant un problème de calcul de la charge ultime. Nous pouvons alors construire le ratio S/P :

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
MCC1	44%	46%	36%	42%	43%	45%	57%	63%	46%	41%	70%	65%
MCC2	80%	87%	86%	83%	91%	104%	99%	97%	105%	113%	105%	128%
MCC3	35%	37%	41%	39%	49%	34%	27%	33%	40%	48%	35%	27%
MCC4	18%	88%	22%	16%	18%	52%	56%	20%	43%	22%	22%	66%
MCC5	41%	38%	45%	45%	44%	45%	45%	43%	42%	42%	38%	50%
MCC6	74%	42%	47%	40%	46%	53%	51%	68%	50%	51%	54%	51%
MCC7	60%	53%	49%	49%	50%	50%	51%	50%	52%	55%	47%	54%
MCC8	57%	66%	61%	61%	66%	66%	68%	64%	69%	67%	62%	63%
MCC9	88%	64%	77%	65%	72%	59%	63%	60%	65%	61%	59%	67%
MCC10	61%	46%	54%	70%	63%	74%	62%	64%	73%	81%	69%	70%
MCC11	36%	48%	64%	99%	87%	36%	98%	63%	95%	79%	79%	60%
MCC12	91%	81%	81%	90%	105%	83%	103%	108%	115%	127%	94%	111%
MCC13	68%	59%	75%	59%	81%	66%	87%	68%	97%	88%	100%	99%
MCC14	85%	74%	90%	92%	103%	110%	102%	107%	105%	110%	111%	114%
MCC15	30%	28%	31%	32%	30%	39%	39%	46%	44%	49%	47%	53%
MCC16	30%	31%	31%	31%	31%	29%	27%	26%	23%	26%	25%	27%
MCC17	54%	30%	43%	48%	64%	40%	38%	35%	40%	33%	30%	39%
MCC18	0%	0%	0%	0%	0%	0%	#DIV/0!	0%	0%	0%	0%	0%

IV.2.2 Risque de réserves

a) Méthode 1 : Boni-Mali

Les données utilisées pour appliquer la méthode 1 du risque de réserves sont : les provisions de clôture et les paiements de l'année ainsi que les provisions d'ouverture. Les données sont construites à partir de :

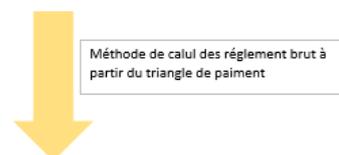
- ▶ Triangle de développement de paiement
- ▶ Triangle de développement de recours
- ▶ Triangle de développement de sinistre à payer
- ▶ Triangle de développement de recours à encaisser
- ▶ Triangle de la meilleure estimation en année N et N+1

Un travail effectué sur chaque GRH, qu'on somme ensuite en fonction de notre nouvelle maille définie dans la partie précédente.

Tout comme le risque de prime les paiements nets sont obtenus en soustrayant les paiements et les recours pour chaque GRH mais en prenant en compte les années calendaires consécutives (diagonale du triangle de paiement) et non pas les années de développement de la première année de survenance.

Pour illustrer la démarche, le triangle de paiement suivant est considéré :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2010	467 718	510 506	510 580	510 580	510 580	510 580	510 580	510 580	510 580	510 580	510 580	510 580
2011	325 263	352 591	353 131	353 131	353 131	353 131	353 131	353 131	353 131	353 131	353 131	353 131
2012	312 946	340 510	341 030	341 030	341 030	341 030	341 030	341 030	341 030	341 030	341 030	341 030
2013	237 226	282 172	282 356	282 356	282 356	282 356	282 356	282 356	282 356	282 356	282 356	282 356
2014	1516 235	1983 891	1982 992	1982 992	1982 992	1982 992	1982 992	1982 992	1982 992	1982 992	1982 992	1982 992
2015	4 182 350	5 598 413	5 611 207	5 611 207	5 611 207	5 611 207	5 611 207	5 611 207	5 611 207	5 611 207	5 611 207	5 611 207
2016	13 095 186	17 506 496	17 517 404	17 517 404	17 517 404	17 517 404	17 517 404	17 517 404	17 517 404	17 517 404	17 517 404	17 517 404
2017	18 000 794	22 357 627	22 640 661	22 640 661	22 640 661	22 640 661	22 640 661	22 640 661	22 640 661	22 640 661	22 640 661	22 640 661
2018	13 986 941	25 053 408	25 079 513	25 079 513	25 079 513	25 079 513	25 079 513	25 079 513	25 079 513	25 079 513	25 079 513	25 079 513
2019	20 757 983	26 087 007	26 121 122	26 121 122	26 121 122	26 121 122	26 121 122	26 121 122	26 121 122	26 121 122	26 121 122	26 121 122
2020	17 616 468	23 263 217	23 263 217	23 263 217	23 263 217	23 263 217	23 263 217	23 263 217	23 263 217	23 263 217	23 263 217	23 263 217
2021	21 269 451	21 269 451	21 269 451	21 269 451	21 269 451	21 269 451	21 269 451	21 269 451	21 269 451	21 269 451	21 269 451	21 269 451



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	0	42788,36	73,26	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	27328,05	540,11	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	27563,69	519,88	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	44946,82	183,86	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	467655,7	-898,38	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1416063,5	12793,63	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	4411310,6	10907,94	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	4356833,3	283033,64	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11066466	26104,94	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5329024	34115,26
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5646748,4
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	42788,36	27401,31	28103,8	45466,7	467839,56	1415165,1	4424104,2	4367741,3	11349500	5355128,9	5680863,6

Schéma 9 : méthode de calcul des règlements brut à partir du triangle de paiement

- ▶ Pour une année de référence du premier tableau x (exemple 2010), nous calculons pour chaque année en colonne du second tableau y (exemple 2012) la différence entre la valeur de l'année y et la valeur de l'année x (exemple : 510580-510506).
- ▶ Le calcul est effectué uniquement si l'année en colonne dans le second tableau est supérieure à l'année de référence considérée.
- ▶ Les valeurs récupérées sont les sommes de chaque colonne.

La meilleure estimation d'ouverture et de fermeture de chaque GRH est obtenue grâce à la meilleure estimation de chaque Lob en fonction du prorata des réserves (SAP (ouverture ou fermeture) – RAE (ouverture -fermeture)).

Les données suivantes sont obtenues pour les provisions de clôture et les paiements de l'année :

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
MCC1	5376310,3	9257389,3	10878602	10280360	11128067	13855202	16325915	17335100	16158505	18139811	23281125
MCC2	22663208	23442418	24050695	28690259	27326826	28574852	27525110	24979129	34003477	19015931	18459162
MCC3	35285049	66754728	91431429	112819254	149053457	178067315	193776462	202203859	213549197	247252978	302448977
MCC4	7276264,6	41713438	44125430	46722007	51455499	73147532	95670674	105003819	108392780	98046782	115069128
MCC5	15507547	17433334	24919866	26885407	30794455	38388325	46634223	45022366	48541447	49809120	52172706
MCC6	12412019	17119990	20133985	22159737	25884272	29709340	32957332	33156574	33485213	35289677	38121707
MCC7	18006416	14652067	16346519	17995267	17771637	15755845	18261368	19842704	20860898	27223112	18186695
MCC8	10114092	9189324,4	9667431,5	10399864	12315819	12388290	14970913	16437191	20858638	23717098	20010383
MCC9	53650828	73708106	99866462	102464722	112469664	113594189	125928369	131782704	166414151	208335880	223217904
MCC10	33204474	39313064	51953205	90945877	92091473	86322915	86378799	91393718	118508612	159568571	204611109
MCC11	1732461,2	1984920,1	3680732,5	10816534	3449263,6	7214817,9	15982456	16373792	16971792	20509163	22758856
MCC12	14914533	37044779	53743389	61659906	76072479	89036334	90639134	132465060	148269363	220618949	248411422
MCC13	30035527	59089007	86826520	129937789	155782469	193188963	215990030	247972056	279981819	290008033	313859808
MCC14	21577518	61319378	94616548	129828632	163199863	197658716	224080540	285004704	328440735	382739401	433619671
MCC15	8689353,3	19519760	29404046	30472869	38315229	49245247	55644478	66868512	79575905	89326356	108259336
MCC16	9207745,8	15051895	17478956	17776741	18968260	18628220	18831641	19617780	21563008	22861966	25285294
MCC17	870873,47	1210684,1	1122709,7	2309951,3	2349427,7	1985280,6	2555164	1726473,5	2003354,5	1821001,9	2194750,9
MCC18	1193,3138	114,38016	418,45998	615,23384	147,69515	213,58846	7,88E-13	-2021,5379	5290,5247	3739,1392	10326,173

On a alors les données suivantes pour les provisions d'ouvertures :

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
MCC1	4187901,3	7639853,2	10280262	10303166	10468484	12885307	15675774	17766495	17683343	15991706	23475395
MCC2	29356408	25103862	22504978	27141727	31108065	31857146	31723736	26363315	39889636	22471674	21857146
MCC3	33039767	60988498	84933332	104622276	137630288	156512431	178141195	199095103	220507751	244828679	271613106
MCC4	5316577,5	37350182	44541814	45310605	46825316	68835600	92119774	97426381	114721562	95212653	97991813
MCC5	19564791	20292543	25284110	30453462	33119869	42116655	50555040	53361887	49657209	57109891	54145187
MCC6	16265815	17204632	19234349	20601929	23775597	30514076	32610959	34238423	32162001	30863888	36065924
MCC7	16019260	16756888	16863519	17757782	18719117	18874435	18726715	18573820	21673330	24766577	21612391
MCC8	6041344,2	8159830,6	7709338,9	8430223,6	9914891,3	12397713	13101412	14020028	17968914	18203150	18920269
MCC9	59141691	62962197	85894819	98954000	114285616	111899990	125480656	129576908	146200395	176508565	197501379
MCC10	38411463	43126449	51923667	100665905	97268022	99048760	94106102	110310953	139826940	186685202	194264529
MCC11	1692012,3	1863550,2	4443846,3	5385236,7	3813826,3	5389123,6	16684972	12170100	13494964	13681545	13885297
MCC12	24598840	37940295	61959421	86115197	91544286	106136758	118894629	127246709	164029350	187283275	244645340
MCC13	23061485	47947158	83265362	100664148	147708952	178411579	216602997	231750843	274876307	306558714	334506454
MCC14	28016183	51514407	94067556	125224640	162172725	197244934	231591799	253989985	320158901	358277118	407699270
MCC15	8486135,6	16304160	26850612	37246432	36612099	46378690	56384948	67307025	74899373	92483051	97940125
MCC16	9456443,1	14843565	19051351	20200788	21671905	21267087	20529492	19663145	19383278	22395958	23778541
MCC17	1746552,2	836715,91	1380564,8	1903172,4	3333400,5	2409932	2253619,5	2258892,7	1837916,4	1563329,5	1446493,6
MCC18	974,88823	1513,2692	-393,39355	1723,6454	229,61958	373,40669	-408,2805	5636,6061	5312,0612	16889,271	1627,6317

Nous pouvons alors construire le ratio B/M :

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
MCC1	128%	121%	106%	100%	106%	108%	104%	98%	91%	113%	99%
MCC2	77%	93%	107%	106%	88%	90%	87%	95%	85%	85%	84%
MCC3	107%	109%	108%	108%	108%	114%	109%	102%	97%	101%	111%
MCC4	137%	112%	99%	103%	110%	106%	104%	108%	94%	103%	117%
MCC5	79%	86%	99%	88%	93%	91%	92%	84%	98%	87%	96%
MCC6	76%	100%	105%	108%	109%	97%	101%	97%	104%	114%	106%
MCC7	112%	87%	97%	101%	95%	83%	98%	107%	96%	110%	84%
MCC8	167%	113%	125%	123%	124%	100%	114%	117%	116%	130%	106%
MCC9	91%	117%	116%	104%	98%	102%	100%	102%	114%	118%	113%
MCC10	86%	91%	100%	90%	95%	87%	92%	83%	85%	85%	105%
MCC11	102%	107%	83%	201%	90%	134%	96%	135%	126%	150%	164%
MCC12	61%	98%	87%	72%	83%	84%	76%	104%	90%	118%	102%
MCC13	130%	123%	104%	129%	105%	108%	100%	107%	102%	95%	94%
MCC14	77%	119%	101%	104%	101%	100%	97%	112%	103%	107%	106%
MCC15	102%	120%	110%	82%	105%	106%	99%	99%	106%	97%	111%
MCC16	97%	101%	92%	88%	88%	88%	92%	100%	111%	102%	106%
MCC17	50%	145%	81%	121%	70%	82%	113%	76%	109%	116%	152%
MCC18	122%	8%	-106%	36%	64%	57%	0%	-36%	100%	22%	634%

b) Méthode 2 : Merz & Wuthrich

Les données utilisées pour appliquer la méthode 2 du risque de réserves sont les triangles de paiements nets de recours relatif à chaque MCC.

Les données sont construites à partir de :

- ▶ Triangle de développement de paiement (A)
- ▶ Triangle de développement de recours (B)

Afin d'avoir nos triangles de paiements nets, on effectue la soustraction : A-B.

Un travail effectué sur chaque GRH, qu'on somme ensuite en fonction de notre nouvelle maille définie dans la partie précédente.

