



Mémoire présenté devant le jury de l'EURIA en vue de l'obtention du
Diplôme d'Actuaire EURIA
et de l'admission à l'Institut des Actuaire

le 07 Septembre 2022

Par : BAHBOUHI Hajar

Titre : Étude sur l'élaboration d'une nouvelle offre d'assurance pour les affiliés ayant choisi une sortie en capital à l'issue de leur contrat retraite (PER), qui sera adaptée à leurs besoins de personnes seniors et leur permettra de bien vieillir.

Confidentialité : Oui (Durée : 2 ans)

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

*Membre présent du jury de l'Institut
des Actuaire :*

ABGRALL Dominique
BURRI Joffrey
Signature :

J.B.

Entreprise :

GENERALI VIE Rémi BERTHOON
Signature :

Membres présents du jury de l'EURIA : Directeur de mémoire en entreprise :

BUCKDAHN Rainer

MERDRIGNAC Marie
Signature :

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

Signature du responsable entreprise :

Signature du candidat :

Résumé

Le départ à la retraite étant une étape cruciale de la vie, Generali pourrait accompagner ses assurés ayant choisi une sortie en capital à l'issue de leur contrat retraite PER individuelle, en leur proposant une nouvelle offre d'assurance répondant à leurs besoins de personnes seniors.

L'objet de ce mémoire est d'étudier l'élaboration d'une telle offre, tarifée en prime unique, qui offrirait des prestations viagères non pécuniaires permettant de vieillir en bonne santé.

La première partie est centrée sur le contexte de l'étude. D'abord, le contexte économique et réglementaire qui concerne la retraite et la loi PACTE, puis le contexte social qui s'intéresse au vieillissement de la population et la nécessité de la prévention pour les seniors, et finalement le contexte stratégique de Generali, à travers sa stratégie « Lifetime Partner », qui vise à accompagner ses assurés dans chaque étape décisive de leur vie.

La deuxième partie est consacrée à la tarification de cette offre, sur la base de deux sources de données : des données d'expérience internes à la compagnie et des données externes fournies par le réseau Quetelet-Prodego et produites par la DREES et l'INSEE. La tarification est basée d'un côté sur les modèles linéaires généralisés (GLM) pour les données d'expérience et de l'autre sur des statistiques directes pour les données externes, afin de quantifier la fréquence et le coût moyen des garanties proposées. Pour le calcul de la prime unique à payer à 65 ans, des hypothèses de table de mortalité, de taux technique et de taux d'inflation ont été utilisées.

La troisième partie est focalisée sur la modélisation et la projection des flux des assurés du produit PER individuel sans engagement de sortie en rente de Generali, afin d'avoir les montants de leurs capitaux constitutifs à 65 ans. À l'issue de cette projection, une comparaison des capitaux constitutifs des assurés à la prime unique de notre offre sera faite, afin de déterminer si notre population cible pourra disposer d'un capital financier suffisant pour souscrire à cette offre.

Enfin, des sensibilités ont été appliquées aux différents facteurs de risques pouvant impacter la prime unique calculée, afin de reconnaître les facteurs les plus impactants.

Mots clefs: PER individuel, Retraités, Capital constitutif, Tarification, Seniors, Santé, Prévention, Modèles Linéaires Généralisés (GLM), Prestations viagères.

Abstract

Since retirement is a crucial step in life, Generali could support its policyholders who have chosen a capital withdrawal at the end of their PER retirement contract, by suggesting a new insurance product that meets their needs as senior individuals.

The purpose of this thesis is to study the conception of such an offer, priced as a single premium, which would offer non-monetary lifetime benefits, helping people to have a healthy aging.

The first part will focus on the context of the study : the economic and regulatory context, regarding retirement and the PACTE law, the social context which will focus on the aging of the population and the necessity of prevention for seniors, and finally the strategic context of Generali, through its « Lifetime Partner » strategy, which aims to accompany its policyholders in each decisive stage of their lives.

A second part will be dedicated to the pricing of this offer, based on two database sources : internal company data and external data provided by the Quetelet-Prodego network and produced by the DREES and INSEE. The pricing will be based on one hand, on generalized linear models (GLM) for the internal data and, on the other hand, on direct statistics for external data, to quantify the frequency and the average cost of the proposed guarantees. For the calculation of the single premium to be paid at age 65, hypothesis of mortality table, technical rate and inflation rate will be used.

A third part will focus on the modelling and the projection of flows, belonging to policyholders of the individual PER product without annuity commitment, to have the amounts of their capital at age 65. At the end of this projection, a comparison of the policyholder's accumulation funds and the single premium of our offer will be made to determine if our target population will have sufficient financial capital to subscribe to this offer.

Finally, sensitivities will be applied to the different risk factors that may impact the calculated single premium, to measure which are the most impacting.

Keywords: Individual PER, Retirees, Capital, Pricing, Seniors, Health, Prevention, Generalized Linear Models (GLM), Lifetime benefits.

Note de synthèse

Présentation du sujet :

Contexte de l'étude :

La loi PACTE a été promulguée le 22 mai 2019, dans le but de rendre les produits d'épargne retraite plus simples et plus attractifs. Elle a permis de commercialiser de nouveaux produits PER : Plan d'Epargne et Retraite, venant ainsi remplacer les anciens produits retraites.

Diverses nouveautés ont accompagné ce nouveau produit PER, dont une majeure, qui concerne la possibilité pour les assurés de sortir en capital au départ à la retraite. Ainsi, cette nouvelle perspective offerte aux assurés aura pour conséquence une transformation du portefeuille de l'assureur, qui va perdre de vue les personnes ayant fait le choix de sortir en capital et ne les aura plus dans son portefeuille.

Par ailleurs, la France fait face à un des plus grands enjeux sociétaux des prochaines décennies : le vieillissement de la population. En effet, la proportion des personnes âgées de plus de 65 ans en France, va augmenter d'environ 40 % d'ici 2070, selon les scénarios de projection de l'INSEE. La question de l'allongement de l'espérance de vie se pose aussi, puisque l'individu s'intéresse plus particulièrement ces dernières années à une vie en bonne santé et sans état de dépendance. En 2020, alors que l'espérance de vie à 65 ans était de 23 ans pour les femmes contre 18,9 ans pour les hommes, l'espérance de vie sans incapacité quant à elle, était de 12,1 ans pour les femmes, contre 10,6 ans pour les hommes, ce qui engendre une difficulté supplémentaire liée à la dépendance des personnes âgées.

Par conséquent, la priorité aujourd'hui n'est plus d'allonger la durée de vie, mais d'apporter des solutions aux seniors pour leur permettre de mieux vieillir chez eux et améliorer leur qualité de vie. Les Nations Unies ont d'ailleurs proclamé 2021-2030 comme « Décennie du vieillissement en bonne santé », afin d'alerter sur ce sujet-là et d'améliorer la prévention et le bien-être des seniors.

Problématique :

Face à ce double enjeu économique et sociétal, l'assureur va chercher à fidéliser ses clients, en leur proposant par exemple une nouvelle offre de produit, adaptée à leurs situations et leurs besoins. C'est donc dans une stratégie « Lifetime Partner », visant

à être le partenaire de ses clients dans chaque étape de leur vie en leur fournissant prévention, protection et assistance, que Generali pourrait accompagner ses assurés ayant fait le choix de sortir en capital à l'issue de leur contrat PER, dans l'étape cruciale du départ à la retraite, en répondant à leurs besoins de seniors.

Quelle offre peut-elle donc leur proposer ? Quelles garanties seront adaptées à cette population de retraités ? À quel prix ?

Ce mémoire vise donc à étudier l'élaboration d'un nouveau produit d'assurance en prime unique, qui pourrait être proposé aux assurés choisissant la sortie en capital à la suite de leur contrat retraite PER. Un tel produit leur offrirait des prestations viagères non pécuniaires, leur permettant de vivre en bonne santé le plus longtemps possible.

Présentation des données :

Deux types de données ont été exploitées pour la tarification de notre nouveau produit :

- des données d'expérience relatives au produit complémentaire santé pour les seniors ;
- des données externes relatives à une enquête sur les conditions de vie des personnes âgées de 60 ans et plus et vivant à leur domicile.

Les données d'expériences relatives au produit complémentaire santé individuel « Santeis Séniors » de Generali sont des données internes établies sur un historique allant de 2016 à 2021 et utilisées pour la tarification des deux garanties santé suivantes de notre nouvelle offre :

- **Garantie médecine douce** : qui combine deux prestations :
 - La consultation et le suivi chez un diététicien : les seniors étant sujets à des troubles alimentaires, des carences et problèmes de prise de poids, l'accompagnement par un spécialiste est nécessaire pour les aider à adopter une alimentation saine et équilibrée, adaptée à leur âge et mode de vie.
 - Des séances chez l'ostéopathe : l'ostéopathie permet de prévenir et soulager plusieurs maux affectant la vie quotidienne des seniors et pouvant être accentués par une baisse de l'activité physique.
- **Garantie cure thermale** : le thermalisme permet de soulager à la fois les douleurs physiques et psychologiques, offrant une rupture avec le quotidien et un moment de détente.

Les données externes, fournies par le réseau Quetelet-Prodego Diffusion pour des fins de recherche, ont été produites par la DREES et l'INSEE, et nous ont permis d'enrichir notre nouveau produit et tarifier de nouvelles prestations. Ces données sont issues de l'enquête CARE -Ménages, réalisée en 2015 sur un échantillon de la population française âgée de 60 ans et plus et vivant à domicile, ayant pour objectif de connaître les conditions de vie des seniors, les difficultés qu'ils rencontrent ainsi que les enjeux financiers auxquels ils font face et les aides financières et humaines qu'ils reçoivent au quotidien. Ces données ont été exploitées pour tarifier les deux garanties de service suivantes :

- **La téléassistance** : dispositif connecté qui, en cas de chute, crise ou malaise, permet de prévenir un chargé d'assistance 24h/24 et 7j/7, pour contacter un proche ou prévenir les secours si nécessaire.
- **L'aide-ménagère** : permet d'entretenir le domicile pour que les seniors se libèrent des contraintes du quotidien, étant donné que certaines tâches sont plus difficiles à réaliser avec l'âge.

Une fois les données présentées, analysées et traitées, vient l'étape de la tarification.

Mise en place de la tarification :

Deux types de modélisation ont été utilisés, selon les données que nous avons à disposition :

- une modélisation sur la base des modèles linéaires généralisés (GLM) pour les données d'expérience ;
- une modélisation simplifiée, basée sur des statistiques directes pour les données externes.

Concernant les garanties médecine douce et cure thermale, une modélisation de la fréquence et du coût moyen a été réalisée sur la base des modèles linéaires généralisés (GLM), après avoir vérifié les hypothèses et l'adéquation des modèles. Chaque modèle a ensuite été analysé sur la base de tests statistiques et de critères de sélection, permettant de déterminer la loi adéquate, les variables explicatives les plus significatives et définir le modèle le plus adapté.

Ces modèles ont été réalisés sous le logiciel R, et les lois et variables retenues sont résumées au sein du tableau ci-dessous :

Garantie	Loi adéquate		Variables explicatives retenues	
	Fréquence	Coût moyen	Fréquence	Coût moyen
Médecine douce	Loi binomiale négative	Loi gamma	Sexe Tranche d'âge Région Formule	Région
Cure thermale	Loi binomiale négative	Loi gamma	Sexe Tranche d'âge Région	Région

TABLE 1 – Lois et variables explicatives retenues par garantie

La prime pure a ensuite été calculée selon la formule suivante :

$$Prime\ pure = Fréquence \times coût\ moyen \quad (1)$$

Trois formules seront proposées au sein de ce produit pour les garanties médecine douce et cure thermique, en gardant les plafonds annuels suivants du produit de la complémentaire santé :

Garantie	Formule 1	Formule 2	Formule 3
Médecine douce	100 €	120 €	140 €
Cure thermique	100 €	130 €	150 €

TABLE 2 – Plafonds des garanties médecine douce et cure thermique par formule

Concernant les prestations de services, nous avons procédé à une tarification simplifiée par âge, basée sur des statistiques directes faites sous Excel sur la base des réponses des individus à l'enquête.

Pour la téléassistance, nous avons déterminé le pourcentage de personnes ayant recours à la téléassistance par âge x , que nous avons ajusté par une loi exponentielle. Ensuite, la prime pure a été calculée comme suit :

$$Prime\ pure_x = \% \text{ personnes utilisant la téléassistance}_x \times \text{coût moyen avec plafond}_x \quad (2)$$

Pour l'aide-ménagère, nous avons déterminé le pourcentage de personnes ayant une femme de ménage par âge x , que nous avons ajusté par une régression linéaire. Ensuite, la prime pure a été définie comme suit :

$$Prime\ pure_x = \% \text{ personnes ayant une femme de ménage}_x \times \text{Nombre d'heures moyen par mois avec plafond}_x \times \text{Coût moyen par heure} \times 12$$

Les plafonds des deux prestations de services ont été déterminés sur la base de deux critères :

- Le nombre de personnes couvertes, déterminé à l'aide d'une fonction de répartition.
- L'écart entre la prime pure avec plafond et la prime pure sans plafond.

En complément des garanties de santé, ces garanties de services vont être proposées avec les plafonds suivants :

Garantie	Formule 1	Formule 2	Formule 3
Téléassistance	200 €	300 €	400 €
Aide-ménagère	20h/mois	30h/mois	40h/mois

TABLE 3 – Plafonds des garanties Téléassistance et Aide-ménagère par formule

À ce stade, nous avons les primes pures par âge, sexe, région et formule pour la médecine douce et la cure thermale, et par âge pour la téléassistance et l'aide-ménagère.

Concernant le sexe, la *Gender directive* impose aux assureurs de ne pas prendre en compte le genre de l'assuré dans leur tarification sur des produits individuels. Ainsi, nous avons fait le choix de prendre la prime pure des femmes dans notre tarification pour plus de prudence, car celles-ci ont la prime pure la plus élevée, et utilisent plus ce type de garanties.

Nous procédons maintenant au calcul de la prime unique à 65 ans, qui permettra aux assurés d'avoir ces garanties de manière viagère.

Les hypothèses utilisées dans le calcul de cette prime unique sont listées ci-dessous :

- **Table de mortalité :**

Après avoir vérifié l'adéquation des décès du portefeuille retraite avec ceux modélisés par chacune des deux tables réglementaires TGH05 et TGF05, nous avons retenu la TGF05, puisqu'elle sous-estime le nombre de décès survenus, ce qui est prudent en cas de prestations viagères.

- **Taux technique :**

Le taux technique utilisé est le taux réglementaire non-vie, de 0,18 % au 30/06/2022.

- **Taux d'inflation :**

En ces temps de forte inflation, les prestations médicales et de services ne sont pas épargnées. Il est donc primordial de prendre en compte l'inflation dans le calcul de la prime unique correspondant aux engagements futurs de l'assureur.

La formule de calcul de la prime unique que nous avons appliquée, est présentée ci-dessous :

$$Prime\ unique\ pure = \sum_{i=0}^{55} \frac{prime_{65+i} \cdot \frac{l_{65+i}}{l_{65}}}{(1 + taux_{actualisation})^i} \prod_{j=0}^i (1 + taux_{inflation\ 2022+j}) \quad (3)$$

Nous avons obtenu une prime unique par région, pour chacune des formules. Les résultats de toutes les régions sont présentés en annexe D.

Pour la suite de l'étude, nous nous concentrons uniquement sur une région particulière, ayant la prime unique la plus élevée : la région « Nouvelle-Aquitaine ».

La prime unique obtenue est présentée dans le tableau ci-dessous :

Formule	Formule 1	Formule 2	Formule 3
Prime unique	15 240 €	18 365 €	19 895 €

TABLE 4 – Prime unique de la région « Nouvelle-Aquitaine ».

La part de chaque garantie dans la prime unique est distribuée de la manière suivante :

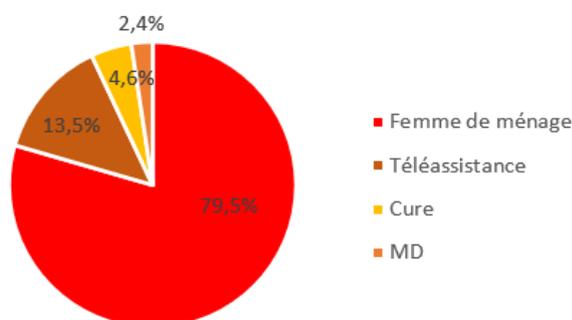


FIGURE 1 – Part de chaque garantie dans la prime unique

Nous observons clairement que les garanties de services sont les plus coûteuses, en particulier la prestation d'aide-ménagère.

Projection de la population du produit PER : Capitaux constitutifs à 65 ans :

Afin d'étudier si notre cible pourra disposer de capitaux financiers suffisants pour souscrire à notre nouveau produit, nous avons procédé à la projection des flux des assurés du produit PER individuel sans engagement de sortie en rente de GENERALI, entre l'année 2022 et l'année de leurs 65 ans, pour obtenir les montants de leurs capitaux constitutifs à 65 ans.

Les mesures principales de la série statistique des capitaux constitutifs obtenus à 65 ans, sont résumées au sein du tableau suivant :

Min	1er quantile	Médiane	Moyenne	3ème quantile	Ecart type	Max
1 013,36 €	24 773 €	40 477 €	47 888 €	59 825 €	44 361,37 €	1 214 274,58 €

TABLE 5 – Statistiques de base des capitaux constitutifs à 65 ans

Ces capitaux constitutifs nous ont permis de déterminer le pourcentage d'affiliés du portefeuille capables de souscrire au nouveau produit, selon le pourcentage de leur capital (100 %, 75 %, 50 % ou 25 %) qu'ils décident de mettre dans la prime unique du nouveau produit.

Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous :

Formule	100 % du capital	75 % du capital	50 % du capital	25 % du capital
Formule 1	88,65 %	81,92 %	65,60 %	23,79 %
Formule 2	84,47 %	75,59 %	55,94 %	12,88 %
Formule 3	82,48 %	72,18 %	51,12 %	9,59 %

TABLE 6 – Pourcentage d’affiliés du portefeuille capables de souscrire au nouveau produit

En raisonnant par rapport à la formule de base « Formule 1 », nous pouvons dire que notre produit conviendrait potentiellement à des clients capables de souscrire en termes de capitaux financiers, même s’ils décident de ne mettre que la moitié de leur capital dans ce nouveau produit.

Sensibilités :

Pour mesurer l’impact d’un changement d’hypothèses ou de paramètres sur notre prime unique, nous avons procédé à un calcul de sensibilités sur les facteurs de risque suivants :

- **Le taux technique** : avec quatre scénarios éventuels : 0 %, 0.5 %, 1 % et 1.5% .
- **Les taux d’inflation** : avec deux scénarios de hausses parallèles des taux d’inflation : +1 % et +2 %.
- **La fréquence** : avec une augmentation de 50 % pour chaque garantie indépendamment des autres. Puis une augmentation de 50 %, 100 %, 150 % et 200 % pour les garanties de service téléassistance et aide-ménagère.
- **L’âge de départ à la retraite** : avec deux scénarios éventuels : 62 ans et 68 ans.

À la suite de ces sensibilités, les facteurs de risques ont été catégorisés entre :

- ▶ Facteurs ayant un impact modéré, qui nécessitent toutefois une surveillance : le taux d’actualisation, la fréquence des garanties médecine douce, cure thermique et téléassistance et l’âge de départ à la retraite.
- ▶ Facteurs ayant un fort impact, qui nécessitent un pilotage attentif : le taux d’inflation et la fréquence de la garantie aide-ménagère.

Conclusion, limites et ouverture

Finalement, notre étude a permis de montrer que ce nouveau produit est potentiellement viable sur le marché et que nous pourrions avoir des clients capables d’avoir les capitaux financiers nécessaires. Toutefois, les sensibilités faites nous incitent à être vigilant et à surveiller nos facteurs de risque avec attention, afin d’éviter tout risque de dérive du tarif.

L’étude comporte néanmoins certaines limites liées aux données, à la tarification et à la projection. De plus, d’autres aspects de la conception de produits n’ont pas été

analysés dans notre étude et nécessiteraient d'être étudiés en cas de lancement d'un tel produit.

Nous en citons principalement :

- Une étude pour établir les chargements commerciaux du produit ;
- Une étude de rentabilité du produit ;
- Une étude juridique sur la faisabilité et conformité du produit ;
- Une étude de marché sur l'intérêt de la population cible à ce produit.

Executive abstract

Topic Overview :

Context of the study :

The PACTE law was enacted on May 22, 2019, with the aim of making retirement savings products simpler and more attractive. It allowed the launch of new PER products : savings and retirement plan, which replace the old retirement products.

Various innovations have accompanied this new PER product, including a major novelty that concerns the possibility for policyholders to choose to take a capital instead of annuities, at the time of retirement. Thus, this new perspective will impact the portfolio of the insurer, who used to accompany its policyholders from the subscription and throughout the phase of restitution of the retirement until their death, that will no longer have individuals that chose to take a capital in its portfolio.

In addition to that, France is facing a major societal challenges : the aging of the population. Indeed, the proportion of people over 65 years old in France will increase by about 40 %, by 2070, according to INSEE projection scenarios. Also, the life expectancy have been increasing, since people have become particularly interested these years in life expectancy with good health and without dependence. In 2020, while life expectancy at age 65 was 23 years for women and 18.9 years for men, life expectancy without incapacity was 12.1 years for women, and 10.6 years for men, which creates an additional difficulty related to the dependence of the elderly.

Therefore, the priority today is no longer to extend life expectancy, but to provide solutions for seniors to age better at home and improve their quality of life. The United Nations has proclaimed 2021-2030 as the "Decade of Healthy Aging", to raise awareness on this issue and to improve prevention and the well-being of seniors.

Problematic :

Facing this dual economic and societal challenge, the insurer will seek to retain customers' loyalty, for example by offering them a new product adapted to their situations and needs. Therefore, in a "Lifetime Partner" strategy, aiming to be the partner of its customers in each stage of their lives by providing them with prevention, protection and assistance, Generali could accompany its policyholders who have chosen to withdraw a capital at the end of their PER contract, in the crucial step of retirement, by meeting

their needs as seniors.

So, what offer can Generali make to them? What guarantees will be adapted to this population of retirees? At what price?

The purpose of this thesis is to study the development of a new insurance product with a one-time contribution, that could be offered to policyholders who choose to take a capital instead of annuities, at the time of retirement. Such a product would offer them non-monetary lifetime benefits, allowing them to live in a good health as long as possible.

Data presentation :

Two types of data were used for the pricing of our new product :

- experience data relative to the complementary health product for seniors.
- external data from a survey on the living conditions of people aged over 60 and living at home.

The experience data relative to Generali's "Santeis Seniors" individual health product is an internal data, based on a history from 2016 to 2021 and used for pricing the following two health guarantees in our new offer :

- **Alternative medicine guarantee** : which combines two benefits :
 - A consultation and a follow-up with a dietician : since seniors are subjects to eating disorders, deficiencies and weight gain problems, the support of a specialist is necessary to help them adopt a healthy and balanced diet, adapted to their age and lifestyle.
 - Osteopathy sessions : osteopathy can prevent and relieve several pains affecting the daily life of seniors, that can be accentuated by a decrease in physical activity.
- **Hydrotherapy guarantee** : Hydrotherapy helps to relieve both physical and psychological pain, by offering a break with the daily life and a moment of relaxation.

External data, provided by the Quetelet-Prodego Diffusion network for research purposes, and produced by DREES and INSEE, have allowed us to enrich our new product and price new services. These data come from the CARE-Household survey, carried out in 2015 on a sample of the French population aged over 60 and living at home, with the objective of knowing the living conditions of seniors, the difficulties they encounter as well as the financial issues they face and the financial and human assistance they receive daily. These data were used to price the following two human service guarantees :

- **Remote assistance** : a connected device which, in the circumstance of a fall, crisis or discomfort, makes it possible to warn a person in charge of assistance 24 hours a day, 7 days a week, to contact a relative or to warn emergency services if necessary.
- **The household helper** : allows to maintain the house so that the seniors are free from the constraints of the daily life, given that certain tasks are more difficult to achieve with age.

Once the data have been presented, analyzed, and reprocessed, we can proceed to the pricing step.

Pricing :

Two types of modeling were used, depending on the data available to us :

- A modeling based on generalized linear models (GLM) for the experience data.
- A simplified modeling, based on direct statistics for the external data.

For alternative medicine and hydrotherapy, a model of the frequency and average cost was used, based on generalized linear models (GLM). After checking the assumptions and the adequacy of the models, each model was analyzed based on statistical tests and selection criteria, in order to determine the adequate law, the most significant explanatory variables and define the most suitable model.

These models were carried out with the R software. The laws and variables retained are summarized in the table below :

Guarantee	Appropriate distribution		Selected explanatory variables	
	Frequency	Average cost	Frequency	Average cost
Alternative medicine	Negative binomial distribution	Gamma distribution	Gender Age-range Region Formule	Region
Hydrotherapy	Negative binomial distribution	Gamma distribution	Gender Age-range Region	Region

TABLE 7 – Distributions and explanatory variables selected per guarantee

The pure premium was then calculated according to the following formula :

$$Pure\ premium = Frequency \times Average\ cost \quad (4)$$

Three formulas will be offered within this product for the "Alternative medicine" and "Hydrotherapy", while maintaining the following annual ceilings of the complementary health insurance product :

Guarantee	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Alternative medicine	100 €	120 €	140 €
Hydrotherapy	100 €	130 €	150 €

TABLE 8 – Annual ceilings of alternative medicine and hydrotherapy per formula

As for the services, we proceeded to a simplified pricing by age, based on direct statistics made in Excel, centered on individuals answers to the survey.

