

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

Par : **Romain CHABERT**

Titre du mémoire : **Jugement d'expert, biais cognitifs et volatilité -
Influences sur le provisionnement en assurance non-vie**

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 filière

Entreprise : Deloitte Conseil

Nom : Claude CHASSAIN

Signature :

*Membres présents du jury de l'Institut
des Actuaires*

Directeur du mémoire en entreprise :

Nom : Simon ROBERT

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)*

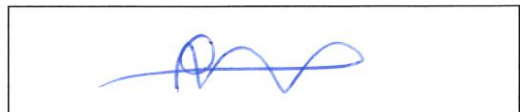
Secrétariat :

Signature du responsable entreprise



Bibliothèque :

Signature du candidat



Résumé

En dépit du développement de méthodes de plus en plus sophistiquées afin d'affiner les calculs de provisions techniques, la méthode de Chain-Ladder demeure plébiscitée. Celle-ci repose largement sur l'analyse des données et le jugement d'expert des actuaires. Cependant, aucun être humain ne peut prétendre être une machine et effectuer constamment les choix les plus rationnels et appropriés. Dès lors, quelle est l'ampleur de ce facteur humain, où intervient-t-il et comment peut-il être estimé ?

C'est ici l'enjeu de ce mémoire, visant à mettre en évidence les biais cognitifs pouvant influencer la prise de décision et la volatilité résultant du facteur humain dans le domaine du provisionnement en assurance non-vie.

Afin de parvenir au but recherché, une étude statistique prenant la forme d'une série de cas pratiques a été diffusée auprès d'un large panel d'actuaires, permettant une approche et une modélisation aussi fine que possible des phénomènes sous-jacents. Différents biais et sources de volatilité sont ainsi mis en évidence et mesurés, afin d'approfondir la connaissance actuarielle en la matière.

Mots clés : provisionnement, assurance non-vie, jugement d'expert, biais cognitifs, volatilité, Chain Ladder

Abstract

Despite the development of increasingly sophisticated methods to refine the calculation of technical provisions, the Chain-Ladder method remains the most popular. This method relies heavily on data analysis and the expert judgment of actuaries. However, no human being can claim to be a machine and constantly make the most rational and appropriate choices. Therefore, what is the extent of this human factor, where does it apply and how can it be assessed ?

This is the purpose of this study, which aims to highlight the cognitive biases that can influence decision making and the volatility resulting from the human factor in the field of property and casualty insurance reserving.

In order to achieve this goal, a statistical study in the form of a series of practical cases was distributed to a large panel of actuaries, allowing for the most detailed approach and modeling of the underlying phenomena. Various biases and sources of volatility are thus highlighted and measured, in order to deepen the actuarial knowledge on the subject.

Keywords : reserving, property & casualty insurance, expert judgment, cognitive biases, volatility, Chain Ladder

Remerciements

Ces remerciements s'adressent en premier lieu à Claude Chassain, Cyril Chalin et Baptiste Bréchet, associés du pôle Actuariat Assurances Deloitte pour m'avoir permis de travailler sur ce sujet de mémoire au sein de leur équipe.

Je remercie ensuite chaleureusement mon tuteur, Simon Robert, pour toute l'attention, l'aide et le soutien que celui-ci a pu donner au long de cette étude. De manière générale, je suis reconnaissant envers l'ensemble de l'équipe pour leur accueil dans le cadre de cette alternance.

Je tiens à remercier également mon tuteur académique, Nicolas Bousquet, pour les précieux conseils et ajouts apportés, ainsi que l'ensemble des représentants de l'ISUP pour les enseignements reçus.

J'adresse par ailleurs toute ma gratitude à ma famille et à mes proches pour leur accompagnement et leur support sans faille.

Enfin, je remercie l'ensemble des répondants à l'étude, sans qui aucun des éléments présentés dans ce mémoire n'aurait pu être mis en évidence.

Synthèse

Aussi longtemps qu'il ne sera possible de se départir du facteur humain dans la prise de décision, le risque d'être sujet aux limites de celui-ci demeurera. En effet, il s'agit là d'éléments naturels, inhérents à la qualité d'humain, n'étant pas un programme ayant pour vocation de donner une réponse unique pour chaque situation rencontrée.

Si les enjeux et conséquences de ce facteur humain ont pu être étudiés assez largement dans différents domaines (économie comportementale, *nudge*^[1]..), la recherche n'en est qu'à ses débuts pour ce qui est de la science actuarielle. Cependant, celle-ci est vraisemblablement, au même titre que peuvent l'être d'autres disciplines, susceptible d'être affectée par ces comportements humains.

Ce postulat est le point de départ de ce mémoire : lorsque l'actuaire met en application son jugement d'expert, en quelle mesure l'implication de ce facteur humain peut-elle générer une incertitude et des aléas de réponses qui lui sont directement ou indirectement liés ?

Jugement d'expert et provisionnement en assurance non-vie

S'agissant de l'étendue et de la diversité des domaines de l'actuariat, cette question est particulièrement vaste, et ne saurait être traitée dans le cadre d'un unique mémoire. Le champ d'application de cette interrogation a ainsi été réduit au domaine du provisionnement en assurance non-vie, terrain idéal pour développer cette étude. En effet, il s'agit d'un poste éminemment stratégique pour les compagnies d'assurance non-vie, dont les provisions pour sinistres à payer constituent une large part des engagements et où, dans le même temps, le rôle joué par les spécialistes dans le calcul de celles-ci est encore particulièrement prégnant. Ainsi, de nombreuses décisions relatives aux choix à effectuer en matière de provisionnement relèvent en dernier lieu de décisions prises par l'actuaire supervisant ces calculs, et donc nécessitent l'intégration d'un facteur humain susceptible de biaiser et d'orienter les décisions effectuées.

Un schéma des grandes étapes nécessaires à cette revue de provisionnement permet d'illustrer les éléments pouvant nécessiter l'aval d'un expert (*cf* figure ^[1]). Si celui-ci n'est pas exhaustif, il conserve le mérite d'en illustrer les principales causes et enjeux soulevés.

1. La théorie du *nudge*, ou "coup de pouce", consiste à utiliser les biais cognitifs afin de pousser des groupes d'individus à adopter un certain comportement sans obligation ni coercition.

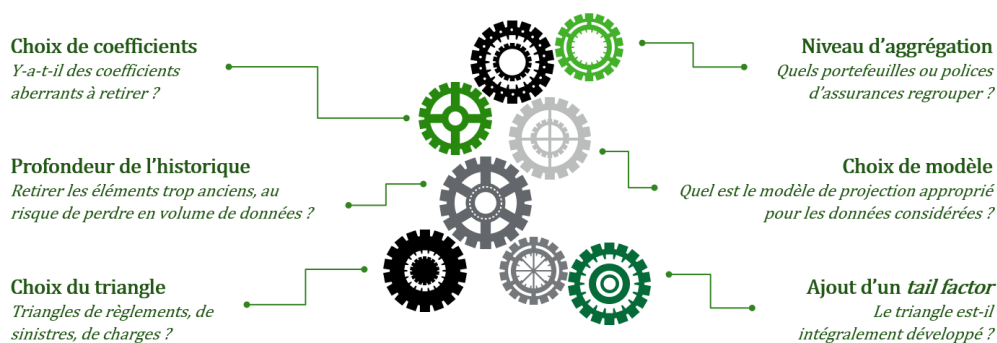


FIGURE 1 – Jugement d'expert et provisionnement en assurance non-vie

D'un naturel subjectif et personnel, le jugement d'expert se doit pourtant d'être aussi précis que possible dans la mesure où les répercussions sont majeures en la matière.

Deux sources d'erreurs humaines sont envisagées, par analogie avec la décomposition biais-variance de l'erreur quadratique moyenne : l'erreur liée à des biais cognitifs, et l'erreur liée au bruit et à la volatilité, incertitude propre à la décision humaine (cf figure 2).

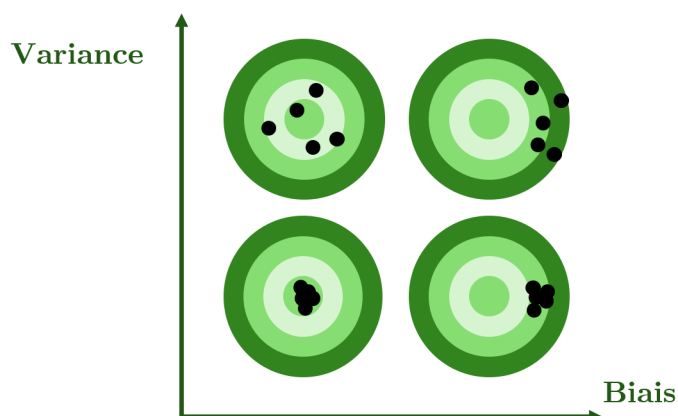


FIGURE 2 – Illustration : biais et variance

L'objectif de ce mémoire est donc de mettre en évidence et d'analyser les biais cognitifs pouvant intervenir en matière de provisionnement en assurance non-vie, ainsi que des enjeux relatifs aux sources de volatilité intrinsèquement liées à ces prises de décision.

Format de l'étude

À cette fin, un dispositif expérimental a été imaginé, prenant la forme d'une étude diffusée auprès d'actuaire et visant à reproduire le plus fidèlement possible des mécanismes de provisionnement

classiques afin d'estimer au mieux ces erreurs humaines. Cette étude vise ainsi à reproduire différents scénarios susceptibles d'intervenir dans un cadre de provisionnement en assurance non-vie, tout en étant adaptés par exemple afin d'être en mesure d'évaluer l'effet d'un biais spécifique et donc d'étudier les réponses apportées dans ces situations. Les répondants n'étant pas au fait du véritable sujet de l'étude, présentée comme une étude sur le provisionnement en assurance non-vie de manière générale, ceux-ci n'ajustent pas leurs réponses de manière artificielle.

Plus spécifiquement, cette étude prend la forme de deux supports différents : un cas pratique sur un tableur, véritable coeur de la recherche menée, et un questionnaire, plus accessible et largement partagé. Cet alliage a été imaginé afin de pouvoir atteindre un public plus divers, n'étant pas nécessairement en capacité d'effectuer les deux pans de l'étude.

Techniquement, ces deux faces de l'étude sont disponibles par le biais d'un site internet² codé sous Python et hébergé sur GitHub. L'ensemble des éléments sensibles et données récoltées dans le cadre de cette enquête sont confidentiels et accessibles uniquement grâce à des clés sécurisées.

Le questionnaire est accessible entièrement par le biais du site internet, et peut ainsi s'effectuer depuis un ordinateur ou téléphone, tandis que le cas pratique nécessite d'être téléchargé et effectué sur un tableur. L'ensemble des mécaniques et des éléments interactifs disponibles pour le cas pratique est codé en VBA pour Excel, et le code est protégé de sorte à ne pouvoir être modifié par les répondants. En particulier, un outil *ad-hoc* a ainsi été développé de sorte à répliquer l'application des méthodes de Chain Ladder et de Bornhuetter-Ferguson, méthodes les plus répandues en matière de provisionnement en assurance non-vie³.

Les deux parties de l'étude sont indépendantes et, plus que cela, chacune des mises en situation proposées est en réalité créée et ajustée individuellement. Celles-ci sont généralement au nombre de deux par cas, une version *biaisée* et une version *non biaisée*, réparties de manière aléatoire aux répondants et permettant de constituer, pour le cas en question, un échantillon *témoin* et un échantillon *test*. Ces mises en situation sont par ailleurs présentées dans un ordre aléatoire au sein du cas pratique afin d'éviter de biaiser les résultats en raison de l'ordre de présentation (l'attention des répondants ayant tendance à diminuer avec le temps).

Mises en situations proposées et résultats obtenus

Deux objectifs étaient visés au travers de cette étude : mettre en évidence, dans le cadre de décisions actuarielles liées au provisionnement en assurance non-vie, les biais cognitifs faussant la réflexion d'une part, et la volatilité intrinsèque au caractère humain d'autre part. Afin de pouvoir appréhender les principaux résultats, il convient de regrouper les différents résultats par thématique, en décrivant brièvement les causes et effets de ces principaux éléments.

[**Biais cognitif - Ancrage**] Biais cognitif essentiel, tant son effet est répandu bien que simple à appréhender, le biais d'ancrage consiste à se référer à une valeur extérieure et à ajuster inconsciem-

2. L'étude est accessible grâce au lien ci-contre : [Étude sur le provisionnement en assurance non-vie](#)

Remarque : le site internet est mis en veille après une semaine d'inactivité, celui-ci peut donc être long à charger s'il n'a pas été visité depuis plus d'une semaine.

3. Cf étude ASTIN relative au provisionnement en assurance non-vie (ASTIN [2016](#)).

ment ses estimations en fonction de celle-ci. Ce biais intervient ainsi dans le cadre de négociations : la première valeur suggérée sert généralement de base pour la suite de la négociation.

Afin d'expérimenter l'influence de ce biais dans un cadre actuariel, l'un des scénarios proposés relève du calcul d'un montant de réserves à provisionner. Les montants d'historiques correspondants à ce portefeuille sont également indiqués aux répondants, à titre indicatif. Cependant, un générateur d'aléa conduit en réalité les répondants à obtenir soit une version d'historique très inférieure aux montants pouvant être attendus, soit inversement très supérieure à ces montants. L'enjeu est d'observer si les répondants modifient alors d'eux-même leurs estimations afin d'approcher ces historiques.

Les résultats sont à ce titre éclairants : deux groupes se distinguent bien, les prévisions des répondants ayant obtenu les ancrés basses étant effectivement inférieures aux prévisions des répondants ayant obtenu l'ancre haute. Ces résultats permettent d'insister sur les risques liés à ce biais d'ancrage : en se reposant fortement sur l'historique des résultats et moins sur les données et l'estimation des montants de réserves pouvant en découler, les changements de tendances pourraient être minimisés et, de ce fait, rester insuffisamment pris en compte.

[**Biais cognitif - Cadrage**] Le biais de cadrage, ou biais de *framing*, est un biais généralement utilisé en matière de marketing et de publicité. Il consiste à orienter la prise en décision en présentant les informations sous un angle spécifique.

L'une des expériences retenue ici dans la mise en évidence de ce biais consiste à demander aux répondants de projeter l'évolution d'une courbe de tendance, aux valeurs légèrement croissantes. Cependant, l'échelle de cette courbe est déterminée aléatoirement entre deux possibilités : une courbe peu rapprochée, semblant alors relativement peu croissante, ou au contraire une courbe particulièrement grossière, semblant dans ce cas fortement croissante.

Bien que les données sous-jacentes soient identiques, les projections pour la courbe semblant croître fortement sont, comme attendu, nettement supérieures aux projections effectuées par l'autre groupe.

[**Biais cognitif - Disponibilité**] Le biais de disponibilité consiste à surévaluer la probabilité d'un événement aisément accessible à l'esprit, autrement dit dont le souvenir est bien présent.

Dans cette optique, une question relative aux cyberattaques a été imaginée, dans la mesure où ce type de sinistre a été particulièrement médiatisé lors de la crise sanitaire⁴. Les résultats observés correspondent aux attentes : les répondants surestiment manifestement le nombre de cyberattaques, conséquence vraisemblable de l'aisance avec laquelle ce sujet est accessible mentalement.

[**Biais cognitif - Statu quo**] Le biais de *statu quo* consiste au choix de ne rien faire en cas de décision préalable déjà effectuée. Ce trait de caractère découle de l'absence d'intérêt recouvert par le fait de modifier cette décision préexistante ainsi que la prise de risque d'assumer la responsabilité d'une décision différente de celle actée.

L'une des expériences imaginée afin de mettre ce biais en évidence a consisté à reprendre le mécanisme classique de la revue de décisions effectuées en matière de provisionnement. Ainsi, un triangle de développement avec une sélection de coefficients déjà effectuée a été proposé à certains

4. Épidémie de covid-19, ayant débuté en janvier 2020.

répondants, tandis que d'autres répondants devaient effectuer eux-mêmes ladite sélection de manière autonome. La sélection proposée était volontairement aberrante sur certains aspects afin de déterminer si les répondants parviendraient à s'en détacher afin d'effectuer leur propre sélection.

Les différences entre ces deux groupes sont nettement marquées en termes de choix définitif de coefficients : les répondants chargés d'effectuer la revue de la sélection de l'actuaire fictif restaient particulièrement proches des choix effectués, aussi aberrants soient-ils, tandis que la sélection effectuée par les actuaires sans biais préalable était bien différente.

[Volatilité - Entre individus] La volatilité entre individus a notamment été mesurée à l'aune du premier cas pratique proposé. Celui-ci était en effet constitué de 12 années d'historique, faisant de lui le cas le plus complet, et donc potentiellement le cas avec les estimations de provisions nécessaires les plus divergentes.

Les estimations reçues l'ont effectivement été, avec un montant ultime de réserves variant de 243 millions à 458 millions (facteur de 1,9). La distribution des estimations de provisions étant par ailleurs relativement homogène il ne s'agit donc pas de deux valeurs aberrantes mais bien d'un indicateur de la variabilité présente en matière actuarielle.

S'agissant des mêmes données et du même contexte, les écarts relevés sont donc particulièrement conséquents. Ainsi, à partir de données identiques et sans biais *a priori* mis en place, on observe bien la place prépondérante du choix de l'actuaire dans le résultat obtenu.

[Volatilité - Pour un même individu] Afin de pouvoir estimer la variation et le bruit pour un même répondant, les mêmes données ont été présentées en deux occurrences, ajustées d'un facteur multiplicatif afin que cette répétition demeure masquée.

En moyenne, les sélections de coefficients effectuées par les mêmes répondants sur ces données identiques, à quelques minutes d'intervalle, entraînent une divergence dans le montant de provision retenu de près de 10%.

Il s'agit ici d'un marqueur clair des incohérences propres à l'esprit humain dont peuvent faire preuve même des professionnels dans l'exercice de leurs compétences.

[Volatilité - Élicitation] Afin de compenser ces enjeux de volatilité liés à une prise de décision dans un contexte incertain, des méthodes d'élicitation⁵ ont été développées, notamment dans le domaine de la médecine, permettant de mieux appréhender les incertitudes liées à la volatilité des avis d'experts.

Celles-ci ont été adoptées pour le premier cas pratique, afin d'en expérimenter la transposabilité dans un cadre actuariel. Offrant une réconciliation satisfaisante des jugements d'expert, la méthode retenue offre l'avantage de permettre de visualiser la distribution associée au montant de provisions estimé et, ce faisant, permettre de prendre une décision plus éclairée.

5. L'élicitation, développée en section 2.2 est un processus permettant de croiser les avis d'expert afin d'en déterminer des valeurs de paramètre probables

Éléments d'analyse

Les travaux effectués dans le cadre de ce mémoire ont permis de mettre en évidence la présence et l'influence du facteur humain en matière de provisionnement en assurance non-vie. Cette démonstration est double : d'une part des biais cognitifs, pouvant orienter la décision humaine vers une conclusion erronée en aiguillant la réflexion sous-jacente, et d'autre part une volatilité intrinsèque à la présence de cette composante humaine.

Si ce résultat est satisfaisant au regard de l'objectif poursuivi, il convient de souligner ici l'ampleur du phénomène et les risques que celui-ci peut entraîner. En effet, ces biais et variance viennent fausser et affecter la qualité de décisions pouvant être effectuées et, de fait, en réduire la pertinence.

Différentes pistes sont envisagées afin de réduire cette dépendance critique : une meilleure connaissance et un travail pédagogique en amont pour ce qui est des biais, et une mise en oeuvre de démarches d'élicitations pour ce qui est de la volatilité.

Cependant, ces ambitions sont à mettre en perspective avec les limites de l'étude. En effet, celle-ci demeure théorique, et ces observations n'ont pas été réalisées dans un cadre de provisionnement réel. Il conviendrait donc d'effectuer une démarche similaire dans un contexte de provisionnement en entreprise afin de pouvoir prendre en compte ces éléments dans un milieu opérationnel.

Executive summary

As long as the human factor cannot be removed from decision-making, the risk of being subject to its effects will remain. These are natural elements inherent in being human, and not a programme designed to provide a single answer for every situation encountered.

Although the issues and consequences of this human factor have been studied extensively in various fields (behavioural economics, nudge⁶...), research is still in its infancy as far as actuarial science is concerned. However, it is likely to be affected by these human behaviours in the same way as other disciplines.

This postulate is the starting point of this thesis : when the actuary applies an expert judgement, to what extent can the involvement of this human factor generate uncertainty and directly related response hazards?

Expert judgement and reserving in P&C insurance

Given the breadth and diversity of the actuarial field, this is a particularly broad question, which cannot be addressed in a single thesis. The scope of this question has therefore been reduced to the field of property and casualty (P&C) insurance reserving, which is the ideal area for developing this study. Indeed, this is an eminently strategic position for P&C insurance companies, whose provisions for claims to be paid constitute a large part of their commitments and where, at the same time, the role played by specialists in calculating them is still particularly significant. Thus, many decisions on reserving choices are ultimately decisions made by the actuary overseeing these calculations, and thus require the inclusion of a human factor that can bias and direct the decisions made.

A diagram of the main stages necessary for this reserving review illustrates the elements that may require the approval of an expert (*cf* figure 3). Although this is not exhaustive, it does illustrate the main causes and issues raised.

The expert judgement is subjective and personal in nature, but it must be as precise as possible, as the repercussions are major.

6. The theory of "nudge" consists of using cognitive biases to push groups of individuals to adopt a certain behaviour without obligation or coercion.

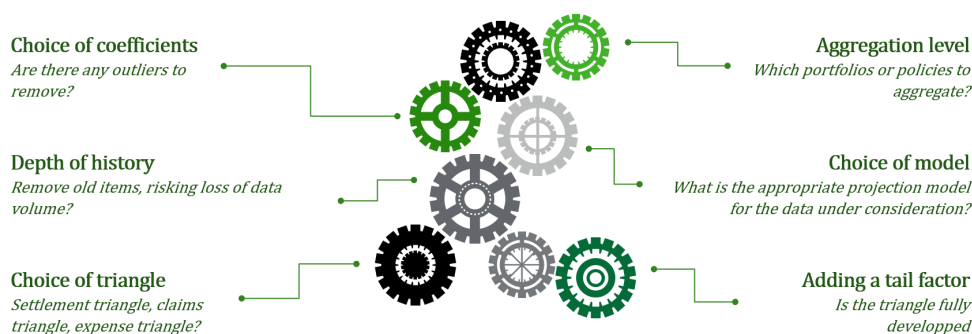


FIGURE 3 – Expert judgment and reserving in P&C insurance

Two sources of human error are considered, by analogy with the bias-variance decomposition of the mean square error : the error linked to cognitive biases, and the error linked to noise and volatility, an uncertainty specific to human decisions (*cf* figure 4).

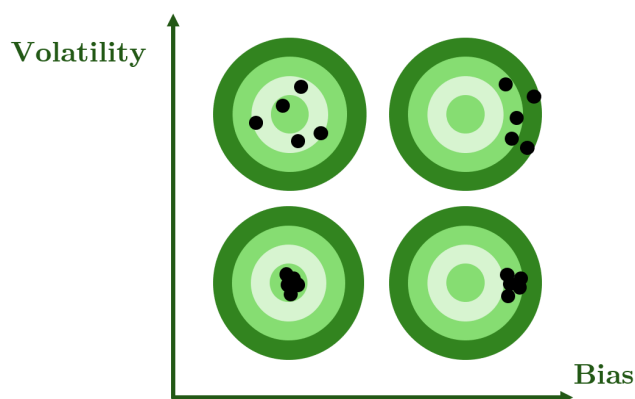


FIGURE 4 – Illustration : bias and volatility

The objective of this thesis is therefore to highlight and analyse the cognitive biases that can occur in P&C insurance reserving, as well as the issues relating to the sources of volatility intrinsically linked to these decisions.

Study format

To this end, an experimental system has been designed, taking the form of a study distributed to actuaries and aiming to reproduce as closely as possible the classic reserving mechanisms in order to best estimate these human errors. This study aims to reproduce different scenarios that could occur in a P&C insurance reserving framework, while being adapted, for example, in order to be able to evaluate the effect of a specific bias and therefore to study the responses provided in these situations. Since the respondents were not aware of the real subject of the study, which was presented as a study on P&C insurance reserving in general, they did not artificially adjust their answers.

The two parts of the study are independent and, more than that, each of the proposed scenarios is actually created and adjusted individually. There are generally two of them per case, a biased version and an unbiased version, randomly distributed to the respondents and allowing to constitute, for the case, a control sample and a test sample. These scenarios are presented in a random order for the case study in order to avoid biasing the results due to the order of presentation (the respondents' attention tends to decrease with time).

Technically, these two sides of the study are available through a website⁷ coded in Python and hosted on GitHub. All sensitive elements and data collected in the framework of this survey are confidential and accessible only through secure keys.

The questionnaire is accessible entirely through the website and can be completed from a computer or telephone, whereas the case study requires downloading and completing it on a spreadsheet. All the mechanics and interactive elements available for the case study are coded in VBA for Excel, and the code is protected so that it cannot be modified by respondents. In particular, a tool was developed to replicate the application of the Chain Ladder and Bornhuetter-Ferguson methods, which are the most widely used methods in P&C insurance reserving⁸.

The two parts of the study are independent and, more than that, each of the proposed scenarios is actually individually created and adjusted.

Proposed scenarios and results

This study had two objectives : to highlight the cognitive biases that distort thinking in actuarial decisions related to P&C insurance reserving, and to highlight the volatility that is intrinsic to human nature. In order to be able to understand the main results, the different results are grouped by theme, with a brief description of the causes and effects of these main elements.

[**Cognitive bias - Anchoring**] An essential cognitive bias, so widespread is its effect that it is simple to grasp, the anchoring bias consists of referring to an external value and unconsciously adjusting one's estimates according to it. This bias comes into play in negotiations : the first value suggested is generally used as a basis for the rest of the negotiation.

In order to test the influence of this bias in an actuarial framework, one of the scenarios proposed is the calculation of a reserve amount to be provisioned. The historical amounts corresponding to this portfolio are also indicated to the respondents, as an indication. However, a hazard generator actually leads the respondents to obtain either a version of the history that is much lower than the amounts that can be expected, or conversely, much higher than these amounts. The issue is to observe whether respondents then modify their estimates themselves in order to approach these histories.

The results are illuminating in this respect : two groups stand out, with the forecasts of respondents with low anchors actually being lower than those of respondents with high anchors. These results

7. The study is accessible through the link opposite : [Study on P&C insurance reserving](#).
Please note : the website is put on standby after one week of inactivity, so it may take a while to load if it has not been visited for more than a week

8. See ASTIN study on P&C insurance reserving (ASTIN [2016](#)).

highlight the risks associated with this anchoring bias : by relying heavily on historical results and less on data and the estimation of reserve amounts that may result, changes in trends may tend to be downplayed and, as a result, remain insufficiently taken into account.

[Cognitive Bias - Framing] The framing bias is a bias generally used in marketing and advertising. It consists of orienting decision-making by presenting information from a specific angle.

One of the experiments used here to highlight this bias consists of asking respondents to project the evolution of a trend curve with slightly increasing values. However, the scale of this curve is determined randomly between two possibilities : a curve that is not very close together, thus appearing to increase relatively little, or, on the contrary, a particularly coarse curve, which in this case appears to be increasing strongly.

Although the underlying data are identical, the projections for the curve that appears to be growing strongly are, as expected, significantly higher than the projections made by the other group.

[Cognitive bias - Availability] The availability bias consists of overestimating the probability of an event that is easily accessible to the mind, i.e. the memory of which is very present.

With this in mind, a question on cyber attacks was devised, as this type of disaster was particularly well publicised during the health crisis⁹. The observed results are in line with expectations : respondents clearly overestimate the number of cyberattacks, which is probably a consequence of the ease with which this topic is mentally accessible.

[Cognitive bias - Status quo] The status quo bias consists of the absence of a decision in the case of a pre-existing decision already made. This trait stems from the absence of interest in modifying this pre-existing decision and the risk of assuming responsibility for a decision different from the one made.

One of the experiments designed to highlight this bias consisted of using the classic mechanism of reviewing decisions made in the area of reserving. Thus, a development triangle with a selection of coefficients already made was proposed to some respondents, while other respondents had to make the selection themselves in an autonomous way. The proposed selection was deliberately aberrant in some respects in order to determine whether the respondents would be able to break away from it and make their own selection.

The differences between these two groups are clearly marked in terms of the final choice of coefficients : the respondents responsible for reviewing the selection of the shadow actuary remained particularly close to the choices made, however aberrant, while the selection made by the unbiased actuaries was quite different.

[Volatility - Between individuals] Volatility between individuals was measured in particular using the first practical case proposed. This case was in fact made up of 12 years of history, making it the most complete case, and therefore potentially the case with the most divergent estimates of necessary provisions.

The estimates received were indeed received, with the ultimate amount of reserves varying from

9. Outbreak of covid-19, which started in January 2020.

243 million to 458 million (factor of 1.9). As the distribution of reserve estimates is relatively homogeneous, these are not two outliers but rather an indicator of the variability present in actuarial matters.

S'agissant des mêmes données et du même contexte, les écarts relevés sont donc particulièrement conséquents. Ainsi, à partir de données identiques et sans biais a priori mis en place, on observe bien la place prépondérante du choix de l'actuaire dans le résultat obtenu.

[Volatility - For the same individual] In order to estimate variation and noise for the same respondent, the same data was presented in two instances, adjusted by a multiplicative factor so that this repetition remained hidden.

On average, the coefficient selections made by the same respondents on these identical data, within a few minutes of each other, result in a divergence in the retained provision amount of almost 10%.

This is a clear marker of the inconsistencies in the human mind that even professionals can exhibit in the exercise of their skills.

[Volatility - Elicitation] In order to compensate for the volatility associated with decision-making in an uncertain context, elicitation¹⁰ methods have been developed, particularly in the field of medicine. These have been adopted for the first practical case, in order to test their transposability in an actuarial framework. Offering a satisfactory reconciliation of expert judgements, the method adopted has the advantage of making it possible to visualise the distribution associated with the estimated amount of provisions and, in so doing, to make a more informed decision.

Elements of analysis

The work carried out as part of this thesis has highlighted the presence and influence of the human factor in P&C insurance reserving. This demonstration is twofold : on the one hand, cognitive biases, which can steer the human decision towards an erroneous conclusion by directing the underlying thinking, and on the other hand, the volatility intrinsic to the presence of this human component.

While this result is satisfactory in terms of the objective pursued, the extent of the phenomenon and the risks that it may entail should be emphasised here. Indeed, these biases and variance distort and affect the quality of decisions that can be made and, in fact, reduce their relevance.

Various approaches are envisaged in order to reduce this critical dependence : better knowledge and educational work upstream with regard to biases, and an elicitation procedure with regard to volatility.

However, these ambitions must be put into perspective with the limitations of the study. Indeed, the study remains theoretical, and these observations were not made in a real reserving context.

10. Elicitation, developed in section 2.2, is a method of cross-referencing expert opinions to determine a likely answer

It would therefore be appropriate to carry out a similar approach in a corporate reserving context in order to take these elements into account in an operational context.