Pour les garanties gérées en capitalisation (garantie dommages-ouvrages : MCC14 et MCC15), nous n'avons pas mis en œuvre la méthode de Merz & Wuthrich. En effet, la méthode s'applique sur un triangle de paiements en vision survenance x développement, elle nous apparaît donc comme inadaptée pour capter le risque inhérent aux garanties construction.

IV.3 Les résultats de validation des hypothèses par méthode

IV.3.1 Risque de prime

Hypothèse 1 : Relation proportionnelle entre la charge ultime et les primes acquises

L'objectif de cette hypothèse est de calculer le coefficient de détermination (R^2) de la régression linéaire $y_t = \beta \cdot x_t + \alpha + \varepsilon_t$ avec y_t les pertes agrégées et x_t les primes acquises.

Si ce coefficient est supérieur à 70% alors l'hypothèse est validée.

Numéro de la MCC	Nom de la MCC	Coefficient R^2	H1
MCC1	Santé	6,10%	Rejetée
MCC2	Accident	70%	Validée
MCC3	Auto RC corp part	24,3	Rejetée
MCC4	Auto RC corp pro	30,30%	Rejetée
MCC5	Auto RC mat part	81,60%	Validée
MCC6	Auto RC mat pro	81,20%	Validée
MCC7	Auto mat part	75,30%	Validée
MCC8	Auto mat pro	97,90%	Validée
MCC9	Dommmages part	24,70%	Rejetée
MCC10	Dommmages pro	90%	Validée
MCC11	Grêle	58,30%	Rejetée
MCC12	RC part	62,80%	Rejetée
MCC13	RC pro	90,30%	Validée
MCC14	Cons RCD	84,40%	Validée
MCC15	Cons DO	98,80%	Validée
MCC16	Pr juridique	34,60%	Rejetée
MCC17	MAT	11,90%	Rejetée
MCC18	Assistance	0%	Rejetée

Tableau 13 : Résultats de la première hypothèse du risque de prime

Nous constatons que l'hypothèse n'est pas vérifiée pour les MCC1 (santé), MCC3 (auto RC corp part), MCC4 (auto RC corp pro), MCC9 (dommmages part), MCC11 (grêle), MCC12 (RC part), MCC16 (protection juridique), MCC17 (marine, aviation, transport) et MCC18 (assistance).

Le coefficient de détermination R^2 est inférieurs à 70% pour ces dernières impliquant le rejet de l'hypothèse. Ceci est expliqué par une forte volatilité de la chronique S/P.

Hypothèse 2 : Relation quadratique entre la variance de la charge ultime et les primes acquises

La p-valeur permettant de rejeter l'hypothèse H0 (la pente de la régression linéaire entre $V(Y)$ et X^2 est nulle), doit être inférieure au seuil de 5% pour la validité de l'hypothèse.

Numéro de la MC	Nom de la MCC	p-valeur	H2
MCC1	Santé	0,0002	Validée
MCC2	Accident	0,0003	Validée
MCC3	Auto RC corp par	4,04E-08	Validée
MCC4	Auto RC corp pro	4,04E-08	Validée
MCC5	Auto RC mat part	4E-09	Validée
MCC6	Auto RC mat pro	4,04E-08	Validée
MCC7	Auto mat part	1,4637E-05	Validée
MCC8	Auto mat pro	1,4637E-05	Validée
MCC9	Dommmages part	1,86E-06	Validée
MCC10	Dommmages pro	1,86E-06	Validée
MCC11	Grêle	1,86E-06	Validée
MCC12	RC part	0,02	Validée
MCC13	RC pro	0,02	Validée
MCC14	Cons RCD	0,0000	Validée
MCC15	Cons DO	0,0000	Validée
MCC16	Pr juridique	1,8002E-05	Validée
MCC17	MAT	1,8676E-05	Validée
MCC18	Assistance	0,00821245	Validée

Tableau 14 : Résultats de la deuxième hypothèse du risque de prime

La p-valeur permettant de rejeter l'hypothèse H0 est inférieure au seuil de 5% pour toutes les MCCs, impliquant la validation de l'hypothèse 2 pour toutes ces dernières.

Hypothèse 3 : La charge ultime suit une distribution log-normale

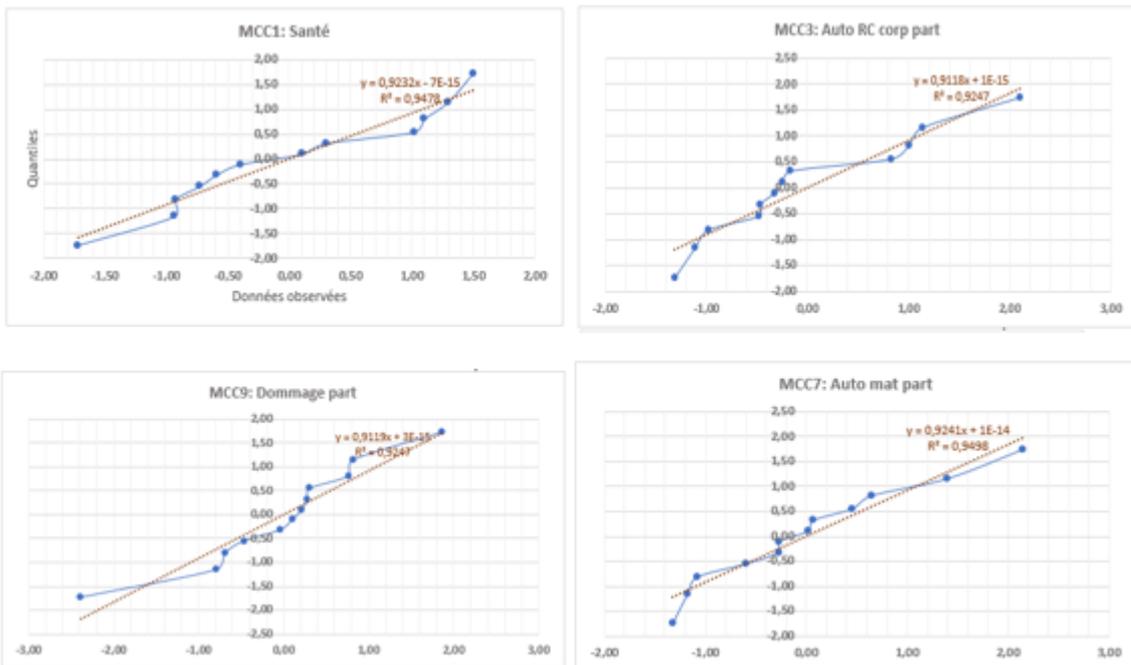
- Test statistique : La statistique de Kolmogorov-Smirnov doit être inférieure à 0,338 : valeur critique cible d'après la table de Kolmogorov pour un seuil de significativité de 5%, pour la validité de l'hypothèse.

Numéro de la MCC	Nom de la MCC	KS	H3
MCC1	Santé	0,16	Validée
MCC2	Accident	0,2	Validée
MCC3	Auto RC corp pa	0,23	Validée
MCC4	Auto RC corp pr	0,19	Validée
MCC5	Auto RC mat par	0,15	Validée
MCC6	Auto RC mat pro	0,14	Validée
MCC7	Auto mat part	0,14	Validée
MCC8	Auto mat pro	0,16	Validée
MCC9	Dommmages part	0,15	Validée
MCC10	Dommmages pro	0,13	Validée
MCC11	Grêle	0,26	Validée
MCC12	RC part	0,14	Validée
MCC13	RC pro	0,14	Validée
MCC14	Cons RCD	0,17	Validée
MCC15	Cons DO	0,22	Validée
MCC16	Pr juridique	0,18	Validée
MCC17	MAT	0,2	Validée
MCC18	Assistance	0	Validée

Tableau 15 : Résultats de la troisième hypothèse-KS du risque de prime

L'hypothèse 3 est validée pour toutes les MCCs : la statistique de Kolmogorov-Smirnov est inférieure à 0,338 (la valeur critique cible d'après la table de Kolmogorov pour un seuil de 5%).

- **Test graphique** : La droite d'Henry représentée par les points de coordonnées $(\ln(y_t); N(0,1))$ doit correspondre à une droite. Cette hypothèse est validée pour toutes les MCC. Ci-après quelques exemples de représentation graphique :



Graphique 5 : Représentation des droites d'Henry des MCC 1,3,7 et 9

Les coordonnées des MCCs ci-dessus correspondent à une droite permettant de valider le test.

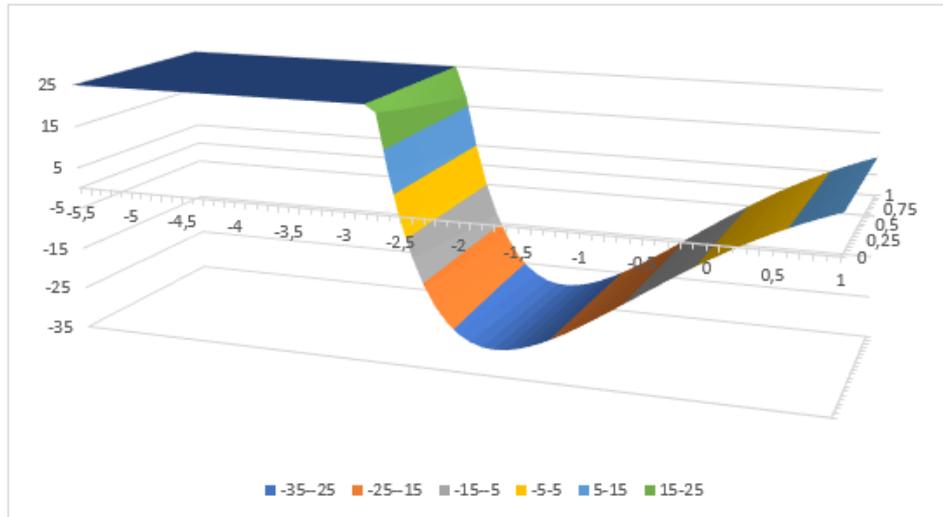
Hypothèse 4 : L'estimation du maximum de vraisemblance est adaptée

Le graphique du maximum de vraisemblance doit montrer l'existence et l'unicité du minimum de la fonction de vraisemblance $A(\delta, \gamma)$ dans l'intervalle pris par les paramètres δ et γ pour la validation de l'hypothèse.

Numéro de la MCC	Nom de la MCC	H4
MCC1	Santé	Validée
MCC2	Accident	Validée
MCC3	Auto RC corp part	Validée
MCC4	Auto RC corp pro	Validée
MCC5	Auto RC mat part	Validée
MCC6	Auto RC mat pro	Validée
MCC7	Auto mat part	Validée
MCC8	Auto mat pro	Validée
MCC9	Dommages part	Validée
MCC10	Dommages pro	Validée
MCC11	Grêle	Validée
MCC12	RC part	Validée
MCC13	RC pro	Validée
MCC14	Cons RCD	Validée
MCC15	Cons DO	Validée
MCC16	Pr juridique	Validée
MCC17	MAT	Validée
MCC18	Assistance	Validée

Tableau 16 : Résultats de la quatrième hypothèse du risque de prime

Exemple de représentation graphique :



Graphique 6 : Représentation graphique du maximum de vraisemblance en fonction des valeurs de delta et gamma de la MCC3

Le graphique du maximum de vraisemblance ci-dessus montre l'existence et l'unicité du minimum de la fonction de vraisemblance $A(\delta, \gamma)$.