For remote assistance, we determined the % of people using it by age x , which we fitted with an exponential distribution. Then the pure premium was calculated as follows :

$$Pure\ premium_x = \% \text{ individuals using remote assistance}_x \times average\ cost\ with\ ceiling_x \quad (5)$$

For the household helper, we determined the % of people with a housekeeper by age x , which we fitted with a linear regression. Then, the pure premium was defined as follows :

$$Pure\ premium_x = \% \text{ individuals having a housekeeper}_x \times average\ number\ of\ hours\ per\ month\ with\ ceiling_x \times average\ cost\ per\ hour \times 12$$

The ceilings for the two service guarantees were determined based on two criteria :

- The number of people covered, determined by using a distribution function.
- The difference between the pure premium with ceiling and the pure premium without ceiling.

In addition to the health benefits, these service benefits will be offered with the following ceilings :

Guarantee	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Remote assistance	200 €	300 €	400 €
Household helper	20h/month	30h/month	40h/month

TABLE 9 – Coverage ceilings for remote assistance and housekeeping services by formula

At this stage, we have the pure premiums by age, gender, region and formula for alternative medicine and hydrotherapy, and by age for remote assistance and household helper.

Regarding gender, the Gender directive imposes an obligation on insurers not to take into account the gender of the insured in their pricing of individual products. Thus, we have chosen to take the pure premium of women in our pricing to be more cautious, as they have the highest pure premium and use this type of guarantees more.

Now we go to the calculation of the single premium at age 65, which will allow policyholders to have these benefits for the rest of their lives.

The assumptions used in the calculation of this single premium are listed below :

- **Mortality table :**

After checking the adequacy of the deaths in the retirement portfolio with those modeled by each of the two regulatory tables TGH05 and TGF05, we selected TGF05, since it underestimates the number of deaths that occurred, which is cautious in the case of lifetime benefits.

- **Technical rate :**

The technical rate used is the non-life regulatory rate of 0.18% as of June 30, 2022.

- **Inflation rates :**

In these times of high inflation, medical and service benefits are not spared. It is therefore essential to take inflation into consideration when calculating the single premium for the insurer's future commitments.

The calculating formula for the single premium that we have applied is presented below :

$$Single\ pure\ premium = \sum_{i=0}^{55} \frac{premium_{65+i} \frac{l_{65+i}}{l_{65}}}{(1 + rate_{actualisation})^i} \prod_{j=0}^i (1 + rate_{inflation\ 2022+j}) \quad (6)$$

We have a single premium per region, for each of the formulas. The results for all regions are presented in Appendix D.

For the rest of the study, we focus only on one particular region with the highest single premium : the "*Nouvelle Aquitaine*" region.

The single premium obtained is presented in the table below :

Formula	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Single premium	15 240 €	18 365 €	19 895 €

TABLE 10 – Single premium of the "*Nouvelle Aquitaine*" region.

The share of each guarantee in the single premium is distributed as follows :

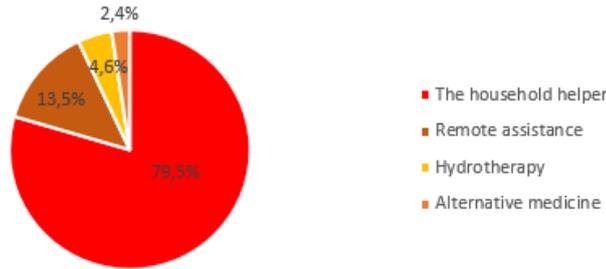


FIGURE 2 – Share of each guarantee in the single premium

We clearly see that service benefits are the most expensive, especially the housekeeper.

PER product population projection : Capital at age 65 :

In order to find out whether our target group will have sufficient financial capital to subscribe to our new product, we have projected the flows of policyholders of Generali's

individual PER product without annuity commitment, between the year 2022 and the year they turn 65, in order to get the amounts of their capital at age 65.

The main measures of the statistical series of capitals obtained at age 65 are summarized in the following table :

Min	1st quantile	Median	Average	3rd quantile	Sd	Max
1 013,36 €	24 773 €	40 477 €	47 888 €	59 825 €	44 361,37 €	1 214 274,58€

TABLE 11 – Basic capital statistics at age 65

These capitals were used to determine the percentage of affiliates in the portfolio who would be able to purchase the new product, depending on whether they chose to put 100 %, 75 %, 50 % or 25 % of their financial capital into the single premium of the new product.

The results obtained are shown below :

Formula	100 % of the capital	75 % of the capital	50 % of the capital	25 % of the capital
Formula 1	88,65 %	81,92 %	65,60 %	23,79 %
Formula 2	84,47 %	75,59 %	55,94 %	12,88 %
Formula 3	82,48 %	72,18 %	51,12 %	9,59 %

TABLE 12 – Percentage of affiliates in the portfolio able to subscribe to the new product

For the basic formula "Formula 1", we can say that our product would potentially meet customers capable of subscribing in terms of financial capital, even if they decide to put only half of their capital in this new product.

Sensitivities :

To measure the impact of a change in assumptions or parameters on our single premium, we performed a sensitivity calculation on the following risk factors :

- **The technical rate** : with four possible scenarios : 0 %, 0.5 %, 1 % and 1.5 %.
- **The inflation rates** : with two scenarios of parallel increases in inflation rates : +1 % et +2 %.
- **The frequency** : with an increase of 50 % for each benefit independently of the others, then an increase of 50 %, 100 %, 150 % and 200 % for the remote assistance and household helper.
- **The retirement age** : with two possible scenarios : 62 years and 68 years.

As a result of these sensitivities, the risk factors were categorized between :

- Factors with a moderate impact, which nevertheless require monitoring : the technical rate, the frequency of alternative medicine, hydrotherapy and remote assis-

tance benefits and the retirement age.

- ▶ Factors with a strong impact that require careful monitoring : the inflation rate and the frequency of the services of a household helper.

Conclusion, limits and opening

Finally, our study has shown that this new product is potentially viable in the market and that we could have customers capable of having the required financial capital. However, the sensitivities made lead us to be cautious and monitor our risk factors carefully, to avoid any risk of price deviation.

However, the study has some limits related to data, pricing, and projection. In addition, there are other aspects of product design that were not analyzed in our study that would need to be studied if such a product were to be launched.

These main aspects are as follows :

- A study to establish the commercial loads of the product ;
- A profitability study ;
- A legal study on the feasibility and the conformity of the product ;
- A market study on the interest of the target population for this product.

Remerciements

J'adresse tout d'abord mes remerciements les plus sincères et ma reconnaissance à ma tutrice chez Generali, Marie MERDRIGNAC, pour le temps qu'elle m'a accordé, et qui, malgré les responsabilités qu'elle assume, m'a aidée, conseillée et a veillé au bon déroulement de mon alternance.

Je remercie également Alexandre BEAULANDE, manager du Bureau d'Études Techniques Retraite de m'avoir permis d'intégrer son équipe et de passer une année d'apprentissage dans les meilleures conditions. J'adresse de la même manière mes sincères remerciements à l'ensemble de mes collègues du BET Retraite, pour leur disponibilité et les différentes techniques actuarielles qu'ils m'ont apprises.

Je souhaite enfin remercier mon tuteur académique, Anthony NAHELOU, pour son suivi et ses conseils quant à l'élaboration de ce mémoire et ses nombreuses relectures, ainsi que le corps professoral de l'EURIA, pour l'encadrement pédagogique et la qualité des enseignements.

En dernier lieu, je souhaite dédier ce travail à mes parents et à ma sœur, qui ont toujours été là pour moi et ont su me rassurer lorsque le besoin s'en faisait ressentir. Mille mercis à vous, l'aboutissement de ce travail n'aurait pas pu se faire sans votre soutien.

Avertissement

Pour des raisons de confidentialité, les données et résultats apparaissant au sein de ce mémoire ont été modifiés. Néanmoins, les ordres de grandeur ont été conservés afin d'avoir des résultats cohérents.

Table des matières

Résumé	i
Note de synthèse	iii
Remerciements	xviii
Table des figures	xxv
Liste des tableaux	xxviii
Introduction	1
1 Contexte de l'étude	3
1.1 Contexte économique et réglementaire : La retraite et la loi PACTE . . .	3
1.1.1 La retraite en France :	3
1.1.2 Focus sur la retraite supplémentaire :	4
1.1.3 La loi PACTE : Plan d'Épargne Retraite (PER)	5
1.2 Contexte social : Vieillesse de la population	7
1.2.1 Statistiques et projection de population de l'INSEE	7
1.2.2 Espérance de vie sans incapacité à 65 ans : Étude de la DREES . .	8
1.2.3 Bien vieillir : une priorité mondiale	8
1.2.4 État des lieux des mesures de prévention existante	9
1.2.4.1 Une application développée pour le renforcement de la prévention à 40-45 ans :	9
1.2.4.2 Un rendez-vous de prévention au moment du départ à la retraite :	9
1.2.4.3 La semaine bleue : Évènement annuel pour l'accompagne- ment des retraités et l'aide à la prévention :	9
1.2.4.4 Expérimentation de l'assurance retraite en lien avec le programme ICOPE de l'OMS :	9
1.3 Contexte stratégique : Vision Generali	10
1.3.1 L'histoire du groupe Generali :	10
1.3.1.1 Generali : Assureur pionnier	10
1.3.1.2 Generali : Assureur international	10

1.3.1.3	Generali : Assureur visionnaire	10
1.3.2	Generali France :	11
1.3.3	La stratégie "LifeTime Partner" de Generali :	11
2	Présentation et analyse des données	13
2.1	Présentation et analyse du portefeuille santé en étude	13
2.1.1	Présentation du produit en étude	14
2.1.2	Composition du portefeuille	15
2.1.3	Statistiques descriptives du portefeuille global	16
2.1.3.1	Caractéristiques des bénéficiaires :	16
2.1.3.2	Caractéristiques des prestations :	20
2.1.4	Analyse préliminaire et traitement des données	21
2.1.4.1	Tests de cohérence :	22
2.1.4.2	Création de nouvelles variables :	22
2.1.4.3	Données manquantes :	24
2.1.4.4	Valeurs aberrantes :	24
2.2	Apport de données externes liées aux Seniors vivant à domicile	26
2.2.1	Enquête CARE-Ménages	27
2.2.2	Présentation de l'enquête	27
2.2.3	Échantillonnage	27
2.2.4	Les données brutes INSEE/DREES	28
2.2.4.1	Téléassistance	28
2.2.4.1.1	Statistiques descriptives sur le besoin d'un système de téléassistance chez les Seniors	29
2.2.4.1.2	Statistiques descriptives sur le coût de la téléassistance chez les Seniors	30
2.2.4.2	Service d'aide à domicile	30
2.2.4.2.1	Statistiques descriptives sur le besoin d'une aide à domicile pour les Seniors	31
2.2.4.2.2	Statistiques descriptives sur le coût horaire d'une femme de ménage	32
3	Tarifification du produit	33
3.1	Principe de la tarification santé	33
3.2	Modèle coût moyen \times fréquence	34
3.2.1	La théorie des modèles linéaires généralisés (GLM)	34
3.2.1.1	Le modèle de régression classique :	34
3.2.1.2	Le modèle linéaire généralisé :	34
3.2.1.3	Les distributions de la famille exponentielle :	35
3.2.2	Modèles de régression à inflation de zéros :	37
3.2.3	Le modèle ZIP : Zero Inflated Poisson	38
3.2.4	Le modèle ZINB : Zero Inflated Negative Binomial	38
3.2.5	Les critères de choix du modèle	39
3.2.5.1	La déviance :	39

3.2.5.2	Les critères AIC et BIC :	39
3.2.5.3	L'erreur quadratique moyenne (RMSE) :	40
3.2.6	Constitution d'une base d'apprentissage et d'une base de test	40
3.2.7	L'étude des liaisons entre les variables explicatives	40
3.2.8	La sélection des variables explicatives	42
3.2.9	Validation du modèle : Analyse des résidus	43
3.3	Hypothèses de tarification viagère	43
3.3.1	Table de mortalité	44
3.3.1.1	Présentation des bases de données à disposition	44
3.3.1.2	Calcul des décès observés et théoriques par tranches d'âge	45
3.3.1.3	La méthode du SMR	46
3.3.1.4	Application aux données disponibles et analyse des résultats	46
3.3.2	Taux technique	48
3.4	Application aux données à disposition	48
3.4.1	Garantie médecine douce	48
3.4.1.1	Analyse univariée de la fréquence	48
3.4.1.2	Analyse univariée du coût moyen	51
3.4.1.3	Analyse des dépendances entre les variables	52
3.4.1.4	Modélisation de la fréquence	53
3.4.1.4.1	Stabilité annuelle de la fréquence	53
3.4.1.4.2	Choix de la loi de probabilité adéquate	54
3.4.1.4.3	Modélisation par la méthode GLM	55
3.4.1.4.4	Choix des variables explicatives	55
3.4.1.4.5	Analyse des résidus	57
3.4.1.5	Modélisation du coût moyen	58
3.4.1.5.1	Choix de la loi de probabilité adéquate	58
3.4.1.5.2	Modélisation par la méthode GLM	58
3.4.1.5.3	Choix des variables explicatives	59
3.4.1.5.4	Analyse des résidus	60
3.4.1.6	Prime pure	60
3.4.2	Garantie cure thermique	61
3.4.2.1	Analyse univariée de la fréquence	61
3.4.2.2	Analyse univariée du coût moyen	63
3.4.2.3	Analyse des dépendances entre les variables	65
3.4.2.4	Modélisation de la fréquence	65
3.4.2.4.1	Stabilité annuelle de la fréquence	65
3.4.2.4.2	Choix de la loi de probabilité adéquate	66
3.4.2.4.3	Modélisation par la méthode GLM	67
3.4.2.4.4	Choix des variables explicatives	67
3.4.2.4.5	Analyse des résidus	69
3.4.2.5	Modélisation du coût moyen	70
3.4.2.5.1	Choix de la loi de probabilité adéquate	70
3.4.2.5.2	Modélisation par la méthode GLM	70

3.4.2.5.3	Choix des variables explicatives	71
3.4.2.5.4	Analyse des résidus	71
3.4.2.6	Prime pure	72
3.4.2.7	Modélisation sans l'année 2020 et l'année 2021	72
3.4.2.8	Prime pure	74
3.4.3	Garantie téléassistance	75
3.4.4	Garantie femme de ménage	77
3.4.5	Prime unique	79
4	Projection de la population du produit PER : Capitaux constitutifs à 65 ans	82
4.1	Les Hypothèses de projection	82
4.1.1	Hypothèses liées au produit	82
4.1.1.1	Table de mortalité	83
4.1.1.2	Taux d'intérêt technique	83
4.1.1.3	Frais de gestion	83
4.1.1.4	Frais sur versement	83
4.1.2	Hypothèses prospectives du marché	83
4.1.2.1	Rendements EURO et UC	83
4.1.2.2	Rachats EURO et UC	84
4.1.2.3	Actualisation	85
4.1.3	Statistiques descriptives du portefeuille utilisé	85
4.1.3.1	Portefeuille global	86
4.1.3.2	Portefeuille de l'option sans engagement de sortie en rente :	88
4.2	Projection EURO et UC	90
4.2.1	Projection EURO	90
4.2.2	Projection UC	92
4.3	Les capitaux constitutifs à 65 ans résultant des deux projections EURO et UC	93
4.3.1	Analyse de la distribution des capitaux constitutifs : Statistiques descriptives, quantiles et histogramme	93
4.4	Comparaison des capitaux constitutifs à la prime unique :	94
5	Sensibilités aux différents facteurs de risque	96
5.1	Taux technique	96
5.2	Taux d'inflation	98
5.3	Fréquence	99
5.3.1	Focus sur les garanties téléassistance et femme de ménage :	99
5.4	Âge de départ :	100
5.4.1	Un départ à 62 ans :	100
5.4.2	Un départ à 68 ans :	102
5.5	Limites et axes d'amélioration	103
	Conclusion et ouverture	105

Liste des abréviations	107
A Sorties GLM délivrées par R	108
B Impact du plafond sur la prime pure par âge (garantie téléassistance)	109
C Impact du plafond sur la prime pure par âge (garantie femme de ménage)	111
D Prime unique (par région et par genre)	113
E Prime unique en utilisant la TGH05 vs la TGF05	114
F Plans d'investissement selon le profil de gestion	115
Bibliographie	116

Table des figures

1	Part de chaque garantie dans la prime unique	viii
2	Share of each guarantee in the single premium	xv
1.1	Pyramide du système de retraite français [1]	3
1.2	Phases d'un contrat retraite supplémentaire	5
1.3	Projection : Part des 65 ans et plus dans la population française totale, en pourcentage [2]	7
1.4	Schéma résumant la stratégie LifeTime Partner de Generali [3]	11
2.1	Distribution du pourcentage de bénéficiaires par sexe et tranches d'âge .	17
2.2	Distribution du pourcentage de bénéficiaires par formule et tranches d'âge	17
2.3	Distribution du pourcentage de bénéficiaires par régime	18
2.4	Distribution du nombre de bénéficiaires par zone géographique	18
2.5	Distribution du pourcentage de bénéficiaires par poste	20
2.6	Répartition du montant de frais réels par tranche d'âge	21
2.7	Carte des régions présentes au sein du portefeuille	23
2.8	Boxplot des montants de frais réels pour la garantie diététicien	24
2.9	Nuage de points des montants de frais réels pour la garantie diététicien . .	24
2.10	Boxplot des montants de frais réels pour la garantie ostéopathe	25
2.11	Nuage de points des montants de frais réels pour la garantie ostéopathe .	25
2.12	Boxplot des montants de frais réels pour la garantie cure thermique	26
2.13	Nuage de points des montants de frais réels pour la garantie cure thermique	26
2.14	Réponse à la question : « Disposez-vous d'une téléalarme ou d'un système de téléassistance, qui vous permet de prévenir quelqu'un à distance en cas de malaise ou de chute dans votre logement ? »	29
2.15	Réponses à la question : « Pourquoi n'avez-vous pas de téléalarme ? » . .	29
2.16	Coût annuel de la téléalarme	30
2.17	Réponses à la question : « Quelle(s) activité(s) votre femme de ménage fait-elle habituellement ? »	31
2.18	Réponses à la question : « En moyenne à quelle fréquence vient-il/elle chez vous ? »	32
2.19	Coût horaire d'une prestation femme de ménage	32

3.1	Comparaison de taux de mortalité par tranches d'âge	47
3.2	Fréquence garantie médecine douce par âge	49
3.3	Fréquence garantie médecine douce par tranches d'âge	49
3.4	Fréquence garantie médecine douce par sexe	49
3.5	Fréquence garantie médecine douce par formule	50
3.6	Fréquence garantie médecine douce par région	50
3.7	Coût moyen garantie médecine douce par tranches d'âge	51
3.8	Coût moyen garantie médecine douce par sexe	51
3.9	Coût moyen garantie médecine douce par formule	52
3.10	Coût moyen garantie médecine douce par région	52
3.11	V de Cramer garantie médecine douce	53
3.12	Stabilité temporelle de la fréquence	53
3.13	Adéquation des lois théoriques à la fréquence de la médecine douce	54
3.14	Adéquation des lois théoriques à la fréquence de la médecine douce (Zoom)	54
3.15	Les résidus de la déviance pour la fréquence médecine douce	57
3.16	Densité loi gamma et loi log-normale	58
3.17	Les résidus de la déviance pour le coût moyen médecine douce	60
3.18	Fréquence garantie cure thermique par tranches d'âge	61
3.19	Fréquence garantie cure thermique par sexe	61
3.20	Fréquence garantie cure thermique par formule	62
3.21	Fréquence garantie cure thermique par région	62
3.22	Coût moyen garantie cure thermique par tranches d'âge	63
3.23	Coût moyen garantie cure thermique par sexe	63
3.24	Coût moyen garantie cure thermique par formule	64
3.25	Coût moyen garantie cure thermique par région	64
3.26	V de Cramer garantie cure thermique	65
3.27	Stabilité annuelle de la fréquence	65
3.28	Adéquation des lois théoriques à la fréquence de la cure thermique	66
3.29	Adéquation des lois théoriques à la fréquence de la cure thermique (Zoom)	66
3.30	Les résidus de la déviance pour la fréquence cure thermique	69
3.31	Densité loi gamma et loi log-normale garantie cure thermique	70
3.32	Les résidus de la déviance pour le coût moyen cure thermique	72
3.33	Pourcentage de personnes utilisant la téléalarme par âge	75
3.34	Fonction de répartition des coûts annuels de téléalassistance	76
3.35	Pourcentage de personnes ayant une femme de ménage par âge	77
3.36	Fonction de répartition du nombre d'heures moyen par mois	78
3.37	Courbe des taux d'inflation	80
3.38	Part de chaque garantie dans la prime unique	81
4.1	Evolution des rendements EURO et UC en fonction des années de projection	84
4.2	Taux de rachat du produit PER selon l'ancienneté du contrat	84

4.3	Courbe des Taux Sans Risque avec ajustement pour volatilité, au 30/06/2022	85
4.4	Répartition du portefeuille globale par type de produit	86
4.5	Répartition du portefeuille global par profil de gestion	86
4.6	Répartition des assurés par tranches d'âge	87
4.7	Répartition du portefeuille par option de réversion	89
4.8	Répartition du portefeuille par profil de gestion	89
4.9	Extrait d'une projection EURO d'un assuré	92
4.10	Extrait d'une projection UC d'un assuré	93
4.11	Histogramme des capitaux constitutifs à 65 ans	94
5.1	Impact du taux technique sur la prime unique	96
5.2	Impact du taux technique sur la prime unique de la formule 1	97
5.3	Scénarios de la courbe d'inflation	98
5.4	Impact du taux d'inflation sur la prime unique	98
5.5	Impact d'une hausse de fréquence de chaque garantie sur la prime unique	99
5.6	Impact d'une hausse de fréquence pour les garanties téléassistance et aide-ménagère sur la prime unique	100
5.7	Impact d'une sortie à 62 ans sur la prime unique	101
5.8	Comparaison des capitaux constitutifs pour une sortie à 62 ans et 65 ans	101
5.9	Impact d'une sortie à 68 ans sur la prime unique	102
5.10	Comparaison des capitaux constitutifs pour une sortie à 65 ans et 68 ans	102
A.1	Résumé du GLM fréquence : Médecine douce	108
A.2	Résumé du GLM fréquence : Cure thermale	108
B.1	Impact du plafond de 200€ sur la prime pure par âge	109
B.2	Impact du plafond de 300€ sur la prime pure par âge	110
B.3	Impact du plafond de 400€ sur la prime pure par âge	110
C.1	Impact du plafond de 20 heures par mois sur la prime pure par âge	111
C.2	Impact du plafond de 30 heures par mois sur la prime pure par âge	112
C.3	Impact du plafond de 40 heures par mois sur la prime pure par âge	112
D.1	Prime unique par formule et par région	113
D.2	Prime unique par formule et par genre	113
E.1	Prime unique selon la table de mortalité utilisée	114
F.1	Plan d'investissement en gestion pilotée à horizon retraite et plan d'investissement libre sécurisée	115

Liste des tableaux

1	Lois et variables explicatives retenues par garantie	v
2	Plafonds des garanties médecine douce et cure thermale par formule	vi
3	Plafonds des garanties Téléassistance et Aide-ménagère par formule	vi
4	Prime unique de la région « Nouvelle-Aquitaine ».	vii
5	Statistiques de base des capitaux constitutifs à 65 ans	viii
6	Pourcentage d'affiliés du portefeuille capables de souscrire au nouveau produit	ix
7	Distributions and explanatory variables selected per guarantee	xiii
8	Annual ceilings of alternative medicine and hydrotherapy per formula	xiii
9	Coverage ceilings for remote assistance and housekeeping services by formula	xiv
10	Single premium of the " <i>Nouvelle Aquitaine</i> " region.	xv
11	Basic capital statistics at age 65	xvi
12	Percentage of affiliates in the portfolio able to subscribe to the new product	xvi
2.1	Plafonds des garanties médecine douce et cure thermale par formule	15
2.2	Distribution des âges du portefeuille.	17
2.3	Pourcentage de bénéficiaires par département (portefeuille).	19
2.4	Pourcentage de bénéficiaires par département (population française). . . .	20
2.5	Distribution des frais réels pour la garantie diététicien	24
2.6	Les activités correspondants à chaque variable.	31
3.1	Expression de modèles GLM fréquemment utilisés.	35
3.2	Tableau de contingence	41
3.3	Positionnement par rapport à la table réglementaire TGH05.	46
3.4	Positionnement par rapport à la table réglementaire TGF05.	47
3.5	Comparaison des modèles de fréquence selon plusieurs critères	55
3.6	Comparaison des modèles complet et sans la variable régime	55
3.7	Coefficients du modèle retenu pour la fréquence de la garantie médecine douce	56
3.8	Comparaison des modèles de coût moyen selon plusieurs critères	58
3.9	Comparaison du modèles complet et modèle avec la variable région	59
3.10	Coefficients du modèle retenu pour le coût moyen de la garantie médecine douce	59

3.11	Comparaison des modèles de fréquence selon plusieurs critères	67
3.12	Comparaison des modèles complet et sans les variables régime et formule	67
3.13	Coefficients du modèle retenu pour la fréquence de la garantie cure thermique	68
3.14	Comparaison des modèles de coût moyen selon plusieurs critères	70
3.15	Coefficients du modèle retenu pour le coût moyen de la garantie cure thermique	71
3.16	Modèles et variables retenus pour la cure thermique sans 2020 et 2021	73
3.17	Coefficients du modèle retenu pour la fréquence de la garantie cure thermique (sans 2020 et 2021)	73
3.18	Coefficients du modèle retenu pour le coût moyen de la garantie cure thermique (sans 2020 et 2021)	74
3.19	Pourcentage de personnes totalement couvertes selon les 3 plafonds	76
3.20	Pourcentage de personnes totalement couvertes selon les 3 plafonds	78
3.21	Prime unique de la région Nouvelle-Aquitaine.	80
3.22	Plafonds des garanties médecine douce, cure thermique, téléassistance et aide-ménagère	81
4.1	Répartition du portefeuille par sexe.	86
4.2	Répartition des primes annuelles versées par type de produit.	87
4.3	Répartition des sorties réglées.	88
4.4	Répartition du portefeuille par sexe.	88
4.5	Statistiques de base des capitaux constitutifs à 65 ans	93
4.6	Quantiles de la distribution des capitaux constitutifs à 65 ans	94
4.7	Pourcentage d'affiliés du portefeuille capables de souscrire au nouveau produit	95
5.1	Pourcentage d'affiliés du portefeuille capables de souscrire au nouveau produit, à 68 ans	103

Introduction

Au sein d'un environnement en constante mutation, l'assureur se doit toujours de renouveler ses anciennes offres, afin de fidéliser et de mieux satisfaire ses clients.