Table des matières

Introduction	1
Première partie - Contexte et enjeux	5
1 Des biais cognitifs aux emprises multiples	6
1.1 Principe	6
1.2 Revue académique des développements scientifiques	7
1.2.1 Économie et finance comportementales	7
1.2.2 Assurance et actuariat	8
1.3 Principaux biais cognitifs identifiés	9
1.3.1 Biais d'ancrage	10
1.3.2 Biais de cadrage	11
1.3.3 Biais d'autorité	11
1.3.4 Biais de <i>statu quo</i>	11
1.3.5 Biais de disponibilité	12
2 De la volatilité et du bruit à différents niveaux	14
2.1 Sources de volatilité	14
2.1.1 Entre individus	15
2.1.2 Pour un même individu	16
2.2 Prise en compte de la volatilité	16
2.2.1 L'élicitation, conciliation des jugements d'experts	16
2.2.2 Application en matière de provisionnement	19
3 Du provisionnement en assurance non-vie	20
3.1 Généralités sur le provisionnement en assurance non-vie	20
3.1.1 Diversité des provisions techniques et vocabulaire	20
3.1.2 Calcul de la meilleure estimation des provisions nécessaires	21
3.2 Méthodes de provisionnement	22
3.2.1 Chain Ladder	24
3.2.2 Bornhuetter-Ferguson	25
3.2.3 Mack	27
3.2.4 Vérification des hypothèses	28
3.3 Intervention du jugement d'expert	30

Deuxième partie - Conception de l'outil support de l'étude	35
4 Un cas pratique pour structurer l'étude	36
4.1 Cas pratique sur un tableur	36
4.1.1 Développement d'un outil <i>ad hoc</i> sous VBA	36
4.1.2 Création des jeux de données utilisés	37
4.2 Structure du cas pratique	38
4.2.1 Cas 1 (C1) - Provisionnement d'une branche à développement long	39
4.2.2 Cas 2 (C2) - Revue de calculs actuariels	44
4.2.3 Cas 3 (C3) - Historique de données	46
4.2.4 Cas 4 (C4) - Rupture de tendance	47
4.2.5 Cas 5 (C5) - Données exogènes	48
5 Un questionnaire pour compléter l'étude sur différents plans	49
5.1 Questionnaire en ligne	49
5.2 Questions qualitatives	50
5.3 Questions quantitatives	51
5.3.1 Question 1 (Q1) - Évolution d'un montant de primes	51
5.3.2 Question 2 (Q2) - Disponibilité et excès de confiance	52
5.3.3 Questions 3/4 (Q3/Q4) - Application de notions mathématiques	53
5.3.4 Question 5 (Q5) - Niveau de ratio combiné	54
5.3.5 Question 6 (Q6) - Traitement d'une pandémie	55
Troisième partie - Analyse des résultats	57
6 Des répondants aux profils variés	58
7 Mise en évidence de l'influence des biais cognitifs	60
7.1 Biais d'ancrage	60
7.1.1 Historique de données (C3)	60
7.1.2 Niveau de ratio combiné (Q5)	61
7.2 Biais de <i>statu quo</i>	64
7.2.1 Provision d'une branche à développement long (C1)	64
7.2.2 Revue de calculs actuariels (C2)	65
7.2.3 Données exogènes (C5)	67
7.3 Biais de disponibilité (Q2)	67
7.4 Biais de cadrage	68
7.4.1 Rupture de tendance (C4)	68
7.4.2 Traitement d'une pandémie (Q6)	69
7.5 Biais de confirmation (C2)	70
7.6 Excès de confiance (Q2)	71
7.7 Retour à la moyenne (Q3)	72
7.8 Erreur du joueur (Q4)	72
7.9 Complémentarité des biais (Q1)	73

8	Analyse de la volatilité des réponses	75
8.1	Mise en évidence des sources de volatilité	75
8.1.1	Entre individus	75
8.1.2	Pour un même individu	76
8.2	Élicitation et prise en compte de la volatilité	77
9	Au-delà des résultats	79
9.1	Réponses aux problématiques soulevées	79
9.1.1	La connaissance, rempart contre les biais	79
9.1.2	L'élicitation, vecteur de compromis entre avis divergents	80
9.2	Limites intrinsèques à l'étude	80
9.3	Pistes restant à développer	81
9.4	Apport et application à un cadre professionnel	82
	Conclusion	85
	Liste des figures	88
	Liste des tableaux	90
	Bibliographie	91
	Annexes	93

Introduction

Introduction

Si la norme Solvabilité II (SII) est une norme prescriptive, l'introduction de la norme IFRS 17 remet au cœur du jeu le jugement d'expert de la part des différents acteurs concernés. En effet, celle-ci introduit essentiellement des principes, avec tout ce que cela implique quant aux enjeux liés au jugement d'expert et à la question de son objectivité dans tout le processus de calcul actuariel.

En effet, spécificité intrinsèque au secteur de l'assurance, l'inversion du cycle de production introduit une notion d'aléa et de prévision, essentielle au bon fonctionnement de cette industrie. Lorsqu'un produit d'assurance est tarifé, puis commercialisé, l'assureur n'a pas de visibilité sur son coût à terme. La prime doit être calibrée sans avoir de connaissances complètes sur le coût associé *in fine*. Dès lors, les assureurs doivent recourir à des modèles et des prédictions afin d'estimer le coût des contrats et garanties d'assurance avant leur commercialisation puis, une fois les produits commercialisés, afin de garantir un niveau de provisions suffisant pour subvenir aux sinistres ultérieurs. Il est donc nécessaire d'avoir recours à des professionnels en capacité de paramétrer ces modèles, d'en changer les hypothèses ou encore d'analyser les résultats obtenus... C'est l'un des enjeux du métier d'actuaire, qui est chargé d'effectuer de telles interventions en mettant en oeuvre son *jugement d'expert* afin d'analyser les données qui lui sont présentées. C'est ainsi le cas en matière de provisionnement, action consistant à établir les montants de réserves nécessaires afin de satisfaire les engagements constitués par l'assureur.

Toutefois, et par nature, ce jugement d'expert n'est pas absolu : l'être humain n'est pas un programme informatique, et n'a pas vocation à donner des résultats dénués de toute subjectivité. C'est d'ailleurs précisément cette connaissance du métier qui est recherchée, afin d'atteindre un niveau d'analyse que ne saurait avoir une machine neutre et objective.

De plus, et dans le même temps, cette décision humaine peut également être cause d'erreurs, car si elle n'est pas absolue, elle n'est également pas infaillible : une multiplicité de facteurs peut influencer une décision prise à un instant spécifique, qu'il s'agisse de l'humeur (VINCKIER et al. [2018](#)), de l'heure de la journée (BLAIN, HOLLARD et PESSIGLIONE [2016](#)), de la manière d'appréhender la décision ou autre élément exogène. Cette variabilité est bien le propre d'une décision humaine, influençable et influencée par de nombreux éléments.

Fort de ce postulat, l'enjeu qui est soulevé tient alors à cette nature *influençable* du jugement humain : si celui-ci n'est pas absolu ni infaillible, en quelle mesure une décision peut-elle être *déviée* d'un choix qui serait le "bon" ?

Le terme de *déviaton* n'est pas choisi au hasard, en ce qu'il permet de créer une analogie avec

l'erreur associée à un estimateur statistique. En effet, celle-ci peut être décomposée en *biais* et en *variance*, décrivant la qualité de l'estimateur (cf figure 5). La même décomposition peut être introduite pour ce qui est de l'erreur associée à une décision humaine, à ceci près qu'il n'y a pas nécessairement de réponse « juste » de manière absolue.

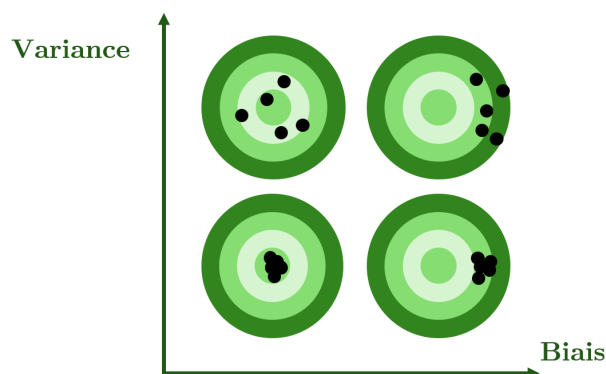


FIGURE 5 – Décomposition de l'erreur en biais et en variance

Les **biais** correspondent aux traits de jugement tendant à orienter un résultat, qu'il s'agisse de biais cognitifs, d'heuristiques de réflexion ou de prises de décisions. Ainsi, constitue un biais le fait d'être influencé par la première impression reçue d'un individu ou d'une situation, et d'ajuster ses comportements en fonction, par exemple en accordant davantage de confiance aux propos tenus par un individu ayant fait une excellente première apparition¹¹.

La **variance**, quant à elle, peut être assimilée à la volatilité existant dans la prise de décision, qu'il s'agisse d'une volatilité intrinsèque à un individu (une même personne peut ne pas prendre deux fois de suite la même décision dans les mêmes conditions) ou entre individus (deux individus peuvent prendre des décisions distinctes bien que placés dans des conditions similaires).

C'est ce parallèle dans cet état des lieux qui est le point de départ de ce mémoire. Il a néanmoins fallu circonscrire le champ d'application de cette étude afin d'exploiter pleinement la richesse du sujet sans en demeurer à la surface. À cette fin, c'est le domaine du provisionnement en assurance non-vie qui a été retenu. Il convient de définir ces premiers termes avant d'expliquer ce choix.

L'assurance non-vie est un domaine de l'assurance centré sur les risques matériels et corporels : vol, incendie, inondation, dommages automobiles... Le provisionnement quant à lui est l'activité permettant de mettre en réserves les sommes nécessaires au règlement des sinistres. En matière d'assurance non-vie, il s'agit de branches d'activités au développement étant, dans la majorité des cas, relativement court. Ce développement court permet de très tôt aboutir au montant effectif de l'indemnisation à verser à l'assuré, et s'oppose aux développements longs où les montants de charges peuvent encore varier après plusieurs années (typiquement le cas en matière de responsabilité civile par exemple).

11. Il s'agit du *biais de halo*.

Si le domaine du provisionnement, et plus spécifiquement celui du provisionnement en assurance non-vie, a été retenu ici, cela tient tant à l'importance de celui-ci qu'au rôle majeur joué par l'actuaire, mettant en œuvre son jugement d'expert. Importance du provisionnement en effet, puisque les provisions, et spécifiquement la provision pour sinistres à payer (PSAP), constituent une part majeure du passif des compagnie d'assurance. Il s'agit donc d'un poste éminemment stratégique, pour lequel les enjeux sont particulièrement élevés (et les normes entourant son évaluation dans sa meilleure estimation, aussi appelée Best Estimate (BE), spécifiques, qu'il s'agisse de Solvabilité II ou d'IFRS 17). Pour ce qui est d'IFRS 17 justement, différents modèles cohabitent¹² mais pour les assureurs non-vie le modèle PAA permet de conserver une approche relativement proche des normes comptables actuelles. Ainsi, le passif repose essentiellement dans ce cas sur l'estimation de la PSAP dans une vision BE. Il s'agit donc d'un domaine où la nécessité d'une connaissance du métier et l'application d'un jugement d'expert jouent un rôle essentiel.

Ces quelques éléments justifient le choix de retenir ce cadre pour la suite de ce mémoire.

Ainsi, l'erreur humaine commise lors de la réalisation de travaux actuariels liés au provisionnement en assurance non-vie peut-elle être mise en évidence et, si oui, en quelle mesure cette erreur peut-elle être relevée ?

L'objectif poursuivi par la suite est donc celui de la démonstration du rôle joué par ce facteur humain, pouvant influencer la prise de décision des actuaires et, de ce fait, introduire une part de subjectivité dans les calculs. À cette fin, l'idée a été de soumettre une enquête proposant une série de cas pratiques et questions à différents actuaires, exercices biaisés de manière inhérentes, afin de tester sous conditions imposées et contrôlées l'influence de ce facteur humain dans la prise de décision.

L'intérêt d'une telle démarche, au-delà de son pur apport académique, tient à l'importance recouverte par celle-ci au sein du domaine professionnel. En effet, il s'agit là d'éléments relativement occultés dans l'ensemble des travaux de gestion des risques et processus internes, en raison du manque de connaissances sur le sujet. Cependant, les erreurs générées en la matière peuvent s'avérer conséquentes et problématiques, dès lors que celles-ci naissent dans un angle mort et ne sont donc potentiellement pas ou mal appréhendées. L'ambition de ce mémoire, loin de prétendre chercher à corriger les différents points abordés, tient donc à la sensibilisation et à la prise de conscience des enjeux sur la question de l'impact de ces biais cognitifs.

12. Modèle général BBA (Building Block Approach), VFA (Variable Fee Approach) et PAA (Premium Allocation Approach). Le modèle VFA est obligatoire si ses conditions d'application sont réunies, le modèle PAA est facultatif sous conditions (durée des engagements inférieure à un an ou approximation raisonnable du modèle BBA)

Première partie
Contexte et enjeux

Chapitre 1

Des biais cognitifs aux emprises multiples

Les biais cognitifs constituent l'enjeu central de la présente étude, tenant essentiellement à leur mise en évidence. Il convient de commencer par présenter ces traits de l'esprit (1.1), avant d'effectuer une revue académique des travaux existants en la matière (1.2) puis une présentation des principaux biais cognitifs rencontrés (1.3).

1.1 Principe

Textuellement, les biais cognitifs consistent en des déviations par rapport au traitement *normal* qui devrait être fait d'une situation au vu d'éléments donnés. Ces biais sont le fruit d'*heuristiques de jugement*, et entraînent des erreurs en ce qu'ils créent une distorsion de l'analyse menée par le système cognitif (cf figure 1.1).



FIGURE 1.1 – Origine de l'erreur de jugement associée aux biais cognitifs

Les heuristiques de jugement sont des processus de réflexion et raccourcis intellectuels permettant de parvenir à une conclusion sans qu'il soit nécessaire d'avoir un travail de réflexion spécifiquement orienté vers le problème posé. Ce mode de réflexion s'oppose donc à la pensée *analytique*, exigeant quant à elle un effort mental plus important.

Cependant, les heuristiques de jugement sont à double tranchant : si elles permettent d'un côté de mener une réflexion plus aisément et simplement, c'est au risque de parvenir à des conclusions erronées. En effet, c'est sur le terreau de cette décision simplifiée que peuvent se développer des biais faussant les raisonnements menés.

1.2 Revue académique des développements scientifiques

Avant d'aborder en détail les biais cognitifs et leur fonctionnement, il convient de remettre en contexte cette étude en précisant le cadre dans lequel celle-ci s'inscrit.

Les sciences cognitives constituent un domaine de recherche visant à décrire et expliquer les mécanismes de traitement de l'information et de prises de décision y étant associées. À cette fin, de nombreuses disciplines doivent être croisées, qu'il s'agisse de la linguistique, de la philosophie, des neurosciences ou encore, domaine retenu ici, de la psychologie cognitive.

Extrêmement spécialisées à l'origine, ces théories ont progressivement été appliquées aux domaines de l'économie et de la finance comportementale (§1.2.1) avant d'être, plus récemment, utilisées en matière d'assurance et d'actuariat (§1.2.2).

1.2.1 Économie et finance comportementales

Les travaux précurseurs en matière de biais cognitifs et d'étude quant à leurs implications ont été menés par Daniel Kahneman et Amos Tversky¹ dès les années 1970, portant sur ce qui est aujourd'hui qualifié d'économie comportementale. D. Kahneman a ainsi reçu le prix Nobel d'économie² en 2002 avec V. Smith pour ses travaux et son apport en matière de sciences économiques.

L'ensemble des travaux de A. Tversky et D. Kahneman, ainsi que leurs conclusions, ont été synthétisés et analysés au sein de l'ouvrage *Thinking, Fast and Slow*, publié en 2011 par D. Kahneman (KAHNEMAN 2011). Ce livre a été particulièrement médiatisé et connu un large succès, offrant une version consolidée des résultats obtenus par les différentes études menées par les deux scientifiques.

Dans cet ouvrage, différents biais cognitifs sont mis en évidence et, plus que cela, sont théorisés et expliqués. En effet, les observations de A. Tversky et D. Kahneman les conduisent à schématiser la réflexion comme fruit de deux systèmes de pensée : un système 1, impulsif et intuitif, et un système 2, analytique et raisonné. Le système 1 permettrait de prendre des décisions rapides, qui ne monopolisent pas l'attention de l'individu. Ainsi, il s'agit de raccourcis décisionnels, ou heuristiques, permettant d'intuiter une décision sans y prêter d'attention particulière. Ce système peut ainsi agir pour répondre à des questions simples ou encore pour pratiquer des activités dans des conditions habituelles (conduire sur une route calme par exemple). À côté de ce système 1, le système 2 se charge quant à lui des éléments nécessitant un effort de concentration et une réflexion particulière. Cela recouvre des situations tout aussi variées, qu'il s'agisse de répondre à des questions techniques, de porter son attention sur un élément spécifique (un individu au milieu d'une foule) ou se concentrer pour une raison particulière.

En raison de son aspect immédiat, intuitif, le système 1 peut plus aisément être trompé : c'est la mécanique entrant en jeu dans le processus des illusions d'optique. Cependant, l'illusion peut

1. A. Tversky est décédé en 1996.

2. Il s'agit en réalité du *prix de la banque de Suède en sciences économiques en mémoire d'Alfred Nobel*, usuellement surnommé *prix Nobel d'économie* par analogie avec les disciplines récompensées par un prix Nobel.

perdurer même après avoir rationnellement vérifié qu'elle n'avait pas lieu d'être : c'est le cas typiquement pour ce qui est de la figure ci-dessous (illusion de Müller-Lyer) : même en étant convaincu du fait que les deux lignes sont bien de la même longueur, la ligne supérieure semble demeurer plus courte.

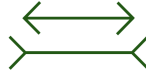


FIGURE 1.2 – Illusion de Müller-Lyer

Pour ce qui est de la finance comportementale, ces premiers travaux ont rapidement trouvé matière à s'appliquer, en mettant en avant les comportements irrationnels pouvant être observés. Ainsi, V. Bessière (BESSIÈRE 2007) a effectué une synthèse des études portant sur les tendances à l'excès de confiance au sein des dirigeants d'entreprises et leurs conséquences sur les décisions financières.

1.2.2 Assurance et actuariat

Si ces biais de pensée ont d'abord été mis en avant dans le domaine de l'économie comportementale, ceux-ci affectent en réalité l'ensemble des décisions humaines et, ce faisant, l'ensemble des champs de l'économie. Le secteur de l'assurance, et de l'actuariat en particulier, sont donc également susceptibles d'être affectés et sujets à de tels biais.

- **Assurance**

Pour ce qui est du secteur de l'assurance, Claire Mouminoux a notamment mis en évidence dans sa thèse les biais existants entre les différents acteurs de ce marché (MOUMINOUX 2018). Cette thèse, signe de la prise de conscience des enjeux liés aux sciences comportementales, s'intéresse essentiellement à analyser les relations entre les différents acteurs du marché assurantiel (assurés, compagnies d'assurances, intermédiaires...) au niveau du processus de souscription.

Ainsi, C. Mouminoux cherche à démontrer en quelle mesure le marché est biaisé de manière inhérente, qu'il s'agisse de rétention d'information conduisant à une asymétrie d'informations ou de stratégies adoptées par les consommateurs selon les différents canaux de distribution adoptés pour la commercialisation d'un produit d'assurance. Pour ce faire, différentes stratégies de modélisation sont adoptées : approche théorique, observations empiriques s'appuyant sur des expérimentations ou encore simulations numériques.

Les résultats permettent de souligner la complexité du marché de l'assurance, où les biais cognitifs jouent à plein, influençant le comportement des individus souscrivant une police d'assurance : aversion au risque, excès de confiance...

- **Actuariat**

La recherche progresse également en matière d'actuariat, permettant de souligner les enjeux et les risques liés à la présence de biais cognitifs dans les travaux actuariels.

Champ d'application logique au regard du rôle du jugement d'expert, la prise en compte des biais cognitifs a d'abord eu lieu en matière de gestion des risques en entreprise³. Ainsi, en 2013, G. Fulcher et M. Edwards (FULCHER et EDWARDS 2013) ont effectué un état des lieux des manières dont les principaux biais cognitifs pourraient être pris en compte dans ce domaine. En l'espèce, les éléments étudiés relèvent notamment du biais d'ancrage, de disponibilité et de la prise en compte des événements rares (cygnes noirs, ou *black swans*⁴). Ces deux actuaires émettent des recommandations afin d'intégrer la prise en compte de ces éléments au sein du processus de décision. Ainsi, ceux-ci conseillent de consulter largement avant d'émettre des recommandations, de renforcer la robustesse des pratiques afin de limiter les risques d'influence d'éléments extérieurs ou encore tenter de se détacher des événements récents, affectant la prise de décision en ayant généralement tendance à les surestimer ensuite.

À ce sujet, Damon Levine (DAMON LEVINE 2015) a pu insister sur les rapports entretenus avec la probabilité d'occurrence de certains événements, pouvant apparaître erronée en la matière : les événements à très faible probabilité sont largement surestimés ou au contraire complètement écartés (sous l'effet du biais de disponibilité, cf 1.3.5.).

Plus spécifiquement, des premiers travaux en matière de provisionnement en assurance non-vie ont été menés par Simon Robert (ROBERT 2016). À cette fin, une enquête avait été menée afin de mettre les actuaires y répondant dans des conditions permettant d'approcher des conditions authentiques. Différents biais cognitifs avaient alors pu être mis en évidence, soulignant la présence de ceux-ci dans ce domaine et donc précisément la nécessité de poursuivre les recherches sur ce sujet afin de mieux s'en protéger et les prendre en compte.

Finalement, bien que les travaux en la matière soient encore relativement précoces, force est de constater leur vigueur et leur actualité, signe de la prise en compte progressive de ce domaine de recherche, relativement masqué jusqu'à présent.

Une fois ces premiers éléments précisés, il convient d'appréhender plus spécifiquement en quoi consistent ces biais cognitifs, afin de pouvoir analyser la manière dont ceux-ci pourraient venir orienter et affecter les décisions liées au provisionnement pouvant être prises par les actuaires.

1.3 Principaux biais cognitifs identifiés

Une analyse des principaux biais cognitifs identifiés peut être dressée, permettant de saisir l'enjeu de la notion. Seront ainsi évoqués à ce titre le biais d'ancrage (§1.3.1), le biais de cadrage (§1.3.2), le biais d'autorité (§1.3.3), le biais de *statu quo* (§1.3.4) et le biais de disponibilité (§1.3.5).

3. ERM (entreprise risk management)

4. Théorie notamment développée par Nassim N. Taleb dans *The Black Swan* (2007).

1.3.1 Biais d'ancrage

Le biais d'ancrage est un des biais cognitifs les plus largement diffusé, en raison de sa forte matérialité et de la simplicité avec lequel celui-ci peut être appréhendé. Celui-ci désigne le fait de se rattacher à une valeur précédemment évoquée, et d'utiliser inconsciemment cette valeur comme *ancree* pour le choix d'une décision ultérieure.

Ainsi, et pour illustrer cette notion, un tel biais s'exprime avec vigueur dans le cadre de négociations : le premier chiffre qui est donné constitue un point de repère (une ancre) autour duquel la négociation s'effectuera. Cela est vrai pour ce qui est d'une négociation salariale, d'une négociation pour la vente d'une marchandise... : la première valeur donnée constitue une ancre influençant tous les éléments suivants.

Ce biais se matérialise dans divers domaines, et ce de manière parfois plus diffuse. Ainsi, pour ce qui est de l'attribution des budgets pour différentes équipes au sein d'une entreprise par exemple : peu de variations sont à constater années après années par rapports aux estimations initiales des différents budgets, restant proches des valeurs historiques (SIBONY 2019).

Cependant, et il est intéressant de le noter, ce rattachement à la valeur initiale n'a pas besoin d'être logique ou évident pour que cette dernière joue tout de même un rôle. Une expérience a pu être effectuée par A. Tversky et D. Kahneman (TVERSKY et KAHNEMAN 1974) où les participants commençaient par faire tourner une roulette – truquée – numérotée de 1 à 100, qui ne s'arrêtait que sur les valeurs 10 et 65. Ensuite, il leur était demandé le pourcentage de pays africain membre de l'ONU. Les réponses étaient alors beaucoup plus élevées pour les individus ayant obtenu 65 à la roulette (45% en moyenne) que pour les individus ayant obtenu 10 (25% en moyenne). Même si les deux éléments sont, de manière évidente, complètement indépendants, ceux-ci servent de point d'ancrage pour la réflexion ultérieure.

De plus, l'effet d'ancrage n'est pas lié à un manque de connaissances sur un sujet donné : les professionnels également sont susceptibles d'être affectés, même dans leur domaine d'expertise. Ainsi, une étude a été menée auprès de magistrats (ENGLISH, MUSSWEILER et STRACK 2006) afin de mettre en évidence l'existence d'un biais d'ancrage pouvant entrer en jeu lors de la décision d'une peine à appliquer, décision étant *a priori* imperméable aux éléments extérieurs.

Pour cela, les chercheurs ont demandé aux magistrats de tirer les dés avant de rendre une sentence dans une affaire de vol à l'étalage, le résultat du lancer étant ajouté par les magistrats au dossier comme « réquisition du parquet ». Les magistrats lançant eux-mêmes les dés, ceux-ci étaient naturellement au fait que ce lancer était parfaitement décorrélé de la réalité des dossiers. Cependant, une tendance s'est bien dégagée. Les dés étaient en effet truqués, et permettaient d'obtenir 3 ou 9. Or, les juges obtenant un 3 à leur lancer ont condamné le prévenu à 5 mois de peine en moyenne, tandis que les juges obtenant un 9 étaient eux à 8 mois de peine.

Il y a donc bien une influence nette des ancres suggérées aux magistrats, et ce malgré leur indépendance manifeste au sujet sur lequel portait la prise de décision ou les compétences des juges. Ce biais d'ancrage, fait de rester ancré et attaché à un élément extérieur, s'explique donc bien par une insuffisance d'ajustement de la part d'un individu menant à bien une réflexion.

1.3.2 Biais de cadrage

Le biais de cadrage, ou biais de *framing*, désigne quant à lui le fait d'être influencé par la manière dont un problème ou une information est présenté, et non uniquement sur les données du problème en lui-même. Ainsi, les approches face à une situation peuvent différer selon la manière dont celle-ci est abordée, et ce même si le problème sous-jacent demeure strictement identique (il s'agit ici typiquement de la mécanique entrant en jeu pour voir le verre à moitié vide ou à moitié plein).

Ces différences d'appréciations peuvent jouer sur différents plans : des différences de formulations peuvent évidemment entraîner une perception différente de la situation, mais il peut également s'agir de différences visuelles (jeux de couleurs, différences de formes). Plus étonnant, des différences de polices d'écriture peuvent avoir des effets concrets sur les destinataires de celles-ci (KAHNEMAN 2011).

Le biais de cadrage est un levier essentiel en matière de publicité et de marketing (il est ainsi par exemple plus avantageux de présenter un produit comme contenant 75% de viande maigre (sans matière grasse) que 25% de matières grasses (LEVIN et GAETH 1988)).

C'est d'ailleurs en partie pour éviter l'exploitation de biais liés au cadrage que des réglementations ont progressivement imposé un cadre normatif rigide quant à la communication des éléments relatifs aux apports nutritionnels ou aux mentions apposées sur les produits.

1.3.3 Biais d'autorité

Le biais d'autorité, plus difficile à déceler, désigne la perception différente vis-à-vis d'un problème suivant l'interlocuteur présentant celui-ci.

Il s'agit là du célèbre *argument d'autorité*, c'est-à-dire le fait d'accorder davantage de valeur à des propos ou actions venant d'une autorité reconnue dans le domaine correspondant, ou tout simplement relativement au rapport qu'à l'individu récepteur avec l'individu émetteur (un supérieur hiérarchique ou même tout individu possédant une forme d'autorité quelconque sur celui-ci).

Ce biais peut avoir des conséquences variées, l'expérience la plus connue en la matière ayant été menée par Stanley Milgram entre 1960 et 1963 (MILGRAM 1963). Le chercheur a, dans le cadre de cette expérience, demandé à des volontaire d'envoyer des décharges électriques de plus en plus fortes à une personne assise derrière une vitre (en réalité un comédien). La majeure partie des volontaires a obéi et envoyé des décharges allant jusqu'à 450V, pratiquement mortelles.

1.3.4 Biais de *statu quo*

Le biais de *statu quo* désigne le manque d'appétence à modifier une situation déjà en place. Ainsi, un individu aura tendance à privilégier un *statu quo* lorsqu'une décision doit être actée, et ce parfois au risque d'avoir un comportement irrationnel, dans le sens où l'enjeu ne porte plus réellement sur

la question elle-même mais sur l'implication de l'individu devant modifier la situation préexistante.

Un tel comportement a pu être mis en évidence dès 1988 par Samuelson et Zeckhauser (SAMUELSON et ZECKHAUSER [1988]). En effet, ceux-ci ont mis en place une expérience où les participants devaient répondre à un questionnaire, confrontant les sujets à une série de problèmes décisionnels. Les questions étaient formulées selon les cas avec ou sans situation de *statu quo* préexistante. Les résultats ont mis en avant le fait que la situation préexistante avait tendance à être privilégiée par les répondants, et ce d'autant plus que le nombre de propositions alternatives était élevé.

Ce biais peut avoir des répercussions beaucoup plus larges, en matière de politique publique par exemple, s'agissant du don d'organes notamment. Ainsi, la différence entre pays quant aux proportions d'individus consentant ou non au don d'organe n'est que marginalement liée aux spécificités locales (en Europe du moins). En réalité, ces différences sont essentiellement liées à la manière dont le choix d'être donneur d'organe ou non est présenté (JOHNSON et GOLDSTEIN [2003]). Deux options sont envisageables : un accord supposé (*opt-out*, signifiant qu'un individu est présumé donneur d'organe à moins que celui-ci ne refuse explicitement) ou un refus anticipé (*opt-in*, seules les personnes volontaires qui marquent leur consentement peuvent effectuer un don d'organe).

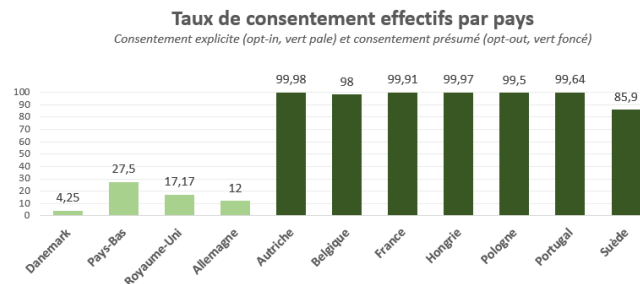


FIGURE 1.3 – Illustration des différences en matière de don d'organe selon la méthode de consentement retenue

Les différences entre les deux groupes sont particulièrement éclairantes (*cf* figure [1.3]), et permettent de souligner avec vigueur la tendance générale au *statu quo* dans les actions communes : l'esprit va généralement se satisfaire d'une décision déjà actée, par confort et absence de motivation au changement de l'ordre établi.

1.3.5 Biais de disponibilité

Le biais de disponibilité est un biais cognitif qui se traduit par une distorsion dans la représentation des événements plus aisés à remémorer. En effet, un individu aura tendance à surpondérer la probabilité de survenance d'éléments qui sont immédiatement disponibles en mémoire, et adapter son comportement en conséquence.

L'heuristique de disponibilité est notamment utilisée en marketing afin de persuader les consom-

mateurs : répéter un même message permet, au fil des répétitions, d'accroître sa vraisemblance et la place de celui-ci dans l'esprit.

Cette place importante laissée aux événements immédiatement accessibles en mémoire se traduit également de manière concrète en assurance : on observe par exemple généralement une hausse des souscriptions à un produit d'assurance offrant des garanties contre les inondations dans les années suivant une inondation majeure.

Chapitre 2

De la volatilité et du bruit à différents niveaux

Si l'erreur associée à un estimateur peut être liée à un biais, l'autre versant de celle-ci tient à la variance, ou volatilité (*cf* figure 2.1). Qualifiée également de bruit, il s'agit du fait d'obtenir des réponses différentes à une question pour laquelle une seule réponse pourrait être attendue (2.1). Cependant, des méthodes ont été développées afin de prendre en compte, dans une certaine mesure, l'aléa lié à cette volatilité en s'intéressant aux distributions probables du paramètre étudié grâce aux avis d'experts (2.2).

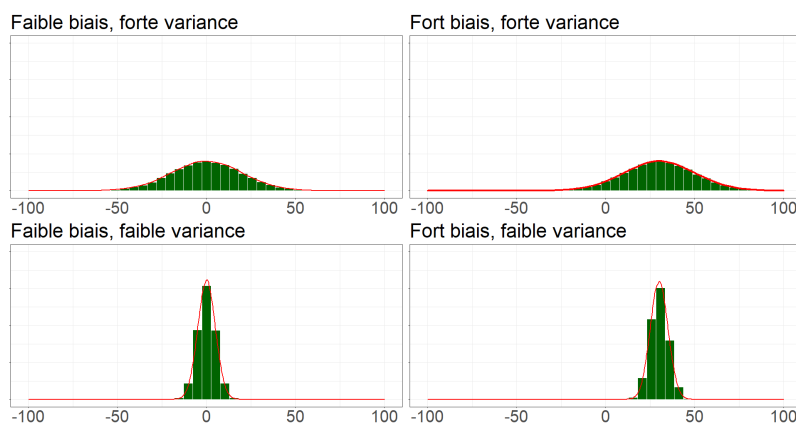


FIGURE 2.1 – Illustration : biais et variance

2.1 Sources de volatilité

La volatilité et le bruit s'entendent à deux niveaux distincts. En effet, chaque intervention s'effectue sous le prisme d'une histoire et d'un processus de décision personnel, et donc de fait dépendant de chaque individu (§2.1.1) mais, et cela est peut-être plus étonnant, pour un même individu (§2.1.2).

2.1.1 Entre individus

Le bruit pouvant affecter une prise de décision est éminemment marqué d'abord pour ce qui est des décisions prises par différents individus.

J.M. Anderson, J.R. Kling et K. Stith (ANDERSON, KLING et STITH 1999) se sont intéressés aux disparités dans la prise de décisions entre juges en matière de peines de prison, avant et après la mise en place de lignes directrices restreignant la liberté de décision des juges en la matière. Les chercheurs ont mesuré les différences en termes de peines pour des affaires semblables, et ont alors mis en exergue des variations de 17% en moyenne (c'est-à-dire 4.9 mois de prison), avant la mise en place des lignes directrices. S'agissant d'une question aussi sensible que peuvent l'être des peines de prison, sujet régalién par excellence, ces variations sont éminemment problématiques. Suite à la mise en oeuvre de ces lignes directrices, ce taux est descendu à 11%, signe de la pertinence de ces dernières, mais reste tout de même suffisamment élevé pour être noté, créant des inégalités de traitement injustifiées.

De la même manière, une étude a été menée sur les variations en termes de prix lors de l'estimation de la valeur de biens immobiliers au Royaume-Uni (MACGREGOR et al. 1996). Celle-ci a pu mettre en évidence un écart plus important qu'attendu pour des biens identiques entre les estimations de différents agents, pourtant des professionnels qualifiés et chargés de réaliser de telles estimations.