IV.3.2 Risque de Réserves

a) Méthode 1 : Boni-mali

Pour rappel, cette méthode consiste à modéliser la volatilité des Boni/Mali (B/M) avec $B/M=Y/X$ tel que :

- ▶ La variable **X** (la variable explicative) correspond à la meilleure estimation des provisions pour sinistres au début de l'année t
- ▶ La variable **Y** (la variable à expliquer) correspond au Claims Development Result (CDR) défini comme suit : $CDR_{[t-1,t]} = BE_t + Paid_t - BE_{t-1}$

Les hypothèses ainsi que les tests de validités sont identiques au risque de prime, les résultats sont les suivants :

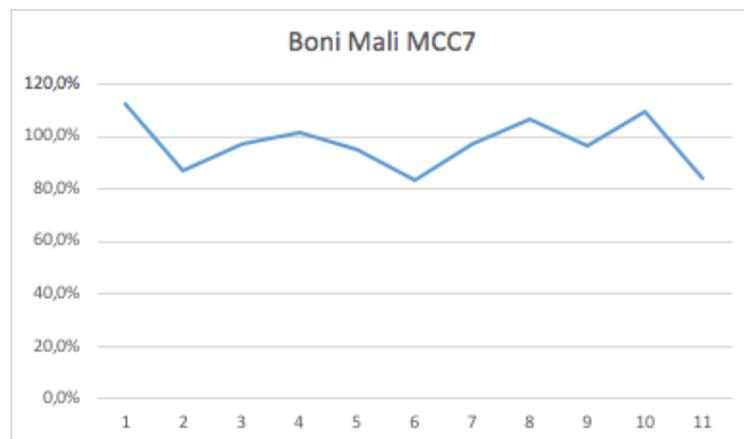
Hypothèse 1 : Relation proportionnelle entre Y et X

Numéro de la MCC	Nom de la MCC	Coefficient R ²	H1
MCC1	Santé	76,2%	Validée
MCC2	Accident	96,9%	Validée
MCC3	Auto RC corp part	98,5%	Validée
MCC4	Auto RC corp pro	97,5%	Validée
MCC5	Auto RC mat part	97,4%	Validée
MCC6	Auto RC mat pro	94,2%	Validée
MCC7	Auto mat part	67,1%	Validée
MCC8	Auto mat pro	91,4%	Validée
MCC9	Dommmages part	97,2%	Validée
MCC10	Dommmages pro	95,9%	Validée
MCC11	Grêle	86,2%	Validée
MCC12	RC part	95,5%	Validée
MCC13	RC pro	98,7%	Validée
MCC14	Cons RCD	99,4%	Validée
MCC15	Cons DO	98,1%	Validée
MCC16	Pr juridique	83,9%	Validée
MCC17	MAT	32,0%	Rejetée
MCC18	Assistance	4,8%	Rejetée

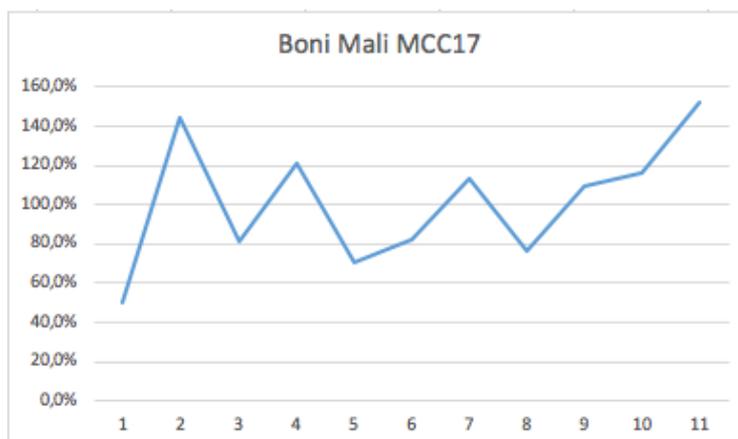
Tableau 17 : Résultats de la première hypothèse du risque de réserves

L'hypothèse est vérifiée pour toutes les MCCs sauf pour les MCC7 (Auto mat part), MCC17 (marine, aviation, transport) et MCC18 (assistance) :

- ▶ **Auto mat part (7)** : le coefficient de détermination de la régression linéaire $y_t = \beta * x_t + \alpha + \epsilon_t$ avec y_t : les provisions et paiement de l'année n+1 et x_t les provisions n s'élève à 67,1% (<70%). On constate la volatilité de la chronique des boni-mali ci-dessous :



- ▶ **Marine, Aviation, transport (17)** : Comme pour la MCC7, nous constatons une évolution des boni-mali très volatile pour la MCC17 ce qui ne permet pas de valider l'hypothèse :



- ▶ **Assistance (18)** : En raison de montants de meilleure estimation négatifs, il n'est pas possible de calibrer les USP par la méthode de boni-mali pour cette MCC.

Hypothèse 2 : Relation quadratique entre la variance de Y et X

Numéro de la MCC	Nom de la MCC	p-valeur	H2
MCC1	Santé	0,000	Validée
MCC2	Accident	0,000	Validée
MCC3	Auto RC corp par	0,000	Validée
MCC4	Auto RC corp pro	0,000	Validée
MCC5	Auto RC mat part	0,000	Validée
MCC6	Auto RC mat pro	0,000	Validée
MCC7	Auto mat part	0,000	Validée
MCC8	Auto mat pro	0,000	Validée
MCC9	Dommmages part	0,000	Validée
MCC10	Dommmages pro	0,000	Validée
MCC11	Grêle	0,000	Validée
MCC12	RC part	0,000	Validée
MCC13	RC pro	0,000	Validée
MCC14	Cons RCD	0,000	Validée
MCC15	Cons DO	0,000	Validée
MCC16	Pr juridique	0,000	Validée
MCC17	MAT	0,000	Validée
MCC18	Assistance	0,000	Rejetée

Tableau 18 : Résultats de la deuxième hypothèse du risque de réserve

- ▶ L'hypothèse 2 est rejetée pour la MCC18 en raison de la présence de montants de meilleure estimation négatifs.
- ▶ Pour les autres MCCs, la p-valeur permettant de rejeter l'hypothèse H0 (la pente de la régression linéaire entre $V(Y)$ et X^2 est nulle) est inférieure au seuil de 5% impliquant ainsi la validation de l'hypothèse pour toutes ces dernières.

Hypothèse 3 : Y suit une distribution log-normal

► Test statistique : Kolmogorov-Smirnov

Numéro de la MCC	Nom de la MCC	KS	H3
MCC1	Santé	0,12	Validée
MCC2	Accident	0,17	Validée
MCC3	Auto RC corp pa	0,2	Validée
MCC4	Auto RC corp pr	0,23	Validée
MCC5	Auto RC mat par	0,22	Validée
MCC6	Auto RC mat pro	0,22	Validée
MCC7	Auto mat part	0,25	Validée
MCC8	Auto mat pro	0,18	Validée
MCC9	Dommmages part	0,15	Validée
MCC10	Dommmages pro	0,25	Validée
MCC11	Grêle	0,24	Validée
MCC12	RC part	0,11	Validée
MCC13	RC pro	0,19	Validée
MCC14	Cons RCD	0,14	Validée
MCC15	Cons DO	0,13	Validée
MCC16	Pr juridique	0,26	Validée
MCC17	MAT	0,22	Validée
MCC18	Assistance	0	Rejetée

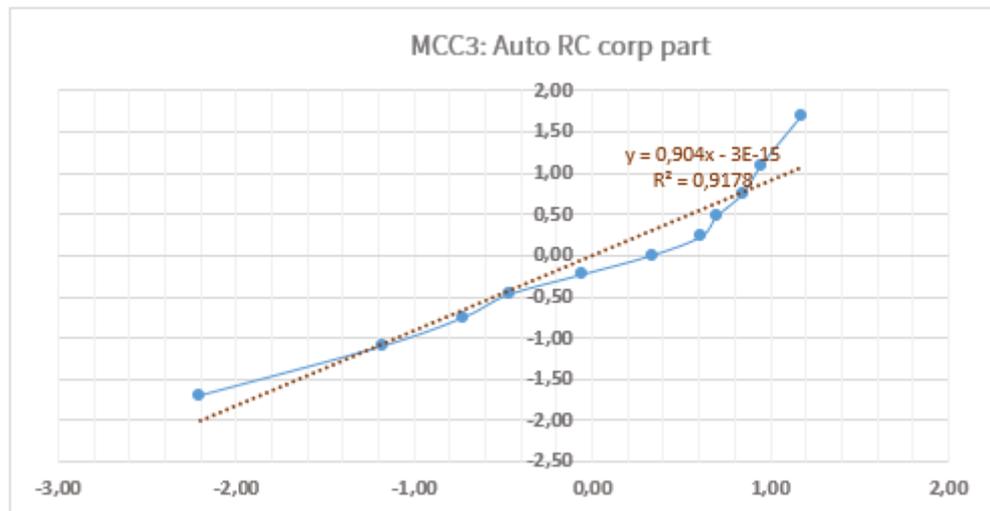
Tableau 19 : Résultats de la troisième hypothèse-KS du risque de réserves

Le test est validé pour toutes les MCCs sauf pour la MCC18 : la statistique de Kolmogorov-Smirnov est inférieure à 0,338 (la valeur critique cible d'après la table de Kolmogorov pour un seuil de 5%).

► Test graphique : droite d'Henry

Le test est validé pour tous les segments sauf pour la MCC18.

Voici un exemple de représentation graphique pour la MCC3 :



Graphique 7 : Représentation de la droite d'Henry de la MCC3

La droite d'Henry représentée par les points de coordonnées $(\ln(y_t) ; N(0,1))$ correspond à une droite permettant ainsi de valider le test pour le MCC3.

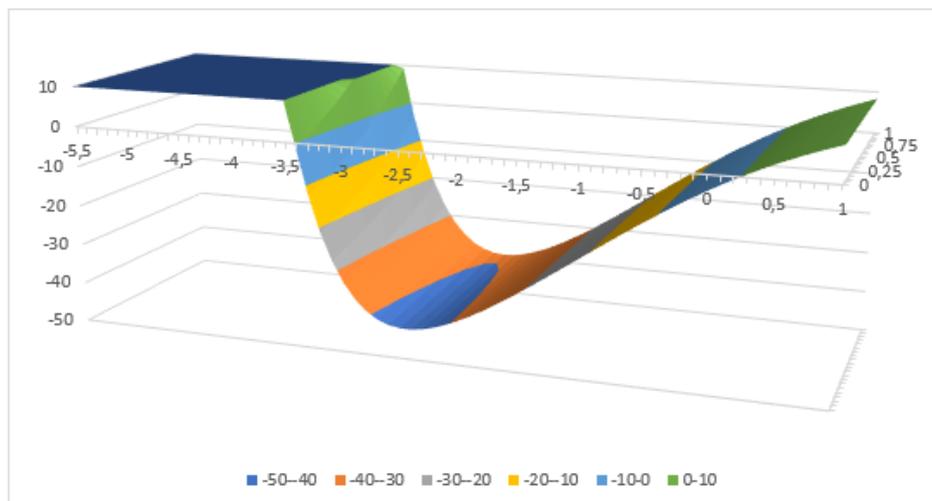
Hypothèse 4 : L'estimation du maximum de vraisemblance est adaptée

Numéro de la MCC	Nom de la MCC	H4
MCC1	Santé	Validée
MCC2	Accident	Validée
MCC3	Auto RC corp part	Validée
MCC4	Auto RC corp pro	Validée
MCC5	Auto RC mat part	Validée
MCC6	Auto RC mat pro	Validée
MCC7	Auto mat part	Validée
MCC8	Auto mat pro	Validée
MCC9	Dommages part	Validée
MCC10	Dommages pro	Validée
MCC11	Grêle	Validée
MCC12	RC part	Validée
MCC13	RC pro	Validée
MCC14	Cons RCD	Validée
MCC15	Cons DO	Validée
MCC16	Pr juridique	Validée
MCC17	MAT	Validée
MCC18	Assistance	Rejetée

Tableau 20 : Résultats de la quatrième hypothèse du risque de réserves

L'hypothèse est validée pour toutes les MCCs sauf pour la MCC18 : le graphique du maximum de vraisemblance des MCCs montre l'existence et l'unicité du minimum de la fonction de vraisemblance $A(\delta, \gamma)$.

Exemple de la représentation graphique :



Graphique 8: Représentation graphique du maximum de vraisemblance en fonction des valeurs de delta et gamma de la MCC6

b) Méthode 2 : M&W

Hypothèse 1 & 2 : Indépendance des années de survenance (absence d'effet calendaire)

Tel qu'indiqué dans la section II.3.2 paragraphe d), Pour valider les hypothèses 1&2, il faudrait que la statistique du test proposé par Mack appartienne à l'intervalle de confiance à 95%

Numéro de la MCC	Nom de la MCC	Statistique	Intervalle de confiance	H1&H2
MCC1	Santé	19,00	[15,43;24,92]	Validée
MCC2	Accident	18,00	[15,97;25,40]	Validée
MCC3	Auto RC corp part	14,00	[15,43;24,65]	Rejetée
MCC4	Auto RC corp pro	19,00	[15,46;24,95]	Validée
MCC5	Auto RC mat part	20,00	[15,41;24,63]	Validée
MCC6	Auto RC mat pro	15,00	[15,43;24,92]	Rejetée
MCC7	Auto mat part	18,00	[15,48;24,97]	Validée
MCC8	Auto mat pro	20,00	[15,41;24,63]	Validée
MCC9	Dommages part	21,00	[15,48;24,97]	Validée
MCC10	Dommages pro	14,00	[15,43;24,65]	Rejetée
MCC11	Grêle			Rejetée
MCC12	RC part	17,00	[15,46;24,41]	Validée
MCC13	RC pro	18,00	[15,48;24,7]	Validée
MCC14	Cons RCD			
MCC15	Cons DO			
MCC16	Pr juridique	13,00	[15,41;24,90]	Rejetée
MCC17	MAT	16,00	[13,86;22,76]	Validée
MCC18	Assistance			Rejetée

Tableau 21 : Résultats des hypothèses 1 et 2 du risque de réserves M&W

Les deux hypothèses ne sont pas vérifiées pour les MCC3 (Auto RC corp part), MCC6 (auto RC mat pro), MCC10 (dommages pro), MCC11 (grêle), MCC14 (RCD), MCC15 (DO), MCC16 (protection juridique), MCC18 (assistance) :

- ▶ **Cons RCD (14), DO (15)** : Ces garanties sont gérées en capitalisation, nous n'avons pas mis en œuvre la méthode de Merz & Wuthrich. En effet celle-ci s'appliquant sur un triangle de paiements en vision survenance x développement, elle nous apparait comme inadaptée pour capter le risque inhérent aux garanties construction.
- ▶ **Pour les autres MCCs** : le test d'indépendance des années de survenance de Mack donne une statistique n'appartenant pas à l'intervalle de confiance à 95% ne permettant pas de valider les hypothèses.