D'une part, la promulgation de la Loi Pacte en 2019 a apporté plusieurs nouveautés, notamment la simplification et la portabilité des droits des produits d'épargne retraite. À l'issue de cette loi, les assurés ont la possibilité de liquider leur contrat PER totalement ou partiellement en capital, ce qui n'était pas le cas avant. Ainsi, les assurés faisant le choix du capital dans sa totalité ne feront plus partie du portefeuille d'assurés de Generali.

D'autre part, l'un des enjeux des prochaines décennies est le vieillissement de la population. Selon les projections de population faites par l'INSEE, la part de personnes âgées de 65 ans et plus au sein de la population française va atteindre 28,7 % en 2070 contre 20,5 % en 2020. Ce vieillissement de la population est amplifié par l'allongement régulier de l'espérance de vie qui engendre une difficulté supplémentaire liée à la dépendance des personnes âgées. Par conséquent, bien vieillir est devenu une priorité, non seulement en France, mais aussi dans le monde entier. Les Nations Unies ont d'ailleurs proclamé 2021-2030 comme « Décennie du vieillissement en bonne santé », afin d'alerter sur ce sujet et de chercher à améliorer la qualité de vie des séniors. La société civile, les autorités publiques ainsi que les organismes d'assurance s'accordent sur l'importance de l'accompagnement et la prévention chez les seniors.

Ainsi, face à ce double enjeu économique et sociétal, Generali, dans une stratégie « Lifetime Partner » visant à devenir le partenaire de ses clients et à les accompagner tout au long de leur vie, cherche à accompagner ses assurés, ayant fait le choix de sortir en capital à l'issue de leur contrat retraite PER individuelle. Le départ à la retraite étant une étape cruciale de la vie, Generali pourrait proposer à ses assurés Travailleurs Non-Salariés (TNS), une nouvelle offre d'assurance leur permettant de vieillir en bonne santé et faciliter leur quotidien. Ce mémoire propose donc d'étudier l'élaboration d'une telle offre, tarifée en prime unique, offrant des prestations viagères non pécuniaires : la médecine douce, la cure thermale, la téléassistance et l'aide-ménagère ; et pouvant être financée par l'ensemble ou une partie du capital versé à la liquidation du contrat retraite PER.

Après avoir présenté le contexte de l'étude, les garanties mises en place au sein du nouveau produit ainsi que les données utilisées, une tarification en prime unique sera réalisée, basée d'une part sur des modèles linéaires généralisés ou des statistiques directes, et d'autre part sur des hypothèses de table de mortalité et de taux technique pour l'aspect

viager. Par la suite, une modélisation et projection des flux des assurés cibles (TNS) sera faite afin d'estimer les montants de capital qu'ils percevraient à la sortie de leurs contrats retraite et de les comparer à la prime unique de notre offre, permettant ainsi de s'assurer de l'adéquation du produit avec la population cible d'un point de vue financier. Enfin, une étude de sensibilité aux différents facteurs de risque sera réalisée, permettant de mettre en évidence les aspects financiers et comportementaux auxquels l'assureur devra être attentif afin de maintenir l'équilibre du produit.

Chapitre 1

Contexte de l'étude

1.1 Contexte économique et réglementaire : La retraite et la loi PACTE

1.1.1 La retraite en France :

La création d'un régime de retraite en France date de 1945 avec la création de la sécurité sociale. Celui-ci a pour objectif de couvrir le risque de revenus insuffisants à partir d'un certain âge, pour l'ensemble de la population.

Le système de retraite français prône la solidarité intergénérationnelle. Il est basé sur le principe de répartition, où les cotisations versées aujourd'hui par les actifs et leurs employeurs servent de manière immédiate à payer les pensions des retraités, tout en ouvrant le droit à ces actifs pour leur retraite future.

La retraite a connu de nombreuses réformes au fil des années, pour la rendre mieux adaptée aux besoins grandissant des personnes.

Elle est à ce jour basée sur trois piliers : un régime de base (obligatoire), un régime complémentaire (obligatoire) et un régime supplémentaire (facultatif), qui peuvent être vus comme suit :

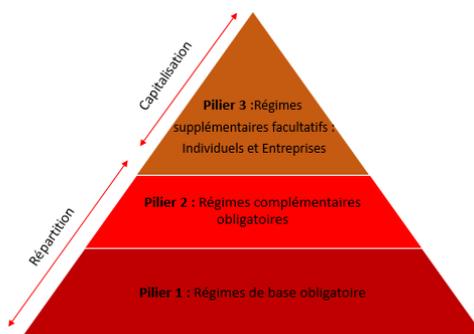


FIGURE 1.1 – Pyramide du système de retraite français [1]

1. **Pilier 1** : Le régime général de la sécurité sociale :

Ce régime correspond à la retraite de base qui est obligatoire et universelle.

Il fonctionne par répartition et concerne tous les actifs, qu'ils soient du secteur public ou du secteur privé. Les cotisations et prestations dans ce régime sont définies sur une base réglementaire (par exemple le plafond de la sécurité sociale pour les salariés), et non pas sur la totalité du revenu professionnel.

2. **Pilier 2** : La retraite complémentaire obligatoire :

Elle correspond à une retraite en complément de la pension de base, à laquelle les salariés sont obligés de cotiser. Elle fonctionne, comme le régime de base, sur le principe de répartition, complété par un système de points. Le principe est le suivant : les montants de cotisations acquis par l'assuré sont transformés en nombre de points. Au départ à la retraite, ce nombre de points est converti en pension, en le multipliant par leur valeur en euro.

Il existe différents organismes de gestion auprès desquels cotisent les salariés selon leurs statuts. Nous en citons les plus importants :

- AGIRC-ARRCO : L'Association Générale des Institutions de Retraite des Cadres et l'Association pour le Régime de Retraite Complémentaire des Salariés, qui depuis le 01/01/2019, ont fusionné pour mettre fin à la distinction des régimes de retraites entre les salariés cadres et non cadres.
- IRCANTEC : L'Institution de Retraite Complémentaire des Agents Non Titulaires de l'Etat et des Collectivités publiques, qui est destinée aux salariés du secteur public en qualité de non-titulaires (contractuels, vacataires...).

3. **Pilier 3** : L'épargne retraite collective ou individuelle

Elle correspond à une retraite supplémentaire qui vient compléter la retraite de base et la retraite complémentaire. Elle est soit sous forme d'un plan d'épargne collective, qui peut être obligatoire, soit sous forme d'un plan d'épargne individuel, qui est facultatif.

1.1.2 Focus sur la retraite supplémentaire :

Les prestations modestes offertes par les régimes de pension obligatoire poussent de plus en plus de Français à prendre conscience de la nécessité d'avoir une retraite supplémentaire.

Cette retraite facultative repose sur le principe de capitalisation, où la personne se constitue une épargne additionnelle à sa pension de base, en cotisant pour elle-même. Elle peut soit être affiliée à un plan collectif par le biais de son entreprise, ou à un plan individuel, par le biais de banques, assurances ou institutions de prévoyance.

Un contrat retraite supplémentaire est mis en œuvre selon deux phases, présentées dans le schéma ci-dessous :

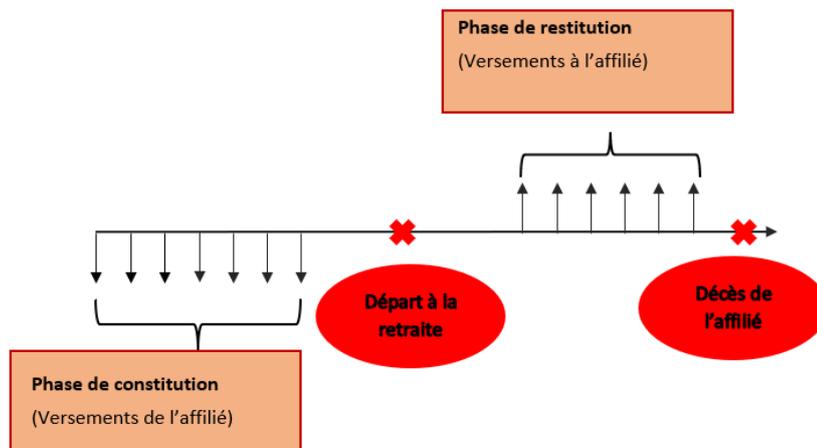


FIGURE 1.2 – Phases d’un contrat retraite supplémentaire

1.1.3 La loi PACTE : Plan d’Épargne Retraite (PER)

Le Plan d’Action pour la Croissance et la Transformation des Entreprises (aussi appelé Loi Pacte) a été promulgué le 22 mai 2019. Cette loi a pour objectif principal la transformation et la croissance économique des entreprises, en particulier les PME, en facilitant leur financement, de façon à avoir des sociétés justes et innovantes.

Plusieurs mesures ont été adoptées dans le cadre de cette loi, celle qui nous intéresse dans le cadre de ce mémoire est : « Simplifier et assurer la portabilité des produits d’épargne retraite ».

Ainsi, le nouveau plan d’épargne retraite (PER) a été disponible dès le 01 octobre 2019, pour donner suite à cette loi, son objectif étant de simplifier l’épargne retraite pour qu’elle soit plus attractive.

Les principales nouveautés ayant accompagné ce nouveau produit PER sont :

1. La possibilité de rachat anticipé pour l’acquisition de la résidence principale ;
2. La possibilité de rachat partiel sous certaines conditions énoncées par la loi PACTE ;
3. La gestion pilotée à horizon : Définissant trois plans d’investissement prédéfinis : Prudent, Equilibre et Dynamique ;
4. La possibilité de sortie en capital, au départ à la retraite.

1. La possibilité de rachat anticipé

Le contrat de retraite PER ne peut faire l’objet d’aucun rachat, sauf dans le cas des exceptions citées ci-dessous :

- Perte involontaire d'expirations des droits aux allocations chômage de l'adhérent.
- Cessation d'activité à la suite d'un jugement de liquidation judiciaire.
- Invalidité de 2e et 3e catégorie de l'adhérent, de ses enfants de son conjoint ou du partenaire de Pacs.
- Décès du conjoint ou du partenaire de Pacs.
- Surendettement de l'adhérent.
- Acquisition de la résidence principale.

Le cas d'achat de la résidence principale de manière totale ou partielle est une nouveauté avec l'entrée en vigueur de la loi Pacte. Les autres cas de rachats existaient dans les anciens produits de retraite.

2. Les modes de gestion financière :

La gestion pilotée à horizon :

La gestion pilotée à horizon permet d'allouer l'épargne de l'adhérent, en investissant dans des actifs adaptés en fonction de l'âge de l'adhérent. Au fur et à mesure que la date de liquidation approche, l'investissement dans des actifs risqués diminue, et en contrepartie, l'investissement dans des actifs à faible risque augmente, pour sécuriser l'épargne de l'adhérent. L'Adhérent a le choix entre 3 profils d'investissements, selon son appétence aux risques financiers :

- Prudent Horizon Retraite ;
- Équilibre Horizon Retraite ;
- Dynamique Horizon Retraite.

La gestion libre :

La gestion libre permet à l'adhérent de choisir le pourcentage d'investissement de son épargne entre support Euro et/ou Unités de Comptes, et les types de supports en Unités de Compte dans lesquels il souhaite investir.

3. La possibilité de sortie en capital :

Un fois l'âge de liquidation atteint, l'assuré a le choix entre :

- Une sortie 100 % en rente ;
- Une sortie 100 % en capital ;
- Une combinaison des deux, en sortant une partie en capital et le reste en rente.

Concernant la sortie en capital, l'assuré peut faire le choix d'un capital unique, c'est-à-dire une sortie en une fois, ou d'un capital fractionné, c'est-à-dire une sortie en plusieurs fois.

Cette nouveauté majeure de possibilité de sortie en capital à la retraite est celle qui nous intéresse dans le cadre de ce mémoire.

1.2 Contexte social : Vieillesse de la population

1.2.1 Statistiques et projection de population de l'INSEE

Selon les statistiques de l'INSEE de 2020, les personnes âgées de 65 ans et plus, représentent désormais 20,5 % de la population française totale, en comparaison avec l'année 2000 où leur proportion était de 15,8 %, soit une augmentation d'environ 30 % en 20 ans.

Ceci s'explique en partie par la génération du baby-boom, née après la deuxième guerre mondiale, qui a atteint les 75 ans en 2020.

En parallèle, la proportion des personnes âgées de 20 ans à 59 ans a subi une baisse de 4,4 % entre l'année 2000 et l'année 2020.

L'INSEE établit des projections de population pour la France. Elle se base sur la méthode des composantes en simulant chaque année, jusqu'à l'horizon de projection, le nombre d'hommes et de femmes pour chaque âge, en se basant sur le suivi de trois composantes : la mortalité, la fécondité et les migrations.

L'intérêt derrière ces projections démographiques faites par l'INSEE est de comprendre comment évolue la population française selon chaque tranche d'âge, pour pouvoir anticiper les politiques publiques et mieux répondre aux besoins de chacun. Concernant les personnes âgées, ceci permet de prévenir et anticiper leur vieillissement afin de leur permettre de mieux profiter de cette étape de leur vie. Car vivre plus longtemps n'est pas nécessairement équivalent à vivre en meilleure santé.

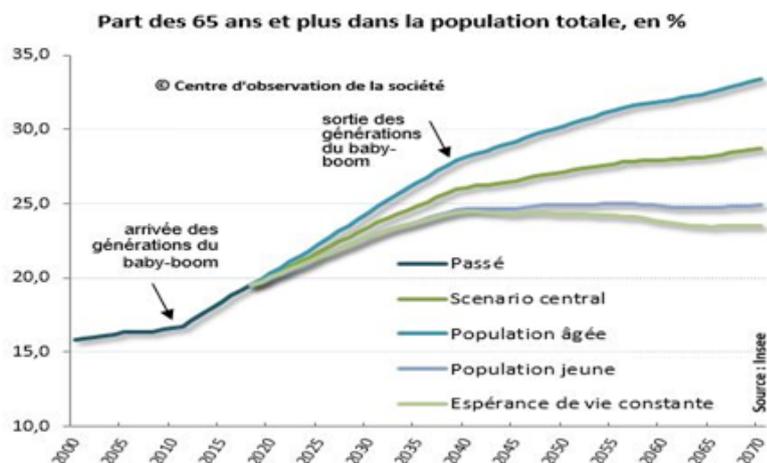


FIGURE 1.3 – Projection : Part des 65 ans et plus dans la population française totale, en pourcentage [2]

D'après le scénario central des projections de population faites par l'INSEE, la population française va compter 22 M de personnes âgées de plus de 65 ans en 2070, soit 28,7% de la population totale, contre 20,5% en 2020.

A côté de ce scénario central basé sur des hypothèses moyennes, prolongeant ainsi les tendances des années précédentes, l'INSEE présente deux autres scénarios :

- un scénario population jeune, correspondant à une part des 65 ans inférieure au scénario central, aux alentours de 25 % en 2070 ;
- un scénario population âgée, où la part des 65 ans atteindra 35 % de la population totale en 2070.

1.2.2 Espérance de vie sans incapacité à 65 ans : Étude de la DREES

1

L'espérance de vie sans incapacité est la durée qu'espère vivre une personne, sans qu'elle ne soit freinée dans ses activités de la vie quotidienne.

En 2020, alors que l'espérance de vie à 65 ans est de 23 ans pour les femmes contre 18,9 ans pour les hommes (données provisoires arrêtées fin 2021), l'espérance de vie sans incapacité quant à elle est de seulement 12,1 ans pour les femmes, contre 10,6 ans pour les hommes. Cela signifie qu'après 65 ans, l'individu passera une grande partie de sa vie limité dans la vie quotidienne.[4]

L'espérance de vie à 65 ans augmente régulièrement en France. Mais, cet indicateur ne permet pas d'apprécier si ces années de vie après la retraite sont bien vécues, si les personnes tirent profit de ces années additionnelles, ou les subissent. L'indicateur d'espérance de vie sans incapacité permet de prendre en compte les limites que peuvent subir les personnes avec l'âge, pour mieux mesurer les années vécues en bonne santé.

Ainsi, face à ce constat, des solutions doivent être présentées aux seniors pour faciliter leur vie et leur permettre de vieillir dans de bonnes conditions, tout en restant chez eux.

1.2.3 Bien vieillir : une priorité mondiale

Bien vieillir est devenu un défi et une priorité mondiale. Dans ce contexte-là, l'Assemblée générale des Nations Unies a proclamé 2021-2030 « Décennie du vieillissement en bonne santé », en mettant l'Organisation mondiale de la santé (OMS) à la tête de sa mise en œuvre. Ceci a pour objectif la mise en place d'un programme de développement, visant l'amélioration des conditions de vie des personnes âgées et le changement de leur perception par la société, en favorisant leurs capacités et en les intégrant dans la communauté.

L'environnement social, les activités et les habitudes de vie des personnes âgées sont des facteurs qui influencent énormément leur qualité de vie et qui devraient être pris en compte.

1. La direction de la Recherche, des Études, de l'Évaluation et des Statistiques

L'amélioration de la qualité de vie des seniors devrait donc aller au-delà du secteur de la santé. Plusieurs secteurs d'activités et politiques publiques doivent intervenir pour accompagner cette tendance démographique.

1.2.4 Etat des lieux des mesures de prévention existante

1.2.4.1 Une application développée pour le renforcement de la prévention à 40-45 ans :

Développée par Santé publique France fin 2020, cette application a pour objectif principal de guider les personnes à adopter de bons comportements dans leurs vies quotidiennes, en changeant leurs habitudes avec des gestes simples et sains du quotidien. Elle offre des conseils, des orientations personnalisées, selon les besoins de chacun.

Les bons réflexes sont à adopter dès l'âge de 40-45 ans, pour pouvoir prévenir certaines maladies qui peuvent causer une perte d'autonomie. [5]

1.2.4.2 Un rendez-vous de prévention au moment du départ à la retraite :

Lancé en 2020, ce rendez-vous s'adresse en priorité aux personnes les plus à risque, en précarité économique ou sanitaire. Le départ à la retraite étant un moment de vie important, accompagné de changements comportementaux, cette approche préventive globale sera focalisée sur la nutrition, la mobilité, la cognition, l'état psycho-social et les fonctions sensorielles, qui sont considérés comme les cinq principales capacités intrinsèques de la personne.

1.2.4.3 La semaine bleue : Evènement annuel pour l'accompagnement des retraités et l'aide à la prévention :

La semaine bleue correspond à la première semaine du mois d'Octobre. Cet évènement permet de sensibiliser l'opinion publique à l'importance des personnes retraitées dans la vie économique et sociale, et des liens intergénérationnels à créer. Plusieurs actions sont discutées et menées à la suite de cette semaine, pour que les retraités puissent bien vivre leur âge au sein de leur environnement.

Le comité d'organisation est national, composé d'institutions de bienfaisance, de groupes représentant les personnes âgées et d'associations défendant les droits de cette partie de la population.

Le thème de l'année 2022 est le suivant : « CHANGEONS NOTRE REGARD SUR LES AÎNÉS, BRISONS LES IDÉES REÇUES »

1.2.4.4 Expérimentation de l'assurance retraite en lien avec le programme ICOPE de l'OMS :

Le programme ICOPE (Soins Intégrés pour les Personnes Âgées), lancé par l'organisation mondiale de la santé (OMS) en 2019, a comme but d'assurer aux personnes âgées un vieillissement en bonne santé.

Dans ce cadre-là, l'assurance retraite² a lancé les travaux d'une expérimentation en 2020, en collaboration avec le Centre Hospitalier Universitaire de Toulouse, au travers de son Gérontopôle, pour enrichir ses offres de services et accompagner au mieux le vieillissement des retraités. [6]

Elle intègre donc ce programme dans son plan, tout en suivant la stratégie du Ministère des Solidarités et de la Santé pour prévenir la perte d'autonomie.

L'objectif est de proposer un rendez-vous prévention aux jeunes retraités ayant une pension modeste. Le test sera fait tout d'abord dans les territoires des caisses régionales de Toulouse et de Bourgogne-Franche-Comté. Les résultats n'ont pas encore été publiés.

1.3 Contexte stratégique : Vision Generali

1.3.1 L'histoire du groupe Generali :

Generali est un groupe italien fondé en 1831, à Trieste, à l'initiative de l'entrepreneur Giuseppe Lazzaro Morpurgo, sous le nom de Assicurazioni Generali Austro-Italiche. Avec pour ambition la création d'une entreprise d'assurance pouvant égaler ou surpasser les compagnies du reste de l'Europe.

Il s'est vite installé dans les principaux ports d'Europe, notamment Bordeaux en 1832 et Marseille en 1834.

Entre 1848 et 1914, Generali s'étend dans les villes portuaires dans le monde, notamment Hong Kong, Shanghai, Bombay, San Francisco ou encore Valparaiso. Elle révèle ainsi sa dimension internationale.

1.3.1.1 Generali : Assureur pionnier

Generali est aujourd'hui le premier assureur en Italie. Son nom Generali vient de son ancrage dans de nombreuses branches d'assurance. Il est de plus fortement impliqué dans le développement durable.

1.3.1.2 Generali : Assureur international

Generali est implanté directement dans plus de 60 pays, en plus de partenariats lui permettant d'être présent sur les 5 continents. Generali est aujourd'hui le troisième assureur en Europe, et parmi les 10 premiers groupes au monde.

1.3.1.3 Generali : Assureur visionnaire

Generali a créé le métier d'assistance en fondant Europ assistance en 1963. Le groupe est sans cesse à la recherche d'innovation pour couvrir les risques quotidiens et les garanties les plus complexes face à de nouveaux risques émergents.

2. La retraite de base des salariés du secteur privé, des travailleurs indépendants, des contractuels de droit public et des artistes-auteurs.

1.3.2 Generali France :

Generali est implanté en France depuis 1832 à Bordeaux. Cette date marque le début d'une histoire riche de créations, fusions et acquisitions d'entreprises.

En 1995, Generali France Holding est créé, regroupant ainsi toutes les activités françaises du groupe.

En 2005, Generali est classé comme 2^{ième} groupe d'assurance généraliste en France. Il est ainsi devenu un acteur majeur de l'assurance généraliste en France aujourd'hui.

La nouvelle organisation de Generali France s'articule autour de cinq directions de marché, responsables de l'expérience client de bout en bout.

1.3.3 La stratégie "LifeTime Partner" de Generali :

L'ambition stratégique de Generali est de devenir le partenaire de ses clients et distributeurs, en les accompagnant tout au long de leur vie (leur LifeTime).

L'idée derrière cette vision et de faire évoluer la relation qu'entreprend Generali avec ses clients, en passant d'échanges ponctuels, transactionnels, à une approche plus globale. Hier, les clients voulaient une assurance pour prévoir les pires événements de leur vie. Demain, les clients voudront une assurance qui les accompagne pour bien profiter de leur vie, qui leur fournit de la prévention, de la protection et de l'assistance.

Ainsi Generali sera là pour créer des propositions adaptées aux besoins de ses clients, et leur offrir une expérience positive, en restant proactif dans les échanges avec eux. L'objectif étant de passer d'une phase où le client demandait : « J'ai besoin d'une assurance », à une phase où le client demande « Je voudrais / je veux une assurance. Que pouvez-vous me conseiller ? ».