D. Kahneman, O. Sibony et C. R. Sunstein ont effectué une synthèse des travaux ayant pu mettre ces variations en évidence, au sein de l'ouvrage *Noise* (KAHNEMAN, SIBONY et SUNSTEIN 2021). Ceux-ci relèvent dans un premier temps les phénomènes sous-jacents impliquant la présence de bruit (différence dans l'heure de la journée, dans la personnalité des individus...) avant de proposer des pistes afin de réduire cette volatilité. Pour ces chercheurs, la présence de bruit trouve sa source dans la singularité intrinsèque à chaque individu, c'est-à-dire l'ensemble des éléments constitutifs de sa personnalité, ayant forgé ses spécificités et particularités. Ces nuances se reflètent dans un bruit qualifié de "bruit de fond" (*pattern noise*).

Afin de lutter contre celui-ci, les auteurs proposent aux organisations la réalisation d'un audit des sources de volatilité (*noise audit*) afin de mesurer l'ampleur du phénomène et de déterminer les décisions les plus exposées afin de mieux les isoler et les appréhender. De manière générale, ceux-ci préconisent une certaine hygiène dans la prise de décision, imposant une certaine lourdeur mais permettant de se prémunir dans la mesure du possible des aléas de la volatilité : agrégation de différents avis regroupés individuellement plutôt que de manière groupée ou privilégier des échelles relatives et comparables plutôt qu'une échelle subjective et personnelle. Pour ce dernier point, cela peut être illustré par un exemple de notation professionnelle : deux managers auront peut-être deux interprétations différentes de la note d'un individu de 7/10, tandis qu'ils seront vraisemblablement d'accord pour dire que telle personne est meilleure sur un sujet particulier que telle autre personne (Sounding the alarm on system noise 2021).

2.1.2 Pour un même individu

Cependant, si cette volatilité dans la prise de décision d'un individu se conçoit aisément pour ce qui est des différences entre individus (deux individus différents n'ont pas les mêmes logiques et processus de décision), cette volatilité et ce bruit peuvent également se manifester dans le cadre d'une décision prise par une personne unique.

En effet, confronté à un problème similaire, un individu ne prendra pas nécessairement toujours une décision identique, et ce en raison de son humeur, des facteurs de réflexion prenant le pas au moment où celle-ci est menée ou encore du contexte dans lequel elle intervient.

Ainsi, S. Grimstad et M. Jørgensen ont-ils mis en évidence que lorsque des développeurs étaient interrogés sur le temps nécessaire afin de compléter une tâche, à deux jours d'intervalle, les projections variaient de 71% en moyenne (GRIMSTAD et JØRGENSEN 2007).

Il s'agit ici d'un enjeu éminemment humain, introduisant une subjectivité dans l'appréciation d'une décision. Cependant, il ne serait pas acceptable que de tels niveaux de variations soient observés pour ce qui est des calculs de provisions techniques, justifiant de s'arrêter sur cette problématique dans le cadre de cette étude du facteur humain en la matière.

2.2 Prise en compte de la volatilité

Dès lors que les phénomènes cherchant à être modélisés intègrent de manière inhérente une part certaine d'aléa, les jugements portés par les experts ne peuvent pas, par nature, constituer un avis certain et unique. C'est cette incertitude qui est le berceau de la variance pouvant être observée entre expert, et différence d'opinion découlant de ce facteur humain.

Ce constat peut être décliné pour l'ensemble des disciplines, dès lors qu'un expert est amené à se prononcer, que ce soit en raison d'un manque de données ou en raison d'un aléa contenu au sein du phénomène à décrire. Des méthodes d'élicitation ont été développées afin de prendre le meilleur parti de ces incertitudes (§2.2.1). La déclinaison de ces méthodes en matière de provisionnement offre dès lors des perspectives attrayantes en terme d'efficacité et de précision des calculs (§2.2.2).

2.2.1 L'élicitation, conciliation des jugements d'experts

Dans un cadre incertain, où les éléments recherchés ne constituent pas une constante tangible et avérée mais forment au contraire un ensemble de *valeurs probables*, des techniques d'élicitation peuvent trouver matière à s'appliquer. Il s'agit là de méthodes systématiques visant à synthétiser les jugements d'experts sur un sujet où demeurent des incertitudes. Cependant, se borner à simplement interroger des experts quand aux montants attendus sans autre formalité se révélerait limité : certes, ceux-ci peuvent fournir une estimation de la valeur recherchée, mais à quel point considèrent-t-ils cette estimation fiable ? Comment ceux-ci anticipent-t-ils la diversité de valeurs possibles ?

Afin de pallier ces inconvénients, des *distributions probabilisées* du paramètre estimé peuvent être tracées, afin d'induire un jugement a priori émis par l'expert, et offrir davantage de perspective et de recul sur les jugements effectués.

A cet égard, différentes méthodes et procédés ont été développés pour justement analyser le regard des experts sur leurs décisions, méthodes synthétisées au sein de l'article de l'EFSA¹ dédié à ce sujet (EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY 2014).

- **Procédure d'élicitation**

Différents éléments sont communs à toutes les procédures d'élicitation et doivent être déterminés avant de commencer toute démarche :

- l'objectif poursuivi (l'estimation d'un paramètre donné par exemple) ;
- le format (questionnaire, site internet, entretien physique....) ;
- le choix des experts (combien ? comment les choisir ?) ;
- le format et l'ordre des questions ;
- la mise en oeuvre (expliquer aux experts le sujet et les enjeux de la démarche) ;
- le choix de l'interlocuteur (chargé de guider les experts dans leur démarche).

Ces points clé doivent soigneusement être fixés dans la mesure où ceux-ci permettent de définir un cadre de travail précis pour la démarche envisagée.

Une fois ces éléments définis, se pose la question de la manière d'obtenir une distribution de probabilité relative à l'avis d'un expert sur un sujet donné. Différentes possibilités sont envisagées afin d'introduire cette probabilisation de la décision. Si X est la quantité recherchée, il est possible :

- d'obtenir des informations directement sur les probabilités que l'expert associe à X ("Quelle est la probabilité que X soit supérieur à 10 ? A 15 ?")
- d'obtenir des informations relatives aux quantiles de la distribution de X ("Quelle est la médiane des valeurs possibles pour X ?")
- d'obtenir des informations relatives aux moments de la distribution de X ("Quelle est la moyenne des valeurs possibles pour X ? L'écart-type ?")

Dès lors que les informations recherchées ont été obtenues, il est possible d'interpoler une distribution probable pour la variable X selon l'expert interrogé.

Il convient alors d'agréger les résultats de différents experts afin d'en déduire une distribution *commune*, ou tout du moins sur laquelle ceux-ci sont en accord relatif, et qui constitue ainsi a priori la meilleure distribution possible compte tenu l'expertise des répondants.

1. European Food Safety Authority

- **Méthode de Sheffield**

Si plusieurs démarches d'élicitation de jugement d'experts ont été développées, notamment la méthode Delphi, la méthode de Cooke et la méthode Sheffield (O'HAGAN 2019), c'est cette dernière qui sera retenue par la suite. En effet, celle-ci dispose d'un outil spécifique pour sa mise en application, outil disponible en accès libre et suffisamment clair pour être aisément utilisable par un large public.

Il s'agit d'une procédure permettant d'obtenir une distribution probabilisée de la quantité étudiée par agrégation des avis d'expert, développée au sein de l'Université de Sheffield, s'appuyant sur l'outil SHELF (Sheffield Elicitation Framework). Ces techniques sont dérivées de la statistique bayésienne, permettant d'inférer les résultats à partir de *degrés de croyance* en un événement.

J. Oakley et A. O'Hagan ont travaillé sur l'élicitation de jugements d'experts en collaboration avec des statisticiens et psychologues, afin d'offrir une synthèse des méthodes permettant d'agréger les jugements d'experts (*Uncertain judgements : Eliciting expert probabilities*, O'HAGAN et al. 2006). Une version plus récente des recommandations et outils proposés a ensuite été rédigée, développant notamment une approche précise et détaillée du protocole applicable pour la méthode SHELF (EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY 2014). Concrètement, l'objectif est de parvenir à réconcilier des avis d'experts en interrogeant ceux-ci sur la distribution de probabilités qu'ils associent à la quantité étudiée, en particulier en s'intéressant aux quartiles de cette dernière.

Afin de pouvoir établir celle-ci, différentes étapes sont suivies : après avoir clairement énoncé les termes de la problématique, il convient de demander la meilleure estimation de la quantité étudiée, la valeur minimale que celle-ci pourrait raisonnablement atteindre, la valeur maximale que celle-ci pourrait raisonnablement atteindre et enfin les 1er et 3e quartiles. Ces éléments sont transmis à la personne chargée de guider les experts dans leur processus de réponses, qui peut également, le cas échéant, préciser certains points qui ne seraient pas clairs dans le fonctionnement de la méthode.

Ces éléments permettent de tracer une distribution raisonnable envisagée pour chacun des experts, distributions qu'il convient ensuite d'agréger afin d'obtenir la distribution moyenne probable. Pour ce faire, une phase de discussion s'ouvre, afin que les experts puissent échanger sur les raisons des différences entre leurs estimations. Ce temps d'échange est essentiel en ce qu'il permet aux experts de comprendre les démarches et postulats ayant pu être effectués par leurs confrères, et permet un débat sur les choix effectués ou les hypothèses retenues.

Une fois cette discussion effectuée, et les experts accordés sur une distribution leur paraissant *raisonnable*, du moins ne paraissant improbable pour aucun, cette distribution commune peut être retenue comme étant la distribution de référence en la matière.

Une fois les retours sur cette distribution rassemblés, la procédure peut prendre fin.

2.2.2 Application en matière de provisionnement

Pour ce qui est de l'application de ces méthodes de réconciliation des avis d'experts dans le domaine du provisionnement, le calcul du montant de provisions lui-même constitue un champ d'application approprié. En effet, il s'agit d'un élément par essence impossible à modéliser avec exactitude, reposant donc *in fine* sur l'analyse d'experts et leurs jugements.

Ainsi, chaque expert détermine *son* estimation du montant de provision requis, y associant *sa* distribution de probabilité associée.

Finalement, les différents avis d'experts sont rassemblés, permettant d'interpoler une densité probable. Celle-ci constitue ainsi la "meilleure estimation" formée par l'agrégat de ces avis d'experts.

Chapitre 3

Du provisionnement en assurance non-vie

Le provisionnement est, en raison de l'importance des réserves au bilan pour un assureur, un poste crucial pour ce dernier. Il convient de revenir sur l'importance du provisionnement, au regard du cadre normatif dans lequel celui-ci s'inscrit (3.1), sur les principales méthodes de provisionnement existant (3.2) avant de préciser le lien entre provisionnement et jugement d'expert (3.3).

3.1 Généralités sur le provisionnement en assurance non-vie

En raison de la variété de provisions techniques référencées, il convient de préciser cette notion (§3.1.1), avant de considérer la notion de *meilleure estimation* (§3.1.2).

3.1.1 Diversité des provisions techniques et vocabulaire

Les provisions techniques sont les réserves constituées par les compagnies d'assurance afin de faire face à leurs engagements et représentent, à ce titre, une majeure partie du passif au bilan.

Si la principale provision technique en assurance non-vie est la provision pour sinistres à payer (PSAP), il convient de mentionner, à titre annexe, les provisions pour primes non-acquises¹ et la provision pour risque en cours^{2,3}.

1. Provision pour primes non acquises (PPNA) : provision destinée à constater, pour l'ensemble des contrats en cours, la part des primes émises et des primes restant à émettre se rapportant à la période comprise entre la date de l'inventaire et la date de la prochaine échéance de prime ou, à défaut, du terme du contrat (article R.343-7 du code des assurances)

2. Provision pour risques en cours (PREC) : provision destinée à couvrir, pour l'ensemble des contrats en cours, la charge des sinistres et des frais afférents aux contrats, pour la période s'écoulant entre la date de l'inventaire et la date de la première échéance de prime pouvant donner lieu à révision de la prime par l'assureur ou, à défaut, entre la date de l'inventaire et le terme du contrat, pour la part de ce coût qui n'est pas couverte par la provision pour primes non acquises (article R.343-7 du code des assurances)

3. *Nota bene* : Le détail des provisions techniques relatives aux compagnies d'assurance non-vie est explicité à l'article R.343-7 du code des assurances.

Pour ce qui est de la **provision pour sinistres à payer**, la plus importante par son volume, celle-ci correspond aux montants nécessaires estimés pour le règlement de tous les sinistres sur l'année comptable considérée.

Cette provision est en réalité constituée des **provisions dossier/dossier** et des **provisions pour sinistres survenus mais non déclarés** (*incurred but not reported*, IBNR), elles-mêmes scindées en *incurred but not enough reported* et en *incurred but not yet reported*. La figure 3.1 permet d'illustrer cette décomposition.

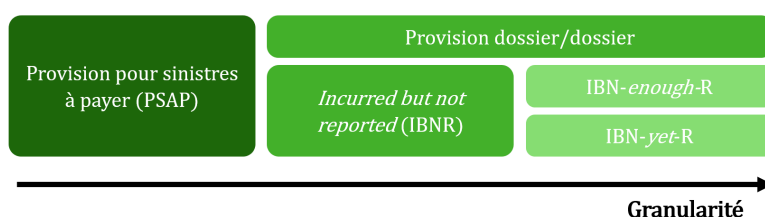


FIGURE 3.1 – Principaux éléments composant la provision pour sinistres à payer

Plus spécifiquement, les éléments considérés sont donc les suivants :

- Les **provisions dossier/dossier**, qui correspondent aux sinistres déjà déclarés mais pas encore réglés intégralement.
- Les **provisions pour sinistres survenus mais non déclarés** (IBNR – *incurred but not reported*). Ces provisions correspondent aux sinistres n'ayant pas encore été reportés à l'assureur et qu'il ne peut donc, par nature, qu'estimer. Celles-ci sont constituées :
 - Des **IBNeR** (*incurred but not enough reported*), c'est-à-dire des provisions sous-estimées de sinistres déjà connus ;
 - Des **IBNyR** (*incurred but not yet reported*), c'est à dire des provisions pour sinistres n'ayant d'aucune façon été rapportés à l'assureur ;

Pour chaque année comptable, les assureurs constituent ainsi des *provisions pour sinistres*. Celles-ci sont progressivement vidées de leur substance par la réalisation des engagements de l'assureur, c'est-à-dire le versement des indemnisations aux assurés sinistrés par le biais de *règlements*.

La somme des provisions et des règlements constitue la *charge de sinistre* associée à l'année en question.

3.1.2 Calcul de la meilleure estimation des provisions nécessaires

Afin d'estimer le montant de provisions nécessaire, la meilleure estimation (*Best Estimate*) du montant de ces provisions doit être déterminée.

Elle se définit, sous la norme prudentielle Solvabilité II comme « *la moyenne pondérée par leur probabilité des flux de trésorerie futurs compte tenu de la valeur temporelle de l'argent [. . .], estimée*

sur la base de la courbe des taux sans risque pertinents. Le calcul de la meilleure estimation est fondé sur des informations actualisées et crédibles et des hypothèses réalistes et il fait appel à des méthodes actuarielles et statistiques adéquates, applicables et pertinentes ».

Pour ce qui est de la norme comptable IFRS 17, le *Best Estimate* est relativement proche de la définition donnée sous Solvabilité II, avec quelques ajustements à la marge : redéfinition de la notion de frontière des contrats, absence de prise en compte des frais non-rattachables au contrat et différence quant à la construction de la courbe des taux (approches *top-down* possible notamment).

Toujours est-il que le *Best Estimate* est le cœur de l'estimation des provisions pour l'assureur, et c'est donc celui-ci qui est l'enjeu premier des calculs actuariels dans ce contexte.

3.2 Méthodes de provisionnement

Afin de déterminer les montants de provisions ou de réserves, les principales méthodes utilisées en assurance non-vie s'appuient sur les triangles de développements ou triangles *run-off*.

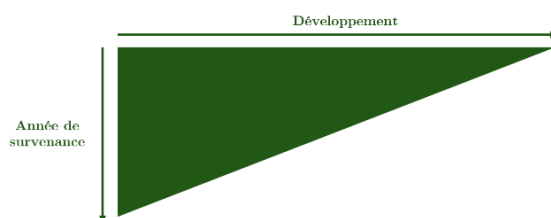


FIGURE 3.2 – Triangle de développement, ou triangles *run-off*

Ceux-ci constituent une vision agrégée de l'évolution des sinistres, vieillis par année en fonction des développements connus. Ils peuvent être constitués des données de paiements, de nombre de sinistres ou encore de charges associées.

Ces triangles permettent donc d'avoir à un instant t les données connues avec les tendances historiques ayant conditionné ces évolutions. Il est alors possible d'utiliser cet historique afin d'en déterminer les évolutions futures, et compléter le triangle

Pour cela, deux méthodes sont essentiellement utilisées : la méthode de Chain Ladder (§3.2.1), nécessitant uniquement les données des triangles de développements et la méthode de Bornhuetter-Ferguson (§3.2.2), permettant la prise en compte de données exogènes. La méthode de Mack (§3.2.3) permet d'estimer la volatilité des estimations effectuées. Enfin, quelques brefs développements doivent être effectués afin de traiter la question de la vérification des hypothèses relatives à ces différents modèles (§3.2.4).

Les notations suivantes sont adoptées pour la suite, en supposant n la dernière année d'observation :

- i : année de survenance ($i \in \llbracket 1, n \rrbracket$);
- j : année de développement ($j \in \llbracket 1, n \rrbracket$);
- $X_{i,j}^{(k)}$: la charge incrémentale du k -ième sinistre survenant l'année i au développement j ;
- $Y_{i,j} = \sum_k X_{i,l}^{(k)}$ la charge incrémentale de l'ensemble des sinistres de l'année i au développement j ;

Charges	Dev 1	Dev 2	...	Dev j	...	Dev n-1	Dev n
Année 1	$Y_{1,1}$	$Y_{1,2}$	...		...	$Y_{1,n-1}$	$Y_{1,n}$
Année 2	$Y_{2,1}$					...
...		
Année i				$Y_{i,j}$			
...				
Année n-1	$Y_{n-1,1}$...					
Année n	$Y_{n,1}$						

TABLE 3.1 – Triangle de développements incrémentaux

Au-delà des montants par année de développement, ce sont les montants agrégés qui sont généralement utilisés en matière de provisionnement. Il convient dès lors de poser le montant de prestations cumulées $C_{i,j} = \sum_{l=1}^j Y_{i,l}$, qui est l'agrégat des montants de prestations de sinistre survenus la i -ème année, vu à la j -ème année de développement.

Charges	Dev 1	Dev 2	...	Dev j	...	Dev n-1	Dev n
Année 1	$C_{1,1}$	$C_{1,2}$	...		...	$C_{1,n-1}$	$C_{1,n}$
Année 2	$C_{2,1}$					...
...		
Année i				$C_{i,j}$			
...				
Année n-1	$C_{n-1,1}$...					
Année n	$C_{n,1}$						

TABLE 3.2 – Triangle de développements agrégés

L'objectif est alors de compléter les triangles de développements afin de parvenir à expliciter les montants de charges à l'ultime, c'est-à-dire les $C_{i,n}$ pour $i \in 2, \dots, n$ (en supposant $C_{1,n}$ complètement développé⁴). Il est en effet possible d'en déduire alors les montants de réserves nécessaires.

4. Cf §3.2.1 paragraphe relatif au *tail factor*

3.2.1 Chain Ladder

- Méthode de Chain Ladder

La méthode de Chain Ladder est la méthode la plus répandue en matière de provisionnement en assurance non-vie⁵, en raison notamment de sa simplicité et facilité d'utilisation mais également de son universalité, la méthode étant transposable à de nombreuses branches et segments. Cette méthode peut s'appuyer sur les triangles de paiements, de nombre de sinistres ou encore de charges cumulées, option qui sera retenue pour la suite.

Il s'agit d'une méthode déterministe, dont le principe tient à considérer que les différents développements sont similaires, indépendamment de l'année de survenance.

Les facteurs de développements ou link ratio $f_{i,j}$ sont définis à cette fin : $f_{i,j} = \frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}}$.

Hypothèse : les facteurs de développements sont indépendants de l'année d'origine i :

$$\forall j \in \llbracket 1, n-1 \rrbracket, \forall i \in \llbracket 1, n \rrbracket, \frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}} = f_j$$

Dans ce cas, le facteur de développement f_j peut être estimé de la manière suivante :

$$\forall j \in \llbracket 1, n-1 \rrbracket, \hat{f}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n-j} C_{i,j+1}}{\sum_{i=1}^{n-j} C_{i,j}}$$

Cela permet de déterminer les paiements cumulés ultérieurs :

$$\forall j \in \llbracket 1, n-1 \rrbracket, \hat{C}_{i,n} = \prod_{k=j-1}^{n-i} \hat{f}_k \times C_{i,n-i}$$

Le montant de réserves nécessaire pour l'année i est ensuite établi par différence entre l'estimation des charges à l'ultimes et des dernières charges connues.

$$\forall i \in \llbracket 1, n \rrbracket, \hat{R}_i = \hat{C}_{i,n} - C_{i,n-i+1}$$

5. 90% des répondants à l'enquête ASTIN (2016) ont déclaré utiliser la méthode de Chain Ladder comme principale méthode déterministe (ASTIN [2016](#))

Charges	Dev 1	Dev 2	...	Dev j	...	Dev n-1	Dev n	Réserves
Année 1	$C_{1,1}$	$C_{1,2}$	...		...	$C_{1,n-1}$	$C_{1,n}$	0
Année 2	$C_{2,1}$					$C_{2,n-1}$	$\hat{C}_{2,n}$	$\hat{C}_{2,n} - C_{2,n-1}$
...
Année i				$C_{i,j}$				
...
Année n-1	$C_{n-1,1}$	$C_{n-1,2}$	...				$\hat{C}_{n-1,n}$	$\hat{C}_{n-1,n} - C_{n-1,2}$
Année n	$C_{n,1}$	$\hat{C}_{n,2}$	...			...	$\hat{C}_{n,n}$	$\hat{C}_{n,n} - C_{n,1}$

TABLE 3.3 – Calcul du montant de réserves

Le montant total de réserves se déduit alors de ce montant :

$$\hat{R} = \sum_{i=1}^n \hat{R}_i$$

- Tail factor

Le paragraphe précédent était placé sous l'hypothèse sous-jacente d'un développement complet des charges de sinistres au bout de n années. Cependant, il arrive dans le cadre de certaines branches à développement long que les charges de la n -ième année ne constituent toujours pas une charge à l'ultime. Il est dans ce cas nécessaire d'estimer un facteur de queue de développement, ou *tail factor*, permettant de projeter les montants de charges à l'ultime.

De nombreuses méthodes permettent d'estimer ces facteurs de développement \hat{f}_j pour $j > n$ (BOOR 2006). Le facteur de queue de développement à l'ultime est $\hat{f}_{ult} = \prod_{j>n} \hat{f}_j$.

Les charges à l'ultime sont alors évaluées en effectuant le produit de ce facteur avec les charges développées :

$$\begin{cases} \hat{C}_{1,ult} = C_{1,n} * \hat{f}_{ult} \\ \forall i \in \llbracket 2, n \rrbracket, \hat{C}_{i,ult} = \hat{C}_{i,n} * \hat{f}_{ult} \end{cases}$$

3.2.2 Bornhuetter-Ferguson

Moins utilisée que la méthode de Chain Ladder, la méthode de Bornhuetter-Ferguson reste l'une des options plébiscitées pour le calcul de provisions. Introduite par Bornhuetter et Ferguson en 1972

(BORNHUETTER et FERGUSON 1972), cette méthode permet la prise en compte d'un paramètre exogène, qui est celui de la charge à l'ultime, intégrée de manière préalable par l'actuaire.

La méthode de Bornhuetter-Ferguson repose sur un modèle multiplicatif :

$$\forall i, j \in \llbracket 1, n \rrbracket^2, C_{i,j} = \alpha_i \gamma_j$$

où les $\alpha_1, \dots, \alpha_n$ représentent les charges à l'ultime attendues pour les différentes années de survivance, tandis que les $\gamma_1, \dots, \gamma_n$ correspondent aux cadences de développements restant jusqu'à l'ultime pour chacune des années.

Ces cadences de développements à l'ultime sont estimées par la formule suivante :

$$\forall j \in \llbracket 1, n-1 \rrbracket, \hat{\gamma}_j = \frac{1}{\prod_{k=j}^n \hat{f}_k}$$

Il est ainsi possible de faire le lien entre les dernières données disponibles et la projection. La charge à l'ultime est généralement déterminée sous la forme d'un ratio sinistres sur primes (ratio S/P), que l'on multiplie par le montant de primes (afin d'avoir uniquement la charge de sinistres).

Ainsi, $\hat{\alpha}_i = (S/P)_{i,n} * P_i$ (avec $(S/P)_{i,n}$ ratio S/P de l'année i au développement n et P_i le montant de primes de l'année i).

Dès lors, on a :

$$\forall i, j \in \llbracket 1, n \rrbracket \hat{C}_{i,j} = C_{i,n-i} + (\hat{\gamma}_j - \hat{\gamma}_{n-i}) * \hat{\alpha}_i$$

Soit, à l'ultime :

$$\forall i \in \llbracket 1, n \rrbracket \hat{C}_{i,n} = C_{i,n-i} + (1 - \hat{\gamma}_{n-i}) * \hat{\alpha}_i$$

Il convient de préciser dès à présent que ce modèle permet une intervention plus poussée de l'actuaire mettant en œuvre son jugement dans la mesure où celui-ci doit effectuer une estimation a priori des montants de charges attendus.

3.2.3 Mack

Enfin, afin de conclure ce tour d'horizon des principales méthodes de provisionnement, il convient de préciser quelques éléments autour de la méthode de Mack. En effet, ce modèle est la méthode stochastique la plus appliquée, pendant de la méthode de Chain Ladder.

Le modèle de Mack est utilisé notamment afin d'obtenir un ordre de grandeur de la volatilité de l'estimateur des provisions techniques.

Dans la mesure où ce modèle n'implique aucune hypothèse relative à la distribution du triangle de développement, celui-ci est qualifié de modèle *semi paramétrique*.

Plusieurs hypothèses sont nécessaires pour permettre son application :

Hypothèse (H1) : les années de survenance sont indépendantes :

$$\forall (i, k) \in \llbracket 1, n \rrbracket, i \neq k \implies (C_{i,j})_{j \in \llbracket 1, n \rrbracket} \text{ et } (C_{k,j})_{j \in \llbracket 1, n \rrbracket} \text{ indépendants}$$

Hypothèse (H2) : l'espérance conditionnelle est sans biais, c'est à dire qu'il existe des facteurs μ_1, \dots, μ_{n-1} tels que :

$$\mathbf{E}[C_{i,j} | C_{i,1}, \dots, C_{i,j-1}] = E[C_{i,j} | C_{i,j-1}] = \mu_{j-1} C_{i,j-1}$$

Hypothèse (H3) : la variance conditionnelle est donnée par la formule :

$$\mathbf{V}[C_{i,j} | C_{i,1}, \dots, C_{i,j-1}] = \sigma_{j-1}^2 C_{i,j-1}$$

Pour ce qui est des facteurs de développement (ou coefficients de passage), le modèle de Mack s'appuie sur des coefficients identiques aux coefficients calculés par la méthode de Chain Ladder. Le cadre du paragraphe [3.2.1](#) est donc ici supposé.

Le triangle de développement associé est noté $T_D = C_{i,j}, i + j \leq n + 1$

De la même manière que pour la méthode de Chain Ladder on a les montants de charges suivants :

$$E[C_{i,j} | T_D] = \prod_{k=j-1}^{n-i} \mu_k * C_{i,n-i}$$

où les μ_k sont tels que $\hat{\mu}_k = \frac{\sum_{j=1}^{n-j} C_{i,j+1}}{\sum_{i=1}^{n-j} C_{i,j}}$

Une fois les facteurs de développement calculés, il est possible de calculer l'erreur quadratique moyenne (ou *Mean Squared Error of Prediction*, MSE_P) associée au montant de réserves déterminé.

$$MSEP(\hat{C}_{i,n} = E[(C_{i,n} - \hat{C}_{i,n})^2 | T_D])$$

$$MSEP(\hat{C}_{i,n} = V[(C_{i,n} | T_D) + (E[C_{i,n} | T_D] - \hat{C}_{i,n})^2])$$

Un estimateur naturel de l'erreur quadratique de la provision pour l'année i est alors donné par la formule suivante :

$$M\hat{S}EP(\hat{R}_i) = \hat{C}_{i,n} * \sum_{j=n-i+1}^{n-1} \frac{\hat{\sigma}_j^2}{\hat{f}_j^2} \left(\frac{1}{\hat{C}_{i,j}} + \frac{1}{\sum_{k=0}^{n-j-1} C_{k,j}} \right)$$

L'erreur sur la provision totale est donc :

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

3.2.4 Vérification des hypothèses

Dans un dernier temps, il est apparu utile de préciser quelques éléments relatifs à l'application des méthodes développées précédemment, afin de garantir le bien-fondé de leur recours.

Il est d'usage dans l'industrie du provisionnement de s'appuyer sur des tests graphiques afin de s'assurer de la régularité des données et ainsi de la pertinence de l'usage de la méthode de Chain-Ladder notamment. Il s'agit en effet d'une méthode relativement souple, pouvant généralement être appliquée dès lors que les données sont en nombre suffisamment conséquent. Cependant, il est également possible de recourir à des tests statistiques afin d'assurer la démonstration de cet élément. Ce sont ici les propositions de T. Mack qui seront retenues (MACK [1993](#)), dans la mesure où celles-ci sont aisément duplicables et, permettant l'application de sa méthode, celles-ci permettent par extension le bon usage de la méthode de Chain-Ladder simple. Ces hypothèses peuvent cependant toujours être accompagnées des vérifications graphiques d'usage, notamment la vérification de la régularité de l'évolution des coefficients de développement.

Les tests nécessaires afin de vérifier les hypothèses de modèle sont présentés ci-dessous, puis appliqués aux cas d'espèces dans le cadre de la présentation de l'outil support de l'étude ([4.2.1](#)) ainsi qu'en détail en annexes ([B](#)).

Le schéma suivi sera celui de H. Phan Ngoc (PHAN NGOC [2015](#)), particulièrement didactique, s'appuyant sur les annexes G et H développées par T. Mack (MACK [1993](#)).

• **H1 - Indépendance des années de souscription**

L'indépendance des années de souscription peut être analysée par le biais du test d'absence d'effet calendaire. En effet, selon T. Mack, la principale raison pouvant justifier l'absence d'indépendance entre les années de survenance d'accident tient aux effets calendaires, c'est-à-dire à de lourdes modifications du schéma de traitement des données, qu'elles soient endogènes (changement de manière de traiter les sinistres) ou exogènes (décision de justice influençant les politiques de règlements, inflation...). Celui-ci a donc imaginé une procédure permettant de déceler l'existence d'une telle modification qui viendrait, dès lors, rendre inapplicable la méthode de Chain-Ladder. Les éléments qui suivent sont directement issus et traduits de la théorie développée à cet égard par Mack au sein de l'appendice H précitée.

L'influence d'une année calendaire porte sur les diagonales du triangle de développement :

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

Afin de mesurer ces effets, il convient de comparer les coefficients de chacune des colonnes du triangle des facteurs de développement à la médiane de cette colonne.

Pour chaque coefficient de la diagonale j , trois alternatives sont possibles :

- Si le facteur de développement est inférieur à la médiane, celui-ci est affecté à l'ensemble S_j de coefficients inférieurs (S pour *smaller*) ;
- Si le facteur de développement est égal à la médiane, celui-ci est retiré des développements ultérieurs (il s'agit de la situation où le nombre de facteurs de développement est impair dans la colonne) ;
- Si le facteur de développement est supérieur à la médiane, celui-ci est affecté à l'ensemble L_j de coefficients supérieurs (L pour *larger*) ;

Sur l'ensemble du triangle, chaque facteur de développement n'ayant pas été retiré a ainsi une probabilité de 50% de chance d'appartenir à $S = \sum S_j$ ou $L = \sum L_j$.

Les valeurs de S_j et de L_j peuvent alors être comparées : en l'absence d'effet calendaire, ces valeurs devraient être proche pour un j donné puisqu'il n'y a pas de raison que les coefficients aient tendance à être davantage supérieurs ou davantage inférieurs aux médianes de chacune des colonnes. À l'inverse, une brusque hausse de l'inflation se traduira par exemple par une diagonale de coefficients nettement supérieure aux coefficients médians constatés, signe de l'effet calendaire en cause.

Enfin, il convient enfin de poser la variable $Z_j = \min(S_j, L_j)$. Les variables S_j et L_j suivant des lois binomiales de paramètre $(j, 0.5)$, il est possible d'écrire (en retenant la notation $n_j = S_j + L_j$) :

$$E(Z_j) = \frac{n_j}{2} - \left(\binom{n_j - 1}{\lfloor \frac{n_j - 1}{2} \rfloor} \right) * \frac{n_j}{2^{n_j}}$$

$$V(Z_j) = \frac{n_j * (n_j - 1)}{4} - \left(\binom{n_j - 1}{\lfloor \frac{n_j - 1}{2} \rfloor} \right) * \frac{n_j * (n_j - 1)}{2^{n_j}} + E(Z_j) - E(Z_j)^2$$

La variable aléatoire $Z = \sum_{k=2}^{n-1} Z_k$ est ensuite définie. Celle-ci ne prends pas Z_1 en compte, car il ne s'agit pas d'une variable aléatoire. De la même manière, il convient de retirer du calcul de cette variable Z tous les Z_j tels que $S_j + L_j \leq 1$.