Hypothèse 3 : pour toutes les années d'accident, la valeur attendue du montant de sinistres cumulé d'une année de développement est proportionnelle au montant de sinistres cumulé de l'année de développement précédente

Les régressions linéaires entre différentes années de développement consécutives doivent présenter des R^2 supérieurs à 70% pour la validation de l'hypothèse.

Numéro de la MCC	Nom de la MCC	min R^2	H3
MCC1	Santé	82%	Validée
MCC2	Accident	41%	Rejetée
MCC3	Auto RC corp part	44%	Rejetée
MCC4	Auto RC corp pro	47%	Rejetée
MCC5	Auto RC mat part	89%	Validée
MCC6	Auto RC mat pro	96%	Validée
MCC7	Auto mat part	97%	Validée
MCC8	Auto mat pro	97%	Validée
MCC9	Dommages part	69%	Rejetée
MCC10	Dommages pro	73%	Rejetée
MCC11	Grêle		Rejetée
MCC12	RC part	42%	Rejetée
MCC13	RC pro	83%	Validée
MCC14	Cons RCD		
MCC15	Cons DO		
MCC16	Pr juridique	82%	Validée
MCC17	MAT	67%	Rejetée
MCC18	Assistance		Rejetée

Tableau 22 : Résultats de la troisième hypothèse du risque de réserves M&W

- ▶ L'hypothèse est invalide pour les MCC2, MCC3, MCC4, MCC9, MCC10, MCC11, MCC12, MCC17, MCC18 au regard d'un faible R^2 et de la trop grande dispersion des paiements entre les deux premières années de développement.
L'hypothèse est invalide pour les MCC14 et MCC15 : Nous constatons les mêmes conclusions que pour les hypothèses 1&2.

Hypothèse 4 : pour toutes les années d'accident, la variance du montant de sinistres cumulé d'une année de développement est proportionnelle au montant de sinistres cumulé de l'année de développement précédente.

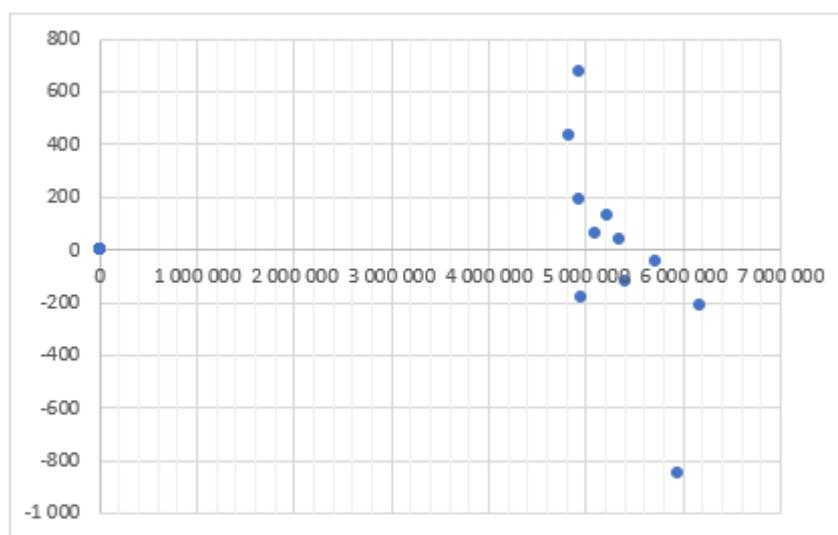
Les résidus normalisés ne doivent présenter aucune tendance pour être jugés aléatoire et ainsi pouvoir valider l'hypothèse.

Numéro de la MCC	Nom de la MCC	H4
MCC1	Santé	Validée
MCC2	Accident	Validée
MCC3	Auto RC corp part	Validée
MCC4	Auto RC corp pro	Validée
MCC5	Auto RC mat part	Validée
MCC6	Auto RC mat pro	Validée
MCC7	Auto mat part	Validée
MCC8	Auto mat pro	Validée
MCC9	Dommages part	Validée
MCC10	Dommages pro	Validée
MCC11	Grêle	Rejetée
MCC12	RC part	Validée
MCC13	RC pro	Validée
MCC14	Cons RCD	
MCC15	Cons DO	
MCC16	Pr juridique	Validée
MCC17	MAT	Validée
MCC18	Assistance	Validée

Tableau 23 : Résultats de la quatrième hypothèse du risque de réserves M&W

- ▶ L'hypothèse est validée pour toutes les MCCs sauf pour la MCC11 (grêle) : les résidus normalisés présentent une tendance, il y a donc un lien de dépendance entre les résidus normalisés et les paiements.
- ▶ Pour les MCC14 et MCC15, comme expliqué précédemment la méthode M&W ne peut être appliquée.

Par exemple pour la première année de développement de la MCC3 nous avons le graphique suivant :



Graphique 9 : Représentation des montants de sinistres cumulés de la première année en fonctions des résidus
Les résidus normalisés ne présentent aucune tendance, ils sont donc jugés aléatoires permettant ainsi la validation de l'hypothèse.

IV.4 Les résultats des paramètres USP

IV.4.1 Risque de Prime

Le tableau suivant présente les résultats des calculs des paramètres USP de primes par MCC. Faute de validation des hypothèses, les paramètres USP ne sont pas retenus et le paramètre de la formule standard est alors conservé.

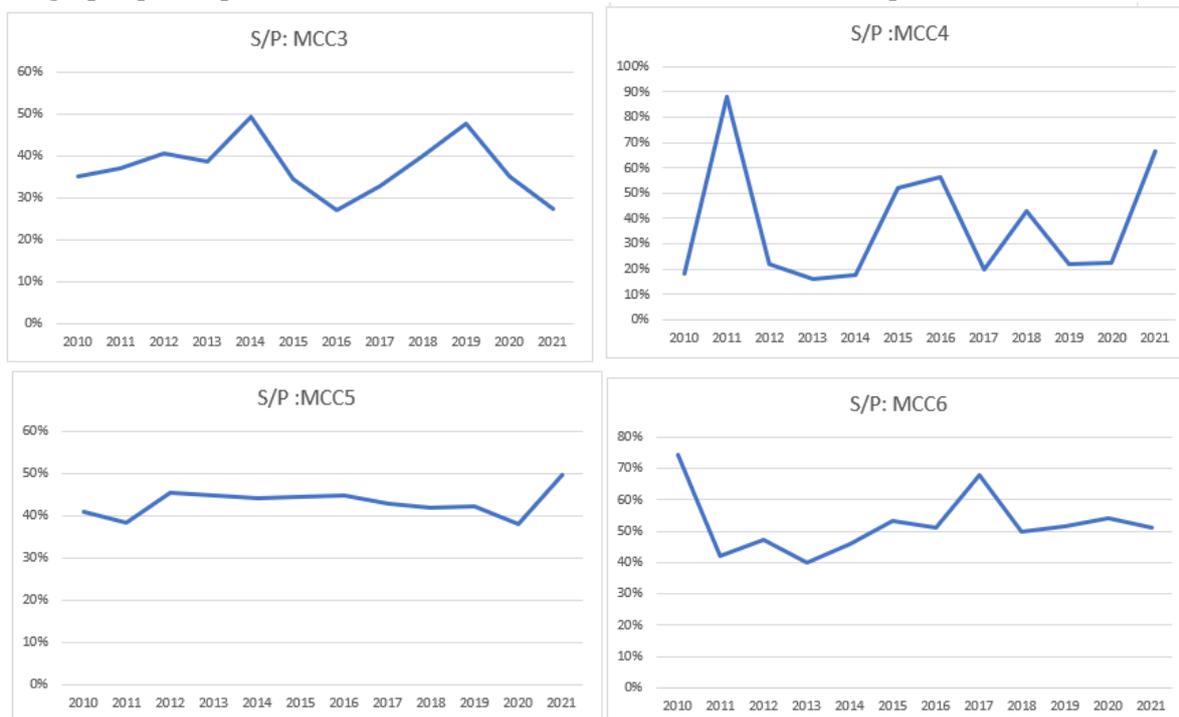
Risque	Numéro de la MCC	Nom de la MCC	MCC σ_{pr}	LOB S2 σ_{pr}	FS σ_{pr}
Santé	MCC1	Santé	5,0%	3,6%	5,0%
	MCC2	Accident	11,3%	8,5%	8,5%
Non-vie	MCC3	Auto RC corp part	8,0%	8,8%	8,0%
	MCC4	Auto RC corp pro	8,0%	8,8%	8,0%
	MCC5	Auto RC mat part	4,6%	8,8%	8,0%
	MCC6	Auto RC mat pro	5,3%	8,8%	8,0%
	MCC7	Auto mat part	2,5%	3,0%	8,0%
	MCC8	Auto mat pro	3,1%	3,0%	8,0%
	MCC9	Dommages part	6,4%	3,0%	6,4%
	MCC10	Dommages pro	4,6%	3,0%	6,4%
	MCC11	Grêle	6,4%	3,0%	6,4%
	MCC12	RC part	11,2%	4,2%	11,2%
	MCC13	RC pro	5,7%	4,2%	11,2%
	MCC14	Cons RCD	10,9%	4,2%	11,2%
	MCC15	Cons DO	7,7%	3,0%	6,4%
	MCC16	Pr juridique	8,3%	3,8%	8,3%
	MCC17	MAT	15,0%	15,0%	15,0%
	MCC18	Assistance	6,4%	6,4%	6,4%

Tableau 24 : Résultats des USP MCC et comparaison avec les USP Lob S2 et la formule standard

Ces résultats indiquent que :

- ▶ Pour les MCC dont le paramètre USP n'a pas été retenu, on constate une évolution des ratios S/P très volatile qui ne permet pas de valider les hypothèses requises pour le calibrage des USP sur ce risque.
- ▶ Les garanties assistance des produits commercialisés par abeille IARD & Santé sont peu significatives au sein du portefeuille

Les graphiques représentant les S/P des MCC relatif à la Lob4 sont représentés ci-dessous :



Graphique 10 : représentation des chroniques S/P de la MCC3,4,5,6

La volatilité de la chronique des S/P pour les MCC3 et MCC4 ne permet pas de valider les hypothèses requises pour le calibrage des USP sur ce risque. Contrairement au MCC5 et MCC6 où le niveau de sinistralité et donc de S/P se maintient au cours des années permettant la validation des hypothèses.

IV.4.2 Risque de Réserves

Le tableau suivant présente les résultats des calculs des paramètres USP de réserve par MCC. Faute de validation des hypothèses pour les deux méthodes, les paramètres USP ne sont pas retenus et le paramètre de la formule standard est alors conservé.

Risque	Numéro de la MCC	Nom de la MCC	MCC méthode 1 σ_{res}	MCC méthode 2 σ_{res}	MCC σ_{res}	LOB S2 σ_{res}	FS σ_{res}
Santé	MCC1	Santé	10%	22%	22,0%	11%	6%
	MCC2	Accident	10,5%	15,2%	10,5%	10,3%	14,0%
Non-vie	MCC3	Auto RC corp part	5,6%	8,1%	5,6%	5,8%	9,0%
	MCC4	Auto RC corp pro	5,6%	12,8%	5,6%	5,8%	9,0%
	MCC5	Auto RC mat part	5,0%	7,4%	7,4%	5,8%	9,0%
	MCC6	Auto RC mat pro	5,4%	28,0%	5,4%	5,8%	9,0%
	MCC7	Auto mat part	8,4%	10,5%	10,5%	9,6%	8,0%
	MCC8	Auto mat pro	10,5%	8,6%	10,5%	9,6%	8,0%
	MCC9	Domages part	6,9%	10,7%	6,9%	9,6%	10,0%
	MCC10	Domages pro	5,8%	19,6%	5,8%	9,6%	10,0%
	MCC11	Grêle	8,1%	8,1%	8,1%	9,6%	10,0%
	MCC12	RC part	5,5%	9,3%	5,5%	7,3%	11,0%
	MCC13	RC pro	6,1%	23,5%	6,1%	7,3%	11,0%
	MCC14	Cons RCD	7,4%		7,4%	7,3%	11,0%
	MCC15	Cons DO	9,0%		9,0%	9,6%	10,0%
	MCC16	Pr juridique	8,3%	3,9%	8,3%	8,2%	5,5%
	MCC17	MAT	11,0%	19,8%	11,0%	11,0%	11,0%
	MCC18	Assistance	22,0%	22,0%	22,0%	22,0%	22,0%

Tableau 25 : Résultats des USP MCC et comparaison avec les USP Lob S2 et formule standard

Quelques commentaires sur le tableau précédent :

- La méthode présentant les résultats les plus fiables devra être retenue :
Les hypothèses de la méthode Merz-Wüthrich mises en œuvre sur les MCC2, MCC3, MCC4, MCC6, MCC9, MCC10, MCC11, MCC12, MCC14, MCC15, MCC16,

MCC17, MCC18 ne sont pas validées ce qui ne nous permet pas de retenir l'USP obtenu. Par conséquent, ce sont les paramètres spécifiés par la méthode de Boni Mali qui sont utilisés.

- ▶ Si les deux méthodes présentent des résultats robustes, la méthode retenue est celle avec le coefficient de volatilité le plus élevé et donc le plus prudent. Par exemple : pour la MCC1 les deux méthodes sont valides. Le coefficient qui est retenu est celui de la méthode Merz-Wüthrich car il est supérieur et donc plus prudent que celui calibré par la méthode de boni-mali.