Le schéma ci-dessous résume la stratégie Life Time Partner de Generali :

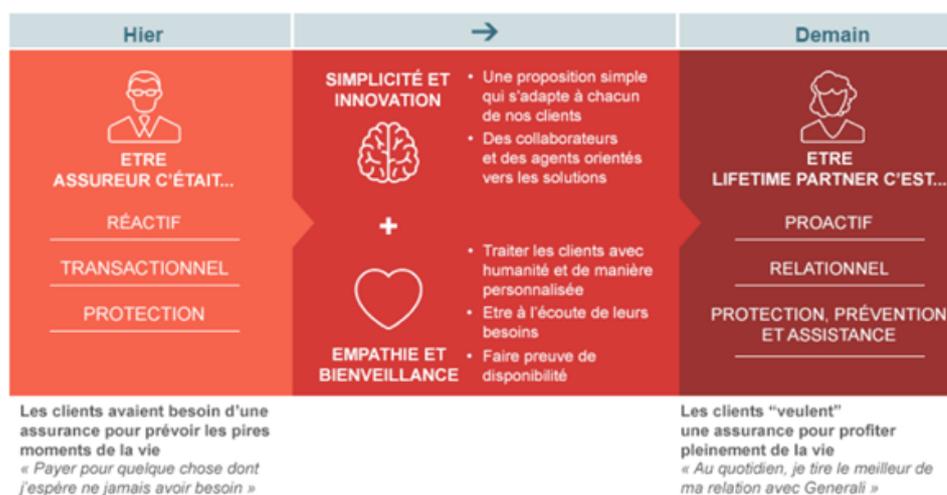


FIGURE 1.4 – Schéma résumant la stratégie LifeTime Partner de Generali [3]

Conclusion du chapitre :

Aujourd'hui, à la suite de la loi PACTE, les assurés ont la possibilité de sortir en capital à l'issue de leur contrat PER, ce qui n'était pas le cas avant. S'ajoute à cela l'enjeu des décennies à venir, à savoir le vieillissement de la population et l'augmentation de l'espérance de vie à 65 ans.

Face à ce double enjeu, Generali, dans une stratégie « LifeTime Partner », va chercher à accompagner ses assurés lors de cette étape cruciale de leur vie : le départ à la retraite.

Quelle offre peut-elle leur proposer ? Quelles garanties seront adaptées à cette population de retraités ? A quel prix ?

L'objet de ce mémoire est d'apporter des premiers éléments de réponses à ces questions, en étudiant l'élaboration d'une offre d'assurance pour les affiliés ayant choisi une sortie en capital à l'issue de leur contrat retraite PER et qui sera adaptée à leurs besoins de personnes seniors.

Chapitre 2

Présentation et analyse des données

2.1 Présentation et analyse du portefeuille santé en étude

Pour rappel, la problématique de ce mémoire est de chercher à tarifier une nouvelle offre d'assurance à proposer aux retraités, ayant choisi de sortir en capital à l'issue de leur contrat PER et qui leur permettra de se maintenir en bonne santé.

Ainsi, une réflexion sur le sujet a permis de recenser les besoins de cette catégorie de la population, pour lui offrir des garanties lui permettant de mieux vivre cette étape de la vie.

Parmi les garanties qui seront proposées dans le cadre de ce nouveau produit, et qui seront donc modélisées et tarifées dans la suite de ce mémoire :

- Consultation et suivi chez un diététicien :

Une alimentation saine et équilibrée permet de maintenir une bonne santé et de prévenir plusieurs maladies liées à l'âge. Le départ à la retraite peut souvent être accompagné de troubles alimentaires, de consommation de plats préparés et industrialisés, qui, en plus de la prise de certains médicaments, peuvent entraîner une prise de poids chez les séniors. Ces facteurs peuvent alors entraîner un diabète, des maladies cardio-vasculaires, des maladies articulaires voire une perte d'autonomie.

Le diététicien peut accompagner les seniors en leur proposant un régime alimentaire adapté à leur âge et à leurs habitudes quotidiennes, en prenant en considération leurs soucis de santé, pour leur permettre de mieux vivre cette nouvelle étape de leur vie.

- Séances chez un ostéopathe :

L'ostéopathie est une pratique de médecine douce, permettant de maintenir l'autonomie des seniors. Elle permet de soulager et de prévenir plusieurs maux, liés à des troubles fonctionnels, comme les douleurs articulaires, musculaires ou encore les troubles de sommeil, qui affectent les activités de leur vie quotidienne.

Avec l'âge, l'activité quotidienne de l'individu diminue, ce qui est source de dou-

leurs et de fragilité osseuse. Ceci peut affecter considérablement leur autonomie et les pousser à l'isolement.

En guise de prévention, l'ostéopathe accompagnera le senior dans le renforcement de son corps, le maintien de sa mobilité et le soulagement de ses douleurs.

- Cures thermales :

Le thermalisme permet de soulager un bon nombre de maux liés à l'âge, notamment les pathologies rhumatismales, les problèmes de circulation sanguine ou encore de digestion.

S'ajoute à cela les bienfaits psychologiques de la cure thermale, permettant de faire une rupture avec le quotidien, et de passer un moment de détente et de bien-être.

La tarification de telles prestations nécessite l'exploitation de données d'expérience. En effet, c'est en s'appuyant sur des statistiques de sinistres passés qu'on peut estimer et prédire la fréquence et le coût moyen de sinistres futurs.

L'objectif de ce chapitre est de présenter les données à disposition et d'analyser leurs qualités.

2.1.1 Présentation du produit en étude

Les données mises à notre disposition concernent le produit de la complémentaire santé individuelle : « Santeis Séniors » de Generali.

Cette gamme de produits santé ayant pour cible les séniors a démarré en 2014. [7]

Le contrat Santeis est :

- Solidaire : La prime payée par l'assuré ne dépend pas de l'état de santé de l'assuré et aucune information concernant son état de santé n'est recueilli à la souscription.
- Responsable : Un contrat qui respecte les contraintes listées dans un cahier de charges fixé par décret. Il détermine les garanties planchers, les prises en charges intégrales de certains équipements. Il favorise le respect du parcours de soin coordonnés par le patient.

Le régime d'affiliation à la Sécurité Sociale :

La sécurité sociale regroupe 3 régimes principaux :

- Régime général : qui couvre les salariés et les travailleurs indépendants non soumis à un régime particulier. Il est géré par l'assurance maladie.
- Régime agricole : qui couvre les exploitants et les salariés agricoles. Il est géré par la Mutualité sociale agricole (MSA).
- Régimes spéciaux : le régime des marins, le régime des mines, de la SNCF, de la RATP, le régime Alsace Moselle, etc . . .

À noter que les affiliés du régime Alsace Moselle bénéficient de prestations plus avantageuses que les affiliés du régime général.

Les formules de garantie :

La formule de garantie détermine les montants qui seront remboursés par l'assureur en cas de sinistre.

Le produit « Santeis Séniors » dispose de trois formules : la formule 1, la formule 2 et la formule 3 qui est plus avantageuse en termes de remboursement.

Les plafonds annuels de remboursement pour les garanties médecine douce et cure thermale du produit, selon la formule choisie, sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Garantie	Formule 1	Formule 2	Formule 3
Médecine douce	100 €	120 €	140 €
Cure thermale	100 €	130 €	150 €

TABLE 2.1 – Plafonds des garanties médecine douce et cure thermale par formule

2.1.2 Composition du portefeuille

Trois bases de données anonymisées du portefeuille du produit « Santeis Séniors » ont été mises à notre disposition pour notre étude.

Une base contrat, une base prestation et une base prime, avec un historique de six années, entre 2016 et 2021.

La Base de données « Contrat » :

La base de données « Contrat » contient les informations sur l'ensemble des bénéficiaires du portefeuille. Nous disposons notamment des variables suivantes, nécessaires à notre étude :

- Le numéro de contrat ;
- Le rang du bénéficiaire : 1 pour l'adhérent, 2 pour le conjoint et 3 et 4 pour les enfants ;
- La date de naissance du bénéficiaire ;
- La date d'effet du contrat ;
- La date d'entrée du bénéficiaire dans le contrat ;
- La date de sortie du bénéficiaire du contrat : si le bénéficiaire n'est pas encore sorti, la date de fin est mise au 31/12/1999 ;
- La formule de garantie avec la date de début et date de fin d'effet associées ;
- Le régime d'affiliation, avec la date d'entrée et sortie de ce régime en cas de changement de régime ;
- Le sexe ;
- Le département.

À noter que si l'assuré change de formule ou de régime en cours d'année, deux lignes sont présentes dans la base contrat.

La Base de données « Primes » :

Nous disposons notamment des variables suivantes :

- Le numéro de contrat ;
- Le rang du bénéficiaire ;
- La date de naissance du bénéficiaire ;
- La date d'effet du contrat ;
- La date de fin de contrat, mise au 31/12/1999 si un bénéficiaire est toujours dans le contrat ;
- La prime annuelle brute ;
- L'année de règlement de la prime.

La Base de données « Prestations » :

Base de données qui regroupe l'ensemble des sinistres déclarés ayant été réglés entre 2016 et 2021.

Nous disposons notamment des variables suivantes :

- Le numéro de contrat ;
- Le rang du bénéficiaire ;
- La date de naissance du bénéficiaire ;
- La date d'effet du contrat ;
- La date de fin de contrat, mise au 31/12/1999 si un bénéficiaire est toujours dans le contrat ;
- La formule ;
- Le régime ;
- La date de survenance du sinistre ;
- La date de règlement du sinistre ;
- Le code acte : conformément à la classification commune des actes médicaux (CCAM), définie au niveau national ;
- Le poste : Pharmacie, soins courants, hospitalisation, dentaire optique, médecine douce et autres ;
- Le sous-poste : cure thermale, orthodontie, parodontologie, pharmacie non remboursable, hospitalisation à domicile, transport médical et autres ;
- Le montant de remboursement de la sécurité sociale ;
- Le montant de remboursement de la complémentaire Generali ;
- Le reste à charge (RAC) : correspond au montant qui reste à payer après le remboursement de la sécurité sociale et des complémentaires santé ;
- Le montant des frais réels.

2.1.3 Statistiques descriptives du portefeuille global

2.1.3.1 Caractéristiques des bénéficiaires :

La base contrat à disposition est filtrée sur les individus âgés de plus de 60 ans. Elle est constituée de 78 487 bénéficiaires sur 79 847 au total, soit 98,3 % du portefeuille.

Les âges sont distribués comme suit :

Statistique	Min	1er Quartile	Médiane	Moyenne	3e Quartile	Max
Age	60	66	70	70,75	75	93

TABLE 2.2 – Distribution des âges du portefeuille.

Puis, une variable tranche d'âge a été créée pour observer la distribution des individus par âge.

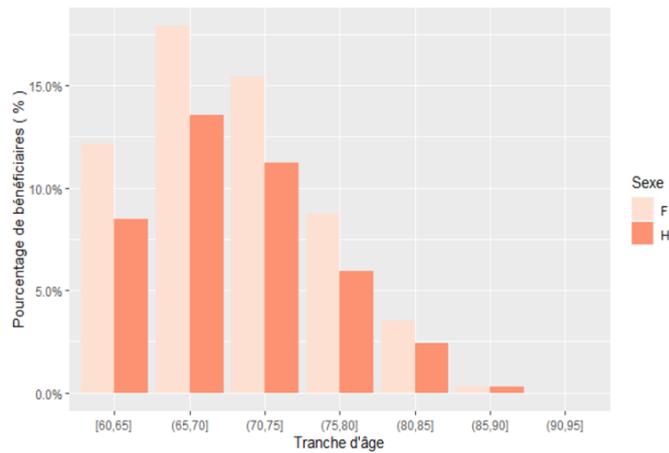


FIGURE 2.1 – Distribution du pourcentage de bénéficiaires par sexe et tranches d'âge

Nous remarquons que les personnes âgées de 66 à 75 ans sont les plus présentes au sein du portefeuille, suivies des 60-65 ans puis les 76 ans et plus. Les plus de 90 ans représentent une minorité au sein du portefeuille (cinq bénéficiaires). Cette distribution par âge est la même pour les hommes et les femmes, avec un nombre de femmes plus importants au sein du portefeuille.

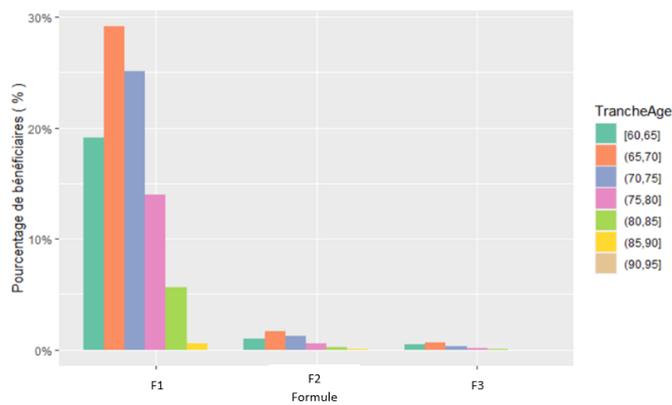


FIGURE 2.2 – Distribution du pourcentage de bénéficiaires par formule et tranches d'âge

Concernant le choix de la formule de garantie, la majorité des adhérents ont fait le choix de la formule 1, la moins chère des trois formules, avec le niveau de garantie le plus bas (93,6 %), suivi du choix de la formule 2 (4,8 %) et enfin la formule avec le plus haut niveau de garantie, qui est faiblement représentée au sein du portefeuille (1,6 %). La distribution par tranche d'âge au sein des trois formules suit la même tendance vue précédemment.

Répartition des bénéficiaires par régime :

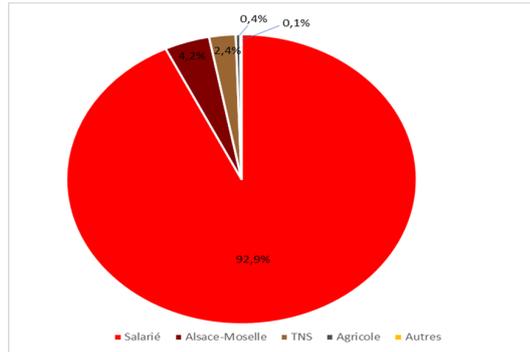


FIGURE 2.3 – Distribution du pourcentage de bénéficiaires par régime

Nous constatons que la majorité des bénéficiaires sont affiliés au régime Salarié (92,9 %), suivi du régime spéciale Alsace – Moselle avec 4,2 % de bénéficiaires, puis le régime TNS (2,4 %), puis le régime agricole et enfin les autres régimes qui représentent une faible proportion du portefeuille, respectivement 0,4 % et 0,1 %.

Répartition géographique des bénéficiaires :

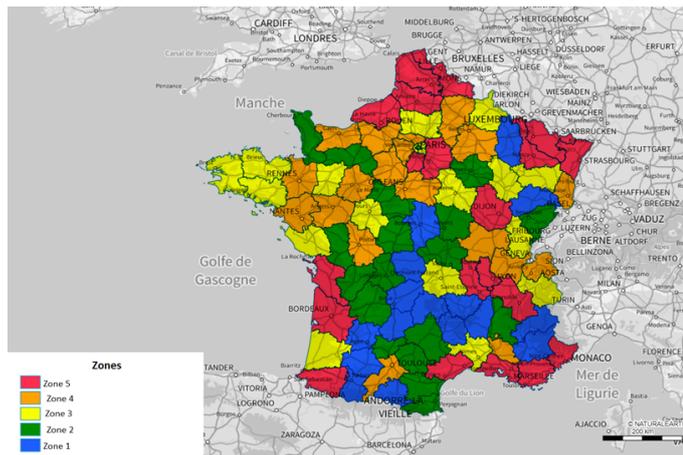


FIGURE 2.4 – Distribution du nombre de bénéficiaires par zone géographique

Sur le plan géographique, nous illustrons sur une carte de France la répartition géographique des bénéficiaires selon leur département. Nous avons découpé la France en 5 zones selon les quantiles du nombre de bénéficiaires par département comme suit :

- Zone 1 : nombre de bénéficiaires inférieur au quantile à 20% ;
- Zone 2 : nombre de bénéficiaires compris entre les quantiles à 20% et 40% ;
- Zone 3 : nombre de bénéficiaires compris entre les quantiles à 40% et 60% ;
- Zone 4 : nombre de bénéficiaires compris entre les quantiles à 60% et 80% ;
- Zone 5 : nombre de bénéficiaires supérieur au quantile à 80%.

Nous remarquons que les assurés sont principalement présents au sein des départements suivants, par ordre décroissant : (en rouge au niveau de la cartographie de la Figure 2.4)

Département	Code département	Pourcentage de bénéficiaire par département %
Nord	59	8,16 %
Pas-de-calais	62	4,65 %
Var	83	3,09 %
Gironde	33	3,00 %
Bouches-du-Rhône	13	2,95 %
Rhône	69	2,94 %
Isère	38	2,71 %
Alpes-Maritime	6	2,71 %
Seine-Maritime	76	2,53 %
Somme	80	2,05 %
Moselle	57	2,03 %
Seine-et-Marne	77	1,92 %
Meurthe-et-Moselle	54	1,87 %
Essonne	91	1,87 %
Charente-Maritime	17	1,77 %
Hérault	34	1,69 %

TABLE 2.3 – Pourcentage de bénéficiaires par département (portefeuille).

Cette surreprésentation du Nord au sein du portefeuille pourrait s'expliquer par le fait que le département du Nord est considéré comme le plus peuplé de France.

Comparaison avec les estimations de la population française de plus de 65 ans par département faites par l'INSEE :

Nous remarquons que les départements suivants : Nord, Pas-de-Calais, Var, Rhône, Gironde, Alpes-Maritimes, Seine-Maritime ; qui sont dans les 10 premiers départements ayant le plus d'assurés du portefeuille Generali, sont aussi dans les 10 premiers départements ayant la part la plus importante de la population française âgée de plus de 65 ans, selon la distribution de l'INSEE : [8]

Département	Code département	Pourcentage de personnes âgées de plus de 65 ans %
Nord	59	3,14 %
Bouches-du-Rhône	13	3,14 %
Paris	75	2,71 %
Gironde	33	2,42 %
Rhône	69	2,40 %
Var	83	2,14 %
Pas-de-Calais	62	2,13 %
Loire-Atlantique	44	2,02 %
Alpes-Maritimes	06	1,97 %
Hérault	34	1,97 %
Seine-Maritime	76	1,91 %
Hauts-de-Seine	92	1,85 %
Yvelines	78	1,81 %
Haute-Garonne	31	1,81 %
Isère	38	1,79 %

TABLE 2.4 – Pourcentage de bénéficiaires par département (population française).

La représentation géographique du portefeuille de Generali suit donc en partie la distribution de la population française âgée de plus de 65 ans, estimée par l'INSEE, à quelques divergences et écarts près entre les deux.

2.1.3.2 Caractéristiques des prestations :

La base de données « Prestations » regroupe les sinistres survenus entre 2016 et 2021.

Les bénéficiaires du produit « Santeis Senior » sont répartis par poste consommé de la manière suivante :

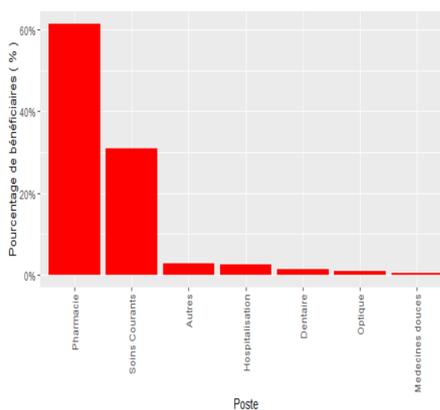


FIGURE 2.5 – Distribution du pourcentage de bénéficiaires par poste

Les postes les plus consommés sont la pharmacie, avec 61,5 % de bénéficiaires, suivi du poste des soins courants, avec 32 %. Par la suite, on retrouve le poste : « Autres », incluant les cures thermales, les aides auditives, appareillage-prothèses et d'autres prestations, suivi des postes : Hospitalisation, Dentaire, Optique, et finalement le poste de médecine douce, qui est peu consommé.

Répartition du montant de frais réels par tranche d'âge

Le montant de frais réels en millions d'euros est à peu près le même pour les personnes âgées de 66 à 75 ans, qui sont très présentes au sein du portefeuille et qui consomment vraisemblablement le plus. Elles sont ensuite suivies des seniors âgés de 76 à 80 ans, qui ont des montants de frais réels supérieurs à la tranche des 60 à 65 ans, alors qu'ils sont moins présents que cette tranche là au sein du portefeuille.

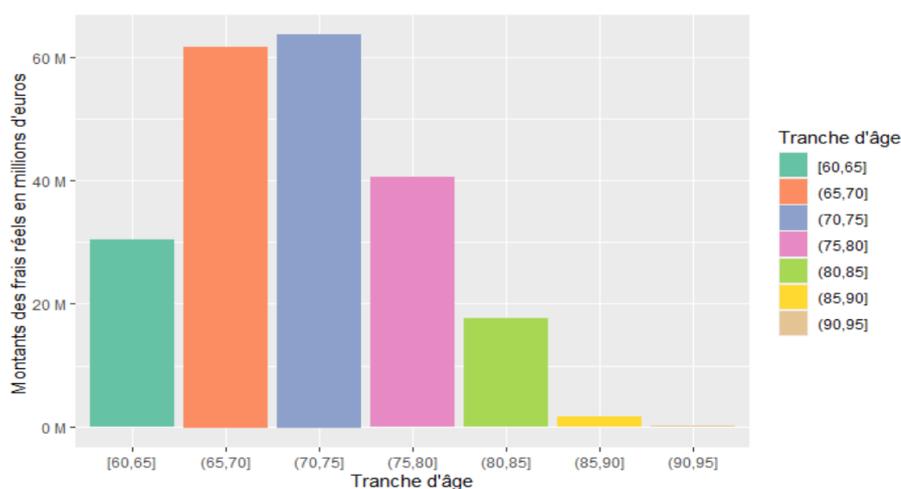


FIGURE 2.6 – Répartition du montant de frais réels par tranche d'âge

La suite de notre étude sera axée sur les garanties suivantes du portefeuille : la consultation chez le **diététicien** et la consultation chez l'**ostéopathe** faisant partie d'une même garantie : Médecine douce, ainsi que la garantie **cure thermale**.

2.1.4 Analyse préliminaire et traitement des données

Base garantie médecine douce :

Une base de données regroupant les informations des bases « Prestation » et « Contrat » a été créée afin de disposer d'informations complètes nécessaires à la tarification.

D'abord, la base « Prestation » est filtrée sur le poste médecine douce. Ensuite, une jointure est faite entre cette base et la base « Contrat », sur les variables suivantes : numéro de contrat, date de naissance, date d'effet du contrat, formule, régime et rang de l'individu, pour avoir l'information sur les bénéficiaires n'ayant pas utilisé la prestation médecine douce. Nous noterons cette base « Base 1 » dans la suite.

2.1.4.1 Tests de cohérence :

Nous procédons à des tests de cohérence sur la Base 1 afin de la fiabiliser, comme suit :

- Vérifier si la date d'entrée du bénéficiaire est inférieure à sa date de sortie.
- Vérifier si la date de survenance de l'acte est supérieure à la date d'entrée du bénéficiaire et est inférieure à la date de sortie du bénéficiaire.
- Vérifier si des actes ont des montants de frais réels positifs, et s'ils sont négatifs, que ceux-ci correspondent à des annulations et les retraiter.
- Vérifier que le rang du bénéficiaire n'est pas égal à 3 ou 4, car ceci correspond à des bénéficiaires enfants, qui ne peuvent pas avoir plus de 60 ans. Ces observations correspondent donc à des anomalies de la gestion.
- Supprimer les lignes en doublon liées à la date de sortie du bénéficiaire (en effet, en cas de sortie du bénéficiaire, deux lignes apparaissent : l'une avec la date de sortie et l'autre avec une date au 31/12/1999, toutes les autres informations égales par ailleurs).

À la suite de ces vérifications, 156 lignes ont été supprimées sur une base de 80 507 lignes.

Chaque ligne de la nouvelle base ainsi créée « Base 2 », correspond à :

- un acte par bénéficiaire, par date de survenance de l'acte et par date de règlement pour les bénéficiaires de la base prestation ;
- une absence d'acte pour les bénéficiaires de la base contrat qui n'ont pas eu de prestation.

2.1.4.2 Création de nouvelles variables :

- Variable "**Exercice**" :

Cette variable sert à définir l'année de l'acte ou de l'absence d'acte définie dans la Base 2.

Pour les bénéficiaires qui n'ont pas eu de prestation médecine douce entre 2016 et 2021, leur ligne dans la Base 2 est dupliquée afin d'avoir au total autant de lignes que d'années de présence sur le contrat entre 2016 et 2021. La variable « Exercice » correspond alors pour chaque ligne à chacune de ces années de présence.

Exemple :

Un affilié qui n'a pas eu de prestation médecine douce entre 2016 et 2021 et qui est sur le contrat du 01/05/2018 (date d'entrée) au 31/03/2020 aura 3 lignes sur la nouvelle « Base 3 » avec comme Exercice 2018 sur la première ligne 2019, sur la seconde et 2020 sur la troisième.