Sous l'hypothèse nulle les Z_j sont pratiquement décorrélés, permettant de noter $E(Z) = \sum_{k=2}^{n-1} E(Z_k)$ et $V(Z) = \sum_{k=2}^{n-1} V(Z_k)$. De plus, Z suit approximativement une distribution normale.

Ainsi, il est possible de rejeter avec à un seuil de 5% l'hypothèse de ne pas avoir d'effet calendaire important si et seulement si Z appartient à l'intervalle suivant :

$$IC_{normale}^{95\%} = \left[E(Z) - 1,96 * \sqrt{V(Z)}; E(Z) + 1,96 * \sqrt{V(Z)} \right]$$

- **H2 - Tracé de l'espérance**

Second élément, particulièrement classique en raison de sa facilité de mise en oeuvre, la vérification de la linéarité du rapport des couples $(C_{i,j+1}, C_{i,j})$, devant être alignés sur une droite passant par l'origine. Cette linéarité permet de conclure vis-à-vis de l'hypothèse relative à la forme de l'espérance (hypothèse H2).

- **H3 - Tracé de la variance**

Pour ce qui est de la forme de la variance (hypothèse H3), ce sont les résidus $r_{i,j} = \frac{C_{i,j+1} - \hat{\lambda}_j C_{i,j}}{\sqrt{C_{i,j}}}$ qui sont étudiés. Ceux-ci ne doivent ainsi pas présenter de tendance spécifique en fonction des $C_{i,j}$.

3.3 Intervention du jugement d'expert

L'actuaire, mettant en oeuvre son jugement d'expert, intervient sur de nombreux plans en matière de provisionnement, dont il est possible de citer quelques occurrences.

- **Niveau d'agrégation**

Le premier levier à disposition de l'actuaire dans le cadre d'une démarche de provisionnement tient au niveau d'agrégation à retenir : quels sont les portefeuilles et données qu'il est possible de regrouper, ou au contraire de scinder afin de dresser des triangles de développement cohérents ? En effet, un juste équilibre doit être trouvé entre un niveau d'agrégation trop élevé et un niveau de détail trop fin. Dans le premier cas, le risque est de voir rassemblé des données hétérogènes, ayant des comportements et des évolutions trop différentes pour constituer une source viable, tandis qu'un niveau de granularité trop élevé ne permet plus l'application de la loi des grands nombres, les données étant trop peu importantes et volatiles pour pouvoir en déduire des tendances générales.

Par ailleurs, une subdivision est généralement essentielle dans ce cadre : la séparation des sinistres dits *attritionnels*, correspondants aux sinistres à faible coût mais fréquence importante, avec des sinistres dits *graves*, ayant une fréquence très faible mais des coûts bien plus élevés. Du fait de la différence manifeste en termes de comportements et évolutions, séparer ces composantes est essentiel afin que les triangles ne soient pas biaisés par certains sinistres.

Ainsi, il convient de scinder les portefeuilles en sous-groupes homogènes de tailles suffisantes pour permettre l'émergence des tendances sous-jacentes tout en permettant d'isoler les particularités de chacun des sous-groupes.

- **Choix de modèle**

Les actuaires interviennent ensuite sur le modèle à appliquer aux données lui-même. En effet, comme le souligne Hans Bühlmann, « le provisionnement n'est pas une question de modélisation plus sophistiquée mais plutôt un exercice de sélection de modèles »⁶

Chaque modèle a ses spécificités, hypothèses devant être vérifiées et champ d'application, justifiant la liberté de l'actuaire sur le choix de modèle. Ainsi, pour des triangles de développements de sinistres attritionnels suffisamment riches en données, la méthode de Chain Ladder pourra se révéler adaptée, tandis qu'il conviendra d'utiliser des modèles plus spécifiques pour modifier des sinistres graves à faibles occurrences (théorie des valeurs extrêmes par exemple).

- **Choix du triangle à considérer**

D'autres questions se posent une fois le modèle sélectionné, et ce même pour ce qui est de l'application de la méthode de Chain Ladder, pourtant la méthode la plus commune et paraissant la plus aisée à appréhender. Ainsi, selon la disponibilité des données ou l'objectif poursuivi, les triangles de développements pourront être des triangles de règlements, des triangles de nombre de sinistres, des triangles de charges⁷ ou encore des triangles de coûts moyens de sinistres.

6. "Reserving is not a matter of more sophisticated modelling but rather an exercise of model selection". Hans Bühlmann, postface du *Tome II : Tarification et provisionnement*, A. Charpentier et M. Denuit (2005).

7. Choix qui est fait pour l'ensemble de ce mémoire.

- **Profondeur de l'historique**

De la même manière que le choix de la segmentation se doit d'être la recherche entre un ensemble de données plus important, mais hétérogène, ou une granularité fine, source de volatilité plus importante, la profondeur de l'historique à prendre en considération est un facteur décisionnel non-négligeable.

En effet, conserver les années d'historique les plus récentes permet de ne garder que des données vraisemblablement cohérentes entre elles, et donc permet de se prémunir de facteurs exogènes (changements de législation, crises financières...) pouvant créer une rupture avec une période précédente. Des facteurs endogènes peuvent également modifier les cadences de développements (modification de la politique de provisionnement par l'entreprise par exemple). Cependant, réduire la profondeur de l'historique crée un risque d'instabilité de l'estimateur, s'appuyant de fait sur un ensemble de données moins conséquent.

D'un autre côté, élargir la profondeur de l'historique afin de disposer d'un maximum de données n'est pas non plus une stratégie optimale dans la mesure où les données les plus anciennes risquent de suivre des schémas d'évolutions différents des données les plus récentes et donc risquent de biaiser le triangle par la mise en commun de données de nature en réalité hétérogène.

- **Ajout d'un *tail factor***

Un *tail factor*, ou facteur de queue, peut être ajouté par l'actuaire afin de retranscrire le fait que les branches à développement long, comme la responsabilité civile automobile, ne soient pas intégralement développées à l'issue de la plus ancienne des années de développement à disposition.

Un nombre conséquent de méthodes existant pour le calcul d'un tel *tail factor*, les choix sont donc nombreux si celui-ci se révélait nécessaire.

- **Choix de coefficients**

Enfin, dernier élément mentionné ici mais essentiel car au cœur de l'étude menée par la suite : l'actuaire dispose d'une certaine marge de manœuvre pour ce qui est du choix des coefficients à prendre en considération.

En effet, les triangles de développement à disposition ne sont généralement pas parfaitement harmonieux, et certaines variations ou facteurs de développement peuvent être considérés comme étant aberrants. Dès lors, le rôle de l'expert est de procéder à une sélection de coefficients, afin de mettre de côté les coefficients pouvant sembler erronés et déphasés par rapport aux tendances suivies par les autres coefficients. Toute la difficulté réside là dans ces choix, aux problématiques relativement similaires au choix de la profondeur d'historique, mais avec un niveau de précision plus important.

Ces variations dans les coefficients peuvent avoir de nombreuses causes (CARNOT 2018). Celles-ci peuvent être de nature endogène, c'est-à-dire intrinsèque au jeu de données. Il s'agit ici de changements dans les cadences de règlements d'une année à l'autre, de changement de profil de risque

du portefeuille, de politique de risques souscrits. . . D'autre part, ces modifications dans l'évolution des coefficients peuvent également avoir une nature exogène, c'est-à-dire externes aux données en cause. Ainsi, une telle rupture de tendance peut être liée à un changement de réglementation ou une cause économique (crise financière, inflation. . .).

Quoi qu'il en soit, ces facteurs entraînent une rupture de stabilité pour les coefficients, qui doivent donc être retirés des calculs. L'actuaire est ainsi responsable de ce choix de coefficients, mettant en œuvre son jugement d'expert.

En raison de l'importance que revêt ce choix de coefficients, il s'agit de l'enjeu central du cas pratique, support de l'enquête développée en vue de ce mémoire.

Deuxième partie
Conception de l'outil support de
l'étude

Afin de mettre en évidence les biais cognitifs et la volatilité dans la prise de décision, un dispositif expérimental a été mis en place sous la forme d'une étude partagée à différents profils d'actuaire⁸. Celle-ci a donc été conçue pour mettre « en condition » les participants et ainsi pouvoir appréhender la manière dont les prises de décision actuarielles peuvent éventuellement être biaisées. Afin de rendre les réponses les plus neutres possibles, et donc limiter le risque d'avoir des réponses faussées par la connaissance du sujet réel de l'étude, celle-ci a été présentée comme une simple étude sur les usages et méthodes de provisionnement en assurance non-vie.

Pour ce qui est de la nature de cette étude elle-même, un cas pratique (4) et un questionnaire (5) ont été conçus, alliage de deux supports ayant été imaginé afin d'élargir le panel de répondants. En effet, le cas pratique nécessite un investissement plus important et exigeant, dans la mesure où celui-ci requiert l'application de méthodes de provisionnement dans leur intégralité. À l'inverse, le questionnaire permet d'aborder des questions d'ordre plus général, susceptibles de se poser dans un cadre actuariel, mais demandant un investissement moins important et donc se révélant plus accessible.

Pour ces deux supports, disponibles en anglais comme en français, le principe imaginé était la conception de différents scénarios et mises en situation, pouvant de manière inhérente introduire les conditions d'application d'un biais en raison de leur formulation. Les participants pouvaient alors, pour chacun de ces scénarios, se voir proposer la version biaisée ou non biaisée de l'énoncé. Dès lors, la comparaison des résultats entre les deux groupes pour chacun des cas permet de mesurer l'effet du biais cognitif en cause et donc la pertinence de chercher à s'en prémunir.

Par ailleurs, différents éléments ont été mis en place afin de mesurer la volatilité engendrée par les décisions prises par les participants. Si les écarts entre participants sont naturellement mesurables aisément, le cas pratique a été organisé de sorte à pouvoir comparer les différences pour une même personne, en réutilisant certaines données lors de différentes mises en situations.

Afin de rendre la compréhension et l'articulation des différentes mises en situation plus aisées, celles-ci ont été numérotées, de C1 à C5 pour le cas pratique et de Q1 à Q6 pour le questionnaire.

Pour chacun de ces scénarios ci-après, la mise en situation imaginée sera explicitée dans un premier temps, avant de préciser les enjeux et biais attendus a priori pour ceux-ci.

8. L'étude est accessible grâce au lien ci-contre : <https://romainhabert-etude-main-h12nft.streamlitapp.com/>.
Remarque : le site internet est mis en veille après une semaine d'inactivité, celui-ci peut donc être long à charger s'il n'a pas été visité depuis plus d'une semaine.

Chapitre 4

Un cas pratique pour structurer l'étude

Le cas pratique proposé aux participants a vocation à être effectué sur un tableur (4.1) et à mettre en situation l'actuaire en lui proposant différents exercices pratiques (4.2).

4.1 Cas pratique sur un tableur

Noyau dur de l'étude, le cas pratique se devait d'être un outil suffisamment simple à utiliser pour que des participants travaillant dans des entreprises variées et utilisant des outils différents puissent répondre sans que cela n'exige d'effort ou d'investissement trop important. Dès lors, la solution considérée a été d'implémenter un outil manuellement sous Microsoft Excel, afin de pouvoir être aisément modifiable, tout en offrant un cadre et une prise en main facilitée (§4.1.1). Les données nécessaires à la réalisation des différents cas ont ensuite été simulées à l'aide du logiciel *R* (§4.1.2).

4.1.1 Développement d'un outil *ad hoc* sous VBA

Un outil permettant le calcul d'un montant de réserves selon les méthodes de Chain Ladder et de Bornhuetter-Ferguson a donc été implémenté sous VBA, de manière à laisser à l'utilisateur le minimum de difficultés possibles. S'agissant de la méthode de Chain Ladder, les éléments entièrement laissés à la décision de l'utilisateur tiennent essentiellement au choix de coefficients, que celui-ci peut ajouter ou retirer de la sélection selon son jugement.

D'un point de vue purement pratique, il suffit ainsi de double-cliquer sur un coefficient pour le retirer ou le remettre dans le calcul. La volonté était ainsi de rendre l'outil le plus fonctionnel possible afin de rendre la tâche fluide et que le système 1 de décision, explicité par D. Kahneman, puisse s'établir en cas de défaut d'attention du participant.

Charges	Dev 1	Dev 2	Dev 3	Dev 4	Dev 5	Dev 6	Dev 7	Dev 8	Ultime	Réserves
2009	28 124 801	112 272 042	163 863 858	180 512 339	195 253 721	198 122 919	201 042 816	202 393 774		
2010	23 169 734	103 096 920	163 586 283	173 084 362	198 400 216	201 985 155	206 721 026			
2011	22 194 482	94 556 463	148 343 541	161 959 806	173 610 713	182 872 846				
2012	25 598 568	100 714 557	154 960 659	189 983 110	215 761 054					
2013	22 477 511	53 921 901	73 260 063	86 568 532						
2014	36 628 465	103 568 803	137 602 789							
2015	28 820 464	66 730 297								
2016	33 809 696									

Calculer		Effacer		Montant de réserves total	
----------	--	---------	--	---------------------------	--

Coeff CL	3,39	1,48	1,13	1,11	1,03	1,02	1,01
Coeff	Dev 1-2	Dev 2-3	Dev 3-4	Dev 4-5	Dev 5-6	Dev 6-7	Dev 7-8
2009	3,99	1,46	1,10	1,08	1,01	1,01	1,01
2010	4,45	1,59	1,06	1,15	1,02	1,02	
2011	4,26	1,57	1,09	1,07	1,05		
2012	3,93	1,54	1,23	1,14			
2013	2,40	1,36	1,18				
2014	2,83	1,33					
2015	2,32						

FIGURE 4.1 – Outil développé sous VBA pour Excel afin d'estimer les montants de provision

Afin de faciliter cette prise de décision, différentes fonctionnalités ont été ajoutées à l'outil : le retrait d'une année entière de développement, d'une certaine partie de l'historique, des coefficients maximum et minimum pour chacun des développements, l'ajout d'un *tail factor*, la sélection manuelle des coefficients... Il s'agit là d'une série de fonctionnalités usuellement présentes dans les outils de provisionnement mis à disposition des actuaires, et répétés ici afin d'ajouter un degré de cohérence supplémentaire avec la réalité des usages actuariels.

D'un point de vue opératoire, l'utilisateur a constamment uniquement deux feuilles Excel à sa disposition : un onglet « Aide », permettant de revenir sur les différentes méthodes de provisionnement et de rappeler quelques informations relatives au fonctionnement de l'outil, et l'onglet correspondant à la mise en situation donnée. Les mises en situation précédentes ou suivantes ne sont pas affichées, et ne peuvent être retrouvées sans recourir à une macro : celles-ci sont « très masquées » (fonction *xlVeryHidden* en VBA). Ainsi, un répondant ne peut revenir en arrière, modifier ses réponses et les ajuster ultérieurement au vu de quelconques facteurs extérieurs. Une fois une mise en situation traitée, le répondant doit valider les estimations de provisionnement et les choix réalisés, confirmant en cela la pertinence de ses choix, avant que la mise en situation suivante s'affiche.

L'ensemble des opérations effectuée par les répondants (sélection de coefficients, exécution de la méthode de Chain Ladder, réinitialisation du cas, ajustement de la sélection de coefficients entre deux estimations de réserves...) est enregistré grâce à VBA dans un onglet *très masqué* afin de pouvoir être analysé ensuite.

4.1.2 Création des jeux de données utilisés

Pour ce qui est des données utilisées afin de construire les différents scénarios, celles-ci ont été générées puis vieillies à l'aide du logiciel R, en conservant lors de l'ensemble du processus un même objectif : maintenir un degré de réalisme aussi élevé que possible. À cette fin, différentes lois ont été implémentées afin de générer des données pseudo-aléatoires, et donc écarter le risque d'incohérences pouvant être généré par des données créées de manière artificielle.

D'un point de vue technique, le processus est en deux temps : création de la base de données relative à la charge de sinistre lors de leur année de survenance ($A^\circ/$) puis vieillissement de ces sinistres pour les développements ultérieurs ($B^\circ/$).

- **$A^\circ/$ Charge de sinistre pour l'année de survenance**

1°/ Modélisation d'un nombre d'assurés pour chaque année d'historique du portefeuille, généré par une loi normale de faible variance. En effet, de fortes variations quant aux nombres d'assurés seraient expliquées par un changement de nature du portefeuille, une forte croissance (ou au contraire des résiliations massives)... , autant de phénomènes n'étant pas étudiés ici car distincts du sujet de l'étude.

2°/ Modélisation de la sinistralité, obtenue par simulation d'une loi de Poisson de paramètre *fréquence de sinistralité * nombre d'assurés*.

3°/ Estimation de la charge de sinistre en simulant, pour chacun des sinistres, la charge sinistre associée. Celle-ci est obtenue par simulation d'une loi gamma (modélisation de la sinistralité *grave*) avec une loi normale (modélisation de la sinistralité *attritionnelle*¹).

- **$B^\circ/$ Vieillissement de la charge de sinistres**

La charge de sinistre obtenue pour la première année de développement est ensuite vieillie, en suivant une tendance préétablie. Des coefficients de développements sont générés par une loi normale autour de coefficients déterminés.

De cette manière, les données simulées présentent un niveau d'aléa compatible avec l'exigence de réalisme imposée par l'exercice (des données aberrantes n'ayant que peu de valeurs d'un point de vue actuariel). Ces données ont ainsi été vérifiées et leur processus de simulation adapté jusqu'à parvenir à ces résultats.

4.2 Structure du cas pratique

Pour ce qui est de l'organisation du cas pratique, deux éléments relatifs à l'aléa inhérent à la maquette conviennent d'être précisés.

D'abord, cette série de cas est présentée à l'utilisateur dans un ordre aléatoire : à l'ouverture du cas pratique l'ordre d'apparition des différents scénarios est généré aléatoirement, de sorte à éviter les potentiels biais liés à l'enchaînement des différents scénarios.

1. Les sinistres attritionnels, par opposition aux sinistres graves désignent les sinistres courants. Il s'agit de sinistres au coût faible mais à la fréquence élevée (tandis que les sinistres graves sont des sinistres au coût élevé mais de faible fréquence). Chaque compagnie définit ses propres seuils d'acceptation pour considérer un sinistre comme grave.

En effet, l'étude menée par S. Robert a notamment permis de montrer une attention décroissante des participants au fur et à mesure des cas, et donc des résultats pouvant être moins intéressants en termes d'analyse de l'impact des biais.

Seul le premier cas, présenté en détail (§4.2.1), a été fixé comme étant le premier pour l'ensemble des participants. Ceci a été fait de sorte à pouvoir appréhender l'outil, son fonctionnement et les principes directeurs guidant l'étude. Symétriquement, un dernier cas (§4.2.5) est également identique pour tous dans la succession des cas, offrant une conclusion à l'étude.

Le second élément tient au caractère également aléatoire de certains scénarios présentés au participant. En effet, afin de pouvoir effectuer des comparaisons quant à l'effet du biais étudié, certains cas sont énoncés de deux manières différentes. L'apparition de l'une ou de l'autre des versions est déterminée à l'ouverture du cas pratique, de la même manière que pour ce qui est de l'ordre de cas.

Ainsi, 48 enchaînements différents sont possibles² dans la réalisation du cas pratique, permettant de se prémunir autant que faire se peut des biais liés à la présentation des cas.

4.2.1 Cas 1 (C1) - Provisionnement d'une branche à développement long

- **Présentation du cas**

Le premier cas se veut conçu comme une porte d'entrée vers la suite de l'étude, offrant notamment une première sensibilisation avec le fonctionnement de l'outil et les enjeux sous-jacents.

Les données sont présentées comme étant issues d'une branche à développement long, plus spécifiquement de la responsabilité civile automobile. 13 années d'historique et de développements, entre 2002 et 2014, sont ainsi présentées aux répondants, qui ont pour consigne de mettre en œuvre la méthode de Chain Ladder afin d'estimer le montant de réserves nécessaire.

- **Vérification des hypothèses de la méthode de Chain Ladder**

Afin de justifier l'application de la méthode de Chain Ladder, il convient de vérifier l'indépendance des facteurs de développements selon l'année de survenance. La méthode classiquement retenue dans l'industrie pour la validation de cette hypothèse consiste à tracer l'évolution des facteurs de développements au cours du temps par années d'accident ou de survenance des sinistres. L'évolution doit être relativement homogène afin de conclure à l'indépendance des années de survenance des sinistres.

2. Enchaînement de 5 cas, dont les 3 cas centraux offrent deux variantes chacun : $6*4*2 = 48$

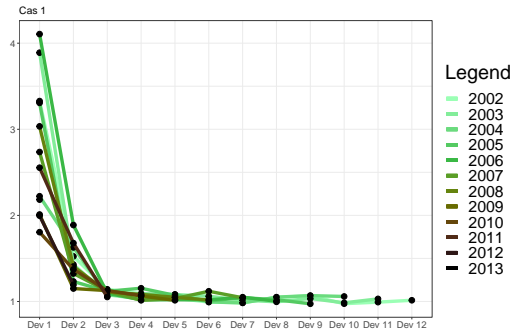


FIGURE 4.2 – Évolution des facteurs de développement pour chacune des années

Il est possible de constater que les facteurs de développement se superposent à partir de la 3e année de développement, tandis qu'ils sont relativement dispersés les deux premiers développements, avec néanmoins une dynamique de développement similaire entre les années. Ces résultats sont cohérents avec la volatilité qui peut être observée de manière concrète par les actuaires sur des jeux de données réelles, devant généralement être retraités, particulièrement sur ce type de branche. Ce retraitement de la part des répondants étant bien l'objectif poursuivi ici, ces résultats sont satisfaisants.

Il est cependant possible de démontrer plus précisément ces résultats. Ainsi :

Hypothèse H1 : L'indépendance des années de développement peut être vérifiée par l'analyse d'absence d'effet calendaire, méthode proposée par Mack en 1993 (MACK 1993) dont le détail de mise en oeuvre est explicitée précédemment (§3.2.4).

Les coefficients de développement associés au cas 1 sont les suivants :

Coeff	Dev 1-2	Dev 2-3	Dev 3-4	Dev 4-5	Dev 5-6	Dev 6-7	Dev 7-8	Dev 8-9	Dev 9-10	Dev 10-11	Dev 11-12	Dev 12-13
2002	3,33	1,52	1,14	1,09	1,04	0,99	0,99	1,05	1,07	0,97	0,99	1,01
2003	3,89	1,43	1,08	1,03	1,08	1,06	1,02	1,00	1,04	0,98	1,03	
2004	2,22	1,63	1,07	1,09	1,08	1,00	0,98	1,05	1,07	1,06		
2005	3,31	1,23	1,12	1,15	1,07	1,01	1,04	1,02	0,97			
2006	4,11	1,89	1,10	1,02	1,02	1,02	1,05	1,00				
2007	2,74	1,32	1,12	1,01	1,03	1,12	1,04					
2008	3,03	1,41	1,11	1,08	1,05	1,02						
2009	2,01	1,15	1,13	1,06	1,01							
2010	1,81	1,37	1,12	1,07								
2011	2,55	1,68	1,05									
2012	2,00	1,19										
2013	2,18											

TABLE 4.1 – Coefficients de développement (C1)

Comparer chacun des coefficients à la médiane de sa colonne permet d'obtenir le triangle suivant :

Coeff	Dev 1-2	Dev 2-3	Dev 3-4	Dev 4-5	Dev 5-6	Dev 6-7	Dev 7-8	Dev 8-9	Dev 9-10	Dev 10-11	Dev 11-12	Dev 12-13
2002	L	L	L	L	S	S	S	L	L	S	S	*
2003	L	L	S	S	L	L	S	S	S	*	L	
2004	S	L	S	L	L	S	S	L	L	L		
2005	L	S	L	L	L	S	L	*	S			
2006	L	L	S	S	S	L	L	S				
2007	L	S	L	S	S	L	L					
2008	L	*	S	L	L	*						
2009	S	S	L	S	S							
2010	S	S	L	*								
2011	S	L	S									
2012	S	S										
2013	S											

TABLE 4.2 – Comparaison des facteurs de développement à la médiane de chaque colonne

En comptant ensuite le nombre d'occurrences des ensembles S et L pour chaque diagonale, il est possible de dresser le tableau suivant :

j	L_j	S_j	Z_j	n_j	$E(Z_j)$	$V(Z_j)$
2	0	2	0	2	0,50	0,25
3	1	2	1	3	0,75	0,19
4	1	3	1	4	1,25	0,44
5	4	1	1	5	1,56	0,37
6	1	5	1	6	2,06	0,62
7	3	4	3	7	2,41	0,55
8	4	3	3	7	2,41	0,55
9	8	1	1	9	3,27	0,74
10	5	5	5	10	3,77	0,99
11	3	6	3	9	3,27	0,74
12	6	3	3	9	3,27	0,74

TABLE 4.3 – Table de coefficients pour la mesure des effets calendaires

Par application des formules explicitées ci-avant (3.2.4), $E(Z) = 24,52$ et $V(Z) = 6,17$.

L'intervalle de confiance ainsi formé est donc : $IC = [19,65; 29,38]$.

Comme par ailleurs $Z = 22$, l'hypothèse H1 est bien vérifiée.

Hypothèse H2 : Pour ce qui est de la vérification de l'hypothèse H2, il convient de tracer les couples $(C_{i,j}, C_{i,j+1})$, devant être alignés sur une droite passant par l'origine.

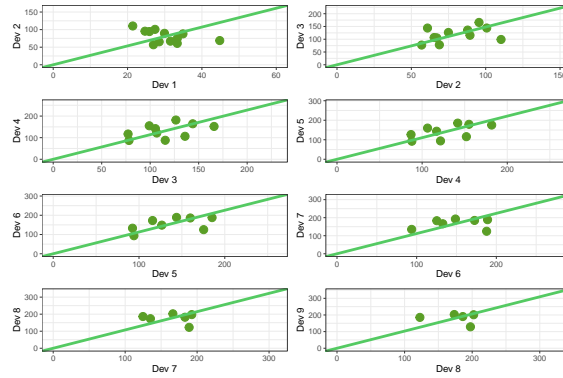


FIGURE 4.3 – Évolution des ratio de charges combinées pour chacune des années (cas pratique C1)

Si l'hypothèse de linéarité n'est manifestement pas respectée pour ce qui est du premier développement, les tracés sont relativement homogènes pour les développements suivants. L'hypothèse H2 peut donc raisonnablement être considérée vérifiée.

Hypothèse H3 : Pour ce qui est de l'hypothèse H3, ce sont les graphiques de résidus $r_{i,j} = \frac{C_{i,j+1} - \hat{\lambda}_j C_{i,j}}{\sqrt{C_{i,j}}}$ en fonction des $C_{i,j}$ qui doivent être analysés. Pour j allant de 1 à 6, les tracés sont les suivants :

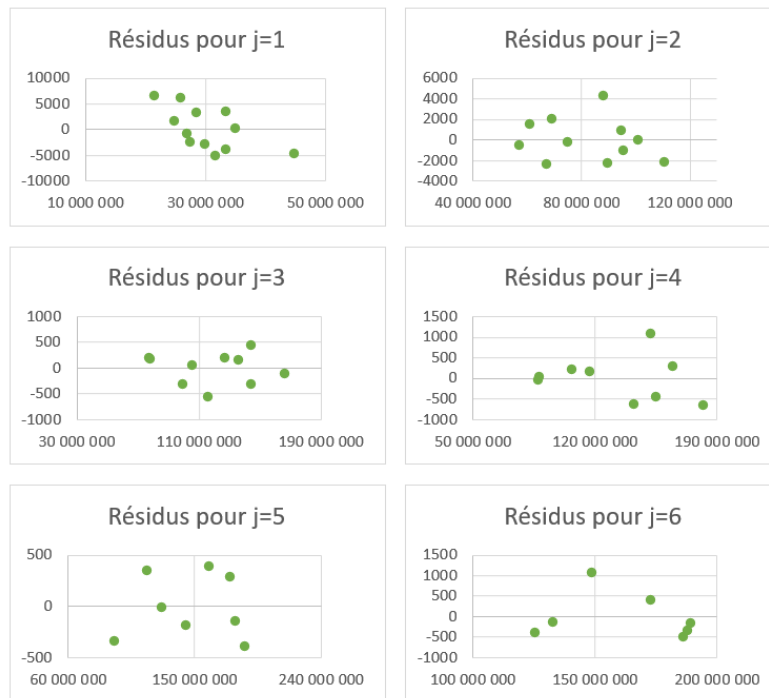


FIGURE 4.4 – Évolution des résidus $r_{i,j}$ en fonction de $C_{i,j}$ pour j allant de 1 à 6 (cas pratique C1)

Les résidus ne semblent pas suivre de tendance manifeste, ce qui permet de conclure à leur aléa et

à la vérification de l'hypothèse H3.

Conclusion : Les hypothèses précédentes étant vérifiées, il est bien raisonnable de procéder à l'application de la méthode de Chain-Ladder de la part des répondants.

- **Sujet étudié (1°) : Mesure de la volatilité**

La profondeur d'historique conséquente (12 ans) vise à garantir la liberté la plus totale aux répondants, afin de laisser les différences s'exprimer, et ainsi observer d'autant plus la variabilité entre les différents répondants dès ce premier cas. Par ailleurs, les données ont volontairement été générées de manière suffisamment volatile pour qu'un retraitements apparaisse comme fortement souhaitable de la part des répondants afin de permettre la bonne application de la méthode de Chain Ladder.

Au vu de ces facteurs d'ajustements et de ces leviers à dispositions des répondants, il conviendra de s'intéresser aux différences entre les estimations effectuées par les répondants.

- **Sujet étudié (2°) : *Statu quo***

Un *tail factor* a été ajouté de manière aléatoire dans l'une des versions de ce cas pratique, afin de permettre la mise en évidence du biais de *statu quo* : si une source externe suggère au répondant la nécessité d'un *tail factor* en raison du lent développement de la branche, cet avis sera-t-il entendu ?

Cette situation est rencontrée de manière très concrète au sein d'une compagnie d'assurance : si les précédents responsables du provisionnement ont considéré que, s'agissant de telle ou telle branche du portefeuille un *tail factor* s'avérait nécessaire, est-ce que la personne suivante aurait tendance à remettre cette décision en question les années suivantes ? Ou plus encore, la même personne remettrait elle-en cause son jugement lors de l'exercice suivant ?

En l'espèce, un tiers des répondants n'avaient aucune mention du moindre *tail factor*, un tiers des répondants recevaient sur leur mise en situation la mention « Un *tail factor* peut également être ajouté. Il est ainsi ajusté ici à 1,002 (branche longue) », et 1/3 des répondants la mention « Un *tail factor* peut également être ajouté. Il est ainsi ajusté ici à 1,005 (branche longue) ».

En sus de l'enjeu de volatilité entre les répondants, ce cas propose donc également l'enjeu de savoir si la valeur du *tail factor* sera modifiée et, si oui, en quelle mesure ?

- **Sujet étudié (3°) : Élicitation**

Enfin, dernier objectif de ce scénario : l'élicitation des jugements d'experts portés sur les estimations de provisions. Cependant, si le reste du cas est proposé à l'ensemble des répondants, le choix retenu a été de n'aborder ce pan de l'étude qu'avec certains actuaires soigneusement choisis. En effet,

L'objectif est ici de prendre du recul sur les données et sur les estimations fournies, exigeant de l'expérience en actuariat et en provisionnement en particulier.

Concrètement, ces actuaires ont été chargé d'effectuer leur *meilleure estimation* du montant de provision nécessaire au vu des données. Ils ont ensuite dû estimer les différentes valeurs nécessaire pour l'estimation de la distribution associée à leurs avis : le minimum de provision qui pourrait légitimement s'avérer nécessaire, le maximum raisonnablement envisageable et les premiers et troisièmes quartiles.

4.2.2 Cas 2 (C2) - Revue de calculs actuariels

Ce cas pratique offre plusieurs variantes, distribuées aléatoirement aux répondants lors de la détermination des étapes suivies. Quel que soit le cas obtenu, le jeu de données est présenté comme étant issu d'un portefeuille dommage automobile avec 8 années d'historique disponibles, de 2009 à 2016.

Les conditions d'application de la méthode de Chain Ladder sont vérifiées, de manière similaire aux points développés en [4.2.1](#), pour ce scénario comme pour les suivants.