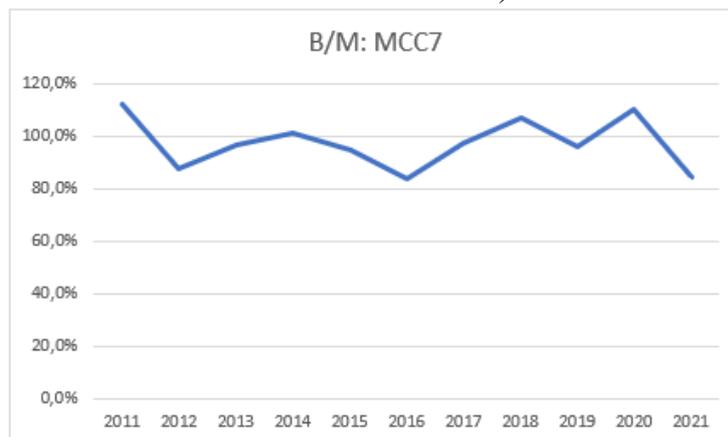
- ▶ La chronique de boni-mali observée dans la méthode de calcul du risque de réserves 1 est définie par fraction suivante :

$$Boni - mali = \frac{BE_{cl\grave{o}ture}^{Survenance \leq N} + paiements_{cl\grave{o}ture}^{Survenance \leq N}}{BE_{ouverture}^{Survenance \leq N}}$$

Où : BE est la meilleure estimation

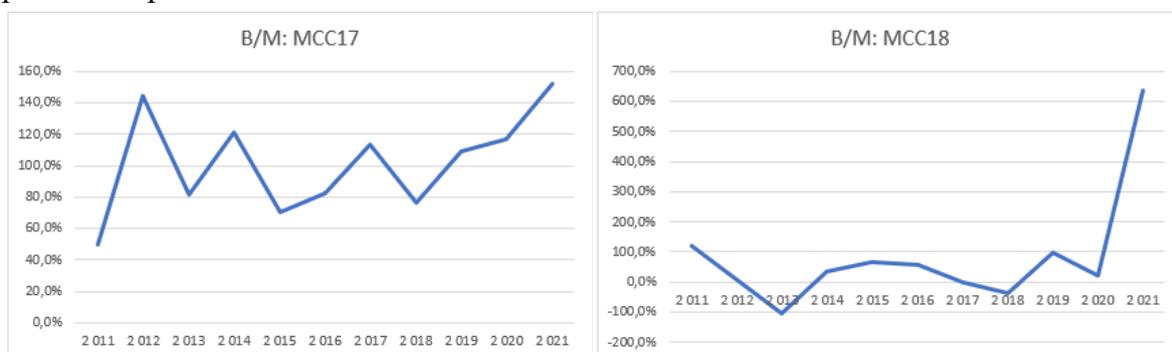
La volatilité de cette dernière au sein de la MCC7 est due à des rechargements significatifs effectués sur la survenance courante de l'année d'inventaire. Cela est lié à des sinistres tardifs et à des effets de gestion.

De plus, en 2020, nous observons d'importants mali liée à une dérive de la sinistralité et plus spécifiquement une dérive des coûts moyens sur les sinistres attritionnels (sinistres à fréquence de survenance élevée mais des coûts relativement faibles).



Graphique 11 : chronique de B/M au sein de la MCC7

Il y a également une très forte volatilité de la chroniques B/M au sein des MCC17 et 18, ne permettant pas de retenir l'USP obtenu.



Graphique 12 : chroniques de B/M au sein de la MCC17 et 18

En effet, la MCC18 regroupant les garanties assistance des produits commercialisés par abeille IARD & Santé est peu significative au sein du portefeuille. Les hypothèses requises pour la validation des USP sur le risque de réserves ne sont pas validées sur cette MCC.

Les paramètres de volatilités ainsi obtenus seront par la suite utilisés pour calculer le SCR ; cependant la matrice de corrélation définie par l'EIOPA ne peut être utilisée en raison du changement de segmentation. Ainsi, sera définie, dans la section suivante une nouvelle matrice de corrélation pour pouvoir agréger les MCC de la nouvelle maille.

IV.5 Enjeux de corrélation

IV.5.1 Principes généraux

La diversification des activités d'une compagnie d'assurance ou de réassurance, lui permet de réduire son exposition au risque : le résultat défavorable d'un risque peut être compensé par le résultat plus favorable d'un autre risque, lorsque ces risques ne sont pas parfaitement corrélés.

Une matrice de corrélation est donc utilisée pour évaluer ceci entre plusieurs risques qui peuvent survenir au même moment. Elle présente des coefficients de corrélation entre chaque risque dont la compagnie est exposée.

Le besoin de Capital d'une compagnie (SCR) est dans un premier temps calculé par module de risque (marché, souscription Non-Vie...) et sous module de risque (Lob...).

Il existe un degré de dépendance entre chaque risque, et au sein de chacun de ces risques, il existe un degré de dépendance entre ses sous modules de risque. Pour refléter cela, des coefficients de corrélation sont définis entre modules de risque et sous modules de risque.

Par exemple, une corrélation de 25% entre deux risques différents signifie que la probabilité que ces deux risques se réalisent simultanément est de 25%.

Ainsi, par effet de diversification :

- ▶ Le SCR de chaque module de risque est inférieur à la somme des SCR de ses sous modules de risque
- ▶ Le SCR de la compagnie est inférieur à la somme des SCR par module de risque

En formule Standard, des matrices de corrélation réglementaires sont utilisées pour agréger les SCR, dans un premier temps par modules de risque en agrégeant les sous modules de risque, puis au global en agrégeant les modules de risque.

IV.5.2 Nouvelle matrice de corrélation

Au sein de la maille MCC, le SCR de chaque risque s'obtient en agrégeant chaque branche via une matrice de corrélation, qui seront à leur tour agrégés via une autre matrice de corrélation pour obtenir le SCR globale.

La matrice de corrélation permettant d'agréger chaque MCC entre elles a été validée par l'ACPR dans le cadre de l'approbation du modèle interne.

	Accident	Sante	Auto_Corp_Part	Auto_Corp_Pro	Auto_Mat_Part	Auto_Mat_Pro	Dommmages_Part	Dommmages_Pro	Grele	RC_Part	RC_Pro	Cons_RCD	Cons_DO	Cons_Autre	Pr_Juridique	Divers
Accident	100%	25%	25%	25%	10%	10%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	10%	0%
Sante	25%	100%	33%	33%	10%	10%	10%	10%	25%	25%	25%	25%	33%	25%	10%	0%
Auto_Corp_Part	25%	33%	100%	50%	10%	25%	10%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	33%	25%	0%
Auto_Corp_Pro	25%	33%	50%	100%	10%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	33%	33%	33%	25%	0%
Auto_Mat_Part	10%	10%	10%	10%	100%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	25%	10%	10%	10%	0%
Auto_Mat_Pro	10%	10%	25%	25%	10%	100%	10%	10%	10%	10%	10%	25%	25%	25%	10%	0%
Dommmages_Part	25%	10%	10%	25%	10%	10%	100%	25%	25%	25%	33%	25%	25%	25%	10%	0%
Dommmages_Pro	25%	10%	25%	25%	10%	10%	25%	100%	25%	25%	33%	25%	25%	25%	10%	0%
Grele	25%	25%	25%	25%	10%	10%	25%	25%	100%	25%	25%	33%	33%	33%	25%	0%
RC_Part	25%	25%	25%	25%	10%	10%	25%	25%	25%	100%	33%	25%	33%	33%	10%	0%
RC_Pro	25%	25%	25%	25%	10%	10%	33%	25%	25%	33%	100%	25%	25%	33%	10%	0%
Cons_RCD	25%	25%	25%	33%	25%	25%	25%	33%	33%	25%	25%	100%	50%	50%	25%	0%
Cons_DO	25%	33%	25%	33%	10%	25%	25%	25%	33%	33%	25%	50%	100%	50%	25%	0%
Cons_Autre	25%	25%	33%	33%	10%	25%	25%	25%	33%	33%	33%	50%	50%	100%	25%	0%
Pr_Juridique	10%	10%	25%	25%	10%	10%	10%	10%	25%	10%	10%	25%	25%	25%	100%	0%
Divers	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%

Tableau 26 : Matrice de corrélation du modèle interne pour les risques non-vie et santé

Les MCC de la nouvelle segmentation sont à peu près similaires à celles du modèle interne. Des changements peuvent être alors effectués au sein de la matrice de corrélation utilisée pour le modèle interne :

- ▶ Ajout des branches de la ligne d'activité moteur (responsabilité civile) : automobile corporelle particuliers, automobile corporelle professionnels, automobile matériel particuliers, automobile matériels professionnels.
- ▶ Application des corrélations de 50% entre les nouvelles branches créées par avis d'expert

	Accident	Sante	Auto_RC Corp_Part	Auto_RC Corp_Pro	Auto_RC mat_Part	Auto_RC mat_Pro	Auto_Mat Part	Auto_Mat Pro	Dommmages Part	Dommmages Pro	Grele	RC_Part	RC_Pro	Cons_RCD	Cons_DO	Pr_Juridiqu e	MAT	Assistance
Accident	100%	25%	25%	25%	25%	25%	10%	10%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	10%	25%	25%
Sante	25%	100%	33%	33%	33%	33%	10%	10%	10%	10%	25%	25%	25%	25%	33%	10%	25%	25%
Auto_RC Corp_Part	25%	33%	100%	50%	100%	50%	10%	25%	10%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	50%	25%
Auto_RC Corp_Pro	25%	33%	50%	100%	50%	100%	10%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	33%	33%	25%	50%	25%
Auto_RC mat_Part	25%	33%	100%	50%	100%	50%	10%	25%	10%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	50%	25%
Auto_RC mat_Pro	25%	33%	50%	100%	50%	100%	10%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	33%	33%	25%	50%	25%
Auto_Mat Part	10%	10%	10%	10%	10%	10%	100%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	25%	10%	10%	25%	50%
Auto_Mat Pro	10%	10%	25%	25%	25%	25%	10%	100%	10%	10%	10%	10%	10%	25%	25%	10%	25%	50%
Dommmages Part	25%	10%	10%	25%	10%	25%	10%	10%	100%	25%	25%	25%	33%	25%	25%	10%	25%	50%
Dommmages Pro	25%	10%	25%	25%	25%	25%	10%	10%	25%	100%	25%	25%	25%	33%	25%	10%	25%	50%
Grele	25%	25%	25%	25%	25%	25%	10%	10%	25%	25%	100%	25%	25%	33%	33%	25%	25%	50%
RC_Part	25%	25%	25%	25%	25%	25%	10%	10%	25%	25%	25%	100%	33%	25%	33%	10%	25%	25%
RC_Pro	25%	25%	25%	25%	25%	25%	10%	10%	33%	25%	25%	33%	100%	25%	25%	10%	25%	25%
Cons_RCD	25%	25%	25%	33%	25%	33%	25%	25%	25%	33%	33%	25%	25%	100%	50%	25%	25%	25%
Cons_DO	25%	33%	25%	33%	25%	33%	10%	25%	25%	25%	33%	33%	25%	50%	100%	25%	25%	50%
Pr_Juridique	10%	10%	25%	25%	25%	25%	10%	10%	10%	10%	25%	10%	10%	25%	25%	100%	25%	25%
MAT	25%	25%	50%	50%	50%	50%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	100%	50%
Assistance	25%	25%	25%	25%	25%	25%	50%	50%	50%	50%	50%	25%	25%	25%	50%	25%	50%	100%

Tableau 27 : Matrice de corrélation de la nouvelle maille pour les risques non-vie et santé

La matrice de corrélation ainsi décrite permettra d'agréger les SCR de primes et de réserves des MCC

Pour ce qui concerne l'agrégation des SCR des modules ou sous-modules de risque, nous utiliserons les matrices de corrélation réglementaires définies par l'EIOPA

IV.6 Calcul du SCR

Dans cette partie les montants sont exprimés en millions d'euros.

IV.6.1 Le SCR de Prime et Réserves

Pour obtenir notre SCR de primes et de réserve il est essentiel d'avoir les volumes de prime et de réserve pour ensuite pouvoir appliquer la formule :

$$3 * \sigma * V$$

Tels que :

- ▶ σ : le paramètre USP de prime et de réserve calculé dans la partie précédente
- ▶ V : le volume de prime et de réserve

Nous avons eu à notre disposition pour chaque GRH :

- ▶ Le total des sinistres à payer brut et cédée
- ▶ Le total des IBNR brut et cédée
- ▶ Le total des PSNEM (se sont les provisions pour sinistres non encore manifestés, destinée à couvrir les sinistres futurs des contrats déjà souscrits et constituée dès la déclaration d'ouverture de chantier) relatif aux données des garanties constructions
- ▶ Le total des primes net

Les expositions relatives aux volumes de primes et de réserves utilisés pour calculer le SCR sont les données officielles du T4 2021 ; celles renseignées dans les QRT.

Il est important de souligner qu'Abeille IARD et santé dispose des solutions de réassurance locales et une solution de réassurance dite « SCOR/swissRE » qui intervient en bout de chaîne c'est-à-dire après application de la structure de réassurance locale. Pour cette dernière, le traité est en quote-part de 25%, ainsi la cédante (l'assurance) partage une proportion (25%) équivalente de ses primes et des sinistres de son portefeuille au réassureur.