Pour les bénéficiaires qui ont eu au moins une prestation Médecine douce entre 2016 et 2021, la variable « Exercice » pour chaque ligne correspondra à l'année de survenance de l'acte. Pour chaque année de présence sur le contrat pendant laquelle le bénéficiaire n'aurait pas eu de prestation médecine douce, une nouvelle

ligne est créée (avec les informations relatives au bénéficiaire) pour laquelle la variable « Exercice » correspondra à chacune de ces années.

Exemple :

Un affilié qui a eu deux prestations médecine douce en 2018 et une en 2020 et qui est sur le contrat du 01/05/2016 (date d'entrée) au 31/03/2021 aura :

- la variable Exercice égale à 2018 pour les deux actes ayant eu lieu en 2018 et 2020 pour l'acte ayant eu lieu en 2020 ;
- 4 nouvelles lignes avec les informations du bénéficiaire et la variable Exercice égale à 2016, 2017, 2019 et 2021 sur ces lignes.

Par la suite, les lignes des personnes ayant eu au moins un acte ont été regroupées afin d'avoir un nombre d'actes par année et non pas par date de survenance.

- Variable "**Exposition**" :

Cette variable est créée pour prendre en compte la durée de présence du bénéficiaire au sein du portefeuille.

L'exposition correspond à la période de couverture ou d'exposition au risque pendant l'année d'exercice, en tenant compte de la date d'entrée et de sortie du bénéficiaire. Par exemple, un bénéficiaire présent 3 mois de l'année a une exposition égale à 0,25.

- Variable "**Région**" :

Nous disposons de la variable département au sein du portefeuille, qui contient 96 modalités. Pour la modélisation faite par la suite, ce nombre de modalités n'est pas optimal et ne permet pas de bien capté la dimension géographique au sein du modèle. Afin de fluidifier les analyses, la variable région a été créée sur la base des 12 régions administratives :¹

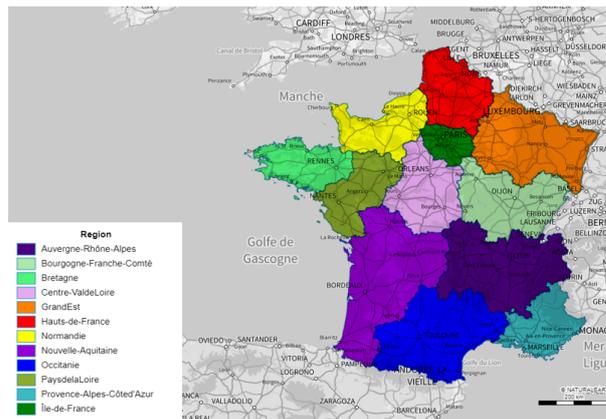


FIGURE 2.7 – Carte des régions présentes au sein du portefeuille

1. Selon les correspondances entre régions et départements, disponibles ci-après : <https://www.regions-departements-france.fr/>

2.1.4.3 Données manquantes :

Les données manquantes correspondent à une absence d'observations pour une variable donnée. Celles-ci ne doivent pas être ignorées ou négligées et doivent être traitées selon leur proportion au sein du jeu de données et leur type.

Dans le cas de nos données, aucune valeur manquante n'est à signaler.

2.1.4.4 Valeurs aberrantes :

La présence de données extrêmes, aussi appelée grands sinistres, peut fausser la tarification si elles ne sont pas détectées et traitées à part.

Sur nos données de prestations, les montants de frais réels pour la garantie **diététicien** sont distribués comme suit :

Min	1er Quartile	Médiane	Moyenne	3e Quartile	Max
5	32	40	40,66	50	175,6

TABLE 2.5 – Distribution des frais réels pour la garantie diététicien

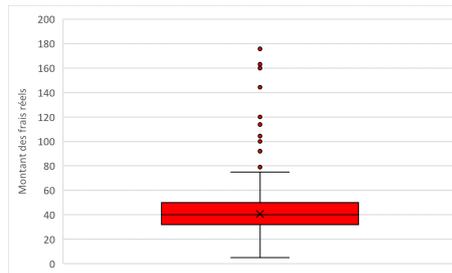


FIGURE 2.8 – Boxplot des montants de frais réels pour la garantie diététicien

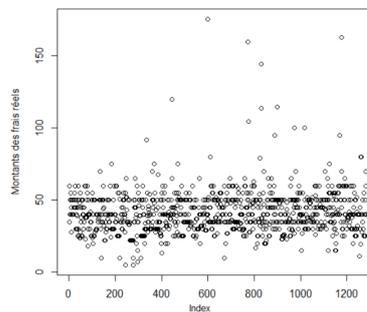


FIGURE 2.9 – Nuage de points des montants de frais réels pour la garantie diététicien

Nous remarquons sur les deux graphiques précédents que quelques observations s'écartent de la distribution normale des autres valeurs.

Etant donné que seulement 1,01% des données dépassent le seuil des 80 euros, il a été décidé de ne pas les traiter à part.

En ce qui concerne la garantie **ostéopathe**, le même raisonnement a été appliqué.

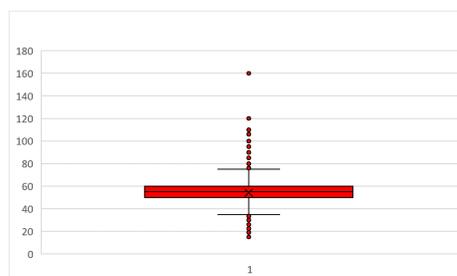


FIGURE 2.10 – Boxplot des montants de frais réels pour la garantie ostéopathe

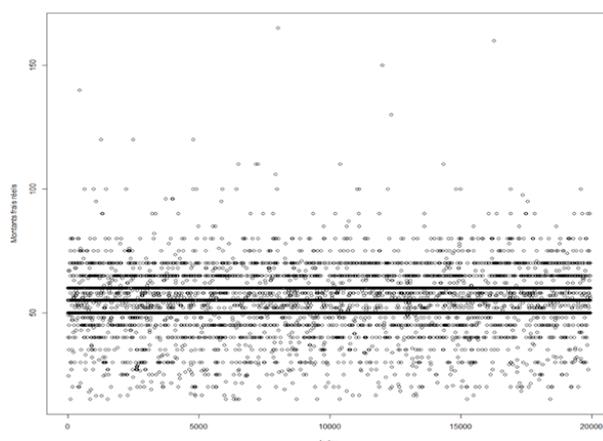


FIGURE 2.11 – Nuage de points des montants de frais réels pour la garantie ostéopathe

Ainsi, en ayant 1,3 % des données dépassant le seuil de 75 euros, il a été décidé de ne pas les traiter à part.

Base garantie cure thermique :

Pour la garantie cure thermique, le même traitement que celui détaillé ci-dessus a été appliqué. Les explications étant similaires, la construction de la base ne sera pas détaillée pour la garantie cure thermique.

Aucune valeur manquante n'est à signaler.

Concernant les valeurs aberrantes, les frais réels sont distribués comme suit :

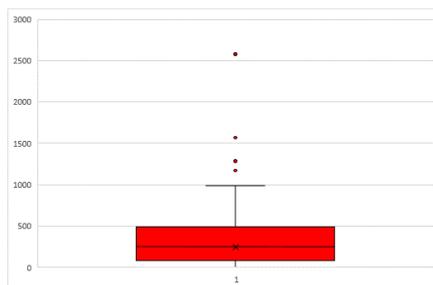


FIGURE 2.12 – Boxplot des montants de frais réels pour la garantie cure thermique

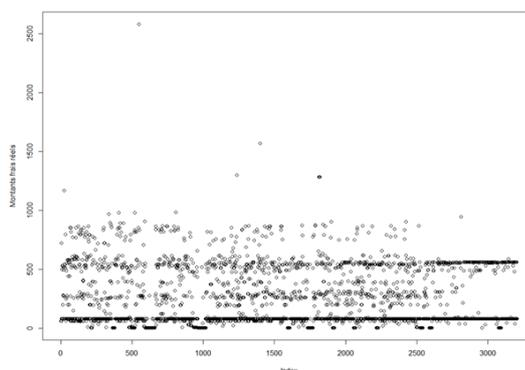


FIGURE 2.13 – Nuage de points des montants de frais réels pour la garantie cure thermique

Dans ce cas, 0,39 % des données seulement dépassent le seuil de 1 000 euros et donc aucun traitement n'a été réalisé.

2.2 Apport de données externes liées aux Seniors vivant à domicile

Aujourd'hui, de plus en plus d'acteurs publics et privés ont recours à des données externes en libre accès sur internet *Open Data*. L'intérêt derrière cette démarche est d'éventuellement compléter leurs données internes et d'explorer de nouveaux périmètres.

Durant ces dernières années, l'Etat a mis plusieurs jeux de données en libre accès, dont certains sur le grand âge et l'autonomie et notamment les enquêtes CARE : Capacités, Aides et REssources des seniors.

Nous avons recours dans le cadre de notre étude à des données externes issues d'enquêtes statistiques, afin d'enrichir notre nouveau produit et tarifer de nouvelles prestations : une garantie téléassistance et une garantie service d'aide-ménagère.

2.2.1 Enquête CARE-Ménages

Depuis le débat national en 2011 sur la dépendance, un manque d'information a été soulevé quant aux aides humaines, techniques et financières mobilisées à ce jour, et les besoins non satisfaits des seniors.

Afin d'enrichir les systèmes d'informations et répondre aux nombreuses interrogations sur cette problématique, les enquêtes Capacités, Aides et REssources des seniors (CARE) ont été réalisées par la Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (DREES), avec le soutien de la Caisse Nationale de Solidarité pour l'Autonomie (CNSA).

Une première enquête CARE-MÉNAGES a été réalisée de mai à octobre 2015, auprès des seniors vivant à leur domicile.

Une deuxième enquête CARE-INSTITUTIONS a été réalisée de septembre à décembre 2016, auprès des seniors vivant dans des institutions pour personnes âgées.

Dans le cadre de notre étude, nous nous intéressons uniquement aux résultats de l'enquête **CARE-MÉNAGES**. [9]

2.2.2 Présentation de l'enquête

Lancée du 02/05/2015 au 30/09/2015 par la DREES et en collaboration avec l'INSEE, cette enquête a été réalisée auprès de 15 000 ménages comptant au moins une personne de plus de 60 ans.

Celle-ci comporte deux principaux volets : un volet « Senior » pour lequel les questions sont posées aux seniors vivant à domicile et un volet « Aidant » pour lequel c'est l'entourage qui est interrogé.

L'enquête a trois principaux objectifs :

- Caractériser les personnes rencontrant des difficultés quotidiennes à la suite de problèmes de santé ou du fait de leur âge avancé.
- Déterminer les aides professionnelles que les seniors reçoivent, les équipements dont ils disposent et ceux dont ils auront besoin.
- Déterminer l'implication de l'entourage dans la vie du senior.

2.2.3 Échantillonnage

L'enquête CARE Ménages est constituée d'individus âgés de 60 ans et plus au 02/05/2015, qui vivaient au sein d'un ménage ordinaire en France métropolitaine lors de la collecte de l'enquête VQS (Vie quotidienne et santé) de 2014, et qui n'ont pas déménagé entre cette enquête et l'enquête CARE-Ménages.

Parmi les 81 000 personnes ayant répondu à l'enquête VQS, 15 000 ont été sélectionnées pour répondre à l'enquête CARE-Ménages (une seule personne par foyer) et 10 268 ont effectivement répondu. L'absence de réponse a été modélisée dans le cadre de l'enquête pour corriger le poids des seniors répondants, et pouvoir représenter également les non-répondants situés dans le champ de l'enquête. [9]

2.2.4 Les données brutes INSEE/DREES

Plusieurs tables de données nous ont été communiquées.

Dans le cadre de notre étude, seules les données des tables «Seniors», «TCM-IND» et « FMEN » vont être utilisées. Elles sont décrites ci-après :

- Table SENIORS : contient 10 628 lignes (une ligne par répondant) et regroupe l'ensemble des informations relatives aux seniors interrogés lors de l'enquête, notamment sur des difficultés d'accessibilité au logement, commerces et services, les aides humaines et techniques dont ils bénéficient, les dépenses, les limitations, etc.
- Table TCM-IND : fait partie des 12 autres tables venant compléter les données de la table SENIORS. Elle contient 17 810 observations et contient un tronc commun d'informations sur les individus, notamment leurs activités antérieures, leur âge, des informations sur leurs parents, leurs conjoints, leurs enfants et les habitants de leurs logements.
- Table FMEN : fait aussi partie des 12 autres tables venant compléter les données de la table SENIORS. Elle contient 1 122 observations d'individus ayant une aide ménagère.

2.2.4.1 Téléassistance

La téléassistance est un dispositif permettant de vivre en toute sécurité, le plus longtemps possible au sein de son domicile.

En cas de chute, malaise ou crise, un clic sur le bouton du bracelet ou médaillon mis à disposition des assurés permet d'alerter un chargé d'assistance, qui va prévenir les proches ou les secours selon la nécessité. De plus, une option de passer des appels de convivialité afin d'échanger avec des conseillers, leur permettant d'être rassuré et de se sentir moins seul est aussi disponible.

Afin de proposer une garantie Téléassistance au sein de notre nouveau produit, nous avons exploité les variables suivantes de la table Seniors :

- ♣ Atal : comprenant la réponse à la question suivante : « Disposez-vous d'une téléalarme ou d'un système de téléassistance, qui vous permet de prévenir quelqu'un à distance en cas de malaise ou de chute dans votre logement ? »
- ♣ ATALBEW : comprenant la réponse à la question suivante : « Pourquoi n'avez-vous pas de téléalarme ? », avec les propositions de réponses suivantes : Vous ne savez pas comment l'installer ; Vous ne savez pas où et comment l'obtenir ; Ça coûte trop cher ; Vous ne voulez pas être surveillé ; Vous ne savez pas qui vous pourriez prévenir ou Pour une autre raison.
- ♣ ATALC : comprenant la réponse à la question suivante : « En moyenne, combien déboursez-vous pour votre téléalarme par semaine, mois, trimestre, semestre ou année ? »
- ♣ ATAL-A : Variable calculée à partir de ATALC, comprenant le Coût annuel de la téléalarme.

Nous avons joint à ces variables la variable Age de la table TCM-IND, qui renseigne l'âge du senior.

2.2.4.1.1 Statistiques descriptives sur le besoin d'un système de téléassistance chez les Seniors

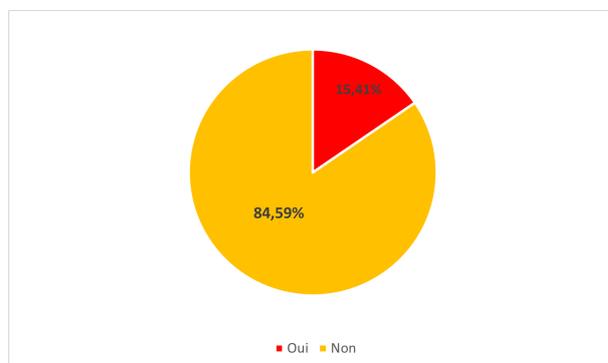


FIGURE 2.14 – Réponse à la question : « Disposez-vous d'une téléalarme ou d'un système de téléassistance, qui vous permet de prévenir quelqu'un à distance en cas de malaise ou de chute dans votre logement ? »

Sur la base des 10 623 réponses à la question, 15.41 % seulement déclarent avoir un système de téléalarme.

Nous remarquons ainsi que malgré l'utilité d'un tel dispositif, la majorité des seniors n'en disposent pas.

Afin de connaître les raisons derrière, nous analysons la réponse à la question « Pourquoi n'avez-vous pas de téléalarme ? ».

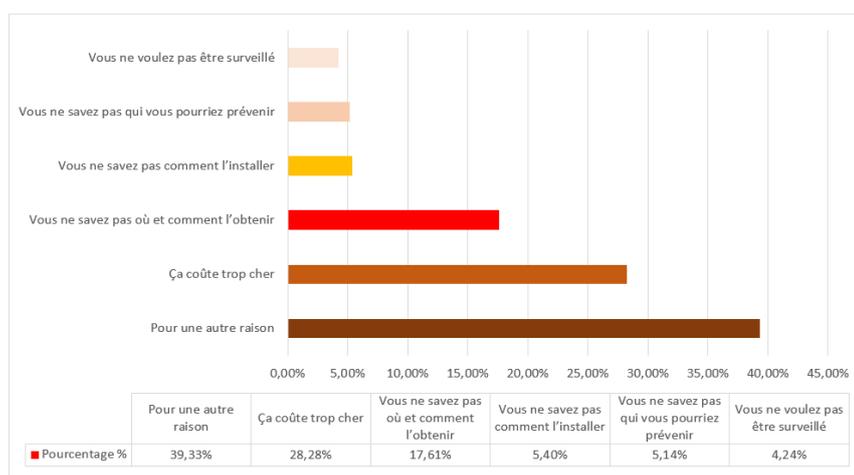


FIGURE 2.15 – Réponses à la question : « Pourquoi n'avez-vous pas de téléalarme ? »

Il s'avère que le non-recours au service de téléassistance provient majoritairement d'un manque d'information ou de sensibilisation sur l'importance d'un tel dispositif (

28.15 % des réponses), et d'un coût élevé pour les ménages (28.28 % des réponses). Parmi les raisons qui sont le plus revenues dans la réponse : " Pour une autre raison ", nous retrouvons :

- La demande est en cours.
- La personne ignore comment marche un tel système ou ne sait pas qu'il existe.
- La personne envisage d'en avoir un, mais pas dans l'immédiat.
- La personne pense ne pas en avoir besoin, car n'en voit pas l'utilité.

2.2.4.1.2 Statistiques descriptives sur le coût de la téléassistance chez les Seniors

Sur la base de la variable ATAL-A qui comprend le coût annuel de la téléassistance, des valeurs aberrantes ont été remarquées, s'écartant du reste des observations et ne reflétant pas forcément les coûts réels auxquels nous pourrions nous attendre. Ces coûts ne représentant que 1,7% des observations, nous avons décidé de les retirer, pour ne pas biaiser notre étude.

Afin de visualiser la répartition du coût annuel, nous traçons le graphique ci-dessous :

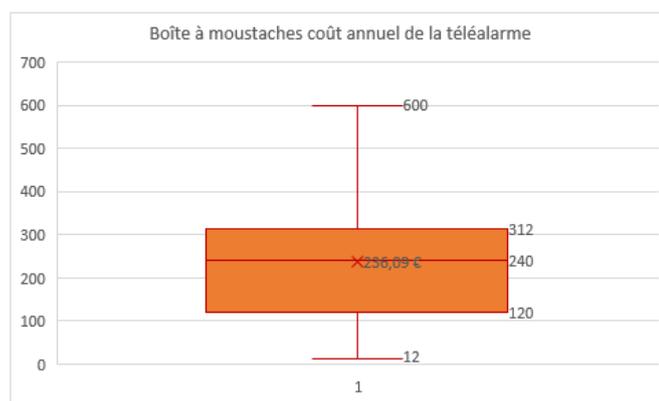


FIGURE 2.16 – Coût annuel de la téléalarme

La moyenne est de 236,09 € par an et l'écart type est de 127,35€, ce qui signifie que la distribution est très dispersée autour de la moyenne. Nous pouvons expliquer ceci par le peu d'observations dont nous disposons dans notre cas.

2.2.4.2 Service d'aide à domicile

L'avancé en âge rend certaines tâches plus difficiles à réaliser, notamment l'entretien de la maison. Il s'avère donc important d'avoir une aide-ménagère, afin de profiter sereinement de son cadre de vie et conserver ses habitudes.

L'aide à domicile permet d'effectuer plusieurs tâches du quotidien, comme l'aide pour les repas, le ménage, le linge, les courses, etc. De plus, au-delà du service rendu, sa

présence rassurante permettra aux seniors vivants seuls d’avoir de la visite et un lien social, pour se sentir moins isolés.

En vue de proposer un service d’aide ménagère au sein de notre nouveau produit, nous avons exploité les variables suivantes de la table FMEN :

- ♣ AHFMAID : comprenant la réponse à la question suivante : « Quelle(s) activité(s) votre femme de ménage fait-elle habituellement ? »

Variable	Activité
AHFMAID_1	Ménage
AHFMAID_2	Préparer le repas
AHFMAID_3	Laver le linge
AHFMAID_4	Les courses

TABLE 2.6 – Les activités correspondants à chaque variable.

- ♣ AHFMFQ : comprenant la réponse à la question suivante : « En moyenne à quelle fréquence vient-il/elle chez vous ? »
- ♣ AHFMNBH_M : comprenant la réponse à la question suivante : « En moyenne, combien d’heures passe-t-il/elle ? (par mois) »
- ♣ AHFMCOU : comprenant la réponse à la question suivante : « Combien le/la payez-vous par heure, semaine ou mois ? »

Nous avons joint à ces variables la variable Age de la table TCM-IND, qui renseigne sur l’âge du senior.

2.2.4.2.1 Statistiques descriptives sur le besoin d’une aide à domicile pour les Seniors

Sur la base des 10 628 répondants à l’enquête, seuls 10,56 % ont déclaré avoir une aide-ménagère. Nous analysons par la suite les réponses des personnes ayant recours à ses services.

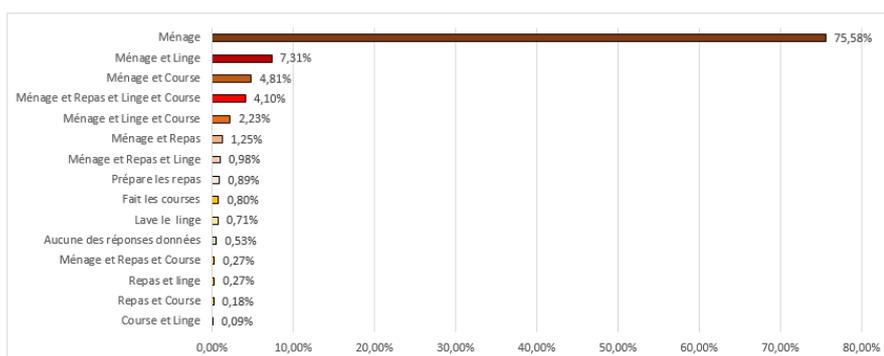


FIGURE 2.17 – Réponses à la question : « Quelle(s) activité(s) votre femme de ménage fait-elle habituellement ? »

Nous remarquons que l'activité principale faite par l'aide à domicile est le **ménage**. Les autres tâches sont visiblement secondaires, faites la plupart du temps en plus des tâches ménagères.

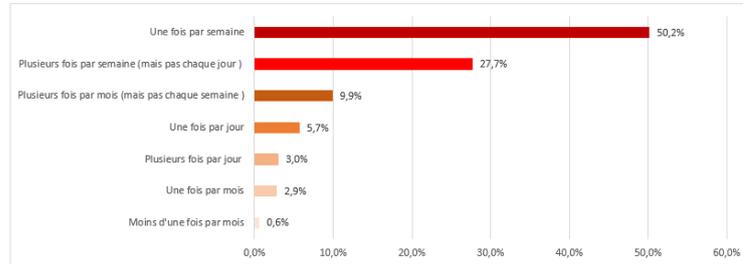


FIGURE 2.18 – Réponses à la question : « En moyenne à quelle fréquence vient-il/elle chez vous ? »

La plupart des répondants (86,6%) ont une femme de ménage qui vient au moins une fois par semaine. C'est donc un service dont les seniors ont besoin régulièrement.

2.2.4.2.2 Statistiques descriptives sur le coût horaire d'une femme de ménage

Sur la base des coûts horaires renseignés par les individus de l'enquête, nous traçons un graphique sur la distribution du coût horaire, présenté ci-dessous :

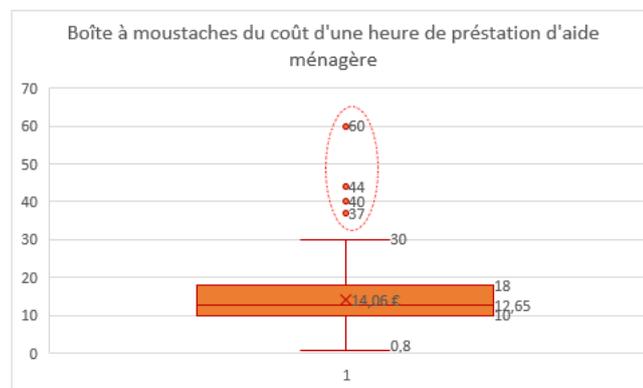


FIGURE 2.19 – Coût horaire d'une prestation femme de ménage

La moyenne est de 14,06 € par heure et l'écart type est de 6,07.

Quatre valeurs semblent être extrêmes au vu de la distribution : 37, 40, 44 et 60.

Toutefois, celles-ci nous paraissent comme possibles en réalité, nous décidons alors de les garder.

Chapitre 3

Tarification du produit

3.1 Principe de la tarification santé

La tarification est un processus qui consiste à calculer le montant que va payer l'assuré pour être couvert par l'assureur sur un risque donné. En effet, la couverture à laquelle a droit un assuré et la prime qu'il paye dépendent du niveau de risque et ses nombreux critères.