Deux variantes de ce scénario ont été conçues (*cf* figure [4.5](#)) :

- Une sélection de coefficients effectuée par un actuaire fictif est présentée au répondant, qui est alors chargé d'effectuer une revue de cette sélection ;
- Une première sélection de coefficients est laissée à la libre appréciation du répondant. Une fois que celui-ci passe à l'étape suivante, celui-ci doit effectuer une revue de la sélection de l'actuaire fictif, avec à titre indicatif sa propre sélection effectuée à l'étape précédente ;

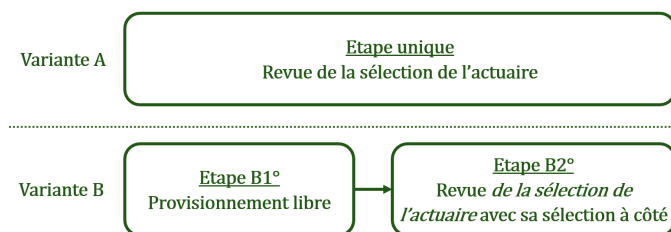


FIGURE 4.5 – Variantes du scénario proposé

Ci-dessous, la sélection des coefficients présentée comme ayant été effectuée par l'actuaire fictif :

Coeff	Dev 1-2	Dev 2-3	Dev 3-4	Dev 4-5	Dev 5-6	Dev 6-7	Dev 7-8
2009	1,55	2,02	1,08	1,08	1,04	1,02	1,00
2010	2,33	3,23	0,98	1,12	1,01	1,06	
2011	2,52	2,54	1,14	1,38	1,02		
2012	4,56	1,32	1,07	1,12			
2013	1,57	1,76	1,22				
2014	3,45	1,56					
2015	2,02						

TABLE 4.4 – Sélection de coefficient présentée comme réalisée par l'actuaire fictif

Certains coefficients retirés dans le cadre de cette sélection sont, à dessein, surprenants voire aberrants. L'objectif est en effet de voir si les répondants auront tendance à suivre ces décisions de l'actuaire ou, au contraire, à s'en éloigner pour effectuer leur propre sélection.

- **Sujet étudié (1°) : *Statu quo***

L'objectif de ce scénario, et de cette subdivision en particulier, était de prolonger et d'affiner les résultats mis en évidence par S. Robert (ROBERT 2016) vis-à-vis de l'absence de décision pouvant être rencontrée en cas de choix, c'est-à-dire du biais de *statu quo*.

En effet, S. Robert a pu imaginer un dispositif semblable, présentant à une série de répondants un jeu de données ayant déjà été revu par un actuaire fictif, et demandant d'effectuer une revue des choix de cet actuaire. Les résultats de ce dispositif semblaient indiquer un suivi massif des décisions prises par cet actuaire, même paraissant complètement irrationnelles (retrait d'un coefficient cohérent avec le reste des données, tandis qu'un coefficient absurde est bien conservé par exemple). Cependant, il a pu manquer lors de cette étude un point de comparaison, c'est-à-dire un échantillon test pouvant effectuer librement sa sélection de coefficients, afin de clairement démontrer l'existence de deux groupes distincts.

Permettre la comparaison entre la revue des calculs de l'actuaire et la sélection de coefficients libre pourrait ainsi permettre de démontrer l'absence de prise de décision ayant lieu dans cette situation. Un tel résultat viendrait dès lors souligner la nécessité de parvenir à se détacher du premier regard porté sur une prise de décision dans le cadre d'une revue afin de suffisamment s'en affranchir pour avoir un réel avis critique.

- **Sujet étudié (2°) : Biais de confirmation**

Second pan de ce scénario, et second point de rupture avec l'étude initiale, l'ajout d'une question relative à la revue des calculs de l'actuaire pour les individus ayant effectué leur première sélection de manière autonome.

L'enjeu est ici de déterminer si les répondants seront influencés par leur premier regard sur le scénario, autrement dit s'ils auront un comportement différent du groupe témoin pour lequel la revue des calculs de l'actuaire a directement été proposée.

4.2.3 Cas 3 (C3) - Historique de données

Le jeu de données mis à disposition dans le cadre de ce scénario est présenté comme étant celui d'une branche d'activité³ multirisque habitation, pour laquelle 8 années d'historique sont disponibles. Les répondants sont simplement invités à estimer le montant de provisions nécessaire.

L'intérêt de ce cas réside dans une information supplémentaire offerte aux participants : il s'agit de l'historique de provisions des années précédentes (sur cinq années). Ce faisant, la situation s'approche d'une réalité plausible : lors des calculs de provisionnement pour une compagnie donnée, les responsables ont à disposition les montants provisionnés les années précédentes.

Un des deux jeux de données suivants est fourni aléatoirement aux répondants :

Année	Cas 1	Cas 2
2006	54 930 042	80 699 694
2007	56 964 490	78 665 247
2008	53 709 376	81 920 361
2009	51 946 189	83 683 548
2010	54 590 969	81 038 768
Moyenne	54 428 213	81 201 524

TABLE 4.5 – Données d'historique fournies aux participants

Ces deux séries d'historique ont été créées de manière à apparaître symétrique à une estimation pouvant apparaître conventionnelle du montant de provision nécessaire dans ce cas spécifique. Pour parvenir à ce montant, les données ont été présentées à différents actuaires, ce qui a permis d'obtenir une estimation, certes imparfaite mais tout de même relativement raisonnable, et permettre de créer ensuite ces historiques fictifs servant d'ancres.

- **Sujet étudié : Ancrage**

En effet, l'enjeu lié au fait de fournir l'historique des réserves des années précédentes tient à estimer l'influence de cette information sur les décisions menées par la suite par les répondants. Les répondants sont-ils orientés par l'historique des montants de passif pour la branche en cause, ajustant leurs estimations sous cette influence ?

3. En anglais *Lign of Business* ou LoB.

4.2.4 Cas 4 (C4) - Rupture de tendance

Dans le cadre de ce scénario, le jeu de données à disposition est présenté comme étant celui d'une LoB incendie, pour laquelle 8 années d'historique sont disponibles (2009-2016).

L'enjeu de ce cas tient dans la structure des données sous-jacentes : celles-ci ont été simulées de manière à pouvoir traduire un changement dans le vieillissement des données.

- **Sujet étudié : Cadrage**

L'objectif est ici de chercher à évaluer si la manière de présenter les données permet d'orienter le choix du répondant, en mettant en évidence les tendances sous-jacentes.

Ainsi, deux versions du cas sont alternativement présentées aux répondants :

- Dans l'un des cas, les données sont présentées sans ajouts ou mention particulières ;
- Pour l'autre cas, une mise en forme conditionnelle est ajoutée afin de mettre en avant la rupture de tendance. Par ailleurs, la mention « On a ajouté pour ce cas, à titre informatif, une copie du tableau de coefficients en ajoutant pour les premiers développements un nuancier de couleur teinté selon la valeur des coefficients » est alors apposée ;

Coeff	Dev 1-2	Dev 2-3	Dev 3-4	Dev 4-5	Dev 5-6	Dev 6-7	Dev 7-8
2009	3,99	1,46	1,10	1,08	1,01	1,01	1,01
2010	4,45	1,59	1,06	1,15	1,02	1,02	
2011	4,26	1,57	1,09	1,07	1,05		
2012	3,93	1,54	1,23	1,14			
2013	2,40	1,36	1,18				
2014	2,83	1,33					
2015	2,32						

TABLE 4.6 – Coefficients de développement avec indicateurs visuels proposés pour le cas C4

La question est ainsi de savoir si la manière de présenter les données, c'est-à-dire leur cadrage ou *framing*, aura une incidence sur les choix de coefficients effectués. Ainsi, est-ce que les répondants exposés au scénario mettant en avant le changement de tendance dans le montant de charges provisionnées auront davantage tendance à percevoir celui-ci en retirant de l'historique les coefficients les plus anciens ?

4.2.5 Cas 5 (C5) - Données exogènes

Dernier cas soumis au répondant, celui-ci diffère au sens où la méthode de Bornhuetter-Ferguson avait vocation à s'appliquer. Un outil *ad-hoc* a ainsi été développé sous VBA pour ce cas, ayant pour vocation de rendre l'application de cette méthode le plus aisé possible pour les répondants.

Les données relatives aux primes perçues pour les différentes années d'historique à disposition étaient fournies, de même que le ratio S/P cible lors de la tarification.

- **Sujet étudié (1°) : Mesure de la volatilité**

Si les données brutes de charges de sinistres mises à disposition des répondants sont en apparence spécifique à ce cas d'espèce, il s'agit en réalité des données du triangle utilisé pour le cas 4.2.3., affectées d'un simple coefficient multiplicateur (1,67). Dans la mesure où les répondants ne peuvent pas revenir en arrière, le risque de voir le subterfuge mis en évidence est limité.

L'intérêt de la démarche est alors d'observer les différences potentielles en termes de choix de coefficients par les répondants entre les deux cas. En effet, si les données brutes sont différentes, les facteurs de développements sont quant à eux identiques (on a $f_j = \frac{\sum C_{i,j+1}}{\sum C_{i,j}}$ donc $\frac{\sum 1,67 * C_{i,j+1}}{\sum 1,67 * C_{i,j}} = \frac{\sum C_{i,j+1}}{\sum C_{i,j}} = f_j$). Les deux jeux de coefficients soumis à l'appréciation des répondants ne diffèrent donc pas⁴.

Dès lors, la logique voudrait que les décisions relatives au choix de coefficients soient identiques pour les différents répondants entre les deux cas.

- **Sujet étudié (2°) : *Statu quo***

Deux méthodes sont proposées aux répondants : la méthode de Chain Ladder et la méthode de Bornhuetter-Ferguson. Ceux-ci doivent donc ensuite choisir le montant de réserves qu'ils souhaitent retenir selon leur appréciation, la méthode retenue par défaut étant de faire la moyenne des estimations obtenues via les 2 méthodes.

Cependant, choisir la moyenne n'a pas nécessairement de sens d'un point de vue actuariel : chaque méthode a ses spécificités, et simplement effectuer une moyenne de différentes méthodes peut paraître étonnant. Ainsi, la méthode de Bornhuetter-Ferguson apportant a priori des informations complémentaires par rapport à la méthode de Chain Ladder, en permettant la prise en considération de facteurs exogènes, il est possible de s'attendre à une tendance en faveur de celle-ci. Néanmoins le fait que la moyenne soit la méthode par défaut introduit la possibilité d'un non-choix de la part du répondant préférant retenir le *statu quo*.

4. Avec une légère nuance, le premier coefficient (année 1, développement 1) a été très légèrement modifié - de 3,02 à 2,99 -, dans la mesure où il s'agit du premier coefficient du tableau, donc vraisemblablement le coefficient le mieux retenu par les répondants. Ainsi, le risque de reconnaître l'identité des deux cas est encore réduit.

Chapitre 5

Un questionnaire pour compléter l'étude sur différents plans

Second vecteur utilisé pour l'obtention de retours actuariels, le questionnaire répond à une double aspiration :

- D'une part, obtenir des informations qualitatives relatives au profil des répondants à l'étude, sur des points tant personnels (âge, type d'entreprise...) que techniques (expérience en provisionnement, connaissances relatives aux différents méthodes classiquement utilisées...);
- D'autre part, permettre de poser des questions susceptibles d'entrer en jeu dans les travaux actuariels de manière plus diffuse et moins directe que la seule application de la méthode de Chain Ladder, mais de manière non moins essentielle : connaissance de l'environnement assurantiel, lecture de graphiques, appréciations mathématiques... Autant d'éléments indirectement nécessaires et gage de la qualité des travaux pouvant être effectués en matière de provisionnement ;

Le vecteur du questionnaire a semblé être le plus adéquat afin de répondre à cette double aspiration (5.1), permettant aussi bien de poser des questions générales (5.2) que des questions directement liées au sujet de l'étude en matière de biais cognitifs (5.3).

5.1 Questionnaire en ligne

Le principal problème rencontré a eu trait ici à la nature de l'étude : s'agissant d'une étude comparative, il est nécessaire que les différents répondants n'aient pas les mêmes questions afin de pouvoir comparer les différents résultats. Or, les différents outils de création de sondage disponibles sur internet ne proposent pas en libre accès une telle présentation des questions (ou "*AB testing*").

Le choix a donc été de créer un outil permettant de réaliser ce sondage de manière autonome, sans perdre la facilité d'accès que présente un site internet (et donc sans créer un sondage sous Excel par exemple, qui serait moins aisé à manipuler pour les répondants).

Afin de rendre l'étude accessible au plus grand nombre, un site internet a donc été développé, permettant d'accéder au questionnaire ainsi que de télécharger le cas pratique. Ce site internet a été développé sous Python grâce au package Streamlit, et hébergé ensuite sur GitHub.

Etude sur le provisionnement en assurance non-vie

Cette étude, effectuée dans le cadre d'un mémoire d'actuariat, vise à obtenir une meilleure connaissance des pratiques actuarielles en matière de provisionnement en assurance non-vie.

Sélectionnez le bouton ci-contre afin d'accéder à l'étude en français.

Français

Study on P&C reserving

This study, conducted as part of an actuarial research thesis, aims to obtain a better understanding of actuarial practices in P&C insurance reserving.

In order to proceed in English, please select the button on the right.

English

FIGURE 5.1 – Accueil du site internet support de l'étude

L'ensemble des éléments sensibles, tels que les accès permettant de stocker et d'accéder aux données personnelles des répondants, sont naturellement masqués et ne sont pas utilisés tels que dans l'analyse des résultats. D'un point de vue technique, les réponses des utilisateurs sont stockées sur le site internet tout au long du processus de réponse, jusqu'à validation de sa réponse par l'utilisateur qui déclenche l'enregistrement des données.

Les difficultés relatives à la création de ce questionnaire tenaient essentiellement à la conception de ce site, devant être suffisamment abouti pour permettre des questions variées avec différents outils d'analyse, tout en exigeant des compétences de programmation suffisamment abordables afin de pouvoir être développé en quelques mois. Par ailleurs, cet outil se devait de pouvoir maîtriser l'aléatoire relatif au choix des scénarios proposés.

Le questionnaire finalement abouti est constitué d'une dizaine de questions, pour lesquelles il est demandé de sélectionner une ou plusieurs réponses, de l'écrire ou de sélectionner celle-ci sur une frise.

5.2 Questions qualitatives

Les premières questions posées dans le cadre de ce questionnaire sont les questions relatives au profil des répondants. En effet, celles-ci permettent de s'assurer de la qualité du panel, aussi bien en termes de représentativité (âge, genre, type d'entreprise. . .) que d'expérience en provisionnement.

Au titre de l'expérience justement, il convenait de s'interroger sur les méthodes connues et utilisées des différents répondants. A cette fin, une distinction a été opérée entre les méthodes utilisées par les répondants et celles qui sont simplement connues.

5.3 Questions quantitatives

Second temps de cette étude, des questions quantitatives, ayant trait à la matière actuarielle, sont proposées aux répondants afin d'analyser les tendances de réponses obtenues.

5.3.1 Question 1 (Q1) - Évolution d'un montant de primes

Dans le cadre de cette mise en situation, un historique de primes était fourni aux participants, sous la forme d'un graphique retraçant les évolutions des 13 dernières années (1998 à 2010). Afin de rendre la lecture de graphiques plus aisée, un indicateur a été créé afin de permettre la lecture des valeurs du graphique au passage de la souris¹

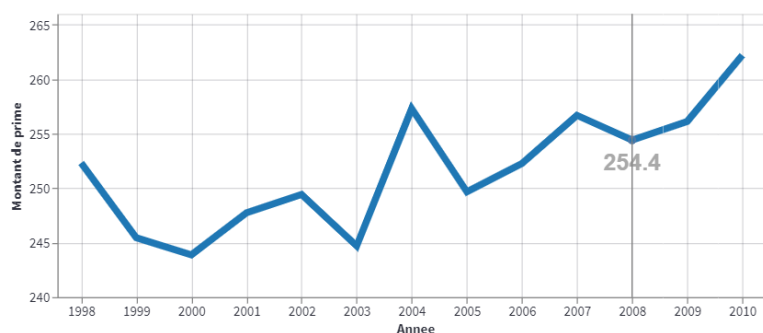


FIGURE 5.2 – Lecteur graphique développé pour le site internet

La question posée était alors d'émettre une hypothèse quant aux montants de primes que la compagnie pouvait s'attendre à percevoir dans un an, puis dans cinq ans.

L'enjeu de ce cas est double pour ce qui concerne les biais cognitifs évalués, dans la mesure où les biais de cadrage et d'ancrage sont ici simultanément intégrés au cas.

- **Sujet étudié (1°) : Cadrage**

Au coeur de cette étude, le cadrage, c'est-à-dire la manière de présenter les données, tient ici à la nature des courbes présentées.

En effet, si les données sont absolument identiques quelle que soit la version de ce scénario proposée, l'axe des ordonnées est quant à lui variable : de 140 à 300 pour l'une des versions, de 240 à 265 pour la seconde.

L'idée sous-jacente est ici le fait que la croissance semble bien plus importante dans la deuxième situation. Cependant, une telle impression ne devrait, en l'absence de biais cognitifs, pas avoir

1. Cet outil est utilisé également pour la question Q3, nécessitant aussi une lecture graphique.

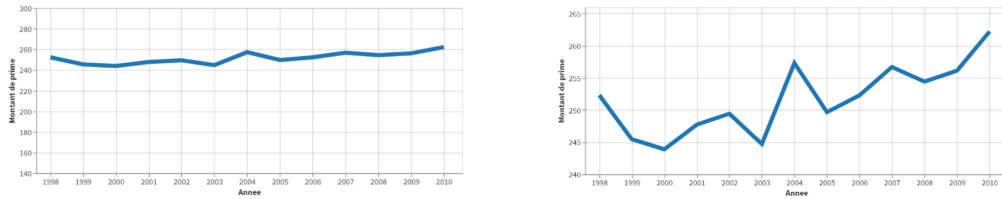


FIGURE 5.3 – Aspect des courbes selon les versions du scénario

d'incidence sur les prévisions des répondants, celles-ci devant être fondées sur les montants de primes uniquement.

Il conviendra donc d'étudier la dispersion des prévisions en fonction de la version obtenue : les prévisions sont-elles plus élevées pour la version suggérant une croissance plus forte ?

- **Sujet étudié (2°) : Ancrage**

Second biais directement intégré dans la conception de ce cas, le biais d'ancrage. En effet, les répondants étaient invités à fournir leur estimation quant à l'évolution du montant de primes futures en faisant glisser un curseur entre les valeurs 200 et 350 (volontairement choisies suffisamment larges pour qu'une réponse particulièrement optimiste ou pessimiste puisse tout de même être donnée). Cependant, les répondants pouvaient avoir un curseur initialisé, selon la version, à 240 ou à 300.

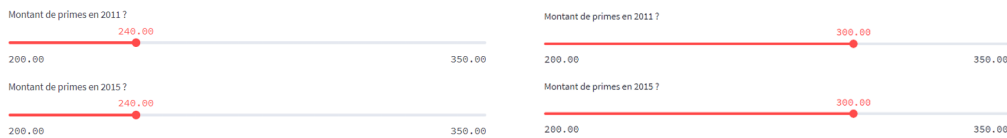


FIGURE 5.4 – Origine des curseurs selon les versions proposées

L'enjeu est donc d'étudier la dispersion des réponses en fonction de la version obtenue : est-ce qu'un ajustement est opéré à partir de l'ancre fournie, autrement dit est-ce que les prévisions sont plus élevées pour les répondants obtenant une ancre plus élevée ?

5.3.2 Question 2 (Q2) - Disponibilité et excès de confiance

Le cas suivant vise essentiellement à mettre en exergue le biais de disponibilité, pouvant éventuellement fausser le jugement.

- **Sujet étudié (1°) : Biais de disponibilité**

Trois types de sinistres, éloignés à dessein, ont été pris en considération : les cambriolages de logements, les accidents de la circulation et les cyberattaques dirigées contre des entreprises. Selon la version du cas obtenue, la question posée au répondant est simplement : « Selon vous, y a-t-il

eu en 2020 en France davantage de sinistres automobiles ou d'entreprises ayant connu au moins une cyberattaque (tout vecteur d'attaque confondu)? » ou alors « Selon vous, y a-t-il eu en 2020 en France davantage de cambriolages de logements ou d'entreprises ayant connu au moins une cyberattaque (tout vecteur d'attaque confondu)? ».

Les types de sinistres considérés sont évidemment à mettre en relation avec l'année retenue : 2020 correspond à la première année liée à la pandémie de covid-19 et des confinements associés, synonyme de baisse de la sinistralité automobile ainsi que du nombre de cambriolages de logements. Dans le même temps, 2020 a vu l'émergence d'une nouvelle criminalité informatique et la croissance du nombre de cyberattaques dirigées contre des entreprises. Largement relayées dans les médias, les attaques informatiques sont à priori aisément disponibles à l'esprit des répondants, et de ce fait apte à être largement surestimées. Cependant, la réalité est que si le nombre d'entreprise touché par des cyberattaques² est toujours supérieur au nombre de cambriolages de logements³, celui-ci demeure inférieur au nombre de sinistres en dommage automobiles⁴. Ces équilibres n'ont donc pas été modifiés, contrairement à ce qui pourrait être attendu.

- **Sujet étudié (2°) : Excès de confiance**

Second temps de ce cas, les répondants sont invités à déterminer la certitude avec lesquels ceux-ci émettent leur réponse. À cette fin, ceux-ci sont invités à déplacer un curseur le long d'une échelle variant de 0 (absolument pas sûr) à 100 (absolument sûr). Un excès de confiance marqué présente un risque dans la démarche actuarielle : celui-ci pourrait être synonyme d'un manque de remise en question et d'une absence de perméabilité aux différents retours extérieurs.

Il conviendra à cet égard de distinguer les réponses en fonction de l'estimation précédente : les gens subissant le biais de disponibilité sont-ils certains de leur réponse ou, à l'inverse, émettent-ils des réserves quant à la pertinence de celle-ci ?

5.3.3 Questions 3/4 (Q3/Q4) - Application de notions mathématiques

Les deux cas qui suivent sont regroupés en ce qu'ils visent tout deux à brièvement étudier des situations où des conclusions erronées peuvent être apportées sous l'influence des biais cognitifs.

- **Retour à la moyenne (Q3)**

La notion de retour à la moyenne désigne un phénomène mis en évidence par A. Tversky et D. Kahneman désignant la surinterprétation qui peut être faite d'écarts à une moyenne dans le cadre de répétition d'événements a priori aléatoires.

En effet, ces écarts à la moyenne ne sont pas, dans ce cas, des indicateurs d'une rupture de tendance mais seulement des *outliers*, c'est-à-dire des données aberrantes, contrastant avec l'ensemble formé

2. Environ 2,2 millions d'entreprises ont connu au moins une cyberattaque en 2020 selon les données croisées du rapport d'information du Sénat relatif à la cybersécurité des entreprises (MEURANT et CARDON 2021) et de l'INSEE.

3. Environ 190 000 selon les données de France Assureurs (FRANCE ASSUREURS 2021).

4. Environ 7 000 000 selon les données de France Assureurs (FRANCE ASSUREURS 2021)

par les autres données. Si un écart est constaté, celui-ci précède en réalité un retour à un ensemble plus "normal" et attendu.

Ces écarts à la moyenne ont été mis en évidence en matière sportive en premier lieu : un joueur surperformant une saison ou un match n'est généralement pas voué à répéter les mêmes performances de manière continue, ce qui a de manière générale tendance à être sous-estimé.

En l'espèce, le cas qui a été mis en place a consisté à générer une série de données relatives à un historique de sinistres, relativement stable, suivi la dernière année par une valeur aberrante, à la hausse ou à la baisse selon le cas obtenu (de manière aléatoire). L'énoncé du cas précise par ailleurs qu'aucun changement notable n'est observé quant à la structure du portefeuille.

Les répondants sont alors invités à estimer le montant de sinistres pouvant être attendu l'année suivante puis 5 ans après. L'intérêt sera ici d'observer la manière dont ces valeurs aberrantes sont appréhendées par les répondants et les projections qui en découlent.

- **Erreur du joueur (Q4)**

L'erreur du joueur, ou *gambler's fallacy*, est une erreur consistant à faire une lecture erronée de scénarios probabilistes. Ainsi, lors du lancer d'une pièce non truquée, un individu peut avoir tendance à estimer que la probabilité d'occurrence d'un résultat "pile" pourrait être plus élevée si les 10 lancers précédents ont été des lancers « face ». Cependant, s'agissant de lancers indépendants, la probabilité d'obtenir "pile" ou "face" reste identique.

Afin de reproduire une telle mise en situation, le scénario suivant est proposé : *La probabilité moyenne d'avoir un accident non-responsable pour les individus en portefeuille est estimée à 2%. Les assurés A et B ont le même profil de risque et les mêmes pratiques de conduite. L'année dernière, l'individu A a eu 4 accidents auto non responsables tandis que B n'en a pas eu. Qui est le plus susceptible d'avoir un nouvel accident le premier ?*

Les événements étant indépendants, aucun des deux n'est plus susceptible que l'autre de subir de nouvel accident. Il conviendra donc d'analyser si telle est la conclusion obtenue par les répondants.

5.3.4 Question 5 (Q5) - Niveau de ratio combiné

Le cas présenté ici est également un cas visant à étudier la manière dont un ancrage peut être réalisé. A cette fin, une simple question est d'abord posée aux participants, qui doivent, selon la version obtenue, indiquer s'ils estiment que le ratio combiné multirisques habitation (MRH) en 2020 en France est supérieur à 124% (respectivement : inférieur à 62%). Ceux-ci sont ensuite invités à fournir leur estimation de ce ratio.

Ces deux valeurs proposées ont été obtenues par symétrie avec le véritable ratio MRH qui est, net de réassurance, de 93% en 2020 (FRANCE ASSUREURS 2021).

Il conviendra pour ce cas d'étudier la répartition des réponses en fonction de l'ancre obtenue.

5.3.5 Question 6 (Q6) - Traitement d'une pandémie

Achevant ce versant de l'étude, cette question s'intéresse à l'appétence au risque des répondants en adoptant un cadrage, ou *framing* spécifique. Reprise des études menées par A. Tversky et D. Kahneman (KAHNEMAN 2011), l'enjeu est ici de mettre en évidence l'appétence au risque et les réactions devant une situation au caractère incertain.

Deux cas alternatifs sont proposés : si la trame reste commune (600 personnes sont concernées par l'arrivée d'une pandémie, pour laquelle deux programmes de traitement sont envisagés), la présentation des deux programmes de traitement diffère :

Cadrage	Alternatives proposées
Cadrage positif	<p>Si le programme A est adopté, 200 personnes seront sauvées.</p> <p>Si le programme B est adopté, il y a 1/3 de chances que 600 personnes soient sauvées et 2/3 de chances que personne ne soit sauvé.</p>
Cadrage négatif	<p>Si le programme A est adopté, 400 personnes mourront.</p> <p>Si le programme B est adopté, il y a 1/3 de chances que personne ne meure et 2/3 de chances que tout le monde décède.</p>

TABLE 5.1 – Énoncé du problème de traitement d'une pandémie

Si les deux programmes sont empiriquement équivalents, leur présentation (leur cadrage) diffère, engendrant donc une perception différente par les répondants.

Il sera intéressant de comparer la distribution des réponses, pour une population d'actuaire, avec les résultats obtenus par A. Tversky et D. Kahneman.

Troisième partie
Analyse des résultats

S'il convenait de présenter l'outil support de l'étude dans l'ordre des différentes questions et cas pratiques dans un objectif didactique, il est préférable d'opter pour ce qui est de la mise en évidence des résultats pour une présentation regroupant les différents biais et sources de variance ensemble. En effet, cette approche permet de constituer une synthèse thématique de chacun des sujets étudiés, permettant d'en apprécier plus aisément la matérialité.

Ainsi, si un bref aperçu de la diversité des réponses et des répondants peut être dressé (6), l'intérêt de cette partie réside essentiellement dans l'analyse approfondie des résultats liés aux biais (7) et à la volatilité (8). Un tableau permettant de croiser les différents cas proposés avec leurs thèmes sous-jacents est disponible en annexe (annexe A).

A l'aune de ces développements, différentes pistes permettant de réduire l'influence de ce facteur humain peuvent être synthétisées. Cependant, ces solutions ne peuvent être complètes qu'en décrivant précisément les limites intrinsèques à l'étude, permettant d'en mesurer la portée et les développements ultérieurs devant être envisagés (9).

Chapitre 6

Des répondants aux profils variés

L'étude étant intégralement disponible sur le site internet, seul le lien de celui-ci est nécessaire afin de la partager et de l'effectuer. Cette facilité de diffusion a permis à l'étude d'atteindre un public suffisamment conséquent et diversifié pour pouvoir être prise en considération. Cependant, afin de garantir le sérieux des réponses, ce lien n'a pas été partagé sur les réseaux sociaux, mais directement auprès de différents actuaire contactés individuellement, ceux-ci pouvant à leur tour le retransmettre.

Ce sont ainsi 57 répondants qui ont participé à l'étude, issus d'horizons divers, étant aussi bien étudiants (9%) que travaillant dans le conseil (69%) ou au sein de compagnies d'assurances (17%).

Il ressort de l'analyse du public de répondants qu'il s'agit d'un public majoritairement junior, ayant vraisemblablement davantage propension à participer à des études de ce type.

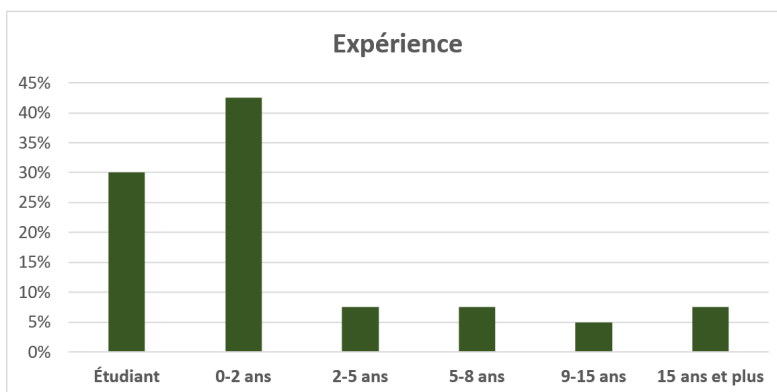


FIGURE 6.1 – Répartition de la population de répondants à l'étude en fonction de leur expérience

Pour ce qui est des connaissances et des usages de différentes méthodes de provisionnement, là encore, les résultats sont conformes aux attentes, avec une surreprésentation de la méthode de Chain Ladder. Cet élément renforce par ailleurs la démarche de l'analyse, particulièrement orientée autour de l'usage étant fait de cette méthode de Chain Ladder.

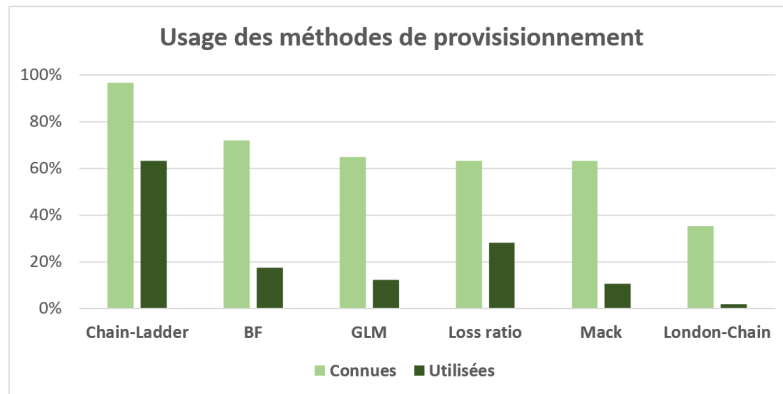


FIGURE 6.2 – Connaissance et application des méthodes de provisionnement des répondants à l'étude

Toutefois, il était attendu que ce panel de répondants ne puisse pas s'intéresser au complet au cas pratique, plus engageant pour ce qui est du temps à y consacrer. En effet, 26 répondants ont effectué à la fois le cas pratique et le questionnaire, les autres n'effectuant que le questionnaire (il n'y a pas eu d'occurrence d'individus n'effectuant que le cas pratique).

Chapitre 7

Mise en évidence de l'influence des biais cognitifs

Les résultats de l'ensemble des expériences visant à la mesure de l'influence des biais cognitifs au travers cette étude sont rassemblés ici, catalogués par biais afin d'en améliorer la lisibilité.

Le cœur de l'étude porte sur les biais d'ancrage (7.1), de *statu quo* (7.2), de disponibilité (7.3) et de cadrage (7.4). D'autres biais plus atypiques sont également testés afin d'en évaluer la portée, comme le biais de confirmation (7.5), le biais d'excès de confiance (7.6), le biais de retour à la moyenne (7.7) et le biais de l'erreur du joueur (7.8). Enfin, il semble intéressant de souligner le fait que les biais cognitifs puissent être complémentaires (7.9), accroissant leurs effets intrinsèques.

Pour chacune de ces expériences, un bref rappel du cas est effectué, avant d'insister sur l'analyse des résultats et sur les conséquences et enjeux de ces résultats.

7.1 Biais d'ancrage

Le biais d'ancrage est étudié à différents niveaux au fil de l'étude : grâce au cas pratique d'abord, dans le cadre de l'estimation des provisions effectué avec un historique de données (§7.1.1). Celui-ci est ensuite évalué à l'aide du questionnaire, avec l'estimation du niveau de ratio combiné (évoqué dans la section complémentarité des biais, 7.9), mais également des projections de primes futures (§7.1.2).

7.1.1 Historique de données (C3)

[**Scénario proposé**] Pour ce cas, deux historiques de données étaient fournis aux répondants. Les montants de provisions fournies pour le premier historique sont de 54 millions en moyenne, tandis qu'ils sont de 81 millions pour le second. L'enjeu était d'estimer le montant de provisions à l'aune de cette information qui pouvait (ou non) influencer les répondants.