Toutes les composantes qui entrent dans le calcul du risque de prime sont cédées à 25%, nous multiplions donc les expositions nettes de la réassurance locale par 75%.

Pour le risque de Réserves, nous cédon environ 76%. En effet, on a un volume de réserves égal à la somme des provisions d/d, des IBNR, de la PFGS (Provisions pour Frais de Gestion de Sinistres) et de la Provisions pour Frais d'Investissement

Tels que :

- ▶ Les provisions dossier/dossier et les IBNR sont cédées à 25%
- ▶ La PFGS et la provision pour frais d'investissement ne sont pas cédées

Justifiant ainsi la cession de 76%.

Les volumes sont présentés dans le tableau suivant :

Risque	MCC	Nom de la MCC	Volume de réserve (Vres)	Volume de prime (Vpr)
Santé	MCC1	Santé	19 545 450	14 133 692
	MCC2	Accident	17 825 181	204 424 065
Non-vie	MCC3	Auto RC corp part	255 202 349	30 282 056
	MCC4	Auto RC corp pro	127 785 329	15 442 441
	MCC5	Auto RC mat part	46 049 320	97 114 058
	MCC6	Auto RC mat pro	29 363 457	56 938 347
	MCC7	Auto mat part	22 136 829	242 829 008
	MCC8	Auto mat pro	22 100 947	117 792 074
	MCC9	Dommages part	159 804 547	189 113 761
	MCC10	Dommages pro	104 075 106	201 075 486
	MCC11	Grêle	33 216 149	49 168 279
	MCC12	RC part	39 035 903	30 161 234
	MCC13	RC pro	142 211 450	95 436 208
	MCC14	Cons RCD	421 840 277	48 002 355
	MCC15	Cons DO	81 191 742	48 611 860
	MCC16	Pr juridique	36 248 512	58 340 095
	MCC17	MAT	2 772 286	9 093 093
	MCC18	Assistance	13 238	696 454
Total			1 560 418 072	1 508 654 564

Nous pouvons alors déterminer le SCR de Prime et le SCR de Réserves :

Risque	Numéro de la MCC	Nom de la MCC	σ_{pr}	σ_{res}	Volume de prime (Vpr)	Volume de réserve (Vres)	SCR prime $3 + \sigma_{pr} + V_{pr}$	SCR réserves $3 + \sigma_{res} + V_{res}$
Santé	MCC1	Santé	5,0%	22,0%	14 133 692	19 545 450	2 931 817	9 328 237
	MCC2	Accident	11,3%	10,5%	204 424 065	17 825 181	6 042 736	64 393 580
Non-vie	MCC3	Auto RC corp part	8,0%	5,6%	30 282 056	255 202 349	61 248 564	5 087 385
	MCC4	Auto RC corp pro	8,0%	5,6%	15 442 441	127 785 329	30 668 479	2 594 330
	MCC5	Auto RC mat part	4,6%	7,4%	97 114 058	46 049 320	6 354 806	21 559 321
	MCC6	Auto RC mat pro	5,3%	5,4%	56 938 347	29 363 457	4 668 790	9 224 012
	MCC7	Auto mat part	2,5%	10,5%	242 829 008	22 136 829	1 660 262	76 491 137
	MCC8	Auto mat pro	3,1%	10,5%	117 792 074	22 100 947	2 055 388	37 104 503
	MCC9	Dommages part	6,4%	6,9%	189 113 761	159 804 547	30 682 473	39 146 548
	MCC10	Dommages pro	4,6%	5,8%	201 075 486	104 075 106	14 362 365	34 987 135
	MCC11	Grêle	6,4%	8,1%	49 168 279	33 216 149	6 377 501	11 947 892
	MCC12	RC part	11,2%	5,5%	30 161 234	39 035 903	13 116 063	4 976 604
	MCC13	RC pro	5,7%	6,1%	95 436 208	142 211 450	24 318 158	17 464 826
	MCC14	Cons RCD	10,9%	7,4%	48 002 355	421 840 277	137 941 770	10 584 519
	MCC15	Cons DO	7,7%	9,0%	48 611 860	81 191 742	18 755 292	13 154 369
	MCC16	Pr juridique	8,3%	8,3%	58 340 095	36 248 512	9 025 880	14 526 684
	MCC17	MAT	15,0%	11,0%	9 093 093	2 772 286	1 247 529	3 000 721
	MCC18	Assistance	6,4%	22,0%	696 454	13 238	2 542	459 660

Enfin, à l'aide de la matrice de corrélation, construite dans la partie IV.5.2, nous pouvons en déduire les SCR de Primes & Réserves pour les modules de risques souscription non-vie et santé.

	SCR risque de prime et réserve
Risque de souscription santé	43,5
Risque de souscription non-vie	253,1

Tableau 28: résultats de SCR risque de prime et réserve des modules de risques relatifs

IV.6.2 Le SCR des risques non-vie et santé

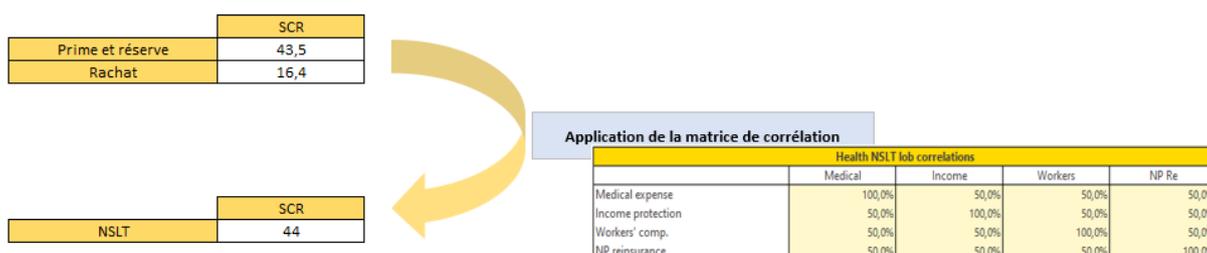
a) Le risque de souscription santé

Pour rappel le risque de souscription santé est scindé en deux catégories : similaires aux techniques de valorisation vie (SLT) ou non (NSLT).

Le sous-module de risque de prime et de réserve est relatif au module santé non similaire aux techniques de valorisation non-vie. On y retrouve notamment le risque de rachat et de catastrophe (cf. I.3.3).

Les étapes du calcul du SCR de souscription santé sont :

- 1ère étape : déduction du SCR NSLT par agrégation des SCR sous modulaire (prime et réserve, rachat et catastrophe) à l'aide d'une matrice de corrélation associée.



- 2ème étape : déduction des SCR santé par agrégation des SCR NSLT, SLT et catastrophe à l'aide d'une matrice de corrélation associée.

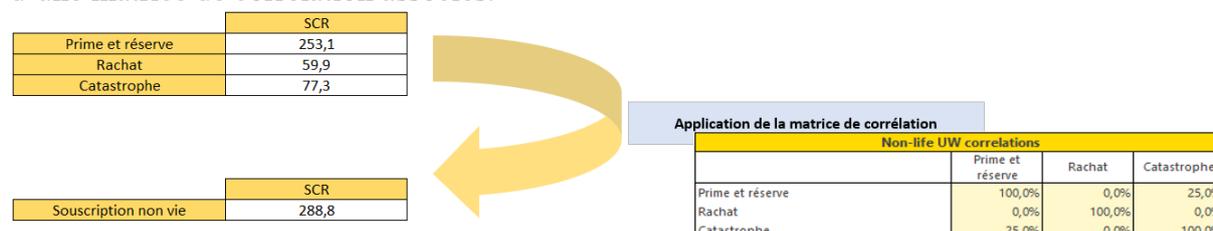


b) Le risque de souscription non-vie

Le risque de souscription non-vie se décompose en trois sous-modules :

- Le risque de prime et de réserve
- Le risque de rachat
- Le risque de catastrophe

Le calcul du SCR de souscription non-vie est obtenue en agréant les sous-modules à l'aide d'une matrice de corrélation associés.



IV.6.3 Résultat du SCR global

Le SCR global correspond à la somme entre les composantes bSCR, risque opérationnel et module d'ajustements. Le bSCR est calculé en agrégeant les modules de risques suivants à l'aide d'une matrice de corrélation (cf. tableau 29) :

- ▶ Le risque de marché
- ▶ Le risque de souscription en santé
- ▶ Le risque de défaut de contrepartie
- ▶ Le risque de souscription en vie
- ▶ Le risque de souscription non-vie
- ▶ Le risque incorporel

Au T4 2021, et en changeant uniquement les modules de risque qui sous-tendent aux USP, nous avons :

$$SCR_{USP,MCC} = 488,6$$

Correlations of risks					
	SCRmkt	SCRdef	SCRlife	SCRhealth	SCRnl
SCRmkt	1,00	0,25	0,25	0,25	0,25
SCRdef	0,25	1,00	0,25	0,25	0,50
SCRlife	0,25	0,25	1,00	0,25	0,00
SCRhealth	0,25	0,25	0,25	1,00	0,00
SCRnl	0,25	0,50	0,00	0,00	1,00

Tableau 29: La matrice de corrélation associée au calcul du BSCR

IV.7 Comparaisons des différents calibrages

Les résultats et les impacts des différentes méthodes de calibrages sur le ratio de solvabilité sont recensés dans le tableau ci-dessous :

	FS (A)	USP LoB S2 (B)	USP MCC (C)	(B) - (A)	(C) - (B)	(C) - (A)
SCR Total	681,2	532,9	488,6	-148,3	-44,3	-192,6
dont SCR Souscription non-vie	513,8	355,2	288,8	-158,6	-66,4	-225,0
dont SCR Santé	49,3	43,3	53,7	-6,0	10,4	4,4
Fonds Propres	818,0	846,0	868,2	28,0	22,2	50,2
dont Marge de risque (RM)	114,6	76,8	46,9	-37,7	-30,0	-67,7
dont DTL (générée par la RM)	67,7	77,4	85,2	9,7	7,7	17,5
Ratio de solvabilité	120,1%	158,8%	177,7%	38,7%	18,9%	57,6%

Tableau 30 : résultats et impacts des différentes méthodes de calibrage sur le ratio de solvabilité

Les résultats mettent en exergue les points suivants :

- ▶ Baisse du SCR USP MCC par rapport au SCR USP Lob S2 de 44.3M€ qui se traduit par une segmentation plus homogène des risques d'Abeille IARD et Santé que celle utilisée dans la directive S2 ainsi qu'une corrélation plus adaptée aux profils de risques d'AIS.
- ▶ Gain Formule Standard \diamond USP S2 estimé à 39pts de ratio de solvabilité d'AIS généré par la prise en compte du profil de risque d'AIS dans les risques de primes & réserves
- ▶ Gain USP S2 \diamond USP MCC estimé à 19pts de ratio de solvabilité d'Abeille IARD & Santé au 31/12/2021 généré par l'utilisation de la segmentation par branche homogène définie dans cette étude par rapport au USP à la maille Lob S2
- ▶ Soit un gain total FS \diamond USP MCC de 57pts de couverture.

La prise en compte du profil de risque de la compagnie dans l'évaluation de ses risques au titre du Pilier I permet de générer des gains en point de ratio de solvabilité

Conclusion

La finalité des travaux menés est de calculer les paramètres USP d'Abeille Assurance à une maille plus adaptée au profil de risque de la compagnie.

Dans un premier temps, l'objectif était de rappeler la réglementation autour du calibrage des USP qui consiste à calculer sur la base des méthodes dite standardisées (c'est-à-dire décrites par la réglementation), des paramètres de volatilité propres au portefeuille de l'assureur. Ces derniers sont les coefficients de variation pour les sous modules de prime et de réserve des risques souscription non-vie et santé non similaire à la vie.

Pour ce faire, nous avons utilisé les méthodologies précisées dans les textes réglementaires :

- Pour le risque de prime en se basant sur le calibrage de la volatilité S/P
- Pour le risque de réserve deux méthodes peuvent être utilisées (la plus robuste a été retenue) : la première dite Boni / Mali est fondée sur l'erreur de prédiction des sinistres historiques observés et la seconde dite Merz-Wüthrich repose sur la volatilité du risque de réserves reflétée par le calcul de l'erreur quadratique moyenne.

L'utilisation des méthodes précédentes nécessite la validation en amont d'un certain nombre d'hypothèses méthodologiques.

Une présentation des résultats du calibrage des USP à la maille Lob S2 a été décrite et comparée à la formule standard. Nous avons constaté que les coefficients de variation pour les risques de prime et réserve pris séparément sont différents des paramètres de la formule standard, ceci implique donc une baisse du SCR en utilisant le calibrage des USP par rapport à la formule standard d'environ 22%.

Cependant, la segmentation Lob S2 a été définie lors de la mise en place de la Directive Solvabilité 2, sur un panel d'acteurs du marché européen. Cette segmentation ne tient pas compte de toutes les spécificités du marché ainsi que du profil de risque de la compagnie.