La tarification en santé se fait classiquement selon la décomposition fréquence/coût moyen, qui nous donne la prime pure de la manière suivante :

$$Prime\ Pure = Fréquence \times Coût\ Moyen \quad (3.1)$$

Tel que :

- Fréquence : nombre moyen de fois où l'acte étudié est consommé par an

$$Fréquence = \frac{Nombre\ d'actes}{Exposition} \quad (3.2)$$

- Coût moyen : coût moyen de l'acte étudié.

$$Coût\ Moyen = \frac{\min(Frais\ réels; Plafond)}{Nombre\ d'actes} \quad (3.3)$$

Le principe est de modéliser le risque pour chaque garantie, et obtenir la prime pure associée à cette garantie.

Par la suite, la prime pure globale du contrat n'est autre que la somme des primes pures de chaque garantie, car les garanties sont non corrélées et ne partagent, notamment, pas de plafond commun.

La fréquence et le coût moyen dépendent des caractéristiques des assurés, telles que l'âge, le sexe et la formule de garantie choisie. Ainsi, le but de la tarification est de modéliser la fréquence et le coût moyen en fonction des variables explicatives représentant les caractéristiques des assurés.

3.2 Modèle coût moyen \times fréquence

3.2.1 La théorie des modèles linéaires généralisés (GLM)

3.2.1.1 Le modèle de régression classique :

Avant de présenter le modèle linéaire généralisé, il convient de comprendre le modèle de régression classique.

L'objectif d'une régression linéaire est de pouvoir expliquer une variable aléatoire Y , en fonction de variables aléatoires X_i ; tel que Y et X_i définis sur un espace probabilisé $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$.

Le modèle statistique s'écrit sous la forme :

$$Y = \sum_{i=1}^n \beta_i X_i + \epsilon \quad (3.4)$$

Avec :

- Y : La variable à expliquer ou la variable réponse, que l'on observe.
- X_i : Les n variables explicatives, réelles et aléatoires.
- β_i : Les paramètres inconnus du modèle, non observés et qui sont donc à estimer par des méthodes statistiques.
- ϵ : Le terme d'erreur qui provient de l'écart entre l'observation de la variable réponse et son estimation, qui est une variable aléatoire et pour lequel nous avons les hypothèses suivantes :
 1. $E(\epsilon) = 0$;
 2. $\text{Var}(\epsilon) = \sigma^2$.

Le modèle de régression est gaussien lorsque le terme d'erreur ϵ suit une loi normale d'espérance nulle et de variance constante égale à σ^2 .

3.2.1.2 Le modèle linéaire généralisé :

Pour de nombreuses applications, la variable à prédire Y est à valeur dans des sous-ensemble de \mathbb{R} . Or, le support du modèle de régression linéaire classique est dans \mathbb{R} entier, ce qui n'est donc pas adapté dans de nombreux cas. Nous faisons donc appel au modèle linéaire généralisé.

Ce dernier se distingue du modèle linéaire classique par les trois composantes suivantes :

- Une composante aléatoire :

Il s'agit de la loi de probabilité que suit la variable à expliquer Y . D'après le modèle, celle-ci devra être une loi appartenant à la famille exponentielle.

La densité f_Y d'une loi appartenant à la famille exponentielle est de la forme :

$$f_{\theta, \phi}(y) = \exp\left(\frac{y\theta - b(\theta)}{a(\phi)} + c(y, \phi)\right) \quad (3.5)$$

Avec : a(), b() et c() des fonctions, θ le paramètre de la famille exponentielle et ϕ le paramètre de dispersion.

- Une composante déterministe :
Cette composante associe à chaque observation un prédicteur linéaire η_i , sous forme de combinaison linéaire des variables explicatives.

$$\eta_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i,1} + \dots + \beta_p x_{i,n} \quad (3.6)$$

- Une fonction de lien g :
Elle permet de définir la relation entre la composante aléatoire et le prédicteur linéaire, tel que :

$$g(E(Y|X)) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_n \quad (3.7)$$

Le tableau ci-dessous regroupe quelques exemples de GLM fréquemment utilisés [10] :

Loi	Support	Fonction de lien	Expression du modèle
Normale	\mathbf{R}	$g(x)=x$	$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i,1} + \dots + \beta_p x_{i,n} + \epsilon$
Bernouilli	$\{0,1\}$	$g(x) = \ln\left(\frac{x}{1-x}\right)$	$y_i = (1 + \exp(-[\beta_0 + \beta_1 x_{i,1} + \dots + \beta_p x_{i,n} + \epsilon]))^{-1}$
Poisson	\mathbf{N}	$g(x) = \ln(x)$	$y_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 x_{i,1} + \dots + \beta_p x_{i,n} + \epsilon)$
Gamma	\mathbf{R}^+	$g(x) = \frac{1}{x}$	$y_i = (\beta_0 + \beta_1 x_{i,1} + \dots + \beta_p x_{i,n} + \epsilon)^{-1}$

TABLE 3.1 – Expression de modèles GLM fréquemment utilisés.

3.2.1.3 Les distributions de la famille exponentielle :

Nous allons présenter les quatre distributions de la famille exponentielle qui nous concernent dans notre étude : Poisson, Binomiale-Négative, Gamma et Log-Normale.

Modélisation du nombre de sinistres :

- **La loi poisson :**

La loi de poisson permet de modéliser une variable de comptage. C'est la loi des évènements rares (avec une faible probabilité d'occurrence), et qui est sans mémoire.

Sa **fonction densité** est de la forme suivante :

$$P(Y = y) = \exp(-\lambda) \frac{\lambda^y}{y!} \quad (3.8)$$

Avec Y une variable aléatoire qui suit une loi de Poisson de paramètre λ , et qui est à valeur dans \mathbf{N} .

Cette loi vérifie la relation suivante :

$$E[X] = Var[X] = \lambda \quad (3.9)$$

Elle appartient à la famille exponentielle, avec les paramètres et fonctions suivantes :

- $\theta = \ln(\lambda)$
- $b(\theta) = \exp(\theta)$
- $\phi = 1$
- $a(\phi) = 1$
- $c(y, \phi) = -\ln(y!)$

Avec cette loi de poisson, le nombre de sinistres va être modélisé avec un modèle linéaire généralisé, ayant comme fonction de lien : La fonction logarithmique $g(x) = \ln(x)$.

• **La loi Binomiale-Négative :**

Le modèle de régression basé sur une loi binomiale négative prend en compte la sur-dispersion induite par le modèle de Poisson. Cette loi est un mélange d'une loi gamma et d'une loi de Poisson.

En effet, grâce à un paramètre γ_i , la sur-dispersion est prise en compte en faisant introduire une hétérogénéité dans l'espérance conditionnelle de la loi Poisson.

Nous avons :

$$Y_i | X_i, \gamma_i \sim \mathcal{P}(\mu_i \gamma_i)$$

et

$$\gamma_i \sim \mathcal{G}(1, \frac{1}{\theta})$$

Alors la distribution de la loi marginale est définie comme suit :

$$Y_i | X_i \sim \mathcal{BN}(\mu_i, \frac{1}{\theta^2})$$

La distribution de la loi Binomiale-Négative est définie par la fonction densité :

$$f(y_i | x_i) = \frac{\Gamma(y_i + \theta)}{\Gamma(y_i + 1)\Gamma(\theta)} \left(\frac{\theta}{\theta + \mu_i}\right)^{\theta} \left(\frac{\mu_i}{\theta + \mu_i}\right)^{y_i} \quad (3.10)$$

où les deux premiers moments de cette loi sont :

- $E[Y_i | X_i] = \mu_i$
- $Var[Y_i | X_i] = (1 + \frac{\mu}{\theta}\mu_i)\mu_i = \phi E[Y_i | X_i]$ où : ϕ : le paramètre de dispersion.

Modélisation du coût moyen des sinistres :

- **La loi gamma :**

La loi gamma permet de modéliser des phénomènes de durée, où le temps est une variable réelle positive.

Sa **fonction densité** est de la forme suivante :

$$f_{r,\alpha}(y) = \frac{\alpha^r}{\Gamma(r)} y^{r-1} \exp(-\alpha y) \quad (3.11)$$

Avec :

$$\Gamma(x) = \int_0^\infty e^{-u} u^{x-1} du \quad (3.12)$$

Elle appartient à la famille exponentielle, avec les paramètres et fonctions suivantes :

- $\theta = -\alpha$
- $b(\theta) = -\ln(-\theta)$
- $\phi = 1$
- $a(\phi) = 1$
- $c(y, \phi) = (r-1)\ln(y) - \ln(\Gamma(\alpha))$

Avec cette loi gamma, le coût moyen des sinistres va être modélisé avec un modèle linéaire généralisé, ayant comme fonction de lien : La fonction inverse $g(x) = \frac{1}{x}$. Néanmoins, il est fréquent d'utiliser une fonction de lien logarithmique afin d'avoir une forme multiplicative, pour simplifier l'interprétation du modèle et de ses coefficients.

- **La log-normale :**

La loi log-normale permet de modéliser une variable définie sur \mathbf{R}^+ , contrairement à la loi normale qui est définie sur \mathbf{R} .

Elle est utilisée lorsque les observations résultent de la multiplication d'un grand nombre d'autres facteurs indépendants.

Sa **fonction densité** est de la forme suivante :

$$f_{\mu,\alpha}(y) = \frac{1}{y\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln(y) - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (3.13)$$

La loi log-normale n'appartient pas à une famille exponentielle. Ainsi, nous ajustons le modèle GLM sur $\ln(Y)$, qui suit une loi normale de paramètres μ et σ^2 .

3.2.2 Modèles de régression à inflation de zéros :

Une variable de comptage est souvent modélisée par une loi de Poisson. Or, cette loi est basée sur une hypothèse forte d'équidispersion des données, en ayant une espérance égale à la variance, qui n'est pas toujours vérifiée.

Ainsi, il convient de porter une attention particulière au phénomène de surdispersion de données suite à la présence d'une grande proportion de zéros dans les données de comptage.

Pour prendre en compte ce phénomène dans la modélisation, plusieurs modèles ont été proposés dans la littérature, notamment, **le modèle à inflation de zéros**, qui combine une distribution dégénérée de zéros et une distribution de comptage d'une loi standard comme la loi de poisson ou la loi binomiale négative.[11]

Le modèle modifié en zéro est basé sur deux processus :

- Une loi Bernoulli, qui modélise dans notre cas, si le bénéficiaire a consommé l'acte ou non avec une probabilité π_i .
- Une loi Poisson ou Binomiale négative pour le nombre d'actes consommés.

3.2.3 Le modèle ZIP : Zero Inflated Poisson

Soit Y_i une variable de comptage positive, la distribution du modèle modifié en zéro d'une loi de Poisson de paramètre λ_i est définie comme suit :

$$P(Y_i = y_i) = \begin{cases} \pi_i + (1 - \pi_i)\exp(-\lambda_i) & \text{si } y_i = 0 \\ (1 - \pi_i)\exp(-\lambda_i) \frac{\lambda_i^{y_i}}{y_i!} & \text{si } y_i \in \mathbb{N}^* \end{cases} \quad (3.14)$$

Avec :

- π_i : la probabilité d'inflation zéro.
- $1 - \pi_i$: la probabilité de suivre une loi de Poisson.

L'espérance et la variance du modèle sont définies comme suit :

$$E(Y_i) = (1 - \pi_i)\lambda_i \quad (3.15)$$

$$Var(Y_i) = (1 - \pi_i)\lambda_i(1 + \pi_i\lambda_i) \quad (3.16)$$

Nous retombons bien sur une loi de Poisson lorsque la probabilité π_i est nulle.

3.2.4 Le modèle ZINB : Zero Inflated Negative Binomial

Soit Y_i une variable de comptage positive, la distribution du modèle modifié en zéro d'une binomiale négative de paramètres λ_i et α est définie comme suit :

$$P(Y_i = y_i) = \begin{cases} \pi_i + (1 - \pi_i)\left(\frac{1}{1 + \alpha\lambda_i}\right)^\alpha & \text{si } y_i = 0 \\ (1 - \pi_i) \frac{\Gamma(y_i + \frac{1}{\alpha})}{\Gamma(\frac{1}{\alpha})y_i!} \left(\frac{\lambda_i\alpha}{1 + \lambda_i\alpha}\right)^{y_i} \left(\frac{1}{1 + \lambda_i\alpha}\right)^{\frac{1}{\alpha}} & \text{si } y_i > 0 \end{cases} \quad (3.17)$$

Avec :

- π_i : la probabilité d'inflation zéro.
- α : un paramètre de surdispersion.

L'espérance et la variance du modèle sont définies comme suit :

$$E(Y_i) = (1 - \pi_i)\lambda_i \quad (3.18)$$

$$Var(Y_i) = (1 - \pi_i)\lambda_i(1 + (\pi_i + \alpha)\lambda_i) \quad (3.19)$$

Le modèle ZINB tend vers le modèle ZIP lorsque α tend vers zéro, comme dans le cas des modèles de Poisson et Binomial Négatif.

3.2.5 Les critères de choix du modèle

L'objectif de la modélisation par le biais des GLM est de retranscrire le plus fidèlement la variable à expliquer. Il est donc primordial de bien choisir la loi du modèle et les variables explicatives les plus appropriées. Ainsi, des critères de mesure et de comparaison de modèles existent, dont les plus couramment utilisés seront introduits par la suite.

3.2.5.1 La déviance :

La déviance est une « distance » entre le modèle ajusté par maximum de vraisemblance et le modèle « parfait ». Plus la déviance est faible et la vraisemblance est proche de 1, meilleur est le modèle qui s'ajuste aux données.

Elle est définie comme suit :

$$D = 2(\log(L(y, y, \phi)) - \log(L(y, \mu, \phi))) \quad (3.20)$$

Avec :

- $\log(L(y, y, \phi))$ le log vraisemblance du modèle « parfait ».
- $\log(L(y, \mu, \phi))$ le log vraisemblance du modèle calibré.

Toutefois, force est de constater que tout comme le R^2 dans le cas de la régression linéaire classique, la déviance est sensible au nombre de variables explicatives, et donc favorise le sur-apprentissage et les modèles complexes.

Elle est donc à utiliser pour comparer des modèles avec le même nombre de variables explicatives, et non pas dans le cadre de sélection de variables significatives.

3.2.5.2 Les critères AIC et BIC :

Ces indicateurs permettent d'apporter au niveau du maximum de vraisemblance, une pénalisation par le nombre important de variables explicatives du modèle, pouvant favoriser le sur-apprentissage.

Ceci laisse donc place à un compromis entre la complexité liée au nombre de paramètres à estimer et la qualité du modèle liée à l'information supplémentaire apportée par de nouvelles variables.

L'AIC et le BIC sont définies comme suit :

- AIC : Akaike Information Criterion

$$AIC = -2\log(L) + 2p \quad (3.21)$$

— BIC : Bayesian Information Criterion

$$BIC = -2\log(L) + \log(n)p \quad (3.22)$$

avec :

- $\log(L)$ la log vraisemblance
- p le nombre de paramètres du modèle
- n le nombre d'observations

Plus l'AIC/BIC est faible, meilleur sera le modèle.

3.2.5.3 L'erreur quadratique moyenne (RMSE) :

La RMSE correspond à la racine carrée de la moyenne des écarts au carré entre une valeur prédite et une valeur observée. Elle permet de quantifier la puissance prédictive d'un modèle.

Le modèle est souvent calibré sur une base d'apprentissage, et la prédiction faite sur une base test.

La RMSE est définie comme suit :

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (y_k - \hat{y}_k)^2} \quad (3.23)$$

avec :

- y_k la valeur observée pour un individu k
- \hat{y}_k la valeur prédite pour un individu k
- n le nombre d'observations de la base test

Le meilleur modèle à retenir est celui avec une valeur de RMSE la plus faible.

3.2.6 Constitution d'une base d'apprentissage et d'une base de test

La base de données est segmentée en deux bases :

- Une base d'apprentissage : permettant de construire et de calibrer le modèle.
- Une base test : permettant de comparer entre les modèles et tester leurs qualités prédictives.

Pour notre étude, nous divisons aléatoirement nos deux bases avec une répartition de 80% pour la base d'apprentissage et 20% pour la base de test.

3.2.7 L'étude des liaisons entre les variables explicatives

Parmi les hypothèses d'un GLM se trouve l'indépendance des prédicteurs. En effet, une multicolinéarité entre les variables explicatives peut introduire un biais dans l'estimation des coefficients du modèle.

Ainsi, il est primordial d'évaluer l'intensité des liaisons entre les variables avant de réaliser un modèle. Nous utiliserons pour cela le V de Cramer, adapté aux variables catégorielles.

Prérequis sur le test d'indépendance du χ^2 :

Le test d'indépendance du χ^2 permet de déterminer l'existence d'une liaison entre deux variables catégorielles ou pas.

L'idée derrière ce test est de quantifier l'écart entre les valeurs observées et les valeurs théoriques, en utilisant un tableau de contingence, qui permet de calculer la statistique, et de la comparer au fractile de la loi $\chi^2_{1-\alpha}$.

Soit X et Y deux variables catégorielles, ayant respectivement p et q modalités, le tableau de contingence se présente comme suit :

	Y ₁	...	Y _k	...	Y _q	Total
X ₁	n _{1,1}	...	n _{1,k}	...	n _{1,q}	n _{1,.}
.
.
.
.
.
X _i	n _{i,1}	...	n _{i,k}	...	n _{i,q}	n _{i,.}
.
.
.
.
.
Total	n _{,1}	...	n _{,k}	...	n _{,q}	n _{,.}

TABLE 3.2 – Tableau de contingence

Tel que :

- p : nombre de modalités de la variable X
- q : nombre de modalités de la variable Y
- $n_{i,k}$: nombre d'observations avec modalité i de la variable X et la modalité k de la variable Y.
- $n_{i, .} = \sum_{k=1}^q (n_{i,k})$
- $n_{.,k} = \sum_{i=1}^p (n_{i,k})$

Nous avons la statistique :

$$\chi^2 = \sum_{i,k} \frac{(n_{i,k} - \frac{n_{i, .} n_{.,k}}{n})^2}{\frac{n_{i, .} n_{.,k}}{n}} \quad (3.24)$$

Nous comparons cette statistique au fractile de la loi khi deux : $\chi^2_{p-1, q-1}$. Si elle est inférieure au fractile, alors l'hypothèse H0 d'indépendance n'est pas rejetée.

Le V de Cramer :

Le V de Cramer est un indicateur couramment utilisé afin de mesurer l'intensité des liaisons entre les variables qualitatives.

La statistique V de Cramer est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2/n}{\min(p-1, q-1)}} \quad (3.25)$$

L'avantage d'utiliser cet indicateur à la place de la statistique du test d'indépendance du χ^2 est qu'il permet de normaliser cette statistique, afin d'avoir une mesure comprise entre 0 et 1, facilement interprétable.

Plus la valeur est proche de 1, plus la corrélation est forte entre les variables.

3.2.8 La sélection des variables explicatives

La sélection de variables est un processus qui permet de déterminer le meilleur sous modèle d'un modèle complet, en identifiant la combinaison de variables explicatives la plus pertinente.

L'objectif est de garder un modèle avec un nombre pas très conséquent de covariables, car celles-ci seront difficiles à interpréter et complexifieront le modèle, et pas un nombre insuffisant non plus, pour ne pas perdre l'information et avoir de moins bons prédicteurs.

Ainsi, plusieurs méthodes existent pour la sélection de variables, nous en citons les plus utilisées :

— **Méthode exhaustive :**

Cette méthode permet de parcourir toutes les combinaisons possibles : 2^p modèles possibles, en conservant le meilleur modèle sur la base d'un critère choisi. L'inconvénient de cette méthode est que si le nombre de covariables p est important, il n'est pas possible de parcourir tous les 2^p modèles en termes de temps de calcul. Nous privilégions dans ce cas-là les méthodes pas à pas qui permettent de retrouver un bon modèle plus rapidement.

— **Méthodes pas à pas :**

• **Sélection en avant "Forward" :**

Le point de départ du modèle est l'intercept, puis nous rajoutons de proche en proche les variables les plus significatives, permettant d'améliorer la qualité du modèle selon un critère donné.

L'inconvénient de cette méthode est qu'elle pourrait sélectionner un modèle avec des variables non significatives.

• **Sélection en arrière "Backward" :**

Nous appliquons la méthode inverse de la procédure "Forward". Le point de départ est le modèle complet, puis nous retirons une à une les variables les moins significatives (sur la base du test de Student). Le processus s'arrête lorsque toutes les variables du modèle sont significatives.

• **Sélection mixte "Stepwise" :**

Semblable à une procédure "Forward", la méthode "Stepwise" permet d'intercaler une étape "Backward" dans l'algorithme "Forward" afin de pouvoir

éliminer après chaque rajout de variable, une variable qui s'avère ne plus être significative.

Par la suite, nous faisons le choix d'utiliser la méthode "Backward" dans notre étude.

3.2.9 Validation du modèle : Analyse des résidus

L'analyse des résidus permet d'assurer la cohérence et la validité du modèle choisi.

Les résidus permettent de mesurer l'écart entre les valeurs observées et les valeurs prédites.

Dans le cas d'une régression linéaire classique, les résidus doivent respecter trois conditions : ils doivent être indépendants, identiquement distribués selon la loi normale centrée en 0 et homoscédastiques.

Dans le cas d'un modèle GLM, la normalité et la variance constante ne sont pas des hypothèses de base du modèle.

Il convient alors dans ce cas d'analyser les résidus principalement sur la base d'un graphique permettant d'évaluer si l'écart est aléatoire, proche de 0 et sans valeurs aberrantes.

Les deux principaux résidus utilisés sont : les résidus de Pearson et les résidus de déviance. Ces derniers sont normalisés en les divisant par leurs écarts-types.

- **Les résidus de Pearson :**

Ces résidus correspondent à la distance entre la valeur observée et la valeur prédite, rapportée à l'écart type estimé du modèle.

$$r_{Pi} = \frac{(y_i - \hat{y}_i)}{\hat{\sigma}_i} \quad (3.26)$$

- **Les résidus de Déviance :**

Ces résidus permettent d'apprécier l'apport de chaque observation y_i à la déviance D du modèle, en comparaison au modèle parfait, avec d_i la contribution de l'observation y_i à la déviance D,

$$r_{Di} = \text{signe}(y_i - \hat{y}_i) \sqrt{d_i} \quad (3.27)$$

et

$$d_i = 2(\log L(y_i, y_i, \phi) - \log L(y_i, \hat{y}_i, \phi)) \quad (3.28)$$

et

$$D = \sum_i d_i \quad (3.29)$$

3.3 Hypothèses de tarification viagère

Cette partie est consacrée à la tarification viagère du produit, permettant de quantifier l'engagement de l'assureur à garantir des prestations jusqu'au décès de l'assuré.

Ainsi, la détermination de cet engagement repose sur deux hypothèses techniques :

- une hypothèse de table de mortalité ;
- une hypothèse de taux technique.

3.3.1 Table de mortalité

Il existe deux types de table de mortalité :

- Les tables de mortalité statiques, du moment :

Ces tables permettent de caractériser la mortalité de la population actuelle à un moment précis, en appliquant les mêmes probabilités de décès par âge quelle que soit la génération de la personne assurée.

- Les tables de mortalité dynamique, par génération :

Ces tables bidimensionnelles intègrent deux variables dans la probabilité de décès : l'âge de l'assuré et le temps, ce qui permet de prendre en compte les évolutions de mortalité avec le temps dans les probabilités de décès. Elles sont construites sur la base des décès d'une génération réelle.

Les deux tables prospectives actuellement en vigueur, et ce depuis le 01/01/2007 sont : La TGH05 et la TGF05. Toutes deux en version 2005 et établies par l'INSEE, la TGH05 est la table des hommes et la TGF05 est la table des femmes.

En tarification viagère, et sur un horizon long de 10 ans et plus, nous devons utiliser une table de mortalité générationnelle.

La table de mortalité utilisée doit être soit une des deux tables réglementaires générationnelles : la TGH05 ou la TGF05, soit une table de mortalité d'expérience, certifiée par un actuaire indépendant et qui permet de modéliser le risque de mortalité en se basant sur le portefeuille de l'assureur.

3.3.1.1 Présentation des bases de données à disposition

Afin d'utiliser une table de mortalité adéquate pour la tarification de notre nouveau produit, nous allons étudier le positionnement des décès observés au sein du portefeuille retraite de GENERALI par rapport aux tables réglementaires en vigueur.

Pour mener à bien cette étude, deux bases de données ont été mises à notre disposition :

- **Une base exposition :**

Cette base contient l'exposition des assurés, répartis par sexe, par âge et par année d'exposition.

Pour rappel : l'exposition représente le nombre de personnes vivantes d'âge x , comptabilisé au prorata du temps passé en tant qu'individu d'âge x .

- **Une base décès :**

Cette base contient les décès des assurés répartis par sexe, par âge et par année d'exposition.

Ces décès ont été établis en comparant les bases annuelles des personnes en vie et touchant une rente, d'une année à l'autre, pour classer les personnes décédées par sexe, âge et année d'exposition.

La période d'observation s'étale du 01/01/1994 au 31/12/2020.

3.3.1.2 Calcul des décès observés et théoriques par tranches d'âge

La prudence de la table réglementaire va être appréciée sur l'ensemble de la population homme/femme.

Nous commençons tout d'abord par faire la somme des expositions des hommes et des femmes pour avoir l'exposition tous sexes confondus, puis nous filtrons sur les assurés âgés de plus de 65 ans, qui nous intéressent dans notre étude.