[Analyse des résultats] Les résultats obtenus sont les suivants :

Distribution	Ancre basse	Ancre haute
Min	55 639 674	58 886 918
1 ^{er} quartile	58 509 328	65 188 868
Médiane	64 270 350	73 559 444
3 ^{er} quartile	70 751 746	80 046 865
Max	76 622 640	80 463 161
Moyenne	64 904 207	72 624 163

TABLE 7.1 – Distribution des montants de provisions calculés selon l'ancre

La différence est nette et bien visible entre les deux versions du cas. Les projections de réserves nécessaires sont bien moins importantes pour les répondants ayant eu un historique de données plus faible. Lors de la sélection de coefficients, l'historique de données a donc joué un rôle important, influençant les choix de manière à converger vers les provisions obtenues les années précédentes.

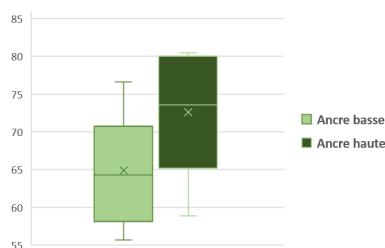


FIGURE 7.1 – *Boxplot* des provisions évaluées en fonction de l'ancre obtenue

[Conséquences et enjeux] Ce biais s'avère problématique en ce qu'il recouvre une réalité particulièrement prégnante en matière de provisionnement. En effet, dans la majorité des cas les montants provisionnés les années passées sont à disposition, et constituent autant d'ancres auxquelles les actuaires peuvent, à l'image de la situation présentée ici, se rattacher. Le risque est que dans ce cas une rupture de tendance ou des effets exogènes non anticipés soient sous estimés, en « corrigeant » les données de sorte à masquer ces alertes en se rapprochant des données historiques.

Il convient donc de garder une distance prudente avec les historiques de données, qui sont des indicateurs pertinents afin de renseigner l'actuaire quant aux ordres de grandeurs attendus mais ne devant pas prendre le pas sur la réalité des données à disposition.

7.1.2 Niveau de ratio combiné ($Q5$)

[Scénario proposé] Pour ce cas, les répondants étaient invités à estimer le niveau de ratio combiné pour la branche multirisque habitation en France en 2020, après avoir alternativement dû se positionner vis-à-vis de l'ancre suggérée (proposition de 62% ou de 124% selon le cas).

[**Analyse des résultats**] Les deux groupes, constitués en fonction de l'ancre obtenue, forment des répondants ayant obtenus chacune des ancres sont clairement distincts, avec des estimations nettement plus élevées pour le groupe ayant l'ancre supérieure.

Distribution	Ancre : 62%	Ancre : 124%
Min	48%	71%
1 ^{er} quartile	80%	97.75%
Médiane	91%	105%
3 ^{er} quartile	97.25%	118%
Max	120%	152%
Moyenne	87.88%	107.86%

TABLE 7.2 – Distribution des estimations du ratio MRH en 2020 selon l'ancre

Cette analyse est par ailleurs renforcée avec le tracé des densités de chacune des distributions, nettement scindées entre les deux valeurs.

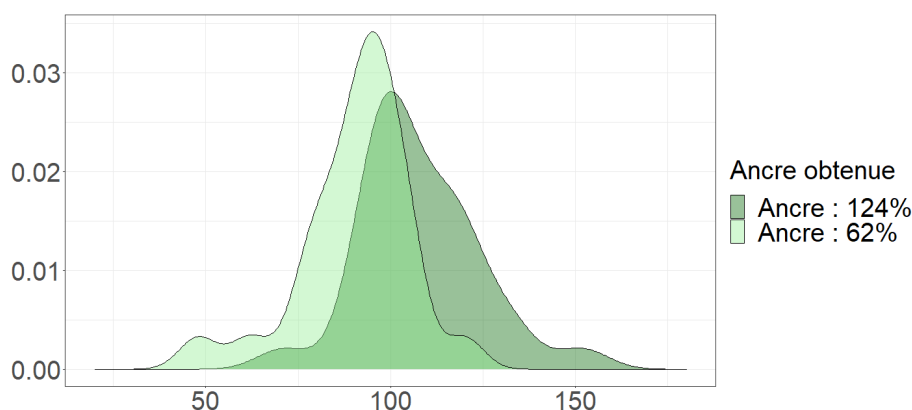


FIGURE 7.2 – Densités empiriques selon l'ancre reçue

Les deux courbes présentent des traits similaires, relativement symétriques. Les quelques différences dans l'aspect de celles-ci tiennent vraisemblablement à l'absence d'un volume de données suffisant.

[**Ajustement de loi**] Au vu des aspects des densités précédentes, il semble envisageable de chercher à superposer une loi, permettant d'obtenir un modèle prédictif associé aux ancres considérées.

Le modèle de la loi normale est alors envisagé, les distributions apparaissant relativement symétriques, avec une concentration des résultats autour d'une valeur centrale.

Les diagrammes quantiles-quantiles (QQ-plot) associés à chacune des distributions (une fois centrées et réduites) permettent de confirmer cette intuition, avec une proximité acceptable entre les

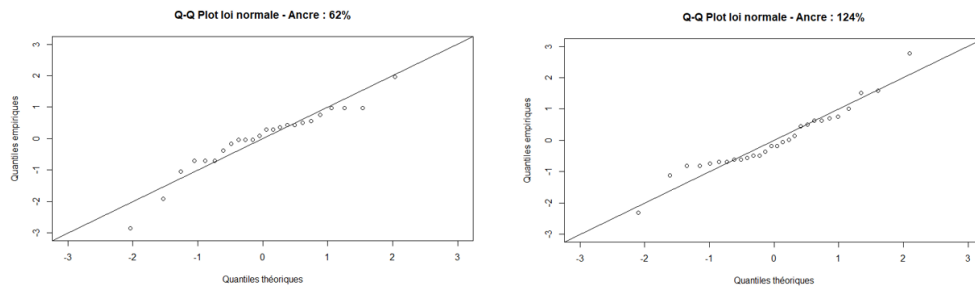


FIGURE 7.3 – QQ-plot associés aux distributions de réponse

quantiles de la distribution empirique et les quantiles de la loi normale centrée réduite.

Cette analyse graphique peut être complétée à l'aide de tests statistiques. Au vu de l'hypothèse retenue, le test de Shapiro-Wilk, relatif à la normalité d'une distribution, semble être le plus approprié. Pour chacune des deux séries de données, l'hypothèse H_0 est donc "La population est normalement distribuée". Les p -values de tests seront alors comparées au niveau $\alpha = 5\%$.

Test de	Ancre : 62%	Ancre : 124%
p -value	0.08757	0.1612

TABLE 7.3 – Tests de Shapiro-Wilk appliqués aux distributions de réponses

Les p -value ne sont, pour les deux distributions, pas significatives. Il n'est donc pas possible de rejeter l'hypothèse H_0 de normalité de ces distributions.

Ainsi, l'hypothèse de la loi normale mérite d'être conservée pour la suite de l'analyse.

Il convient alors d'estimer les paramètres de ces deux lois afin d'obtenir les distributions associées. Compte tenu du nombre de données relativement limitées, le bootstrap est utilisé afin de fiabiliser les estimateurs de moyenne et de variance, avec les résultats et intervalle de confiance suivants :

Paramètre	Ancre : 62%	Ancre : 124%
Moyenne	87,8 [84,8 - 90,9]	107,8 [104,8 - 110,8]
Écart-type	14,7 [12,0 - 17,4]	15,4 [12,8 - 18,0]

TABLE 7.4 – Estimation des paramètres pour le calcul des lois lissées

Les distributions, empiriques et lissées, ont les aspects suivants :

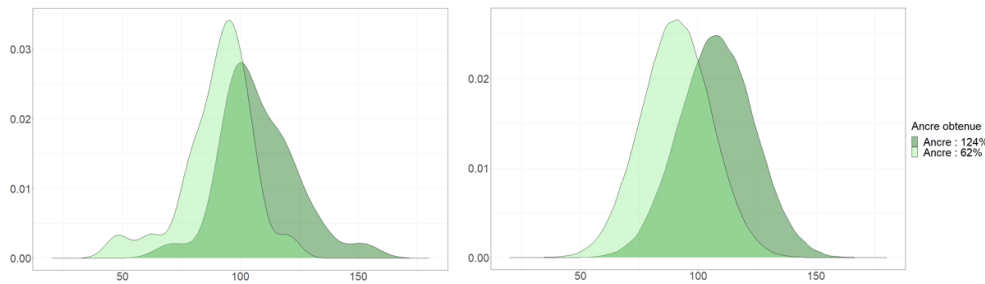


FIGURE 7.4 – Distributions empiriques et lissées des estimations effectuées pour le scénario Q5

Cette analyse a pour intérêt de mettre en évidence la possibilité de modéliser statistiquement les effets du biais d'ancrage dans le cadre de ce scénario, ouvrant de nouvelles perspectives en matière de mesure de ces facteurs humains.

Par ailleurs, l'aspect *symétrique* du biais d'ancrage mérite d'être relevé ici, les répondants ajustant leur estimation dans des proportions relativement similaires quelle que soit l'ancre obtenue.

7.2 Biais de *statu quo*

Deux expérimentations ont été mises en place afin de mesurer l'effet du biais de *statu quo* : les cas C1 (§7.2.1) et C2 (§7.2.2).

7.2.1 Provision d'une branche à développement long (C1)

[**Scénario proposé**] Pour cette étape, l'expérience visait à estimer la proportion de répondants s'émancipant de la valeur de *tail factor* suggérée (3 éventualités étaient proposées : pas de *tail factor*, un *tail factor* évalué à 1,002 ou un *tail factor* évalué à 1,005).

[**Analyse des résultats**] Les réponses obtenues sur ce cas permettent de dresser le tableau suivant :

Situation initiale	Conservation de la situation	Modification de la situation
Pas de <i>tail factor</i>	78%	22%
<i>Tail factor</i>	81%	19%
<i>Dont : tail factor 1,002</i>	82%	18%
<i>Dont : tail factor 1,005</i>	80%	20%
Résultat global	80%	20%

TABLE 7.5 – Attitude face au *tail factor* proposé

Les enseignements pouvant être tirés au vu de ces résultats sont doubles.

Le premier point tient à l'effet majeur du biais de *statu quo* : sur l'ensemble des répondants, en moyenne 80% d'entre eux ont privilégié l'option par défaut qui leur était suggérée.

Le second point, plus frappant encore, a trait à la constance de cette proportion de répondants faisant le choix du *statu quo*, ou plutôt de l'absence de choix du *statu quo*. En effet, quelle que soit la proposition soumise, ce sont environ 80% des répondants qui l'ont suivie, suggérant une indépendance de fait entre la proposition soumise et la réaction adoptée. Il conviendrait ici de développer cette observation, en soumettant aux répondants des propositions de plus en plus extrêmes, afin d'étudier le « point de rupture » où l'utilité marginale exigeant de modifier la valeur proposée par défaut devient supérieure à la satisfaction prodiguée par l'absence de choix.

[**Conséquences et enjeux**] Ce cas a le mérite de mettre en avant les enjeux liés à la revue d'une décision déjà tranchée. Si tout semble « bien fonctionner » avec les paramètres retenus, alors l'influence du biais de *statu quo* aura tendance à annihiler la volonté de s'en dégager, et de se satisfaire de cette décision déjà prise. Afin d'éviter cela, il convient de chercher davantage à remettre en cause des éléments pouvant être considérés comme acquis, et à questionner les décisions déjà effectuées.

7.2.2 Revue de calculs actuariels (C2)

[**Scénario proposé**] Pour ce cas, deux versions ont été proposées, exigeant du répondant qu'il effectue soit une revue de la sélection de coefficients effectuée par un actuare fictif (A°/) soit une première sélection autonome (B1°/), suivie d'une revue de la sélection de l'actuaire fictif (B2°/).

La grille de lecture suggérée afin de pouvoir comparer et analyser les résultats de cette expérience est la suivante :

- La sélection de coefficient est exprimée en pourcentage de répondants du cas ayant retiré le coefficient. *Lecture : Une cellule « 25% » signifie que sur l'ensemble des répondants ayant eu à traiter ce scénario, 25% d'entre eux ont fait le choix de retirer ce coefficient du calcul de la méthode Chain Ladder. Les 75% restant ont conservé ce coefficient ;*
- Un « masque » des coefficients sélectionnés par l'actuaire fictif est placé sur les différents cas afin de visualiser directement les cellules marquant un écart ou non par rapport à celui-ci, étant entendu que ce masque a été ajouté a posteriori et n'était pas présent pour les répondants ;

[**Analyse des résultats**] Les résultats sont particulièrement marqués, avec une très forte différence d'adhésion entre les deux situations :

Les indicateurs suivants permettent une analyse globale des résultats :

Ces éléments permettent d'insister sur les conséquences de ce biais de *statu quo*. En effet, plus de la moitié des coefficients sélectionnés par l'actuaire sont conservés par les répondants invités à effectuer

Coeff	Dev 1-2	Dev 2-3	Dev 3-4	Dev 4-5	Dev 5-6	Dev 6-7	Dev 7-8
2009	69%	6%	0%	25%	0%	0	0%
2010	0%	81%	75%	0%	6%	19%	
2011	0%	25%	6%	50%	0%		
2012	75%	63%	0%	0%			
2013	69%	6%	56%				
2014	6%	0%					
2015	0%						

A°/ Revue de la sélection de l'actuaire

Coeff	Dev 1-2	Dev 2-3	Dev 3-4	Dev 4-5	Dev 5-6	Dev 6-7	Dev 7-8
2009	33%	33%	17%	0%	17%	0%	0%
2010	33%	100%	67%	17%	17%	50%	
2011	17%	17%	0%	50%	0%		
2012	67%	17%	0%	0%			
2013	17%	0%	0%				
2014	50%	0%					
2015	0%						

B1°/ Première sélection autonome

TABLE 7.6 – Revue de la sélection de l'actuaire (A°) et première sélection autonome (B1°)

Indicateur	Cas A°/ - Revue directe	Cas B°/ - Sélection autonome
Coefficients "communs" avec l'actuaire	58%	35%
Coefficients "différents" de l'actuaire	6%	16%

TABLE 7.7 – Détails relatifs aux choix de coefficients des répondants

une revue directe de cette sélection, tandis que ces coefficients sont sélectionnés en moyenne par 35% des répondants n'étant pas influencés par cette première sélection. Symétriquement, les répondants invités à effectuer une revue sont particulièrement liés par la première sélection, ne s'en écartant que très peu (6% de coefficients autres sélectionnés en moyenne) tandis que pour les répondants non biaisés cette proportion s'élève à 16%.

Cependant, c'est bien au niveau de certains coefficients spécifiques que les apports de ce cas sont les plus marqués. Ainsi, le 1er développement de l'année 2014, particulièrement important dans la mesure où les premiers développements conditionnent l'ensemble des évolutions ultérieures, est retiré par 6% des répondants effectuant une revue directe de la sélection de l'actuaire, tandis qu'ils sont 50% à le retirer parmi les répondants effectuant une sélection autonome. Plus frappant encore, si 56% des répondants effectuant la revue directe des calculs de l'actuaire ne conservent pas le 3e développement de l'année 2013, cette proportion tombe à 0% pour les répondants effectuant une sélection autonome !

Ces différences majeures confirment l'analyse selon laquelle le biais de *statu quo* s'exprime avec force dans le cadre de la revue de calculs actuariels, au point d'avoir des tendances sous-jacentes radicalement différentes entre les deux groupes de répondants.

[Conséquences et enjeux] La conséquence première qui émerge des constats effectués ci-dessus tient à l'influence que peut avoir la première sélection de coefficients effectuée dans le cadre d'une revue de coefficients. En effet, la tendance naturelle est alors à la conservation des choix effectués, et donc à l'absence de réelle plus-value associée à ce second regard, en témoigne l'écart de sélection entre les répondants ayant dû effectuer une première sélection de manière autonome et les répondants ayant directement revus la sélection de l'actuaire.

La solution pour outrepasser ce biais pourrait donc être de conserver cette première sélection autonome, avant de mettre en commun les résultats. Cette méthode est de fait relativement proche de la méthode de Delphes (ou Delphi) utilisée en gestion de projet.

7.2.3 Données exogènes (C5)

[**Scénario proposé**] Dernier cas visant à étudier l'effet du biais de *statu quo*, les répondants avaient ici deux méthodes à disposition (Chain Ladder et Bornhuetter-Ferguson). Ceux-ci devaient ensuite déterminer le montant de provisions retenu, étant stipulé que le montant retenu par défaut serait la moyenne de ces deux méthodes.

[**Analyse des résultats**] Il apparaît de l'étude des réponses que la répartition des méthodes retenues par les répondants dans leurs évaluations du montant de provisions nécessaire est la suivante :

Méthode retenue	Proportion
Chain Ladder	4%
Bornhuetter-Ferguson	13%
Moyenne	71%
Autre	13%

TABLE 7.8 – Méthode retenue pour le choix du montant de provision final

Ainsi, l'écrasante majorité des répondants a préféré la sécurité de la moyenne, faisant ainsi le choix du *statu quo* proposé.

Il convient cependant de relever que, parmi le quart des répondants s'étant détaché de ce choix, 13% d'entre eux ont même retenu un montant de provision de manière entièrement autonome.

[**Conséquences et enjeux**] Au vu de ces résultats, il semble à nouveau que le biais de *statu quo* ait conduit la majorité des répondants à ne pas modifier les choix proposés en dépit de l'introduction d'une méthode de calcul des provisions différente, apportant pourtant *a priori* davantage d'informations.

7.3 Biais de disponibilité (Q2)

[**Scénario proposé**] Afin d'évaluer la pertinence du biais de disponibilité, les répondants étaient invités à évaluer la valeur la plus élevée entre 1°) le nombre de cambriolages de logements ou d'entreprises ayant été victime d'au moins une cyberattaque en 2020 ou 2°) le nombre de sinistres automobiles ou d'entreprises ayant été victime d'au moins une cyberattaque en 2020.

[**Analyse des résultats**] La répartition des réponses est, pour chacune des deux séries d'oppositions, la suivante :

Ainsi, comme attendu, les cyberattaques sont particulièrement présentes à l'esprit des répondants, en raison de la disponibilité de cette sinistralité à l'esprit.

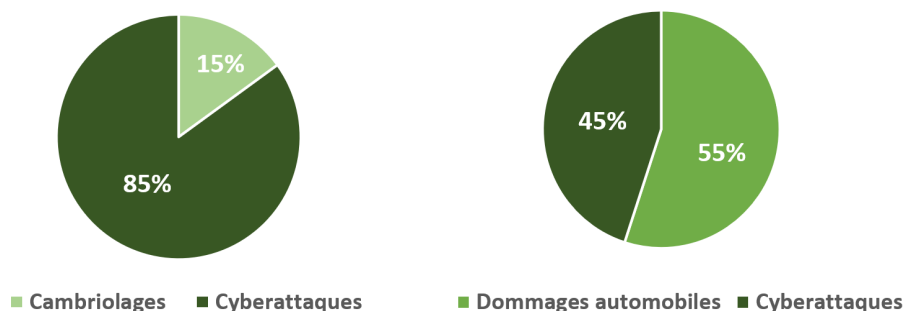


FIGURE 7.5 – Répartition des répondants en fonction de leur estimation de quantité la plus importante

[**Conséquences et enjeux**] La prééminence de ce biais peut entraîner des erreurs d'appréciation et une surestimation (respectivement une sous-estimation) de la probabilité d'occurrence de certains éléments en fonction de la facilité (respectivement difficulté) pour s'en remémorer les occurrences, que ce soit dans l'actualité du portefeuille, de l'entreprise ou plus globalement dans leur prééminence médiatique au moment de prendre ces éléments en compte.

7.4 Biais de cadrage

Deux cas visaient à analyser la présence et les effets du biais de cadrage : la perception d'une rupture de tendance pour ce qui est du cadrage visuel (§7.4.1) et le choix de traitement contre une pandémie retenu pour ce qui est du cadrage textuel (§7.4.2). Un troisième cas relatif au cadrage a été imaginé, dans le cadre d'une analyse conjointe avec le biais d'ancrage (7.9).

7.4.1 Rupture de tendance (C4)

[**Scénario proposé**] Pour cette question, un indicateur de couleur visait à souligner la modification dans le rythme de développement des sinistres.

[**Analyse des résultats**] Ci-dessous, les résultats pour les deux groupes à considérer :

Aucune tendance notable ne se dégage entre les deux groupes, conduisant à considérer l'absence d'effet de la mise en situation imaginée. Les causes à cela pourraient être doubles : d'une part, les répondants ont pu sous-estimer l'influence de ces changements dans le rythme de reconnaissance des résultats, d'autre part ceux-ci ont pu avoir le « mauvais » raisonnement en écartant les années récentes, en conservant l'hypothèse d'un retour aux schémas antérieurs d'évolution.

[**Conséquences et enjeux**] L'absence de tendance notable dégagée ici peut être reliée au caractère plus diffus du scénario proposé. En effet, celui-ci impliquait la prise en compte d'un changement de tendance structurel dans le profil d'évolution sous-jacent. Cependant, il s'agit là d'éléments tech-

Coeff	Dev 1-2	Dev 2-3	Dev 3-4	Dev 4-5	Dev 5-6	Dev 6-7	Dev 7-8
2004	10%	0%	0%	0%	0%	10%	0%
2005	50%	30%	30%	30%	10%	10%	
2006	20%	30%	10%	20%	10%		
2007	20%	10%	40%	0%			
2008	0%	0%	0%				
2009	0%	10%					
2010	40%						

A*/ Sélection sans cadrage

Coeff	Dev 1-2	Dev 2-3	Dev 3-4	Dev 4-5	Dev 5-6	Dev 6-7	Dev 7-8
2004	15%	8%	8%	8%	8%	8%	15%
2005	62%	38%	15%	23%	0%	0%	
2006	31%	8%	0%	8%	0%		
2007	8%	0%	23%	0%			
2008	15%	8%	0%				
2009	8%	23%					
2010	46%						

B*/ Sélection avec cadrage

TABLE 7.9 – Résultat de la sélection de coefficient effectuée selon le cas obtenu

riques plus complexes, pouvant donc plus aisément être manqués dans le cadre d'une étude comme celle-ci.

7.4.2 Traitement d'une pandémie (Q6)

[**Scénario proposé**] Ce cas reprenait l'expérience menée par A. Tversky et D. Kahneman afin de tester l'approche d'une situation donnée en fonction de la formulation de celle-ci. Ainsi, deux traitements étaient proposés afin de lutter contre une pandémie, les répondants étant invités à choisir celui qui leur semblait le plus adéquat.

[**Analyse des résultats**] Les choix effectués par les répondants sont présentés ci-dessous :

Traitement	Cadrage positif	Cadrage négatif
Traitement A	72%	46%
Traitement B	28%	54%

TABLE 7.10 – Choix de traitement effectué par les répondants selon le cadrage proposé

Cependant, ces résultats n'ont d'intérêt qu'en les mettant en perspective avec les résultats obtenus dans l'étude originelle, afin de mettre en évidence les différences potentielles entre les actuaire et un groupe de répondants extérieurs.

Les résultats obtenus par Kahneman sont les suivants :

Traitement	Cadrage positif	Cadrage négatif
Traitement A	72%	22%
Traitement B	28%	78%

TABLE 7.11 – Choix de traitement effectué par les répondants selon le cadrage proposé (A. Tversky et D. Kahneman)

Il est possible de constater une adéquation parfaite avec les résultats obtenus par Kahneman pour ce qui est du cadrage positif, avec 72% des répondants privilégiant le traitement A. Ces résultats confortent par ailleurs le format de l'étude, qui permet en l'espèce d'obtenir des résultats similaires aux résultats initiaux de l'expérience.

Cependant, les résultats les plus intéressants tiennent peut-être finalement à l'écart relatif aux résultats pour ce qui est du cadrage négatif. Si dans ce cas-là les répondants de l'étude menée par Kahneman choisissaient très largement (78%) le traitement risqué (traitement B), ils ne sont que 54% des répondants au questionnaire ici mis en place.

Comment expliquer une telle différence ? L'hypothèse la plus plausible tient justement au caractère risqué de ce traitement. L'actuaire, professionnel ayant connaissance des enjeux liés aux risques, pourrait avoir une aversion aux risques plus prononcée que la moyenne.

[**Conséquences et enjeux**] Deux éléments peuvent être distingués au vu de ces résultats. D'une part, le biais de cadrage fonctionne parfaitement, avec une nette différence au niveau des choix en fonction de l'énoncé suggéré. D'autre part, il semblerait que la population moyenne des actuaires ait développé une aversion au risque supérieure à la moyenne, justifiant un écart avec l'expérience menée par Kahneman.

7.5 Biais de confirmation (C2)

[**Scénario proposé**] Cette section correspond à la seconde partie du cas pratique C2 (7.5), pour les répondants ayant effectué leur première sélection de manière autonome. Ceux-ci sont en effet ensuite chargés d'effectuer la revue de la sélection de l'actuaire fictif, avec leur propre sélection placée à côté.

[**Analyse des résultats**] Le biais qui cherche à être mis en évidence ici est le biais de confirmation, c'est-à-dire le fait d'interprétant les éléments nouveaux comme confirmation de choix déjà effectués. Il convient donc de comparer les coefficients retirés avant (B1°) et après (B2°) présentation de la sélection de l'actuaire.

Coeff	Dev 1-2	Dev 2-3	Dev 3-4	Dev 4-5	Dev 5-6	Dev 6-7	Dev 7-8
2009	33%	33%	17%	0%	17%	0%	0%
2010	33%	100%	67%	17%	17%	50%	
2011	17%	17%	0%	50%	0%		
2012	67%	17%	0%	0%			
2013	17%	0%	0%				
2014	50%	0%					
2015	0%						

B1°/ Première sélection autonome

Coeff	Dev 1-2	Dev 2-3	Dev 3-4	Dev 4-5	Dev 5-6	Dev 6-7	Dev 7-8
2009	67%	0%	0%	33%	0%	0%	0%
2010	17%	100%	83%	17%	67%	50%	
2011	0%	17%	0%	50%	0%		
2012	83%	67%	0%	0%			
2013	67%	0%	50%				
2014	33%	0%					
2015	0%						

B2°/ Revue de la sélection de l'actuaire

TABLE 7.12 – Première sélection autonome (B1°) puis revue de la sélection de l'actuaire (B2°)

Les résultats sont à ce titre relativement clairs : pour la quasi-intégralité des coefficients, la mise en avant de la sélection de l'actuaire ne fait que renforcer les choix déjà effectués, c'est-à-dire que les coefficients sont au moins autant retirés.

[**Conséquences et enjeux**] La problématique soulevée par un tel biais tient en l'absence de caractère objectif de la décision alors menée. En effet, les nouveaux éléments, au lieu d'apporter des informations complémentaires pouvant entraîner une modification de la décision, permettent plutôt de se persuader du bien-fondé d'une décision déjà prise.

7.6 Excès de confiance (Q2)

[**Scénario proposé**] Après avoir effectué une estimation quant à la branche d'activité ayant le nombre de sinistres le plus élevée (cyberassurance, cambriolages ou dommages auto), les répondants étaient invités à donner le niveau de confiance de leur réponse sur une échelle allant de 0 à 100.

[**Analyse des résultats**] Les niveaux de confiance sont présentés ci-dessous, groupés en fonction du choix effectué à l'étape précédente :

Choix effectué	Niveau de confiance
Cyberattaques	57,3%
Cambriolages	57,2%
Dommages automobiles	60,6%
Moyenne	58,7%

TABLE 7.13 – Niveau de confiance des répondants dans le choix effectué

Il peut paraître surprenant d'observer une convergence des niveaux de confiance quel que soit le choix effectué, dans la mesure où la bonne réponse aurait pu être choisie par des répondants davantage certains de leur décision. Cependant, ce niveau de confiance marque le fait qu'il s'agit ici d'un sujet relativement commun pour les actuaires répondants (plus de 50% de confiance), sans que ceux-ci se considèrent experts en la matière.

Toutefois, ce niveau de confiance « neutre » de 59% est donc au-delà de ce que serait un réel niveau d'indifférence (50%), trahissant donc un penchant pour un excès de confiance, en l'espèce peu justifié.

[**Conséquences et enjeux**] La conséquence de cet excès de confiance réside dans l'optimisme déplacé qui peut en résulter. En effet, certaines décisions pourraient donc être prises dans un trop-plein de confiance, et biaiser le regard objectif devant y être apporté. Il est donc nécessaire de parvenir à nuancer la certitude pouvant être associée à une prise de décision.

7.7 Retour à la moyenne (Q3)

[**Scénario proposé**] Dans cette mise en situation, les répondants étaient invités à estimer la charge de sinistres dans un an puis dans cinq ans à la suite d'un brusque écart à la tendance préexistante, à la hausse ou à la baisse suivant le cas.

[**Analyse des résultats**] Ci-dessous les tendances déterminées par les réponses à ce scénario :

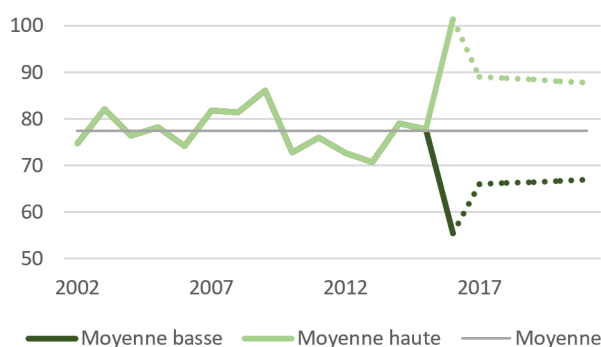


FIGURE 7.6 – Projections effectuées à la suite d'un écart à une tendance

L'enjeu de retour à la moyenne semble ainsi globalement bien appréhendé par les répondants dans la mesure où, quel que soit le scénario obtenu, ceux-ci ajustent les prévisions vers la moyenne observée les années précédentes.

[**Conséquences et enjeux**] Il est néanmoins surprenant de constater que cet ajustement est le même que cet écart ait été un écart à la hausse ou un écart à la baisse, tout de même caractéristique d'un certain manque de prudence. À cet égard, il convient de bien souligner qu'en dépit d'une prise en compte de l'effet de la dernière valeur très forte par rapport à l'historique de données, la direction de celle-ci ne semble pas avoir eu d'influence particulière.

7.8 Erreur du joueur (Q4)

[**Scénario proposé**] De la même manière qu'un joueur peut être tenté de surestimer l'éventualité d'obtenir « pile » à un lancer de pièce après de nombreuses occurrences de « face », l'objectif était ici d'estimer si une telle erreur était transposable au milieu actuariel. Ce scénario est ainsi envisageable pour ce qui est d'un assuré ayant subi par malchance et non par sa faute une série de sinistres.

[**Analyse des résultats**] Les résultats obtenus permettent de distinguer 3 groupes de répondants, relativement similaires :

Réponse	Proportion
Individu A	30%
Individu B	26%
Aucun des deux	43%

TABLE 7.14 – Niveau de confiance retenu selon le choix effectué

En effet, plus de la moitié des répondants cèdent à l'illusion de ce biais, et à une conclusion erronée au vu de la situation. Cependant, deux facteurs différents pourraient expliquer ces observations. D'une part, les individu répondant "Individu B" marqueraient par là l'effet de l'erreur du joueur, suggérant qu'il est temps que "la chance tourne". D'autre part, les répondants considérant qu'il s'agit de l'individu A marquent peut-être par cette réponse une certaine prégnance de l'effet de *statu quo* : puisque l'individu A a toujours eu des accidents, il n'y aurait pas de raison que cela ne change.

[**Conséquences et enjeux**] Ces erreurs de raisonnement, portées tout de même par plus de la moitié des répondants, concernent des notions mathématiques usuelles. Si la sinistralité d'un assuré en portefeuille est répétée une année donnée, cela ne signifie pas nécessairement qu'elle continuera de l'être par la suite (ni, à l'inverse, qu'elle ne le sera forcément plus par la suite non plus).

7.9 Complémentarité des biais (Q1)

Un dernier élément mérite d'être souligné, c'est celui de l'interdépendance entre biais cognitifs. Il semblerait en effet que les biais puissent s'ajouter et se renforcer, créant donc une distorsion pouvant s'avérer d'autant plus conséquente.

[**Scénario proposé**] Dans le cadre de ce scénario, les répondants sont invités à projeter les montants de prime attendus à 1 an puis à 5 ans.

[**Analyse des résultats**] Pour ce qui est de l'analyse de ce scénario, une subtilité doit être prise en considération : deux biais sont simultanément testés ici. En effet, d'une part deux courbes sont présentées (une courbe fortement croissante et une courbe faiblement croissante, afin de mettre en évidence le biais de cadrage). D'autre part, deux valeurs sont données aux répondants afin de jouer un rôle d'ancre lorsque ceux-ci doivent saisir leurs réponses.

Dès lors, afin de ne pas restreindre l'analyse, en neutralisant l'effet croisé de ces éléments, ceux-ci doivent être présentés de manière décorrélée. Quatre cas sont ainsi possibles : ancre haute et forte croissance, ancre haute et faible croissance, ancre basse et forte croissance, ancre basse et faible croissance.