Un travail a donc été mené sur la définition d'une nouvelle segmentation plus adaptée au profil de risque. Le calcul des paramètres USP de cette nouvelle maille a ensuite été réalisée (maille MCC). Nous avons ainsi défini une corrélation adaptée à cette segmentation qui s'inspire de celle du modèle interne d'Aviva, cette dernière tenant compte des spécificités des risques de la compagnie.

Le retraitement des données constitue une partie importante pour la validation des hypothèses et le calcul des paramètres USP de la maille MCC. Il est important de préciser que lorsque des hypothèses ne sont pas validées, les paramètres USP ne sont pas retenus et le paramètre de la formule standard est alors conservé.

L'étude menée permet donc de pouvoir comparer le calcul des paramètres USP entre la maille MCC, la maille Lob S2 et la formule standard :

- Au niveau du SCR total : nous avons une baisse du SCR USP MCC par rapport au SCR USP Lob S2 de 44,3M€ et de 192,6 M€ par rapport à la formule standard.
- Au niveau du ratio de solvabilité : nous avons un gain estimé à 19points pour les USP à la maille MCC par rapport aux USP à la maille Lob S2, soit un gain total de 57 points de couverture entre la formule standard et les USP à la nouvelle maille.

Ceci résulte donc d'une segmentation plus homogène des risques d'Abeille IARD et santé ainsi que d'une corrélation plus adaptée aux profils de risques.

Bibliographie

Ouvrages et textes réglementaires :

- Dreyfuss M-L (2012) – Les grands principes de Solvabilité 2. Editions l’argus de l’assurance.
- Massimo De Felice et Franco Moriconi- On the estimation of the Undertaking specific parameters and the Related Hypothesis testing, Working paper No. 25 of the Department of Economy, University of Perugia.
- Thomas Mack - Measuring the variability of chain ladder reserve estimates.
- Merz M.Wüthrich- Modelling the Claims Development Result for solvency purposes.
- Merz M.Wüthrich- Uncertainty of the Claims Development result in the Chain Ladder Method.
- Directive européenne 2009/138/CE.
- Code des Assurances.
- Règlement délégué (UE) 2015/35 de la commission Européenne.
- ACPR-Notice Solvabilité II- calcul du SCR en formule standard.
- EIOPA (2011) – Draft proposal for Implementing Technical Standard on Undertaking Specific Parameters.

Mémoires :

- Fabien Besseyre- Le calibrage des « undertaking specific parameters » en Prévoyance.
- Laverny Oskar- Provisionnement et risque de réserve en assurance construction

Annexes

Annexe 1. Paramètres de la formule standard

- Volatilité standard par branche d'activité :

Segment Solvabilité II	Coefficient de volatilité pour le risque de prime	Coefficient de volatilité pour le risque de réserve
1- Responsabilité Civile (RC) Automobile	10%	9%
2- Dommages Automobile	8%	8%
3- Marine, aviation, transport (MAT)	15%	11%
4- Incendies & autres dommages aux biens (DAB)	8%	10%
5- Responsabilité civile (RC) générale	14%	11%
6- Crédits et cautions	12%	19%
7- Protection juridique	7%	12%
8- Assistance	9%	20%
9- Pertes pécuniaires diverses	13%	20%
10- Réassurance accidents non proportionnelle	17%	20%
11- Réassurance non-proportionnelle MAT	17%	20%
12- Réassurance dommages non proportionnelle	17%	20%

- Matrice de corrélation entre les branches d'activités :

Niveau de corrélation	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1- Responsabilité Civile (RC) Automobile	1											
2- Dommages Automobile	0,5	1										
3- Marine, aviation, transport (MAT)	0,5	0,25	1									
4- Incendies & autres dommages aux biens (DAB)	0,25	0,25	0,25	1								
5- Responsabilité civile (RC) générale	0,5	0,25	0,25	0,25	1							
6- Crédits et cautions	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	1						
7- Protection juridique	0,5	0,5	0,25	0,25	0,5	0,5	1					
8- Assistance	0,25	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	1				
9- Pertes pécuniaires diverses	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1			
10- Réassurance accidents non proportionnelle	0,25	0,25	0,25	0,5	0,25	0,25	0,25	0,5	0,25	1		
11- Réassurance non-proportionnelle MAT	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	1	
12- Réassurance dommages non proportionnelle	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,25	0,25	1

- Matrice de corrélation BSCR :

Niveau de corrélation	Marché	Défaut	Vie	Santé	Non-vie
Marché	1				
Défaut	0,25	1			
Vie	0,25	0,25	1		
Santé	0,25	0,25	0,25	1	
Non-vie	0,25	0,5	0	0	1

- Matrice de corrélation du risque de souscription santé :

Niveau de corrélation	1	2	3	4
1- Assurance frais médicaux et réass. Prop.	1			
2- Assurance protection du revenu et réass. prop.	0,5	1		
3- Assurance indemnisation des travailleurs et réass. Prop.	0,5	0,5	1	
4- Réassurance santé non proportionnelle	0,5	0,5	0,5	1

- ▶ Matrice de corrélation du risque de souscription non vie :

Niveau de corrélation	Prime & réserve	Rachat	Catastrophe
Prime et réserve	1		
Rachat	0	1	
Catastrophe	0,25	0	1

Annexe 2. Méthode du maximum de vraisemblance

L'estimation par maximum de vraisemblance est une méthode statistique qui permet la construction de l'estimateur du maximum de vraisemblance.

L'estimateur du maximum de vraisemblance présente de bonnes propriétés sous des hypothèses relativement générales dites de régularité.

Le but est de construire un estimateur à l'aide de cette méthode.

En effet, la vraisemblance mesure la probabilité que des observations proviennent d'une loi donnée, et l'estimateur du maximum de vraisemblance est déterminé en maximisant cette vraisemblance.

L'estimateur du maximum de vraisemblance correspond à $\hat{\theta}_n$ de (x_1, \dots, x_n) vérifiant :

$$L(x_1, \dots, x_n; \hat{\theta}_n) = \text{Max}_{\theta \in \Phi} L(x_1, \dots, x_n; \theta)$$

Chercher l'estimateur du maximum de vraisemblance revient à chercher le maximum de la fonction L.

- ▶ Si L est deux fois dérivable par rapport à θ , la solution est obtenue par :

$$\frac{\partial L}{\partial \theta} = 0 \text{ vérifiant } \frac{\partial^2 L}{\partial \theta^2} < 0$$

- ▶ Il est préférable de remplacer L par $\log(L)$, puisque la fonction log est strictement croissante.

Annexe 3. Bootstrap

Pour construire un intervalle de confiance, il faut connaître la loi d'un estimateur ou la loi limite d'une transformée d'un estimateur. Mais lorsque la loi est inconnue, il existe une solution numérique appelée le bootstrap.

En effet, le bootstrap est une méthode de rééchantillonnage très similaire aux simulations de Monte Carlo mais en simulant à partir de la loi empirique des données.

En utilisant les données, le bootstrap permet donc d'approcher des caractéristiques de la loi d'un estimateur.

Le bootstrap se base sur de nouveaux échantillons obtenus par tirage avec remise à partir de l'échantillon initial (tirage avec remise des éléments de l'échantillon original pour obtenir un échantillon de même taille).

Ce processus est alors répété plusieurs fois pour ensuite avoir des statistiques qui sont calculées pour chacun des échantillons.

Il existe deux approches bootstrap:

- ▶ Bootstrap paramétrique : les données font partie d'une famille de lois paramétriques.
- ▶ Bootstrap non paramétrique : la loi de l'estimateur du paramètre inconnu est caractérisée selon une distribution empirique.

Le principe est de chercher à caractériser la loi de nos observations :

Soit un échantillon d'observation (X_1, \dots, X_n) , nous cherchons à estimer θ comme l'espérance de la loi, sa médiane ou encore sa variance.

θ est estimé à l'aide de $T(X)$, sa valeur selon l'observation sur les données.

L'objectif du bootstrap est de chercher à caractériser la loi de l'estimateur (c'est-à-dire $T(X)$) soit par rapport à son biais, sa variance, le risque quadratique, les quantiles ou sa fonction de répartition...

Annexe 4. Régression linéaire

La régression est probablement l'outil statistique le plus utilisé pour établir des prévisions.

L'objectif est d'estimer la relation qu'il existe entre 2 ou plusieurs variables :

▶ Régression linéaire simple : lorsqu'il y a l'existence que d'une seule variable explicative.

▶ Régression linéaire multiple : s'il existe plus d'une variable explicative.

Selon la relation qui existe entre les données, toutes les régressions ne sont pas linéaires.

Le modèle de régression linéaire simple est défini par une équation de la forme (forme vectorielle) :

$$\forall i \in [1; n] \quad Y = \beta_1 + \beta_2 X + \varepsilon$$

Avec :

- Y : variable aléatoire quantitative à expliquer
- X : variable aléatoire qualitative et/ou quantitative explicative
- ε : erreur avec $E[\varepsilon_i] = 0$ et $\text{cov}(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = \sigma^2$ si $i=j$ et 0 sinon. $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$
- β_1, β_2 : paramètres constants inconnus du modèle

L'estimation des paramètres β_1, β_2 et σ^2 est obtenue en maximisant la vraisemblance de la somme des carrés des écarts entre modèle et observation (MCO).

▶ Les estimateurs des MCO ont pour expression :

$$\hat{\beta}_1 = \bar{y} - \hat{\beta}_2 \bar{x},$$

avec :

$$\hat{\beta}_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})y_i}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}.$$

▶ σ^2 est estimée par :

$$\hat{\sigma}^2 = \sum_{i=1}^n \hat{\varepsilon}_i^2 / (n - 2)$$

Le coefficient de détermination R^2 est un élément important de la régression linéaire puisque ce dernier permet de savoir à combien de % X explique Y .

De façon générale, l'interprétation est la suivante : le modèle de régression linéaire permet d'expliquer $100 \times R^2\%$ de la variance totale des données.

Le modèle de régression linéaire multiple est une généralisation du modèle de régression simple lorsque les variables explicatives sont en nombre quelconque. Un modèle de régression linéaire est défini par une équation de la forme :

$$Y = X\beta + \varepsilon$$

Avec :

- Y : vecteur aléatoire de dimension n
- X : matrice de taille $n \times p$ connue, appelée matrice du plan d'expérience
- β : vecteur de dimension p des paramètres inconnus du modèle
- ε : vecteur de dimension n des erreurs

Annexe 5. Test de Kolmogorov Smirnov

Le test de normalité de Kolmogorov-Smirnov permet de déterminer si une distribution (généralement une distribution d'échantillon) correspond aux caractéristiques d'une distribution normale.

Une fois qu'on a conduit le test de normalité, l'hypothèse nulle (H_0) stipulant la normalité des données est acceptée si la p -valeur est supérieure à 5% sinon l'hypothèse est rejetée.

Soit X_1, \dots, X_n , n variables identiquement distribuées avec pour fonction de répartition F et pour fonction de répartition F^* . L'objectif de ce test est de comparer F^* et F afin de décider si on peut conclure à l'identité des distributions et de rejeter ou non l'hypothèse H_0 .

Annexe 6. Test d'absence d'effet calendaire

Ce test proposé par Thomas Mack permet de tester l'indépendance des années de souscription qui peut être remise en cause dû à des effets dit « calendaires ».

Nous calculons les facteurs de développement individuel $f_{i,j} = \frac{c_{i,j+1}}{c_{i,j}}$ (comme dans la méthode

Chain Ladder) et nous définissons les éléments d'une diagonale par :

$$D_j = \{D_{j,1}, D_{j-1,2}, \dots, D_{2,j-1}, D_{1,j}\}, \quad 1 \leq j \leq n$$

Pour chaque colonne j du triangle des facteurs de développement individuels, nous comparons ses éléments à la médiane de cette même colonne que nous notons :

$$med_j = \text{médiane}(f_{1,j}, \dots, f_{n-j,j}) \quad 1 \leq j \leq n$$

Nous construisons ensuite un triangle qui est constitué de valeurs suivantes, selon un j fixé :

$$-1 \text{ si } f_{i,j} < med_j$$

$$1 \text{ si } f_{i,j} > med_j$$

$$0 \text{ si } f_{i,j} = med_j$$

Pour chaque diagonal, nous notons L_j le nombre de « 1 » et S_j le nombre de « -1 ». Dans le cas théorique d'absence d'effet calendaire, la probabilité d'être au-dessus ou au-dessous de la médiane est de 50 % et donc les valeurs de L_j et S_j doivent être très proches.

On pose $Z_j = \min(S_j; L_j)$ qui suit une loi binomiale $B(n_j, p)$ avec $n_j = L_j + S_j$ et $p=0,05$.