Par la suite, nous regroupons les expositions par classes d'âges.

Nous procédons de la même manière pour les décès observés, afin d'avoir des décès sur l'ensemble de la population hommes/femmes et par tranches d'âge.

Calcul des décès théoriques :

Afin de déterminer les décès théoriques à partir des tables réglementaires, nous avons suivi les étapes suivantes :

Etape 1 : Calcul des probabilités de décès q_x par âge et génération à partir de la TGF05/TGH05.

- q_x : la probabilité de décéder entre x et $x+1$

$$q_x = 1 - \frac{L_{x+1}}{L_x}$$

- L_x : représente le nombre de personnes vivantes à l'âge x .

Etape 2 : Détermination des q_x par âge et année d'exposition (taux de mortalité du moment) entre 1994 et 2020, à partir des taux par génération précédemment calculés.

Par exemple : q_{65} pour l'année 2005 correspond au q_{65} de la génération 2005-65=1940

Etape 3 : Calcul des décès théoriques en faisant la somme du produit des expositions des individus entre 1994 et 2020 et des taux de mortalités q_x du moment calculés précédemment.

$$D_t^{th} = \sum_x E_{x,t} q_{x,t}^{ref} \quad (3.30)$$

Où :

- $E_{x,t}$: L'exposition observée sur le portefeuille pour la classe d'âge x et l'année t .
- $q_{x,t}^{ref}$: La probabilité de décès pour la classe d'âge x et l'année t dans la table réglementaire.

3.3.1.3 La méthode du SMR

Afin de quantifier la déviation entre les décès observés au sein du portefeuille et ceux estimés par la table réglementaire de référence, le calcul du coefficient SMR (Standardized mortality ratio) est réalisé.[12]

Le calcul du SMR repose sur la comparaison des décès observés au sein de la population étudiée, aux décès calculés avec la table de référence, en appliquant les taux de mortalité spécifiques à cette table à la population étudiée, par tranches d'âge.

$$SMR = \frac{D_t^{obs}}{D_t^{th}} = \frac{\sum_x d_{x,t}}{\sum_x E_{x,t} q_{x,t}^{ref}} \quad (3.31)$$

Où :

- $d_{x,t}$: Les décès observés au sein du portefeuille pour la classe d'âge x et l'année t.
- $E_{x,t}$: L'exposition observée sur le portefeuille pour la classe d'âge x et l'année t.
- $q_{x,t}^{ref}$: La probabilité de décès pour la classe d'âge x et l'année t dans la table réglementaire.

De ce fait :

- Si le $SMR < 1$: La mortalité observée dans la population étudiée est inférieure à celle de la table de référence.
- Si le $SMR = 1$: La mortalité observée dans la population étudiée est égale à celle de la table de référence.
- Si le $SMR > 1$: La mortalité observée dans la population étudiée est supérieure à celle de la table de référence.

3.3.1.4 Application aux données disponibles et analyse des résultats

Positionnement par rapport à la table réglementaire TGH05 :

Tranche d'âges	Expositions	Décès observés	Décès théoriques TGH05	SMR
65-69 ans	228 042	1 488	1 668	0,89
70-74 ans	140 504	1 554	1 894	0,82
75-79 ans	66 556	1 281	1 519	0,84
80-84 ans	30 210	1 119	1 337	0,84
85-89 ans	10 293	721	848	0,85
90-94 ans	2 077	252	302	0,84
>=95 ans	246	47	59	0,79
Total	477 928	6 461	7 628	0,85

TABLE 3.3 – Positionnement par rapport à la table réglementaire TGH05.

Nous remarquons que le SMR est inférieur à 1 pour l'ensemble des tranches d'âges étudiées. Ceci veut dire que la mortalité est surestimée en utilisant la table réglementaire

TGH05, ce qui n'est pas prudent dans le cas de prestations viagères car elles seront sous-estimées dans ce cas-là.

Ainsi, la table réglementaire TGH05 ne sera pas retenue pour notre tarification.

Positionnement par rapport à la table réglementaire TGF05 :

Tranche d'âges	Expositions	Décès observés	Décès théoriques TGF05	SMR
65-69 ans	228 042	1 488	1 028	1,45
70-74 ans	140 504	1 554	1 047	1,48
75-79 ans	66 556	1 281	934	1,37
80-84 ans	30 210	1 119	835	1,34
85-89 ans	10 293	721	566	1,27
90-94 ans	2 077	252	218	1,16
>=95 ans	246	47	43	1,08
Total	477 928	6 461	4 671	1,38

TABLE 3.4 – Positionnement par rapport à la table réglementaire TGF05.

Dans le cas de la table réglementaire TGF05, nous remarquons que le SMR est supérieur à 1 pour l'ensemble des tranches d'âges étudiées. Ceci veut dire que la mortalité est sous-estimée en utilisant la table réglementaire TGF05. Pour des contrats de prestations viagères, ce résultat va dans le sens de la prudence car la durée pendant laquelle nous payons les prestations est surestimée.

Le graphique ci-dessous permet de visualiser le positionnement des taux de mortalité des tables réglementaires en vigueur TGH05 et TGF05 par rapport aux taux de mortalité observés.

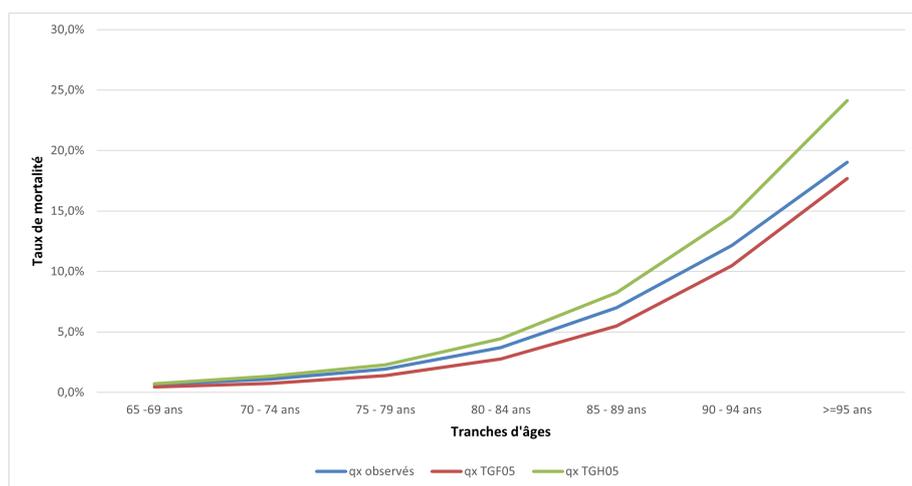


FIGURE 3.1 – Comparaison de taux de mortalité par tranches d'âge

Nous remarquons clairement que la courbe des taux de mortalité observés est positionnée entre la courbe des taux de mortalité de la TGH05 (au-dessus) et la courbe des taux de mortalité de la TGF05 (au-dessous).

La TGH05 surestime la mortalité de la population et la TGF05 la sous-estime.

Ainsi, nous faisons le choix de retenir la TGF05 pour notre tarification, pour des raisons de prudence.

En pratique, la table de mortalité appliquée sera la table en vigueur au moment de la souscription du contrat, pouvant ainsi être revue à chaque nouvelle souscription.

3.3.2 Taux technique

Etant donné que nous sommes sur des prestations viagères, l'assureur a besoin de connaître la valeur actuelle des flux futurs sur lesquels il s'engage. Ainsi, le mécanisme permettant de connaître cette valeur est l'actualisation des flux.

L'actualisation permet de ramener sur une même base des flux non directement comparables, se produisant à des dates différentes. Le paramètre clé derrière cette opération est le taux d'actualisation.

Nous utiliserons pour cela le taux technique non vie, de 0,18 % au 30/06/2022.[13]

Ce taux correspond au maximum à 75 % du TME moyen des 24 derniers mois. Le TME est le Taux moyen d'emprunt d'État, représentant le rendement sur le marché secondaire des emprunts d'État, à taux fixe, dont l'échéance est supérieure à 7 ans.

En pratique, le taux technique appliqué sera le taux non vie en vigueur au moment de la souscription du contrat, pouvant ainsi être revu à chaque nouvelle souscription.

3.4 Application aux données à disposition

3.4.1 Garantie médecine douce

3.4.1.1 Analyse univariée de la fréquence

Influence de la variable âge :

Nous remarquons que la fréquence de consommation des actes d'ostéopathe et diététicien, regroupés au sein de la garantie médecine douce, connaît une diminution en fonction de l'âge à partir de 60 ans. Ceci nous semble cohérent puisque plus les personnes avancent dans l'âge, plus ils auront de mal à faire une séance chez l'ostéopathe ou aller voir un diététicien.

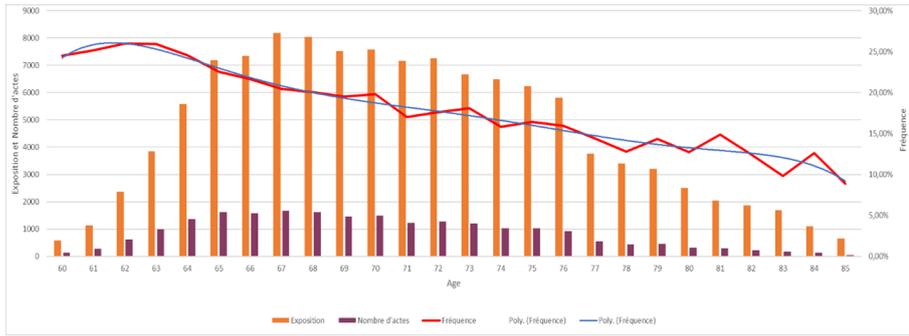


FIGURE 3.2 – Fréquence garantie médecine douce par âge

Etant donné les irrégularités au niveau de la courbe de fréquence, provenant du peu d'observations par âge, nous traçons par la suite la fréquence par tranche d'âges.

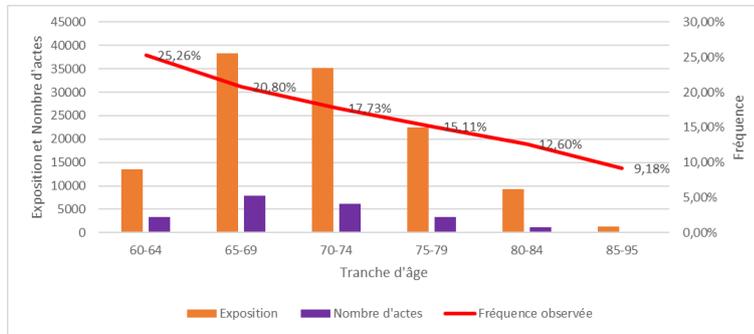


FIGURE 3.3 – Fréquence garantie médecine douce par tranches d'âge

Influence de la variable sexe :

Les femmes ont une fréquence de consommation supérieure aux hommes (+5,54 points de pourcentage). Elles sont visiblement plus intéressées par les médecines alternatives et leurs bienfaits.



FIGURE 3.4 – Fréquence garantie médecine douce par sexe

Influence de la variable formule :

Nous remarquons que plus les bénéficiaires ont une formule avec un plafond de remboursement important, plus leur fréquence de consommation est élevée.

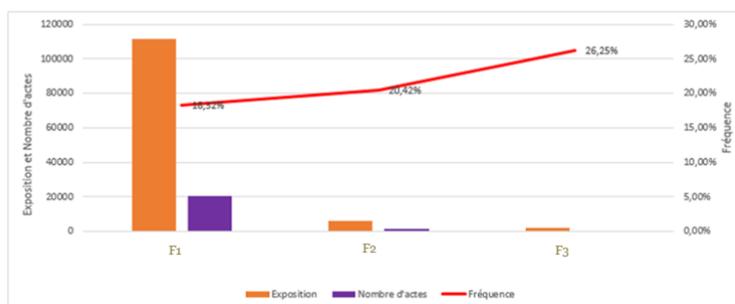


FIGURE 3.5 – Fréquence garantie médecine douce par formule

Influence de la variable région :

Nous remarquons que les fréquences varient entre 11,35 % (Hauts-de-France) et 28,17 % (Pays de la Loire).

Les régions où la consommation de cette garantie est la plus élevée sont : Provence-Alpes-Côte d'Azur (22,47%), suivie de la Bretagne (24,28%), puis la région Auvergne-Rhône-Alpes (24,44%) et finalement la région Pays de la Loire (28,17%).

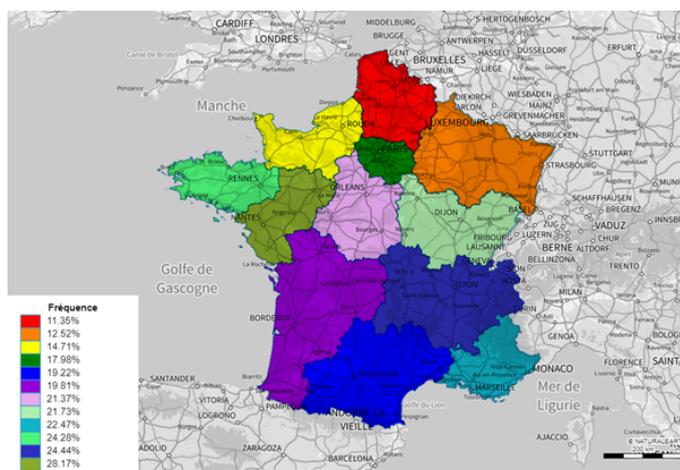


FIGURE 3.6 – Fréquence garantie médecine douce par région

3.4.1.2 Analyse univariée du coût moyen

Influence de la variable tranches d'âge :

Nous remarquons que le coût moyen des actes d'ostéopathe et diététicien est à peu près le même pour toutes les tranches d'âge, oscillant autour d'une moyenne de 51,42€. À noter que les plus de 85 ans ont le coût moyen le plus élevé.

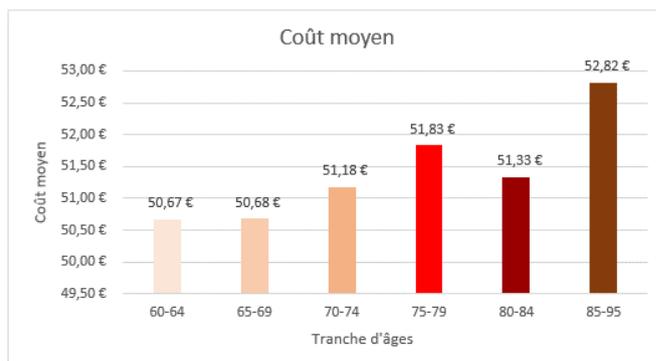


FIGURE 3.7 – Coût moyen garantie médecine douce par tranches d'âge

Influence de la variable sexe :

Le coût moyen est sensiblement le même entre les femmes et les hommes.

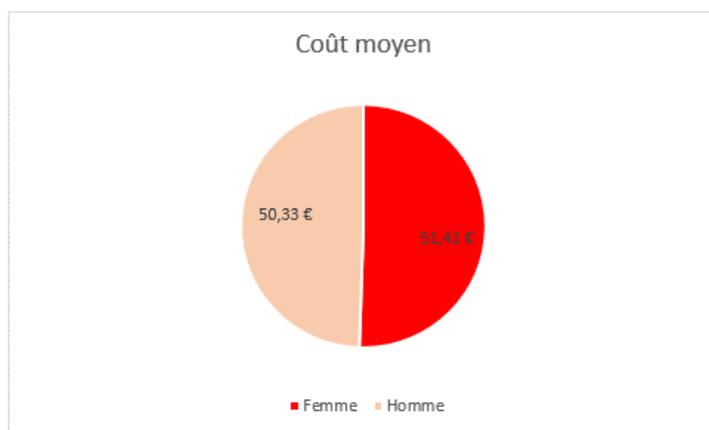


FIGURE 3.8 – Coût moyen garantie médecine douce par sexe

Influence de la variable formule :

Nous remarquons que les bénéficiaires avec un niveau de remboursement plus important (formule F2 et F3), ont un coût moyen un peu plus élevé que ceux de la formule F1, ce qui laisse penser que les assurés ayant une meilleure couverture se permettent de payer plus cher une séance chez l'ostéopathe ou le diététicien.

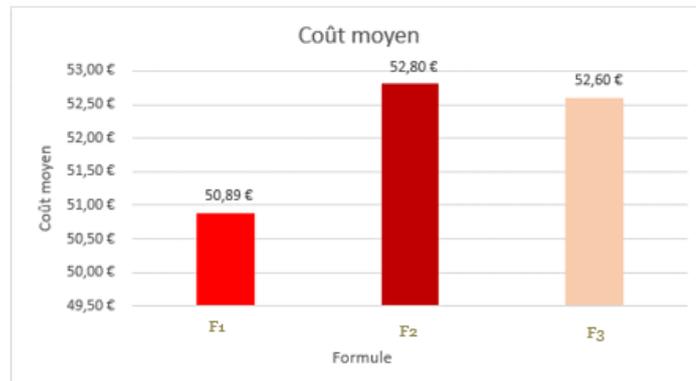


FIGURE 3.9 – Coût moyen garantie médecine douce par formule

Influence de la variable région :

Nous remarquons une variation des coûts moyens selon la région des bénéficiaires.

Les régions où les coûts moyens sont les plus élevés sont : L'île de France avec 56,86€, suivie de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur avec 52,09€, puis la région d'Auvergne-Rhône-Alpes avec 51,52€. Ceci est en ligne avec le coût de la vie dans ces régions-là.

Enfin, les coûts moyens les plus faibles sont quant à eux enregistrés au Pays de la Loire (48,67€) suivi de la Bretagne (48,74€) et de l'Occitanie (49,68€).

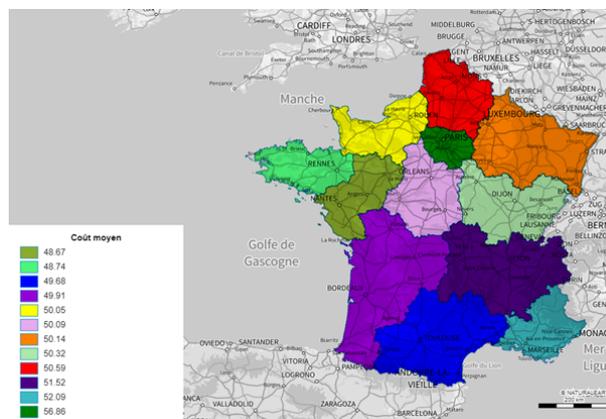


FIGURE 3.10 – Coût moyen garantie médecine douce par région

3.4.1.3 Analyse des dépendances entre les variables

Avant de procéder à la modélisation, nous vérifions l'indépendance des variables tarifaires disponibles à l'aide du V de Cramer.

Pour rappel, la valeur de cet indicateur est comprise entre 0 et 1. Plus elle est proche de 1 plus l'intensité de liaison entre les variables est grande.

Les variables sont indépendantes entre elles, nous pouvons donc les inclure dans les modèles à construire.

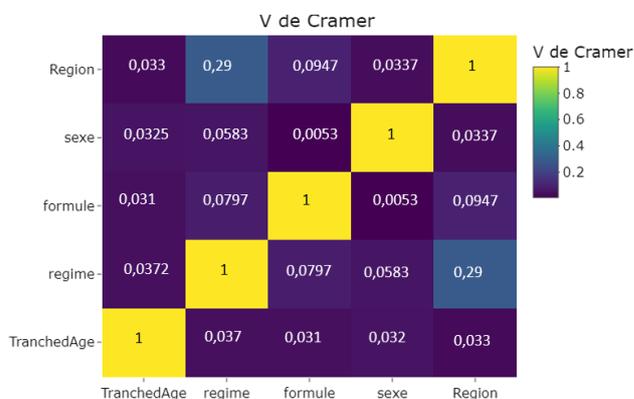


FIGURE 3.11 – V de Cramer garantie médecine douce

De plus, le coefficient de corrélation de Pearson entre la fréquence est le coût moyen est de -0,14. Il est donc cohérent de supposer la non-corrélation entre la variable de fréquence et de coût et appliquer un modèle GLM fréquence * coût moyen.

3.4.1.4 Modélisation de la fréquence

3.4.1.4.1 Stabilité annuelle de la fréquence

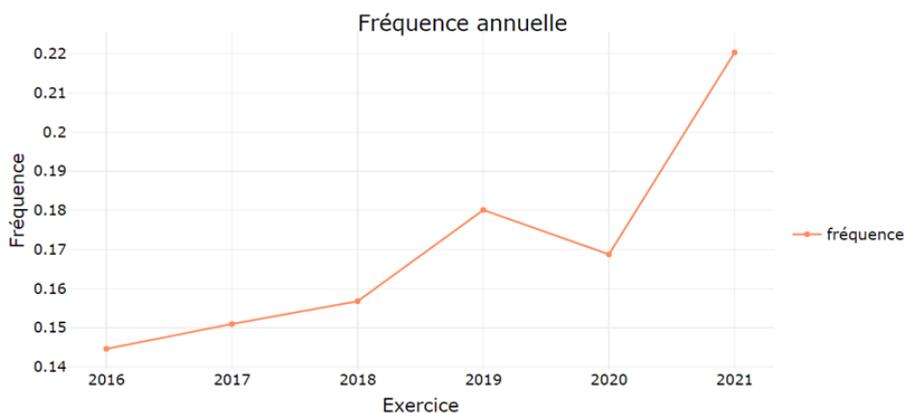


FIGURE 3.12 – Stabilité temporelle de la fréquence

Nous remarquons que la fréquence connaît une hausse avec les années, passant de 14,45 % en 2016 à 22 % en 2021, sauf pour l'année 2020 où nous notons une baisse de la

fréquence à 17 %. Cette baisse est sans doute due au confinement de 2020 lié lors de la pandémie du Covid-19.

3.4.1.4.2 Choix de la loi de probabilité adéquate

Pour retrouver la loi adéquate à notre modélisation, nous avons testé plusieurs lois théoriques à la fréquence des actes de médecine douce, et ce, en calculant pour chaque modèle à tester les probabilités d'occurrences, et en les comparant à la fréquence empirique. Ceci est résumé dans les graphiques ci-dessous :

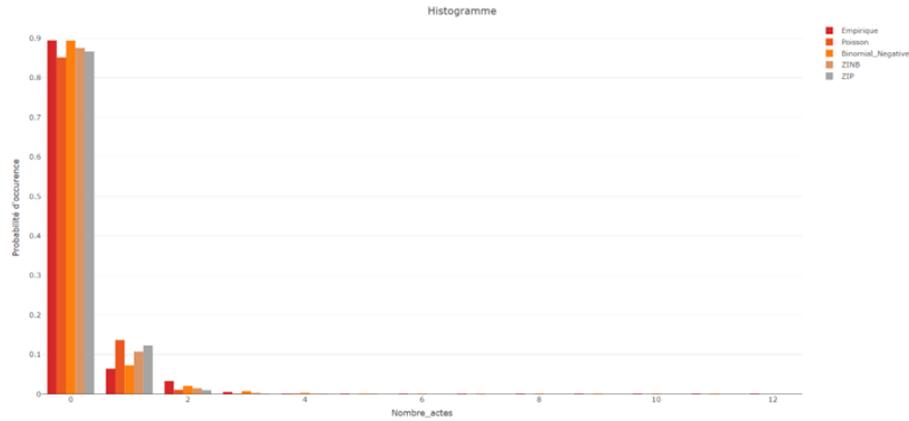


FIGURE 3.13 – Adéquation des lois théoriques à la fréquence de la médecine douce

Nous remarquons sur le graphique ci-dessus la sur-dispersion des 0 dans notre base de données, ce qui justifie le fait de chercher à utiliser un modèle binomial négatif ou ZIP ou ZINB, qui permet de prendre en compte cette spécificité.

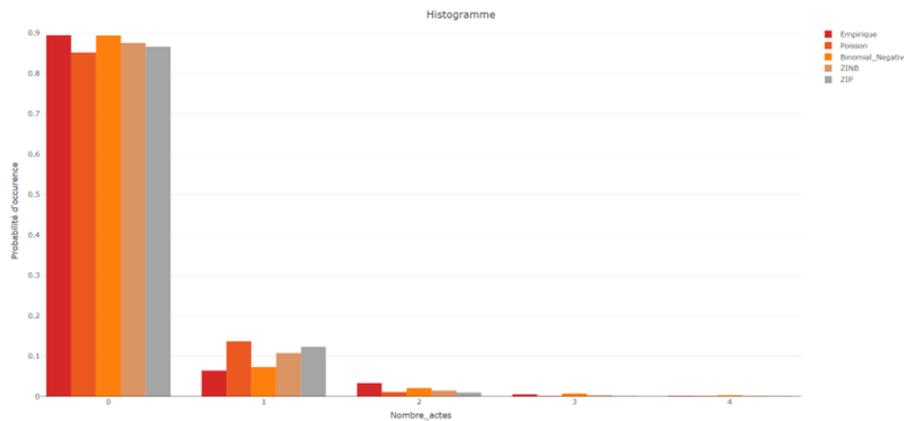


FIGURE 3.14 – Adéquation des lois théoriques à la fréquence de la médecine douce (Zoom)

En zoomant un peu plus sur la distribution du nombre d'actes, nous remarquons que le modèle le plus adéquat, et qui prend en compte la sur-dispersion du zéro est la loi

binomiale négative. La loi de poisson et la loi ZIP et ZINB sous estiment la probabilité de n'avoir aucun sinistre et des sinistres supérieurs ou égaux à 2, et sur estiment la probabilité d'occurrence d'un sinistre.