Les distributions des ces différents groupes peuvent alors être présentées :

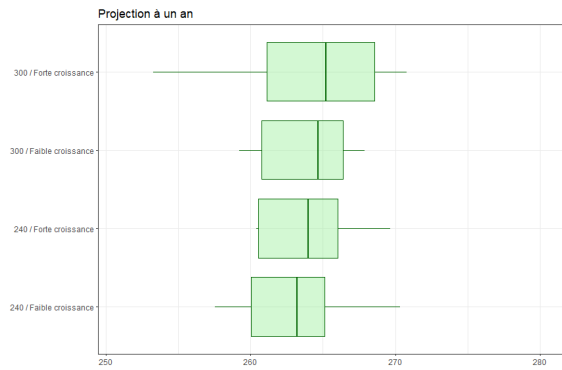


FIGURE 7.7 – Projection à un an selon le cas obtenu

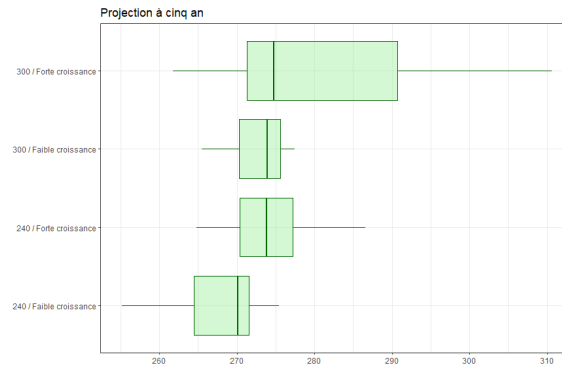


FIGURE 7.8 – Projection à cinq ans selon le cas obtenu

Si les différences sont relativement peu prononcées pour ce qui est de la projection à un an, celles-ci sont visiblement accrues pour ce qui est de la projection à cinq ans.

Les effets constatés sont ici doubles. D'une part, un ancrage s'effectue à partir de la valeur initiale du curseur, que les répondants ajustent insuffisamment, créant de fait une distorsion dans la répartition des réponses. D'autre part, le cadrage du graphique influence les estimations proposées, avec des estimations supérieures pour les répondants ayant obtenu le cas suggérant une forte croissance.

[**Conséquences et enjeux**] La figure 7.6. est éclairante en ce qu'elle illustre nettement la propension qu'ont eu les biais d'ancrage et de cadrage à être complémentaire pour le scénario proposé. Dès lors, rien n'interdit d'imaginer que d'autres biais cognitifs soient également complémentaires, et puissent de la même manière se renforcer mutuellement.

Chapitre 8

Analyse de la volatilité des réponses

Second volet de cette étude, la volatilité des réponses et des corrections pouvant y être apportées méritent ensuite d'être analysées. À ce titre, il convient de mettre en lumière les effets de volatilité ayant été observés (§8.1) avant de proposer et de mettre en application des méthodes permettant de réduire ces incertitudes (§8.2).

8.1 Mise en évidence des sources de volatilité

Les scénarios proposés visaient à mettre en évidence deux types de volatilité : une volatilité entre individus (§8.1.1), propre d'une décision impliquant un avis d'expert, et une volatilité intrinsèque aux individus (§8.1.2), c'est-à-dire des variations face à une même problématique.

8.1.1 Entre individus

Pour ce qui est de la volatilité entre individus, le principal cas cherchant à mettre celle-ci en avant était le cas 1, offrant une profondeur d'historique particulièrement importante dans cette optique.

Les résultats sont à la hauteur des attentes, puisque les estimations relatives au montant de réserves nécessaire dans cette situation varient, avec les mêmes données, pratiquement du simple au double.

Dans le détail, cette répartition des provisions est la suivante :

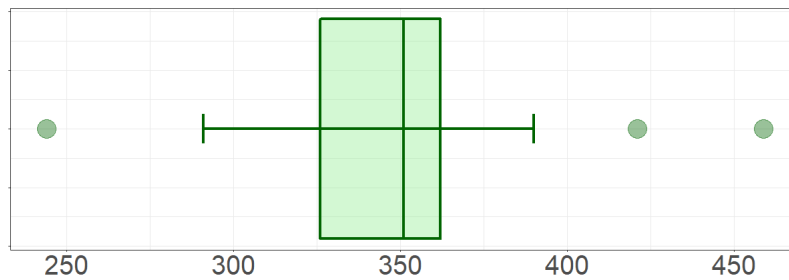


FIGURE 8.1 – Montant de provision retenus pour le cas C1

Ainsi, plus de la moitié des réponses sont situées dans un intervalle de plus de 50 millions d'euros, c'est-à-dire 15% du montant de provisions moyen retenu.

Ces résultats sont particulièrement élevés, en ce qu'il s'agit de réponses au vu de données identiques.

8.1.2 Pour un même individu

Cette donnée a été bien plus complexe à évaluer. En effet, il n'était pas envisageable de redemander aux mêmes répondants de refaire une seconde fois l'étude afin de comparer leurs deux séries de réponses, cela étant trop exigeant en terme de temps. Afin de pallier cette lacune, les cas C3 (4.2.3) et C5 (4.2.5) sont constitués des mêmes données, ajustées d'un facteur multiplicatif.

L'étude des montants de provision déterminés par les répondants pour chacun de ces cas présente alors la variabilité relative suivante :

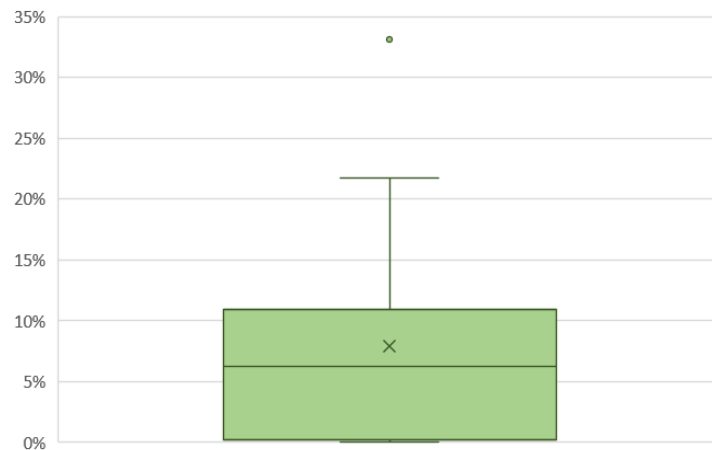


FIGURE 8.2 – Différence relative entre les montants de provisions obtenus à partir de données identiques

Ainsi, l'écart est en moyenne de 8% au sein des répondants pour deux triangles de développe-

ment identiques, étudiés à quelques minutes d'intervalle. Il s'agit d'une différence suffisamment considérable pour être relevée, dans la mesure où, les paramètres étant identiques, les estimations devraient idéalement l'être également.

8.2 Élicitation et prise en compte de la volatilité

Dans une optique de réconciliation des jugements d'experts divergents, la démarche retenue a été celle de l'élicitation par application de la méthode SHELF [\[2.2\]](#).

Les avis de quatre experts ont été récoltés, vis-à-vis de leur estimation de la distribution des provisions du cas pratique C1. Ceux-ci ont ainsi dû indiquer les paramètres associés à leur estimation, à savoir la valeur maximale envisagée, la valeur minimale, et les quartiles de la distribution. Ces informations ont ainsi permis d'obtenir la distribution suivante,

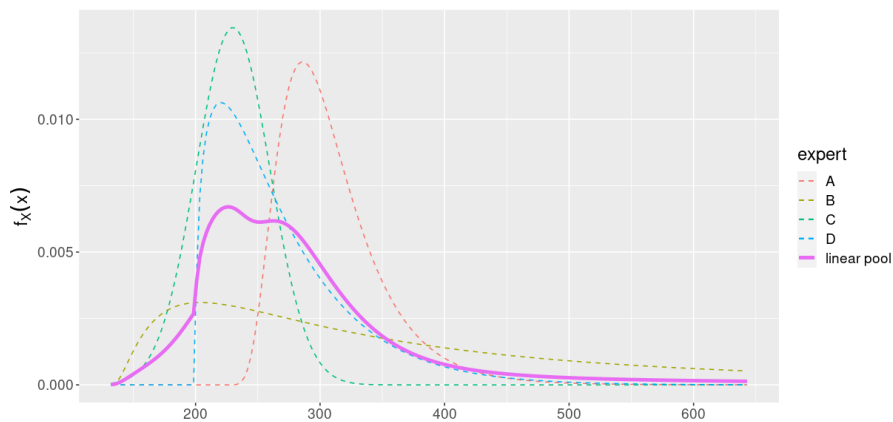


FIGURE 8.3 – Élicitation à partir des distributions d'experts pour le cas 1

Une fois cette donnée présentée, les experts ont été invités à débattre et à prendre du recul sur leur analyse, afin de parvenir à une distribution paraissant acceptable pour les 4. Les résultats obtenus à la suite de ces débats permettent d'obtenir le tracé suivant :

1. Un outil a été développé par T. O'Hagen et J. Oakley afin de permettre l'application de la méthode SHELF : [site internet SHELF](#)

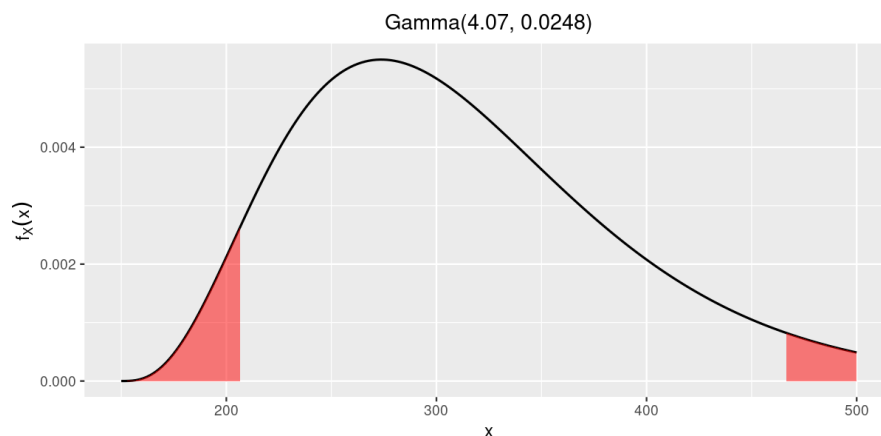


FIGURE 8.4 – Distribution commune obtenue par la méthode de Sheffield

Ainsi, les tendances communes aux différents experts ont pu être agrégées, avec un sommet autour de 275-300 millions. Il est intéressant de constater que cette estimation est moins "prudente" que les estimations obtenues de manière générale dans le cadre de ce cas, ce qui peut sembler contre-intuitif dans la mesure où, par nature, un groupe pourrait avoir tendance à se montrer davantage prudent. Ce résultat peut néanmoins s'expliquer par les débats et échanges pouvant avoir eu lieu, ayant vraisemblablement permis une meilleure préhension du problème.

Quoi qu'il en soit, il convient de souligner la pertinence de cette méthode, permettant d'agrèger les avis de différents experts et, ce faisant, permet de neutraliser une part de facteur humain, en obtenant la meilleure distribution commune à tous les avis obtenus.

Cependant, il est possible de nuancer ce constat, cette méthode étant relativement chronophage et nécessitant la collecte de différents experts qui ne sont pas toujours en nombre suffisant dans certaines entreprises. Ainsi, celle-ci peut être délicate à mettre en œuvre dans un cadre de provisionnement professionnel.

Chapitre 9

Au-delà des résultats

Une fois les résultats de l'étude mis en évidence, il convient de s'intéresser aux enjeux et à la portée des éléments sous-jacents, en cherchant des solutions à ces problématiques (9.1). Cependant, s'agissant d'un travail de recherche, il convient de préciser les limites de cette étude (9.2), afin de mesurer les développements ultérieurs envisageables (9.3). Cette analyse préalable effectuée, l'application des développements de ce mémoire à un cadre professionnel au sein d'une compagnie d'assurance peut-être développée (9.4).

9.1 Réponses aux problématiques soulevées

Deux axes de développements ayant été envisagés, les biais et la volatilité, il convient de répondre à la problématique en conservant cet angle d'analyse. Ainsi, si la connaissance des risques sous-jacents semble être le rempart adéquat pour ce qui est des biais cognitifs (§9.1.1), l'élicitation semble être adaptée pour ce qui est de la volatilité des avis d'expert (§9.1.2).

9.1.1 La connaissance, rempart contre les biais

La caractéristique commune à l'ensemble des biais cognitifs tient à l'absence de caractère *volontaire* de l'individu y étant sujet. En effet, il ne s'agit que d'une conséquence d'une réflexion erronée, *heuristique de jugement* aux conséquences inadéquates.

Dès lors, la meilleure manière d'éviter d'être sujets à de telles erreurs de raisonnement demeure la connaissance de l'existence de celles-ci, c'est-à-dire des biais cognitifs pouvant tromper la décision.

La suggestion serait ainsi ici d'effectuer un travail *préalable* de pédagogie et d'explication, afin de sensibiliser les publics cible à cette problématique. Ces démarches commencent à se développer : par exemple, une première intervention liée aux risques et à l'influence des biais cognitifs est proposée dans certaines formations aux métiers de l'audit.

9.1.2 L'élicitation, vecteur de compromis entre avis divergents

Pour ce qui est de la volatilité des réponses celle-ci semble inévitable, en témoignent les estimations pouvant être différentes même pour un individu unique : si, avec des données identiques, une même personne parvient à obtenir des résultats différents à quelques minutes d'intervalle, comment imaginer que les avis d'individus distincts puissent converger ?

Une fois ce constat posé, la problématique demeure celle de l'attitude à avoir face aux incohérences que ces divergences peuvent causer.

La solution de travail la plus pertinente semble être de se satisfaire de ces divergences, et même plutôt de les exploiter afin de profiter d'avis d'experts différents. La méthode d'élicitation SHELF est à ce titre toute appropriée, permettant d'obtenir une distribution probable commune aux différents avis, et donc une richesse d'information complémentaire à exploiter.

9.2 Limites intrinsèques à l'étude

S'agissant d'une étude prospective, il convient d'en affronter les limites et points d'attention afin d'en tirer les conclusions les plus adaptées.

- **Format de l'étude**

La limitation première de l'étude réalisée tient paradoxalement à son format même. En effet, il s'agit d'une étude menée à distance, sur des données fabriquées et potentiellement éloignées de la réalité du travail des répondants.

Dès lors, en dépit des efforts ayant pu être apportés pour maintenir le caractère réaliste de l'étude, ce format peut potentiellement entraîner un manque d'intérêt de la part de certains répondants.

- **Qualité des réponses**

Élément rejoignant le point précédent, la qualité des réponses mérite également d'être évoquée au titre des limites de l'étude. En effet, bien que celle-ci ait tenté aussi bien que possible de créer des situations réalistes, celles-ci demeurent factices et peuvent être perçues comme telles par les répondants. Ainsi, ceux-ci sont peut être moins attentifs et précis que s'il s'était agi de scénarios rencontrés dans un cadre professionnel et donc traités, à ce titre, avec davantage d'attention.

- **Complexité des cas**

La portée de cette étude peut être relativisée sur le point de la complexité des cas proposés. En effet, il s'agit de situations relativement « simples », afin de ne pas noyer et décourager le répondant, assommé par une masse d'information. La réalité du provisionnement en assurance non-vie est bien

plus complexe, nécessitant une compréhension des données et du portefeuille sous-jacent bien plus poussée. Cette étude ne fait donc qu'effleurer cette dimension et cette complexité du métier.

Cependant, ce constat permet paradoxalement de conforter la pertinence de l'étude : si dans des situations clairement articulées et énoncés les biais ont pu s'exprimer avec autant de force, dans une réalité bien plus complexe et sinueuse les occasions d'être biaisés n'en sont que multipliées.

- **Profil des répondants**

Enfin, et pour conclure cette synthèse des lacunes de l'étude, il convient de mentionner le risque lié au profil des répondants eux-mêmes. En effet ceux-ci (*cf* chapitre 6) sont relativement jeunes, et un manque d'expérience et de connaissance "métier" pourrait à ce titre lui être reproché.

Cependant, ce biais semble difficile à éviter, dans la mesure où les actuaires les plus juniors sont les plus disposés à répondre à ce type d'enquête. Il paraît dès lors délicat de parvenir à rééquilibrer cette répartition des expériences.

9.3 Pistes restant à développer

Certains éléments mériteraient d'être développés plus en détail, exigeant cependant des moyens plus importants.

- **Diversité des biais**

Le parti pris de cette étude a été celui d'un travail approfondi sur certains biais spécifiques, visant à les décliner sur divers aspects du travail actuariel. Il conviendrait, afin de compléter cette étude, de développer plus en profondeur l'étude d'autres biais cognitifs.

Ainsi, l'effet de halo, qui correspond aux différences d'attitude en fonction de la perception d'un interlocuteur, pourrait offrir certains développements prometteurs. En effet, dans plusieurs secteurs les échanges entre entités sont essentiels (courtage, réassurance), et l'étude de ce biais pourrait à ce titre se révéler intéressante, influençant la dynamique de la relation.

- **Élicitation**

Les éléments présentés dans le cadre de ce mémoire au titre de l'élicitation des jugements d'expert ne prétendent pas vider le domaine de sa substance. Au contraire, il s'agit plutôt, pour ce qui est de ce pan de l'étude, d'un travail préliminaire, permettant de mettre en lumière ce sujet. Celui-ci, particulièrement riche, mériterait ainsi, dans le prolongement de cette étude, d'être plus largement développé et adapté aux différents versants de l'actuariat.

9.4 Apport et application à un cadre professionnel

Enfin, il convient dans un dernier temps de synthétiser et, finalement, de *concrétiser* ce travail théorique et empirique en formulant quelques suggestions permettant d'intégrer les réflexions de ce mémoire à un environnement professionnel actuariel.

Ce sont ainsi 5 propositions qui sont suggérées ici afin de pouvoir, de manière proactive, intégrer ces enjeux liés au facteur humain dans un cadre de provisionnement.

Proposition 1 - Sensibiliser le public actuariel aux enjeux des biais cognitifs

La première proposition, pouvant sembler naïve tant elle paraît couler de source, tient tout simplement à la nécessité d'une formation relative à la problématique des biais cognitifs. En effet, il s'agit d'un sujet particulièrement méconnu, paraissant vivre en dehors du monde professionnel, cantonné aux illusions d'optique ou autres "tours de passe-passe". Cependant, il s'agit de caractéristiques humaines, qui peuvent venir s'appliquer aussi bien dans la vie courante que professionnelle et donc en particulier dans un cadre actuariel. Lever l'alerte sur ces sujets, les évoquer à travers des formations ou conférences, permettrait une première sensibilisation aux enjeux de la matière, et donc une première prise de conscience de la portée de ce phénomène. La force des biais cognitifs tenant d'abord à leur application inconsciente, une première sensibilisation réduit d'autant leur potentiel.

Proposition 2 - Réaliser des cas pratiques afin de se rendre compte de sa propre vulnérabilité

La deuxième proposition vise à faire réaliser à tout un chacun sa perméabilité face à ce phénomène de biais cognitifs, d'autant que l'actuaire, dans sa qualité d'expert reconnu d'un domaine scientifique et technique, peut être moins sensibilisé à celui-ci. Il est en effet tentant d'imaginer qu'il s'agit de travers de la pensée ne nous concernant pas, que l'on est immunisé contre ces erreurs de jugement (il s'agit par ailleurs là d'une manifestation du biais d'excès de confiance). Réaliser l'étude, sans être informé de son but préalable, permettra après analyse des résultats de constater qu'il est bien possible de se trouver également à la merci de ces biais cognitifs, et qu'il convient donc de prêter attention à ceux-ci dans un cadre professionnel également.

Proposition 3 - Étudier les différentes décisions susceptibles d'être source d'erreur

Ensuite, une fois ces premiers travaux de sensibilisation effectués, la troisième proposition vise à intégrer de manière plus approfondie et systématique la précaution vis-à-vis de ces sources d'erreurs. Effectuer une cartographie des décisions à la main de l'actuaire, dans le cadre de son processus d'établissement des provisions par exemple, permettra l'évaluation des différents biais susceptibles de trouver à s'appliquer et donc la possibilité de s'en prémunir plus efficacement en étant davantage alerte.

Proposition 4 - Analyser les sources de volatilité

Cette quatrième proposition, pendant "volatilité" de la troisième, suggère cette fois-ci l'analyse

des différentes décisions effectuées sous le prisme de la volatilité. Il s'agit en effet d'une source d'erreur toute autre, mais toute aussi importante, méritant de fait de s'y intéresser, que ce soit dans la prise de décision entre individus ou pour un même individu dans le temps ou sous un contexte différent. Une fois cette cartographie effectuée, la prise de décision pourra dès lors être plus critique, les enjeux de volatilité étant intégrés à celle-ci.

Proposition 5 - Croiser les avis de différents experts indépendants

Enfin, la dernière proposition vise à contrer à la fois le biais de *statu quo* et la volatilité relative à la décision prise par un expert dans un cadre incertain. Effectuer des revues de provisionnement et de différentes décisions prises par les actuaires de manière indépendante et détachée permettra d'éviter ces défauts et, au contraire, d'enrichir la décision effectuée en y intégrant des avis réellement indépendants.

Conclusion

Conclusion

L'objectif de cette étude tient à la mise en évidence de l'influence du facteur humain en matière de provisionnement en assurance non-vie. Cette mise en évidence est double : prise en compte de l'influence des biais cognitifs d'une part, étude de la volatilité de la décision humaine d'autre part.

- **Résultats**

À cet égard, l'objectif poursuivi a bien été atteint, avec des tendances notables pour les différents biais cognitifs étudiés ainsi que pour la volatilité des estimations effectuées par les experts.

Pour ce qui est des biais cognitifs, les principaux biais ayant pu être mis en évidence sont les biais d'ancrage, de *statu quo* et de cadrage. Dans la majeure partie des scénarios incluant de tels biais, ceux-ci ont "fonctionné", c'est-à-dire que les distinctions entre le groupe obtenant le scénario "biaisé" et le groupe obtenant le scénario "classique" sont notables. En particulier, l'influence de ces biais est mise en exergue dans un cadre de provisionnement, justifiant la pertinence d'études sur le sujet afin de développer la connaissance en la matière dans le secteur actuariel.

Pour ce qui est de la volatilité, les différences mises en avant, tant entre individus que pour une même personne, soulignent la nécessité de prendre en compte ce facteur humain dès lors que celui-ci est en mesure d'intervenir. En effet, pour un même scénario (c'est à dire une présentation et des données identiques), les résultats obtenus quant aux estimations des montants de provisions nécessaires sont particulièrement notables. Il s'agit là d'une source d'erreur difficilement quantifiable mais devant impérativement être prise en compte, en raison des incertitudes y étant associées.

- **Perspectives et applications en entreprise**

Plusieurs enseignements peuvent être tirés suite à ces travaux, aussi bien en terme de solutions pour intégrer ce facteur humain en matière de provisionnement que d'ouvertures et de perspectives permettant de prolonger les travaux réalisés.

Là encore, l'intégration de ce facteur humain a lieu à deux niveaux : enjeux et conséquences des problématiques liées aux biais cognitifs d'une part, aperçu des solutions permettant de prendre en considération les sources de volatilité propres à toute décision humaine d'autre part.

Ainsi, pour ce qui est de biais cognitifs, le premier élément permettant de s'en prémunir tient à la compréhension de ceux-ci, c'est-à-dire à la réalisation de leur prégnance et de leur matérialité. En

effet, l'essentiel des mises en situations établies aux fins de tester l'influence d'un biais spécifique ont fonctionné de la manière attendue, soulignant la force dont ceux-ci disposent. Dès lors il convient, afin d'en limiter la portée, de bien comprendre la manière dont ceux-ci peuvent trouver à s'appliquer, et saisir ces éléments afin de sensibiliser les publics susceptibles d'être en proie à ces biais.

Pour ce qui est de la volatilité d'autre part, il n'est matériellement pas possible de s'en séparer, s'agissant d'un trait de caractère éminemment humain. Cependant, il semble au contraire possible de tirer ces variations à profit lors de décisions incertaines en agrégeant les jugements d'experts afin d'obtenir une distribution probable de la quantité étudiée. Ainsi, les décisions devant ensuite être actées pourront l'être à l'aune d'informations et de renseignements plus importants, permettant donc d'obtenir un avis plus éclairé.

Finalement, ce que ces éléments permettent de conclure tient essentiellement au prolongement pouvant être fait de ce mémoire, c'est-à-dire à l'implémentation concrète, pour une compagnie d'assurance-vie, d'une cartographie des biais cognitifs et des sources de volatilité au sein de son processus de provisionnement, accompagnée d'une mesure de l'influence de ceux-ci dans la prise de décision, notamment vis-à-vis des montants de provisions retenus. Ces travaux permettront, dans un second temps, d'analyser l'effet d'un travail de pédagogie visant à amener à une prise de conscience du sujet.

Table des figures

1	Jugement d'expert et provisionnement en assurance non-vie	VI
2	Illustration : biais et variance	VI
3	Expert judgment and reserving in P&C insurance	XII
4	Illustration : bias and volatility	XII
5	Décomposition de l'erreur en biais et en variance	3
1.1	Origine de l'erreur de jugement associée aux biais cognitifs	6
1.2	Illusion de Müller-Lyer	8
1.3	Illustration des différences en matière de don d'organe selon la méthode de consentement retenue	12
2.1	Illustration : biais et variance	14
3.1	Principaux éléments composant la provision pour sinistres à payer	21
3.2	Triangle de développement, ou triangles <i>run-off</i>	22
4.1	Outil développé sous VBA pour Excel afin d'estimer les montants de provision	37
4.2	Évolution des facteurs de développement pour chacune des années	40
4.3	Évolution des ratio de charges combinées pour chacune des années (cas pratique C1)	42
4.4	Évolution des résidus $r_{i,j}$ en fonction de $C_{i,j}$ pour j allant de 1 à 6 (cas pratique C1)	42
4.5	Variantes du scénario proposé	44
5.1	Accueil du site internet support de l'étude	50
5.2	Lecteur graphique développé pour le site internet	51
5.3	Aspect des courbes selon les versions du scénario	52
5.4	Origine des curseurs selon les versions proposées	52
6.1	Répartition de la population de répondants à l'étude en fonction de leur expérience	58
6.2	Connaissance et application des méthodes de provisionnement des répondants à l'étude	59
7.1	<i>Boxplot</i> des provisions évaluées en fonction de l'ancre obtenue	61
7.2	Densités empiriques selon l'ancre reçue	62
7.3	QQ-plot associés aux distributions de réponse	63
7.4	Distributions empiriques et lissées des estimations effectuées pour le scénario Q5	64
7.5	Répartition des répondants en fonction de leur estimation de quantité la plus importante	68
7.6	Projections effectuées à la suite d'un écart à une tendance	72
7.7	Projection à un an selon le cas obtenu	74
7.8	Projection à cinq ans selon le cas obtenu	74

8.1	Montant de provision retenus pour le cas C1	76
8.2	Différence relative entre les montants de provisions obtenus à partir de données identiques	76
8.3	Élicitation à partir des distributions d'experts pour le cas 1	77
8.4	Distribution commune obtenue par la méthode de Sheffield	78
B.1	Évolution des ratio de charges combinées pour chacune des années (cas pratique C2)	VI
B.2	Évolution des résidus $r_{i,j}$ en fonction de $C_{i,j}$ pour j allant de 1 à 4 (cas pratique C2)	VII
B.3	Évolution des ratio de charges combinées pour chacune des années (cas pratique C3)	X
B.4	Évolution des résidus $r_{i,j}$ en fonction de $C_{i,j}$ pour j allant de 1 à 4 (cas pratique C3)	X
B.5	Évolution des ratio de charges combinées pour chacune des années (cas pratique C4)	XIII
B.6	Évolution des résidus $r_{i,j}$ en fonction de $C_{i,j}$ pour j allant de 1 à 4 (cas pratique C4)	XIII
C.1	Temps de réponse au questionnaire	XV
C.2	Temps moyen de réponse selon l'ordre des cas	XVI
C.3	Connaissance des méthodes de provisionnement, avec et sans expérience	XVII
C.4	Usage des méthodes de provisionnement, avec et sans expérience	XVII

Liste des tableaux

3.1 Triangle de développements incrémentaux	23
3.2 Triangle de développements agrégés	23
3.3 Calcul du montant de réserves	25
4.1 Coefficients de développement (C1)	40
4.2 Comparaison des facteurs de développement à la médiane de chaque colonne	41
4.3 Table de coefficients pour la mesure des effets calendaires	41
4.4 Sélection de coefficient présentée comme réalisée par l'actuaire fictif	45
4.5 Données d'historique fournies aux participants	46
4.6 Coefficients de développement avec indicateurs visuels proposés pour le cas C4	47
5.1 Énoncé du problème de traitement d'une pandémie	55
7.1 Distribution des montants de provisions calculés selon l'ancre	61
7.2 Distribution des estimations du ratio MRH en 2020 selon l'ancre	62
7.3 Tests de Shapiro-Wilk appliqués aux distributions de réponses	63
7.4 Estimation des paramètres pour le calcul des lois lissées	63
7.5 Attitude face au <i>tail factor</i> proposé	64
7.6 Revue de la sélection de l'actuaire (A°) et première sélection autonome (B1°)	66
7.7 Détails relatifs aux choix de coefficients des répondants	66
7.8 Méthode retenue pour le choix du montant de provision final	67
7.9 Résultat de la sélection de coefficient effectuée selon le cas obtenu	69
7.10 Choix de traitement effectué par les répondants selon le cadrage proposé	69
7.11 Choix de traitement effectué par les répondants selon le cadrage proposé (A. Tversky et D. Kahneman)	69
7.12 Première sélection autonome (B1°) puis revue de la sélection de l'actuaire (B2°)	70
7.13 Niveau de confiance des répondants dans le choix effectué	71
7.14 Niveau de confiance retenu selon le choix effectué	73
A.1 Détail des cas pratiques relatifs aux biais cognitifs	I
A.2 Détail des questions relatives aux biais cognitifs	I
A.3 Détail des cas pratiques relatifs à l'étude de la volatilité	II
B.1 Cas pratique 1 - Triangle de charges (en milliers d'euros)	IV
B.2 Cas pratique 1 - Triangle de coefficients	IV
B.3 Cas pratique 2 - Triangle de charges (en milliers d'euros)	V
B.4 Cas pratique 2 - Triangle de coefficients (avec sélection de l'actuaire fictif)	V

B.5 Comparaison des facteurs de développement à la médiane de chaque colonne (cas pratique C2)	VI
B.6 Table de coefficients pour la mesure des effets calendaires (cas pratique C2)	VI
B.7 Cas pratique 3 - Triangle de charges (en milliers d'euros)	VIII
B.8 Cas pratique 3 - Triangle de coefficients	VIII
B.9 Comparaison des facteurs de développement à la médiane de chaque colonne (cas pratique C3)	IX
B.10 Table de coefficients pour la mesure des effets calendaires (cas pratique C3)	IX
B.11 Cas pratique 4 - Triangle de charges (en milliers d'euros)	XI
B.12 Cas pratique 4 - Triangle de coefficients	XI
B.13 Comparaison des facteurs de développement à la médiane de chaque colonne (cas pratique C4)	XII
B.14 Table de coefficients pour la mesure des effets calendaires (cas pratique C4)	XII
B.15 Cas pratique 5 - Triangle de charges (en milliers d'euros)	XIV
B.16 Cas pratique 5 - Triangle de coefficients	XIV
C.1 Statistiques relatives au temps de réponse pour les cas pratiques	XVI

Bibliographie

Littérature

- KAHNEMAN, Daniel (2011). *Thinking, Fast and Slow*. Farrar, Straus et Giroux.
- KAHNEMAN, Daniel, Olivier SIBONY et Cass R. SUNSTEIN (2021). *Noise : A flaw in Human Judgment*. Little, Brown Spark.
- O'HAGAN, Anthony et al. (2006). *Uncertain judgements : Eliciting expert probabilities*. Wiley.
- SIBONY, Olivier (2019). *Vous allez commettre une terrible erreur ! Combattre les biais cognitifs pour prendre de meilleures décisions*. Flammarion.

Mémoires et thèses

- CARNOT, Simon (2018). "Actuary-in-the-box" : Modélisation et inclusion du jugement d'expert dans le risque de réserve à 1 an". Mémoire d'actuariat. Université Paris Dauphine-PSL.
- MICHAUD, Clémence (2012). "La mesure du risque de provisionnement à horizon un an en assurance non-vie - Prise en compte du jugement d'expert et de données exogènes". Mémoire d'actuariat. ISFA.
- MOUMINOUX, Claire (2018). "Biais comportementaux et stratégies des acteurs du marché de l'assurance". Récompensée par le prix de thèse 2019 SCOR. Thèse de doctorat. Université Claude Bernard Lyon 1.
- PHAN NGOC, Hung (2015). "Provisionnement stochastique adapté aux spécialités de la réassurance non-vie". Mémoire d'actuariat. ISFA.
- ROBERT, Simon (2016). "Best Estimate(s) : qui se réservera la meilleure estimation?" Mémoire d'actuariat. ENSAE.

Articles de recherche

- ANDERSON, James M., Jeffrey R. KLING et Kate STITH (1999). "Measuring Interjudge Sentencing Disparity : Before and After the Federal Sentencing Guidelines". *The Journal of Law and Economics* 42, p. 271-308.
- BESSIÈRE, Véronique (2007). "Excès de confiance des dirigeants et décisions financières : une synthèse". *Revue Finance Contrôle Stratégie* vol. 10, p. 39-66.
- BLAIN, Bastien, Guillaume HOLLARD et Mathias PESSIGLIONE (2016). "Neural mechanisms underlying the impact of daylong cognitive work on economic decisions". *PNAS* vol. 113, p. 6967-6972.