Thomas Mack a démontré que :

$$E(Z_j) = \frac{n_j}{2} - \frac{n_j}{2^{n_j}} \left(\frac{n_j - 1}{\left[\frac{n_j - 1}{2} \right]} \right)$$

Et

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

En considérant toutes les diagonales, on définit la variable aléatoire $Z = \sum_{k=2}^{n-1} Z_k$ tel que :

$$E(Z) = \sum_{k=2}^{n-1} E(Z_k) \text{ et } V(Z) = \sum_{k=2}^{n-1} V(Z_k)$$

MCC4 - Auto RC Corp Pro																									
12m	24m	36m	48m	60m	72m	84m	96m	108m	120m	132m	144m	156m	168m	180m	192m	204m	216m	228m	240m	252m	264m				
2000	219352386	228250003	232398161	237579291	241434973	244606027	246809901	248142869	249126242	250510118	251434197	252630867	253620679	254909065	256296291	255064240	255182090	255801788	255892039	256161504	256638352				
2001	152361857	437439512	633848745	79280111	864949142	985759954	113007407	116259968	116994856	120041319	126146414	126370033	130066271	130792782	130992782	132067626	143654362	149946209	150003931	150049675	150195920				
2002	152089033	40617476	398785688	344114482	807813428	844194089	886483893	939680075	104912354	109144748	116637867	12180872	124278077	124413401	12477382										
2003	98993171	440338010	610126251	712435768	818972758	105597928	147731236	151889969	152759108	158200222	153482372	153440345	153440345	153904661	153988861	153892661	153881161	153891161	153891161	153891161	153891161				
2004	142799204	493410820	662065168	754016217	800234275	887408377	939509197	92033418	923959187	924129191	92617174	92617174	92617174	92617174	92617174	926205733	926205733	926205733	926205733	926205733	926205733				
2005	16446211	49852013	719165099	844046971	986804457	108823677	108738821	120371692	140412411	168321725	168396225	168421491	169484092	170503369	171060177	175733482	175733482	175733482	175733482	175733482	175733482				
2006	142877533	474958981	623035310	88239066	940786049	118156265	123780834	125258988	126675119	130141264	130189864	132258773	133236363	132345382	132463017										
2007	153824836	404649945	615207007	79689291	970006722	119651598	127262445	130852993	131108413	1340949382	141627601	141937761	142111791	142132401	142400006										
2008	143720013	48892217	656767748	797440814	841948089	886483893	939680075	104912354	109144748	116637867	12180872	124278077	124413401	12477382											
2009	10514402	41200473	536983853	709609273	960106228	784550989	79821475	813884383	818927264	85746073	908893067	91844718	924317930												
2010	140061486	348746542	463575553	649703702	732191078	766548761	808193522	831449162	874450858	920449007	922688698	922699322													
2011	102694699	658173106	926222471	117237904	14419171	162386487	20691172	245346459	247124833	249308019															
2012	1227038301	35795673	541923814	673623319	768237771	864131672	8800991	109435263	109513381	109980838															
2013	136304463	490682815	672855120	782543355	853382969	901336033	102614189	109910061	109914903																
2014	164247082	433896025	724678755	856427976	93779125	103181506	124744049	12722627																	
2015	147982026	624610777	93444659	126427428	137131885	160467699	173122805																		
2016	247467406	741891806	122129369	226296618	250575221	269768765																			
2017	202472707	729803608	11194066	135372879	173066443																				
2018	202805499	803860054	128971616	157840663																					
2019	208442202	627066746	1047198038																						
2020	17970725	536350603																							
2021	273866345																								

● MCC5- Automobile RC matériel particuliers :

MCC5 - Auto RC Mat Part																									
12m	24m	36m	48m	60m	72m	84m	96m	108m	120m	132m	144m	156m	168m	180m	192m	204m	216m	228m	240m	252m	264m				
2000	344440467	358555343	361232389	361714695	361933902	361217950	362431848	362498464	362551457	362636451	363056358	363104064	363203744	364003251	364200232	363929700	363934332	363924206	363926262	36338610	365377345	365378399			
2001	24967491	389957278	398467921	398467921	400512168	401769758	402785643	402770625	402540259	403638555	403655441	40363342	403638703	403636703	403635703	403635703	403635703	406477856	406477856	406477856	406477856	406477856			
2002	243720117	356939211	361396564	368699152	370820541	371105911	373542471	376595663	376630634	376629621	373745040	373319115	373308815	373414856	373402288	373391888	373331000	373150009	373150009	373150009	373150009	373150009			
2003	215668231	310767367	319016753	322488516	326132167	325878168	325538168	325372993	326108023	326360623	326353295	326666738	326666738	326666738	326666738	326666738	326666738	326666738	326666738	326666738	326666738	326666738			
2004	224138273	322882784	330973389	335234709	337524069	337998076	338360436	338425785	344933816	34491071	34491071	34491071	34491071	344926794	344932354	34634318	346435111	346435111	346435111	346435111	346435111	346435111			
2005	231902469	336723062	347006671	349386789	352342753	354656574	354892252	355034377	354994999	354946465	354462476	354430819	354361698	354340506	355788248	355986401	355986401	355986401	355986401	355986401	355986401	355986401			
2006	217873474	319235859	325198874	325198874	325198874	325198874	325198874	325198874	325198874	325198874	325198874	325198874	325198874	325198874	325198874	325198874	325198874	325198874	325198874	325198874	325198874	325198874			
2007	224289649	341774425	360769384	367136511	371398361	370520805	371407407	371755387	372275534	373215458	373308205	399629340	400788542	400943662	400928605										
2008	209163164	308049479	315173746	317861066	319433052	320210807	32018907	320341216	32042599	320250366	320255232	321037331	321615722												
2009	207933039	319988038	342483676	346120924	352989196	357785455	358862053	361430049	362687814	36743289	367919653	371966532	372035649												
2010	225150439	33637321	338408898	338383299	359018441	361652423	367710618	367894868	36877418	370919653	371966532	372035649													
2011	212161489	325256429	341017344	347817107	347783827	351366633	351919498	353119279	361866666	362336951	362524882														
2012	226921299	346372216	362761519	366299999	375527468	381029863	381029863	381029863	381029863	381029863	381029863	381029863	381029863	381029863	381029863	381029863	381029863	381029863	381029863	381029863	381029863	381029863			
2013	227325561	350076696	369928261	378786632	382118297	385054637	388769746	390128243	391784727																
2014	231450415	346900233	366079736	369972828	37218063	373342563	374648599	386181010																	
2015	246299742	359943956	374950224	387643082	392110497	395336047	398676423																		
2016	243043095	395813523	425114004	438825063	445000278	479306078																			
2017	261620486	402942328	417530647	425148324	434949453																				
2018	270955721	404090576	428676071	434543988																					
2019	278817623	424608937	442674037																						
2020	24250856	37203345																							
2021	301700684																								

● MCC6- Automobile RC matériel professionnels :

MCC6 - Auto RC Mat Pro																									
12m	24m	36m	48m	60m	72m	84m	96m	108m	120m	132m	144m	156m	168m	180m	192m	204m	216m	228m	240m	252m	264m				
2000	152520368	131460901	13247003	133005656	133232263	133477964	133659535	133665274	133825583	133841263	140061118	134000297	134830486	135787680	136087307	136104026	136118269	135957815	135946667	136059879	136067909	136077236			
2001	665557039	131576623	140489147	143049841	143455618	143774725	143667619	143673653	143626181	156847825	143604332	143583772	143583772	143583772	143583772	143583772	143583772	143583772	143583772	143583772	143583772	143583772			
2002	748488376	132900045	137154983	139800041	139820066	141728803	142032167	143772443	143831448	145946211	148744401	148755252	148790671	148890971	148890971	148890971	148890971	148890971	148890971	148890971	148890971	148890971			
2003	838717297	137793223	142995053	144324645	144819850	145045917	144890337	159318584	144696975	144791177	146287274	146444861	146344203	146890023	146892939	146944428	146944428	146944428	146944428	146944428	146944428	146944428			
2004	895708207	142743946	148737851	150120513	150615165	152379546	168499149	152516583	15308374	153083668	153153153	153153153	15318014	15318014	15318014	15318014	15318014	15318014	15318014	15318014	15318014	15318014			
2005	948279773	145491011	146441214	15062865	153200411	177821952	163109599	16399011																	

	MCC18 - Assistance																															
	12m	24m	36m	48m	60m	72m	84m	96m	108m	120m	132m	144m	156m	168m	180m	192m	204m	216m	228m	240m	252m	264m										
2000	743156,269	769860,921	754868,188	730429,438	726568,628	725639,918	723793,948	714254,448	713404,698	711453,568	710659,968	709962,878	709782,368	709601,858	709405,228	709208,428	709175,628	709175,628	709175,628	709175,628	709175,628	709175,628	709175,628	709175,628	709175,628	709175,628	709175,628	709175,628	709175,628			
2001	14897,1183	22452,34	18435,37	18036,29	18036,29	17290,11	16717,85	15233,63	16143,43	15615,19	13962,58	13816,22	13816,22	13816,22	13816,22	13816,22	13816,22	13816,22	13816,22	13816,22	13816,22	13816,22	13816,22	13816,22	13816,22	13816,22	13816,22	13816,22	13816,22	0		
2002	16657,06	58148,2	55306,05	51000,95	42648,42	40429,11	34287,04	32774,63	31595,12	31595,12	31595,12	31595,12	31595,12	31595,12	31595,12	31595,12	31595,12	31595,12	31595,12	31595,12	31595,12	31595,12	31595,12	31595,12	31595,12	31595,12	31595,12	31595,12	31595,12	0		
2003	23411,73	60171,25	56519,96	49944,4	49838,26	50392,08	50392,08	50465,04	50764,04	51546,16	56080,56	48888,68	48888,68	48888,68	48888,68	48888,68	48888,68	48888,68	48888,68	48888,68	48888,68	48888,68	48888,68	48888,68	48888,68	48888,68	48888,68	48888,68	48888,68	0		
2004	5519,2	30000,81	26792,05	26430,77	26467,25	26467,25	26627,12	24701,76	24701,76	24701,76	24701,76	24701,76	24701,76	24701,76	24701,76	24701,76	24701,76	24701,76	24701,76	24701,76	24701,76	24701,76	24701,76	24701,76	24701,76	24701,76	24701,76	24701,76	24701,76	0		
2005	9652,35	27626,21	31775,89	21244,66	23608,77	23408,77	23408,77	23408,77	23408,77	23408,77	23408,77	23408,77	23408,77	23408,77	23408,77	23408,77	23408,77	23408,77	23408,77	23408,77	23408,77	23408,77	23408,77	23408,77	23408,77	23408,77	23408,77	23408,77	23408,77	23408,77	0	
2006	17395,2	31096,9	35457,71	33050,54	31761,42	30347,76	29341,3	28741,3	28191,3	27757,3	27557,3	27773,3	27773,3	27773,3	27773,3	27773,3	27773,3	27773,3	27773,3	27773,3	27773,3	27773,3	27773,3	27773,3	27773,3	27773,3	27773,3	27773,3	27773,3	27773,3	0	
2007	9099,85	29164,29	27615,28	28227,83	28726,11	28590,45	29692,31	23842,11	23616,11	23616,11	23616,11	23616,11	23616,11	23616,11	23616,11	23616,11	23616,11	23616,11	23616,11	23616,11	23616,11	23616,11	23616,11	23616,11	23616,11	23616,11	23616,11	23616,11	23616,11	23616,11	0	
2008	15782,13	22301,87	14897,36	13609,59	13309,59	13559,59	12453,24	12669,24	12669,24	12669,24	12669,24	12669,24	12669,24	12669,24	12669,24	12669,24	12669,24	12669,24	12669,24	12669,24	12669,24	12669,24	12669,24	12669,24	12669,24	12669,24	12669,24	12669,24	12669,24	12669,24	0	
2009	4797,75	40050,2	45353,17	45164,57	44392,08	44029,56	43749,56	43513,79	43013,79	43013,79	43013,79	43013,79	43013,79	43013,79	43013,79	43013,79	43013,79	43013,79	43013,79	43013,79	43013,79	43013,79	43013,79	43013,79	43013,79	43013,79	43013,79	43013,79	43013,79	43013,79	43013,79	0
2010	10111,01	34453	32847,84	31696,73	28820,82	28820,82	28820,82	28820,82	28820,82	28820,82	28820,82	28820,82	28820,82	28820,82	28820,82	28820,82	28820,82	28820,82	28820,82	28820,82	28820,82	28820,82	28820,82	28820,82	28820,82	28820,82	28820,82	28820,82	28820,82	28820,82	28820,82	0
2011	4469,11	36233,13	42041,01	42252,45	40883,86	42521,86	42960,04	42960,04	42960,04	42960,04	42960,04	42960,04	42960,04	42960,04	42960,04	42960,04	42960,04	42960,04	42960,04	42960,04	42960,04	42960,04	42960,04	42960,04	42960,04	42960,04	42960,04	42960,04	42960,04	42960,04	42960,04	0
2012	7874,86	34665,62	35728,41	32888,8	31510,09	31172,09	31416,89	31795,41	31795,41	31795,41	31795,41	31795,41	31795,41	31795,41	31795,41	31795,41	31795,41	31795,41	31795,41	31795,41	31795,41	31795,41	31795,41	31795,41	31795,41	31795,41	31795,41	31795,41	31795,41	31795,41	31795,41	0
2013	10558,07	31047,09	57625,06	61050,06	61324,76	61474,76	59610,76	57890,76	56720,73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2014	23090,72	62332,79	67545,35	63883,33	65305,47	59805,65	55705,65	54328,23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2015	1793,19	14110,96	15380,06	14345,36	14625,74	14736,7	14113,36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2016	3983,68	22640,73	36991,66	39065,22	39028,1	27219,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2017	540,55	3499,75	11393,24	12110,98	13426,58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2018	0	10165,78	15373,47	28077,27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2019	5518,44	19207,54	18719,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	6149,46	3515,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	6482,52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0