- BOOR, Joseph (2006). "Estimating Tail Development Factors : What to do When the Triangle Runs Out", p. 46.
- BORNHUEFTER, Ron L. et Ron E. FERGUSON (1972). "The actuary and IBNR". *Proceedings of the Casualty Actuarial Society* 59, p. 181-195.
- DAMON LEVINE (2015). "ERM at the Speed of Thought : Mitigation of Cognitive Bias in Risk Assessment". 2015 Enterprise Risk Management Symposium. National Harbor, Maryland.
- ENGLICH, Birte, Thomas MUSSWEILER et Fritz STRACK (2006). "Playing Dice With Criminal Sentences : The Influence of Irrelevant Anchors on Experts' Judicial Decision Making". *Personality and social psychology bulletin* vol. 32, p. 188-200.
- EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (2014). "Guidance on expert knowledge elicitation in food and feed safety risk assessment". *ESFA Journal* 12.6.
- FULCHER, Graham et Matthew EDWARDS (2013). *Sound ERM Captures Stakeholders Biases - Why Behavioral Risk Matters*. Tower Watson.
- GRIMSTAD, Stein et Magne JØRGENSEN (2007). "Inconsistency of expert judgment-based estimates of software development effort | Journal of Systems and Software". *Journal of Systems and Software* 80, p. 1170-1777.
- JOHNSON, Eric J. et Daniel GOLDSTEIN (2003). "Do Defaults Save Lives?" *Science* vol. 302, p. 1338-1339.
- LEVIN, Irwin et Gary GAETH (1988). "How Consumers Are Affected by the Framing of Attribute Information Before and After Consuming the Product". *Journal of consumer research* vol. 15, p. 374-378.
- MACGREGOR, Bryan Duncan et al. (1996). "An analysis of valuation variation in the UK commercial property market : Hager and Lord revisited". *Journal of Property Valuation and Investment* 14, p. 34-47.
- MACK, Thomas (1993). "Measuring the variability of Chain Ladder Reserve Estimates". CAS Prize Paper Competition.
- MILGRAM, Stanley (1963). "Behavioral Study of obedience". *The Journal of Abnormal and Social Psychology* 67.4, p. 371-378.
- O'HAGAN, Anthony (2019). "Expert knowledge elicitation : subjective but scientific". *The American Statistician* 73, p. 69-81. DOI : [10.1080/00031305.2018.1518265](https://doi.org/10.1080/00031305.2018.1518265).
- SAMUELSON, William et Richard ZECKHAUSER (1988). "Status Quo Bias in Decision Making". *Journal of Risk and Uncertainty*, p. 7-59.
- TVERSKY, Amos et Daniel KAHNEMAN (1974). "Judgment under Uncertainty : Heuristics and Biases". *Science* vol. 185, p. 1124-1131.
- VINCKIER, Fabien et al. (2018). "Neuro-computational account of how mood fluctuations arise and affect decision making". *Nature communications*.

Autres références

- ASTIN (2016). *Non-Life Reserving practices*. Section assurance non vie de l'AAI.
- FRANCE ASSUREURS (2021). *L'assurance française - Données clés 2020*.
- L'assurance habitation en 2020* (2021). France Assureurs.
- MEURANT, Sébastien et Rémi CARDON (2021). *Rapport d'information fait au nom de la délégation aux entreprises relatif à la cybersécurité des entreprises*. Sénat.
- Sounding the alarm on system noise* (2021). Avec la coll. de Daniel KAHNEMAN et Olivier SIBONY.

Annexes

Table des annexes

A Synthèse des cas par sujets étudiés	I
B Détail des cas pratiques proposés	III
B.1 Cas pratique 1 (C1)	III
B.1.1 Présentation des données	IV
B.1.2 Vérification des hypothèses	IV
B.2 Cas pratique 2 (C2)	V
B.2.1 Présentation des données	V
B.2.2 Vérification des hypothèses	V
B.3 Cas pratique 3 (C3)	VIII
B.3.1 Présentation des données	VIII
B.3.2 Vérification des hypothèses	VIII
B.4 Cas pratique 4 (C4)	XI
B.4.1 Présentation des données	XI
B.4.2 Vérification des hypothèses	XI
B.5 Cas pratique 5 (C5)	XIV
B.5.1 Présentation des données	XIV
B.5.2 Vérification des hypothèses	XIV
C Détails relatifs aux réponses soumises	XV

Annexe A

Synthèse des cas par sujets étudiés

Afin d'améliorer la lisibilité des différents scénarios proposés, un aperçu de l'ensemble des cas et de leur ambition sous jacente est proposé ici.

Pour ce qui est des biais cognitifs :

Biais	Ancrage	Cadrage	<i>Statu quo</i>	Disponibilité	Autre
C1			X		
C2			X		Confirmation
C3	X				
C4		X			
C5			X		

TABLE A.1 – Détail des cas pratiques relatifs aux biais cognitifs

Biais	Ancrage	Cadrage	<i>Statu quo</i>	Disponibilité	Autre
Q1	X	X			
Q2				X	
Q3					Retour à la moyenne
Q4					Erreur du joueur
Q5	X				
Q6		X			

TABLE A.2 – Détail des questions relatives aux biais cognitifs

Pour ce qui est de l'étude de la variance, les éléments observés sont uniquement issus du cas pratique :

Volatilité	Entre individus	Pour un même individu
C1	X	
C2		
C3		
C4		
C5		X

TABLE A.3 – Détail des cas pratiques relatifs à l'étude de la volatilité

Annexe B

Détail des cas pratiques proposés

Le détail des jeux de données utilisés pour les différents cas soumis à l'étude et l'analyse des répondants est spécifié ici. Les charges sont indiquées en milliers d'euros afin de permettre une meilleure lecture. Pour chacun des cas, les données brutes sont explicitées dans un premier paragraphe, puis les hypothèses nécessaires à l'application des différentes méthodes utilisées par les répondants sont vérifiées dans un second temps.

B.1 Cas pratique 1 (C1)

B.1.1 Présentation des données

Charge	Dev 1	Dev 2	Dev 3	Dev 4	Dev 5	Dev 6	Dev 7	Dev 8	Dev 9	Dev 10	Dev 11	Dev 12	Dev 13
2002	28 383	94 455	143 971	164 370	179 077	185 954	184 696	181 954	190 512	203 042	197 876	196 358	199 139
2003	25 885	100 689	143 879	155 036	159 805	172 661	183 149	186 121	185 390	191 882	188 902	194 627	
2004	27 381	60 857	99 078	106 349	115 808	125 263	124 706	122 646	128 847	137 659	145 698		
2005	33 364	110 327	135 912	151 981	175 382	187 839	188 936	197 413	201 360	196 003			
2006	21 399	87 861	165 870	181 690	185 189	188 996	192 559	202 158	202 748				
2007	34 905	95 509	126 527	141 800	143 767	148 666	166 327	173 514					
2008	24 690	74 915	105 391	116 996	126 637	132 810	135 106						
2009	33 381	67 104	77 205	86 962	92 436	93 717							
2010	31 536	56 928	78 156	87 156	94 085								
2011	26 955	68 843	115 524	121 576									
2012	44 797	89 442	106 783										
2013	29 930	65 342											
2014	28 511												

TABLE B.1 – Cas pratique 1 - Triangle de charges (en milliers d'euros)

Coeff	Dev 1-2	Dev 2-3	Dev 3-4	Dev 4-5	Dev 5-6	Dev 6-7	Dev 7-8	Dev 8-9	Dev 9-10	Dev 10-11	Dev 11-12	Dev 12-13
2002	3,33	1,52	1,14	1,09	1,04	0,99	0,99	1,05	1,07	0,97	0,99	1,01
2003	3,89	1,43	1,08	1,03	1,08	1,06	1,02	1,00	1,04	0,98	1,03	
2004	2,22	1,63	1,07	1,09	1,08	1,00	0,98	1,05	1,07	1,06		
2005	3,31	1,23	1,12	1,15	1,07	1,01	1,04	1,02	0,97			
2006	4,11	1,89	1,10	1,02	1,02	1,02	1,05	1,00				
2007	2,74	1,32	1,12	1,01	1,03	1,12	1,04					
2008	3,03	1,41	1,11	1,08	1,05	1,02						
2009	2,01	1,15	1,13	1,06	1,01							
2010	1,81	1,37	1,12	1,07								
2011	2,55	1,68	1,05									
2012	2,00	1,19										
2013	2,18											

TABLE B.2 – Cas pratique 1 - Triangle de coefficients

B.1.2 Vérification des hypothèses

Les hypothèses relatives au cas 1 sont vérifiées dans le corps du mémoire (§4.2.1).

B.2 Cas pratique 2 (C2)

B.2.1 Présentation des données

Charges	Dev 1	Dev 2	Dev 3	Dev 4	Dev 5	Dev 6	Dev 7	Dev 8
2009	16 054	24 867	50 221	54 141	58 210	60 812	62 134	62 439
2010	17 608	41 106	132 716	129 636	145 408	146 145	155 563	
2011	12 307	31 006	78 719	90 023	124 361	126 394		
2012	13 374	60 994	80 800	86 590	96 716			
2013	17 082	26 741	47 033	57 427				
2014	17 957	61 947	96 714					
2015	27 983	56 458						
2016	12 015							

TABLE B.3 – Cas pratique 2 - Triangle de charges (en milliers d'euros)

Coeff	Dev 1-2	Dev 2-3	Dev 3-4	Dev 4-5	Dev 5-6	Dev 6-7	Dev 7-8
2009	1,55	2,02	1,08	1,08	1,04	1,02	1,00
2010	2,33	3,23	0,98	1,12	1,01	1,06	
2011	2,52	2,54	1,14	1,38	1,02		
2012	4,56	1,32	1,07	1,12			
2013	1,57	1,76	1,22				
2014	3,45	1,56					
2015	2,02						

TABLE B.4 – Cas pratique 2 - Triangle de coefficients (avec sélection de l'actuaire fictif)

B.2.2 Vérification des hypothèses

Hypothèse H1

Comparer chacun des coefficients de développement du cas C2 à la médiane de sa colonne permet d'obtenir le triangle suivant :

En comptant ensuite le nombre d'occurrences des ensembles S et L pour chaque diagonale, il est possible de dresser le tableau suivant :

Coeff	Dev 1-2	Dev 2-3	Dev 3-4	Dev 4-5	Dev 5-6	Dev 6-7	Dev 7-8
2009	S	L	*	S	L	S	*
2010	*	L	S	L	S	L	
2011	L	L	L	L	*		
2012	L	S	S	S			
2013	S	S	L				
2014	L	S					
2015	S						

TABLE B.5 – Comparaison des facteurs de développement à la médiane de chaque colonne (cas pratique C2)

j	L_j	S_j	Z_j	n_j	$E(Z_j)$	$V(Z_j)$
2	0	1	0	1	0,00	0,00
3	0	2	0	2	0,50	0,25
4	2	2	2	4	1,25	0,44
5	2	3	2	5	1,56	0,37
6	4	2	2	6	2,06	0,62
7	3	2	2	5	1,56	0,37

TABLE B.6 – Table de coefficients pour la mesure des effets calendaires (cas pratique C2)

Par application des formules explicitées ci-avant (3.2.4), $E(Z) = 6,94$ et $V(Z) = 2,05$.

L'intervalle de confiance ainsi formé est donc : $IC = [4,13; 9,74]$.

Comme par ailleurs $Z = 8$, l'hypothèse H1 est bien vérifiée.

Hypothèse H2

Pour ce qui est de la vérification de l'hypothèse H2, il convient de tracer les couples $(C_{i,j}, C_{i,j+1})$, devant être alignés sur une droite passant par l'origine.

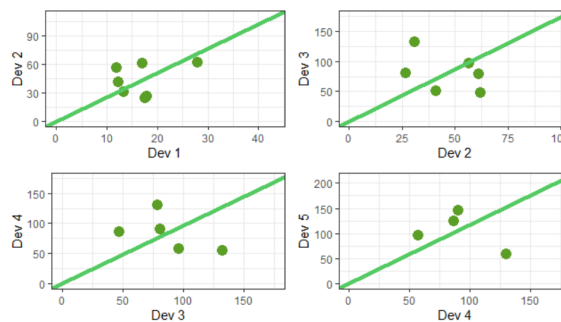


FIGURE B.1 – Évolution des ratio de charges combinées pour chacune des années (cas pratique C2)

Au vu de l'alignement relativement correct des couples, l'hypothèse H2 peut être considérée raisonnablement confirmée.

Hypothèse H3

Pour ce qui est de l'hypothèse H3, ce sont les graphiques de résidus $r_{i,j} = \frac{C_{i,j+1} - \lambda_j C_{i,j}}{\sqrt{C_{i,j}}}$ en fonction des $C_{i,j}$ qui doivent être analysés. Pour j allant de 1 à 4, les tracés sont les suivants :

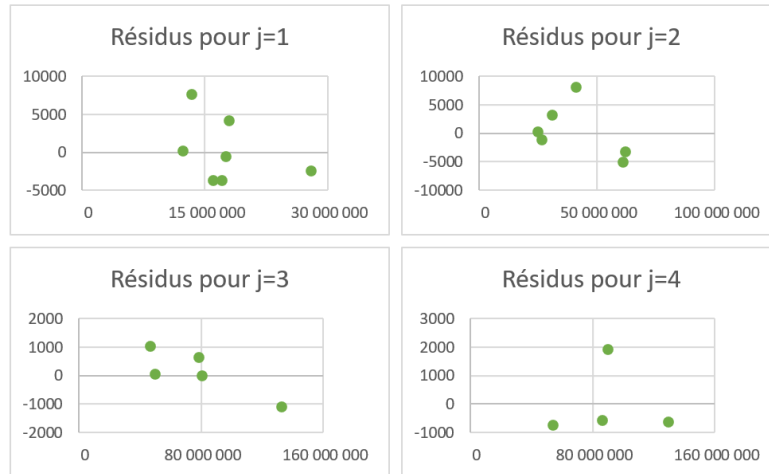


FIGURE B.2 – Évolution des résidus $r_{i,j}$ en fonction de $C_{i,j}$ pour j allant de 1 à 4 (cas pratique C2)

Les résidus ne semblent pas suivre de tendance manifeste. Cela permet donc de conclure à leur aléa et donc à l'hypothèse H3.

Conclusion : Les hypothèses précédentes étant vérifiées, il est bien raisonnable de procéder à l'application de la méthode de Chain-Ladder de la part des répondants.

B.3 Cas pratique 3 (C3)

B.3.1 Présentation des données

Charges	Dev 1	Dev 2	Dev 3	Dev 4	Dev 5	Dev 6	Dev 7	Dev 8
2004	5 198	15 723	31 753	35 932	40 429	41 023	42 858	43 146
2005	6 541	15 080	24 711	23 131	27 403	28 062	28 439	
2006	4 040	12 501	31 739	40 841	45 590	48 979		
2007	5 444	23 653	31 334	35 146	37 463			
2008	6 593	17 993	31 647	34 527				
2009	5 449	16 972	26 497					
2010	6 149	14 435						
2011	4 978							

TABLE B.7 – Cas pratique 3 - Triangle de charges (en milliers d'euros)

Coeff	Dev 1-2	Dev 2-3	Dev 3-4	Dev 4-5	Dev 5-6	Dev 6-7	Dev 7-8
2004	3,02	2,02	1,13	1,13	1,01	1,04	1,01
2005	2,31	1,64	0,94	1,18	1,02	1,01	
2006	3,09	2,54	1,29	1,12	1,07		
2007	4,34	1,32	1,12	1,07			
2008	2,73	1,76	1,09				
2009	3,11	1,56					
2010	2,35						

TABLE B.8 – Cas pratique 3 - Triangle de coefficients

B.3.2 Vérification des hypothèses

Hypothèses H1

Comparer chacun des coefficients de développement du cas C3 à la médiane de sa colonne permet d'obtenir le triangle suivant :

En comptant ensuite le nombre d'occurrences des ensembles S et L pour chaque diagonale, il est possible de dresser le tableau suivant :

Coeff	Dev 1-2	Dev 2-3	Dev 3-4	Dev 4-5	Dev 5-6	Dev 6-7	Dev 7-8
2009	*	L	L	L	S	L	*
2010	S	S	S	L	*	S	
2011	L	L	L	S	L		
2012	L	S	*	S			
2013	S	L	S				
2014	L	S					
2015	S						

TABLE B.9 – Comparaison des facteurs de développement à la médiane de chaque colonne (cas pratique C3)

j	L_j	S_j	Z_j	n_j	$E(Z_j)$	$V(Z_j)$
2	1	1	1	2	0,50	0,25
3	1	2	1	3	0,75	0,19
4	1	3	1	4	1,25	0,44
5	3	2	2	5	1,56	0,37
6	1	3	1	4	1,25	0,44
7	5	1	1	6	2,06	0,62

TABLE B.10 – Table de coefficients pour la mesure des effets calendaires (cas pratique C3)

Par application des formules explicitées ci-avant (3.2.4), $E(Z) = 7,38$ et $V(Z) = 2,30$.

L'intervalle de confiance ainsi formé est donc : $IC = [4,40; 10,35]$.

Comme par ailleurs $Z = 7$, l'hypothèse H1 est bien vérifiée.

Hypothèses H2

Pour ce qui est de la vérification de l'hypothèse H2, il convient de tracer les couples $(C_{i,j}, C_{i,j+1})$, devant être alignés sur une droite passant par l'origine.

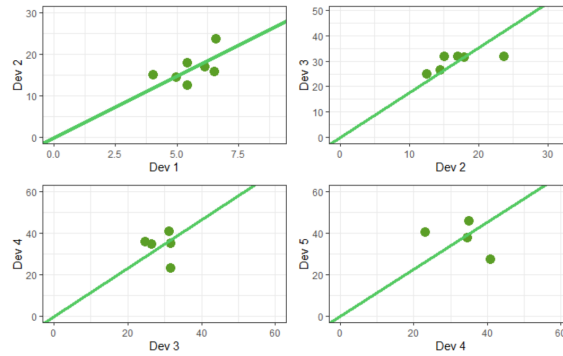


FIGURE B.3 – Évolution des ratio de charges combinées pour chacune des années (cas pratique C3)

Les couples sont particulièrement bien alignés, permettant de conclure à la vérification de l'hypothèse H2.

Hypothèse H3

Pour ce qui est de l'hypothèse H3, ce sont les graphiques de résidus $r_{i,j} = \frac{C_{i,j+1} - \hat{\lambda}_j C_{i,j}}{\sqrt{C_{i,j}}}$ en fonction des $C_{i,j}$ qui doivent être analysés. Pour j allant de 1 à 4, les tracés sont les suivants :

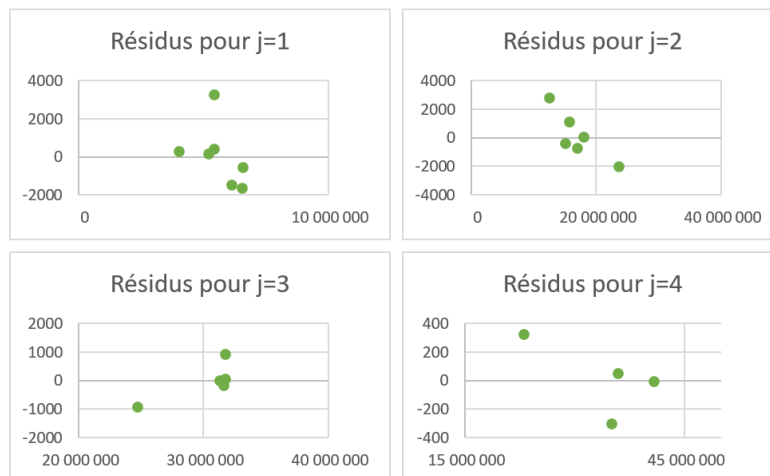


FIGURE B.4 – Évolution des résidus $r_{i,j}$ en fonction de $C_{i,j}$ pour j allant de 1 à 4 (cas pratique C3)

La dispersion des résidus semble aléatoire, permettant de conclure à la vérification de l'hypothèse H3.

Conclusion : Les hypothèses précédentes étant vérifiées, il est bien raisonnable de procéder à l'application de la méthode de Chain-Ladder de la part des répondants.

B.4 Cas pratique 4 (C4)

B.4.1 Présentation des données

Charges	Dev 1	Dev 2	Dev 3	Dev 4	Dev 5	Dev 6	Dev 7	Dev 8
2009	28 125	112 272	163 864	180 512	195 254	198 123	201 043	202 394
2010	23 170	103 097	163 586	173 084	198 400	201 985	206 721	
2011	22 194	94 556	148 344	161 960	173 611	182 873		
2012	25 599	100 715	154 961	189 983	215 761			
2013	22 478	53 922	73 260	86 569				
2014	36 628	103 569	137 603					
2015	28 820	66 730						
2016	33 810							

TABLE B.11 – Cas pratique 4 - Triangle de charges (en milliers d'euros)

Coeff	Dev 1-2	Dev 2-3	Dev 3-4	Dev 4-5	Dev 5-6	Dev 6-7	Dev 7-8
2009	3,99	1,46	1,10	1,08	1,01	1,01	1,01
2010	4,45	1,59	1,06	1,15	1,02	1,02	
2011	4,26	1,57	1,09	1,07	1,05		
2012	3,93	1,54	1,23	1,14			
2013	2,40	1,36	1,18				
2014	2,83	1,33					
2015	2,32						

TABLE B.12 – Cas pratique 4 - Triangle de coefficients

B.4.2 Vérification des hypothèses

Hypothèses H1

Comparer chacun des coefficients de développement du cas C4 à la médiane de sa colonne permet d'obtenir le triangle suivant :

En comptant ensuite le nombre d'occurrences des ensembles S et L pour chaque diagonale, il est possible de dresser le tableau suivant :

Coeff	Dev 1-2	Dev 2-3	Dev 3-4	Dev 4-5	Dev 5-6	Dev 6-7	Dev 7-8
2009	L	S	*	S	S	S	*
2010	L	L	S	L	*	L	
2011	L	L	S	S	L		
2012	*	L	L	L			
2013	S	S	L				
2014	S	S					
2015	S						

TABLE B.13 – Comparaison des facteurs de développement à la médiane de chaque colonne (cas pratique C4)

j	L_j	S_j	Z_j	n_j	$E(Z_j)$	$V(Z_j)$
2	1	1	1	2	0,50	0,25
3	0	2	0	2	0,50	0,25
4	2	1	1	3	0,75	0,19
5	3	2	2	5	1,56	0,37
6	4	1	1	5	1,56	0,37
7	2	4	2	6	2,06	0,62

TABLE B.14 – Table de coefficients pour la mesure des effets calendaires (cas pratique C4)

Par application des formules explicitées ci-avant (3.2.4), $E(Z) = 6,94$ et $V(Z) = 2,05$.

L'intervalle de confiance ainsi formé est donc : $IC = [4,13; 9,74]$.

Comme par ailleurs $Z = 7$, l'hypothèse H1 est bien vérifiée.

Hypothèses H2

Pour ce qui est de la vérification de l'hypothèse H2, il convient de tracer les couples $(C_{i,j}, C_{i,j+1})$, devant être alignés sur une droite passant par l'origine.

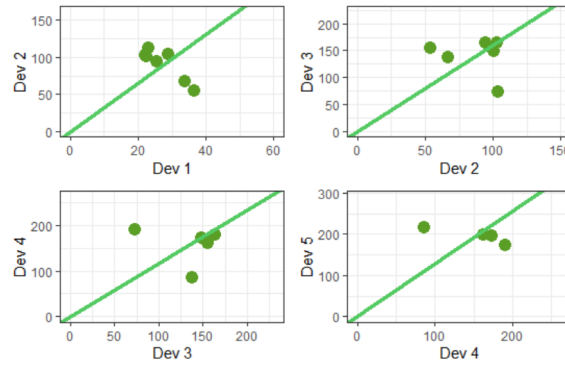


FIGURE B.5 – Évolution des ratio de charges combinées pour chacune des années (cas pratique C4)

Les tracés étant relativement homogènes, l'hypothèse H2 peut raisonnablement être considérée vérifiée.

Hypothèse H3

Pour ce qui est de l'hypothèse H3, ce sont les graphiques de résidus $r_{i,j} = \frac{C_{i,j+1} - \hat{\lambda}_j C_{i,j}}{\sqrt{C_{i,j}}}$ en fonction des $C_{i,j}$ qui doivent être analysés. Pour j allant de de 1 à 4, les tracés sont les suivants :

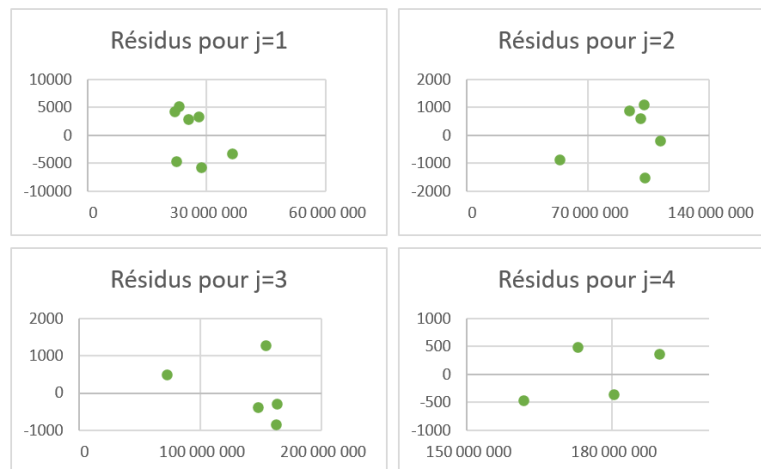


FIGURE B.6 – Évolution des résidus $r_{i,j}$ en fonction de $C_{i,j}$ pour j allant de 1 à 4 (cas pratique C4)

Les résidus ne semblent pas suivre de tendance manifeste, ce qui permet de conclure à leur aléa et à la vérification de l'hypothèse H3.

Conclusion : Les hypothèses précédentes étant vérifiées, il est bien raisonnable de procéder à l'application de la méthode de Chain-Ladder de la part des répondants.

B.5 Cas pratique 5 (C5)

B.5.1 Présentation des données

Charges	Dev 1	Dev 2	Dev 3	Dev 4	Dev 5	Dev 6	Dev 7	Dev 8
2009	3 112	9 415	19 014	21 516	24 209	24 564	25 663	25 836
2010	3 917	9 030	14 797	13 851	16 409	16 804	17 030	
2011	2 419	7 486	19 005	24 456	27 299			
2012	3 260	14 164	18 763	21 045	22 433			
2013	3 948	10 774	18 950	20 675				
2014	3 263	10 163	15 866					
2015	3 682	8 644						
2016	2 981							

TABLE B.15 – Cas pratique 5 - Triangle de charges (en milliers d'euros)

Coeff	Dev 1-2	Dev 2-3	Dev 3-4	Dev 4-5	Dev 5-6	Dev 6-7	Dev 7-8
2009	2,99	2,02	1,13	1,13	1,01	1,04	1,01
2010	2,31	1,64	0,94	1,18	1,02	1,01	
2011	3,09	2,54	1,29	1,12	1,07		
2012	4,34	1,32	1,12	1,07			
2013	2,73	1,76	1,09				
2014	3,11	1,56					
2015	2,35						

TABLE B.16 – Cas pratique 5 - Triangle de coefficients

B.5.2 Vérification des hypothèses

Les cas 3 et 5 ayant été construits à partir de données identiques, il convient de se référer au paragraphe développé pour le cas 3 (B.3.2) afin s'assurer de la vérification des hypothèses du cas 5.

Annexe C

Détails relatifs aux réponses soumises

Quelques éléments et statistiques relatifs aux réponses soumises peuvent être précisés ici.

- **Temps de réponses - Questionnaire**

Les temps de réponse du questionnaire sont légèrement supérieurs aux estimations données en amont du questionnaires (5 minutes), la réalité se situant plus généralement entre 5 et 10 minutes.

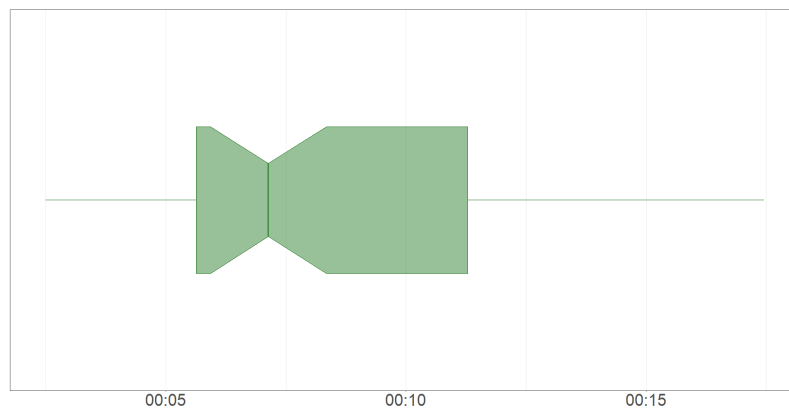


FIGURE C.1 – Temps de réponse au questionnaire

- **Temps de réponses - Cas pratique**

Pour ce qui est du cas pratique, quelques données relatives aux temps de réponse pour chacun des cas peuvent être présentées :

Pour ce qui est du cas pratique les estimations de temps projetées sont bien respectées, puisque celui-ci était annoncé à 30 minutes environ.

Cas pratique	Temps de réponse moyen	Temps de réponse médian
Cas 1	11,9	8,5
Cas 2	5,1	4
Cas 3	4,4	3
Cas 4	3,2	3
Cas 5	6,2	5
Total	30,4	28

TABLE C.1 – Statistiques relatives au temps de réponse pour les cas pratiques

Par ailleurs, il est intéressant d'observer le temps moyen passé sur le cas considéré en fonction de son ordre d'arrivée (l'ordre des cas étant aléatoire).

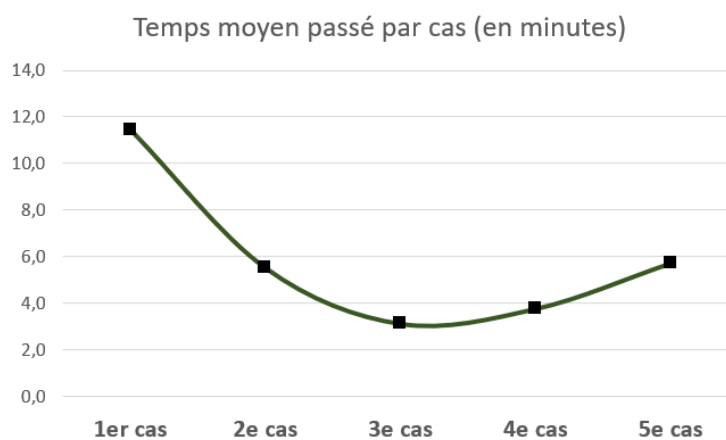


FIGURE C.2 – Temps moyen de réponse selon l'ordre des cas

La hausse des temps de réponse observée pour le dernier cas tient vraisemblablement à la nature de celui-ci, nécessitant l'utilisation de la méthode de Bornhuetter-Ferguson, et donc un temps d'adaptation de la part des répondants.

- **Connaissance et application des méthodes**

Enfin, il est possible de noter quelques éléments relatifs aux connaissances et usages en matière de provisionnement en fonction de l'expérience en la matière.

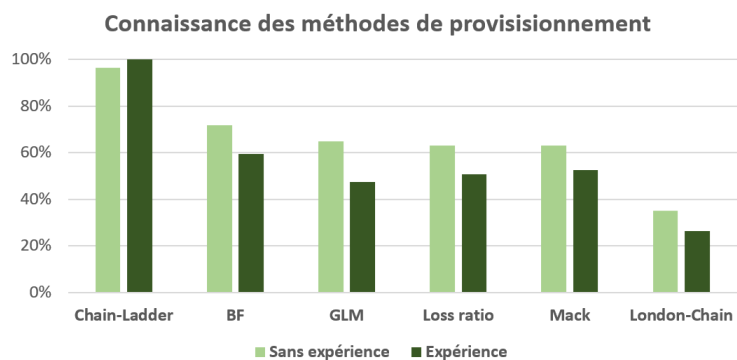


FIGURE C.3 – Connaissance des méthodes de provisionnement, avec et sans expérience

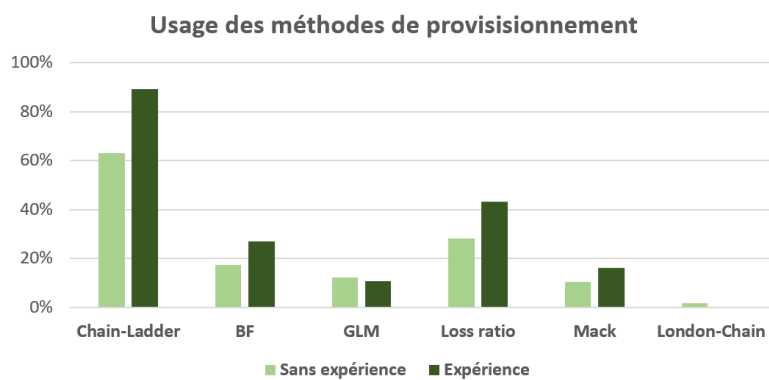


FIGURE C.4 – Usage des méthodes de provisionnement, avec et sans expérience