La loi binomiale négative est donc la loi adéquate pour la modélisation de notre fréquence.

3.4.1.4.3 Modélisation par la méthode GLM

Nous commençons tout d'abord par faire une comparaison entre les modèles GLM "Poisson" et GLM "Binomiale Négative" et les régressions "ZINB" et "ZIP", en gardant l'ensemble des variables explicatives (Tranche d'âges, formule, sexe, région et régime), et en se basant sur les critères de comparaison suivant : la déviance, le BIC et la RMSE, afin de conforter notre choix de loi Binomiale Négative.

Toutes les modélisations ont été réalisées à l'aide du logiciel R.

Modèle	Déviance	BIC	RMSE
Binomiale Négative	38307,79	95504,22	0,54091
Poisson	79749,00	106658,93	0,54095
ZINB	/	96785,71	1,15081
ZIP	/	96934,89	1,15052

TABLE 3.5 – Comparaison des modèles de fréquence selon plusieurs critères

En théorie, le modèle le plus adéquat est celui ayant les valeurs des critères les plus faibles.

Au vu des valeurs obtenues, nous confirmons notre choix de la loi binomiale négative pour notre modélisation.

3.4.1.4.4 Choix des variables explicatives

Nous avons fait le choix d'appliquer la méthode « backward » pour sélectionner les variables explicatives.

En démarrant avec le modèle complet, les résultats du modèle GLM binomiale négative avec toutes les variables explicatives montrent que les variables sexe, tranche d'âge, région et formule sont significatives.

L'analyse des coefficients du modèle et des p-values du test de Student montre alors que la variable régime n'est pas significative.

Nous éliminons la variable régime du modèle et évaluons nos critères de comparaison.

Modèle	BIC	RMSE
Complet	95504,22	0,54091
Sans la variable régime	95472,42	0,54088

TABLE 3.6 – Comparaison des modèles complet et sans la variable régime

Ainsi, au vu des critères de sélection, le modèle sans la variable régime est meilleur que le modèle complet.

Nous remarquons dans la sortie R du GLM (Annexe A), que certaines modalités de la variable "Région" ont des p-value qui sont loin du niveau de significativité de 5 %.

Nous avons donc recours dans ce cas-là au regroupement de modalités. La modalité "Bretagne" est groupée à la modalité de référence " Auvergne-Rhône-Alpes ", ce qui est cohérent avec l'analyse univariée faite précédemment.

Pour le modèle retenu, le détail des coefficients obtenus, les p-value associées et le niveau de significativité associé¹ sont résumés au sein du tableau ci-après :

Variable explicative X_i	Estimation	p-value	Significativité
(Intercept)	-0,96878964	< 2e-16	***
sexeHomme	-0,34746001	< 2e-16	***
TrancheAge65-69	-0,19224123	8.02e-09	***
TrancheAge70-74	-0,36040112	< 2e-16	***
TrancheAge75-79	-0,54469571	< 2e-16	***
TrancheAge80-84	-0,72584481	< 2e-16	***
TrancheAge85-95	-1,00927285	2.43e-16	***
RégionBourgogne-Franche-Comté	-0,13934482	0.00441	**
RégionCentre-Val de Loire	-0,11934339	0.03280	*
RégionGrand Est	-0,68101835	< 2e-16	***
RégionHauts-de-France	-0,78376086	< 2e-16	***
RégionÎle-de-France	-0,32034315	1.64e-14	***
RégionNormandie	-0,53171644	< 2e-16	***
RégionNouvelle-Aquitaine	-0,21449	6.33e-08	***
RégionOccitanie	-0,21768274	2.62e-06	***
RégionPays de la Loire	0,15616179	0.00142	**
RégionProvence-Alpes-Côte d'Azur	-0,06979764	0.07910	.
Formule2	0,08598859	0.06325	.
Formule3	0,29577924	2.66e-05	***

TABLE 3.7 – Coefficients du modèle retenu pour la fréquence de la garantie médecine douce

1. . significativité avec seuil de 10%, * significativité avec seuil de 5%, ** significativité avec seuil de 1%,*** significativité avec seuil de 0,1%.

Les modalités Provence-Alpes-Côte d'Azur et Formule 2 ont été gardées au sein du modèle sans regroupement, étant donné qu'au sein de l'analyse univariée, elles avaient une influence sur la fréquence, en plus d'une légère dégradation des critères de choix en procédant à leurs regroupements.

Avec un seuil de significativité de 10%, il reste acceptable de les garder sans regroupement au sein du modèle.

Les modalités qui n'apparaissent pas dans le tableau ci-dessus représentent les modalités de référence, définies ci-après :

- « 60-64 » pour la variable « Tranche d'âge » ;
- « Femme » pour la variable « Sexe » ;
- « Auvergne-Rhône-Alpes » et « Bretagne » pour la variable « Région » ;
- « F1 » pour la variable « Formule » ;

Afin d'expliquer simplement les résultats obtenus à la suite de ce modèle, nous prenons un exemple pour déterminer la fréquence d'un individu ayant les caractéristiques suivantes :

- Age : 65 ans ;
- Sexe : Homme ;
- Région : Nouvelle-Aquitaine ;
- Formule : F3 ;

$$Fréquence = \beta_{intercept} \times \beta_{65-69}^{Tranche-age} \times \beta_{Homme}^{Sexe} \times \beta_{NouvelleAquitaine}^{Region} \times \beta_{5S}^{Formule} \quad (3.32)$$

$$= e^{-0,96878964} \times e^{-0,34746001} \times e^{-0,19224123} \times e^{-0,21449} \times e^{0,29577924} = 24 \% \quad (3.33)$$

3.4.1.4.5 Analyse des résidus

Nous cherchons à valider à présent le modèle à l'aide de l'analyse des résidus.

Nous calculons les résidus de la déviance, que nous représentons dans la figure suivante :

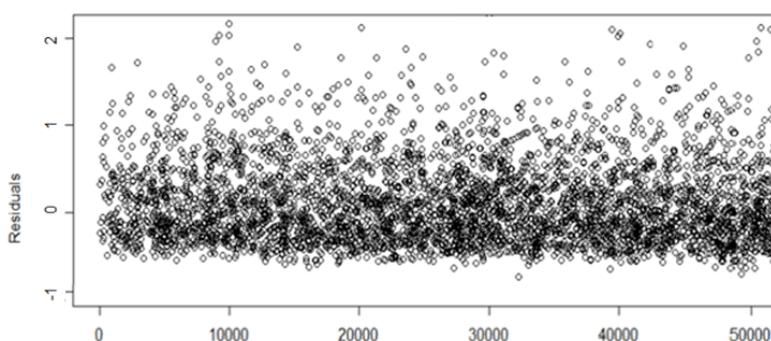


FIGURE 3.15 – Les résidus de la déviance pour la fréquence médecine douce

Un modèle est de plus en plus satisfaisant lorsque ses résidus sont proches de 0. Dans notre cas, nous remarquons que la grande majorité des résidus sont répartis de manière assez aléatoire autour de 0. Néanmoins, certains résidus se situent autour de 1 et 2.

Cette remarque montre qu'il y'a une sous-estimation pour une minorité de nos individus. Ces points n'étant pas très éloignés de l'axe des abscisses, nous jugeons le diagnostic satisfaisant et le modèle acceptable.

3.4.1.5 Modélisation du coût moyen

3.4.1.5.1 Choix de la loi de probabilité adéquate

Nous avons testé deux lois classiques pour modéliser le coût moyen : la loi gamma et la loi log-normale.

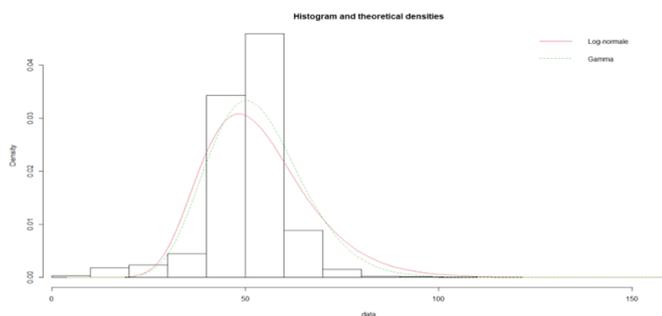


FIGURE 3.16 – Densité loi gamma et loi log-normale

Le graphique ci-dessus ne permet pas de déterminer clairement laquelle des deux lois est la mieux adaptée pour la modélisation du coût moyen. Nous faisons donc une comparaison entre les modèles complets GLM « Gamma » et GLM « Log-normale ».

3.4.1.5.2 Modélisation par la méthode GLM

Nous modélisons d'abord le coût moyen à l'aide des deux lois « Gamma » et « Log-normale » en gardant l'ensemble des variables explicatives (Tranche d'âge, formule, sexe, région et régime), puis nous évaluons l'adéquation des modèles en nous basant sur les critères de comparaison suivants : la déviance, le BIC et la RMSE.

Toutes les modélisations ont été réalisées à l'aide du logiciel R.

Modèle	Déviance	BIC	RMSE
Gamma	611,0516	91150,52	53,04455
Log-normale	12235,08	106658,93	53,06114

TABLE 3.8 – Comparaison des modèles de coût moyen selon plusieurs critères

Le modèle le plus adéquat qui minimise les critères de déviance et le BIC, et ayant une plus petite RMSE est celui de la loi Gamma.

Nous retenons donc la loi Gamma pour la modélisation du coût moyen.

3.4.1.5.3 Choix des variables explicatives

Nous avons fait le choix d'appliquer la méthode « backward » pour sélectionner les variables explicatives.

En démarrant avec le modèle complet, les résultats du modèle GLM Gamma avec toutes les variables explicatives montrent que seule la variable région est significative, ce qui nous paraît logique, étant donné que le coût varie significativement avec la région dans notre analyse univariée.

Nous faisons tout de même une comparaison entre le modèle complet et le modèle avec la variable région comme seule variable explicative.

Modèle	BIC	RMSE
Complet	91150,52	53,04455
Variable Région	91003,06	52,05434

TABLE 3.9 – Comparaison du modèles complet et modèle avec la variable région

Ainsi, au vu des critères de sélection, le modèle avec la variable région est bien meilleur que le modèle complet.

Pour le modèle retenu, le détail des coefficients obtenus, les p-value associées et le niveau de significativité associé² sont résumés au sein du tableau ci-après :

Variable explicative X_i	Estimation	p-value	Significativité
RégionAuvergne-Rhône-Alpes	3,982593	< 2e-16	***
RégionBourgogne-Franche-Comté	3,964156	< 2e-16	***
RégionBretagne	3,92806	< 2e-16	***
RégionCentre-Val de Loire	3,944923	< 2e-16	***
RégionGrand Est	3,968367	< 2e-16	***
RégionHauts-de-France	3,9567516	< 2e-16	***
RégionÎle-de-France	4,080411	< 2e-16	***
RégionNormandie	3,948904	< 2e-16	***
RégionNouvelle-Aquitaine	3,942958	< 2e-16	***
RégionOccitanie	3,944123	< 2e-16	***
RégionPays de la Loire	3,92729	< 2e-16	***
RégionProvence-Alpes-Côte d'Azur	3,997825	< 2e-16	***

TABLE 3.10 – Coefficients du modèle retenu pour le coût moyen de la garantie médecine douce

2. . significativité avec seuil de 10%, * significativité avec seuil de 5%, ** significativité avec seuil de 1%,*** significativité avec seuil de 0,1%.

Afin d'expliquer simplement les résultats obtenus à la suite de ce modèle, nous continuons avec notre exemple pour déterminer le coût moyen d'un individu ayant les caractéristiques suivantes :

- Age : 65 ans ;
- Sexe : Homme ;
- Région : Nouvelle-Aquitaine ;
- Formule : F5S ;

$$\text{Coût moyen} = e^{-3,942958} = 51,57 \text{ €} \quad (3.34)$$

3.4.1.5.4 Analyse des résidus

Nous validons notre modèle à l'aide de l'analyse des résidus.

Nous calculons les résidus de la déviance, que nous représentons dans la figure suivante :

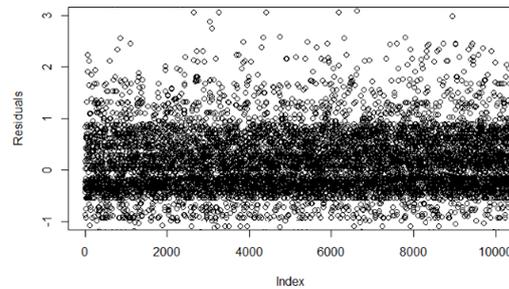


FIGURE 3.17 – Les résidus de la déviance pour le coût moyen médecine douce

Comme dans le cas de la fréquence, nous remarquons que la grande majorité des résidus sont dispersés aléatoirement autour de 0. Néanmoins, certains résidus se situent autour de 1 et 2.

Nous avons une légère sous-estimation pour une minorité de nos individus. Ces points n'étant pas très éloignés de l'axe des abscisses, nous jugeons le diagnostic satisfaisant et acceptons le modèle.

3.4.1.6 Prime pure

Après avoir calibré nos modèles de fréquence et coût moyen, la prime pure est calculée comme suit :

$$\text{Prime Pure} = \text{Fréquence} \times \text{Coût Moyen} \quad (3.35)$$

En continuant avec notre exemple présenté précédemment, nous retrouvons :

$$\text{Prime Pure}_{\text{Medecine douce}} = 24\% \times 51,57 \text{ €} = 12,38 \text{ €} \quad (3.36)$$

3.4.2 Garantie cure thermique

3.4.2.1 Analyse univariée de la fréquence

Influence de la variable tranche d'âges :

Nous remarquons que la courbe de fréquence de consommation des actes de cure thermique par tranche d'âge a la forme d'une cloche. Ce constat peut s'expliquer par le fait que les jeunes retraités sont suffisamment en forme pour ne pas avoir besoin de cure thermique. Par la suite, leur condition physique se dégradant, ils commencent à avoir besoin de cette prestation (augmentation de la fréquence dans les premières tranches d'âge) puis, à partir d'un certain âge, cette fréquence diminue probablement parce que les seniors commencent à rencontrer de plus grandes difficultés de motricité limitant ainsi leur déplacement et leur faculté à bénéficier d'une cure thermique.

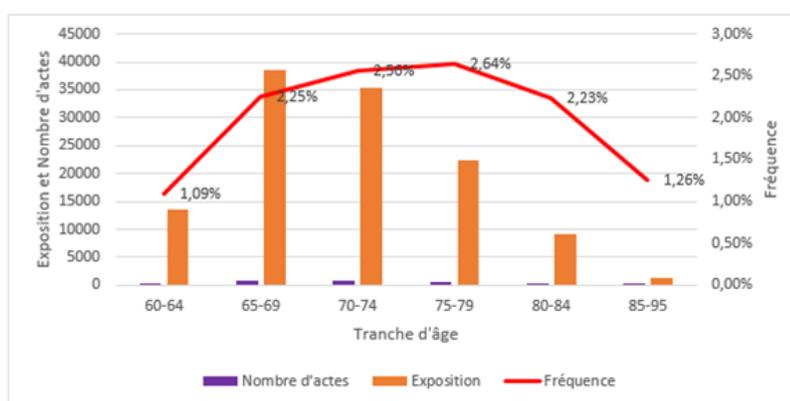


FIGURE 3.18 – Fréquence garantie cure thermique par tranches d'âge

Influence de la variable sexe :

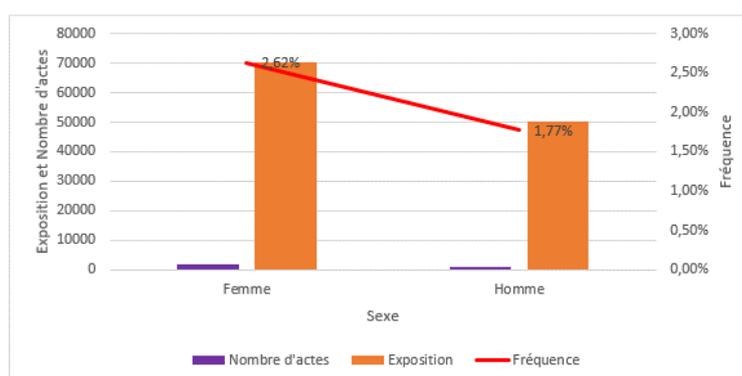


FIGURE 3.19 – Fréquence garantie cure thermique par sexe

Comme pour la garantie médecine douce, là aussi les femmes ont une fréquence de consommation supérieure aux hommes (+0,85 points de pourcentage). Ce qui confirme le fait que les femmes sont visiblement plus intéressées par ce type de prestations que les hommes.

Influence de la variable formule :

De la même manière que pour la garantie médecine douce, plus les bénéficiaires ont une formule avec un plafond de remboursement plus important, plus leur fréquence de consommation est élevée.

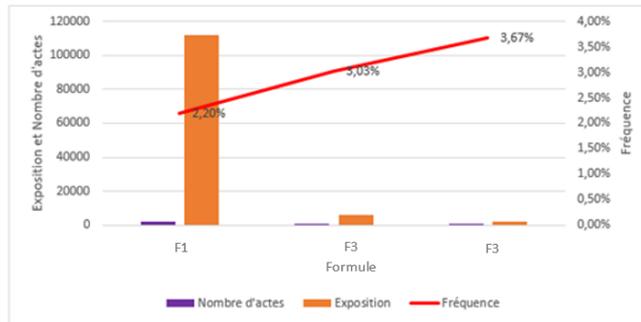


FIGURE 3.20 – Fréquence garantie cure thermique par formule

Influence de la variable région :

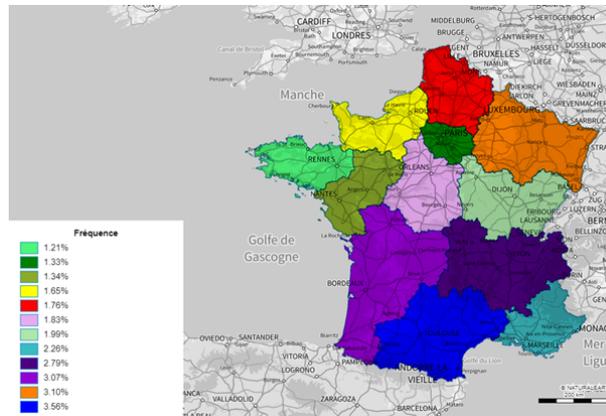


FIGURE 3.21 – Fréquence garantie cure thermique par région

Nous remarquons que les fréquences varient entre 1,21 % (Bretagne) et 3,56 % (Occitanie).

Les régions où la consommation de cette garantie est la plus élevée sont : L’Auvergne-Rhône-Alpes (2,79%), suivie de la Nouvelle-Aquitaine (3,07%), puis la région Hauts-de-France (3,10%) et finalement la région Occitanie (3,56%).

Ceci est totalement logique puisque les trois grandes régions thermales françaises sont : L'Occitanie, L'Auvergne-Rhône Alpes et la Nouvelle-Aquitaine. La région Bretagne ne compte pas de station thermale agréée par l'assurance maladie.³

Ceci est un point d'attention car une nouvelle station thermale agréée va nécessiter une re-tarification du produit.

3.4.2.2 Analyse univariée du coût moyen

Influence de la variable tranches d'âge :

Nous remarquons que le coût moyen de la cure thermale oscille autour d'une moyenne de 289,23 €. À noter que les seniors âgés entre 60 et 64 ans ont le coût moyen le plus élevé.

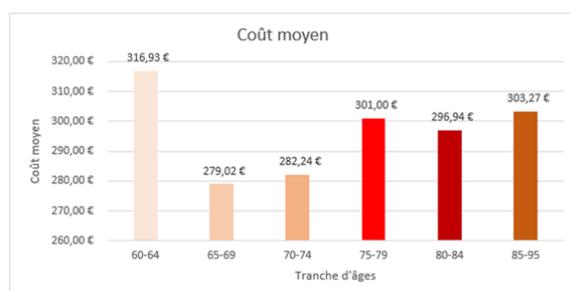


FIGURE 3.22 – Coût moyen garantie cure thermale par tranches d'âge

Influence de la variable sexe :

Le coût moyen reste là aussi sensiblement le même entre les femmes et les hommes.

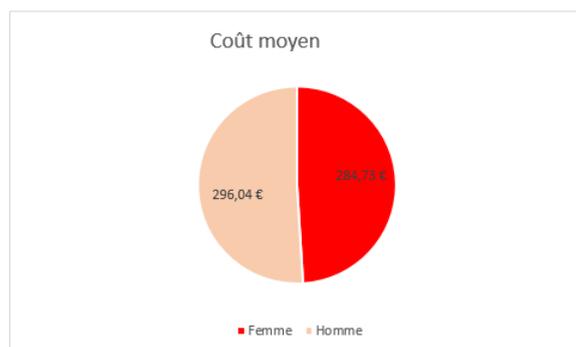


FIGURE 3.23 – Coût moyen garantie cure thermale par sexe

3. Source : <https://www.officiel-thermalisme.com/>

Influence de la variable formule :

Le coût moyen pour la formule F3 s'avère être le plus bas. Ceci peut être dû au peu de données disponibles pour cette formule.

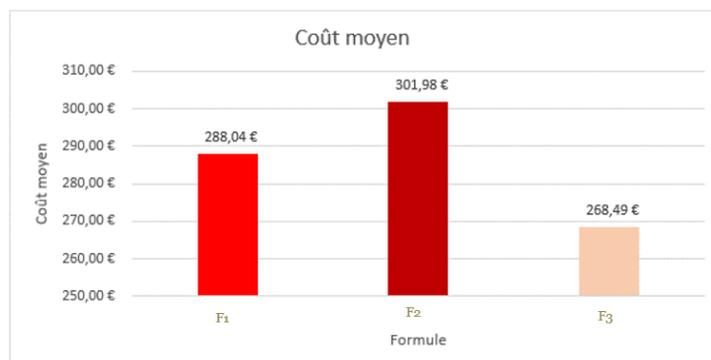


FIGURE 3.24 – Coût moyen garantie cure thermique par formule

Influence de la variable région :

Nous remarquons une variation des coûts moyens selon la région des bénéficiaires.

Les régions où les coûts moyens sont les plus élevés sont : La Nouvelle aquitaine avec 307,48 €, suivie de la région Normandie avec 343,28 €. Les coûts moyens les plus faibles sont quant à eux enregistrés dans la région Bourgogne-Franche-Comté (254,78 €) suivie de la région Auvergne-Rhône-Alpes (258,99 €) et de l'Île de France (270,53 €).

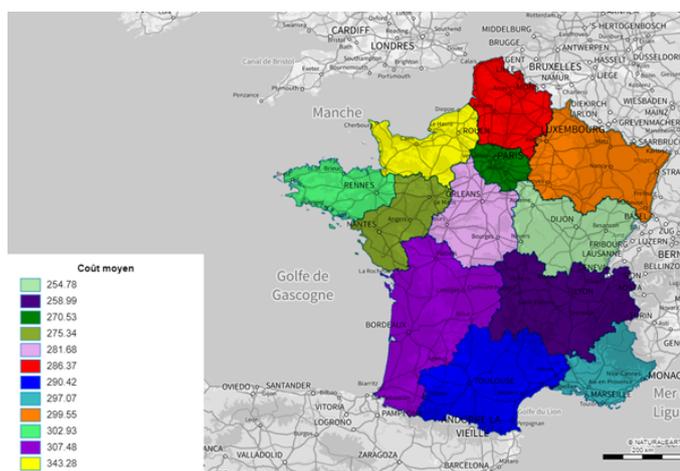


FIGURE 3.25 – Coût moyen garantie cure thermique par région

3.4.2.3 Analyse des dépendances entre les variables

Avant de procéder à la modélisation, nous vérifions l'indépendance des variables tarifaires disponibles à l'aide du V de Cramer.

Les variables sont indépendantes entre elles, nous pouvons donc les inclure dans les modèles à construire.

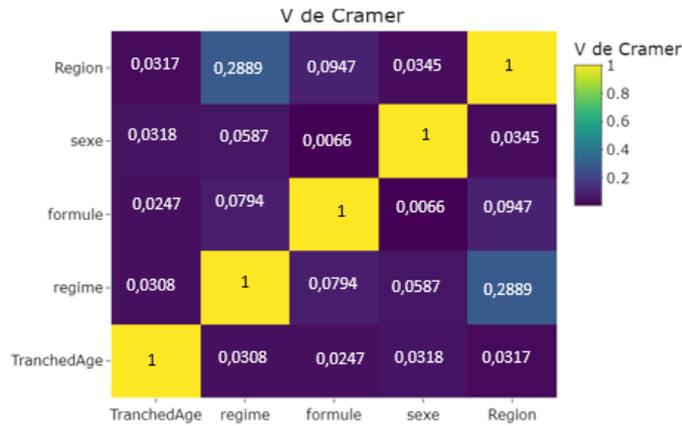


FIGURE 3.26 – V de Cramer garantie cure thermique

De plus, le coefficient de corrélation de Pearson entre la fréquence est le coût moyen est de -0,11. Il est donc cohérent de supposer la non-corrélation entre la variable de fréquence et de coût et appliquer un modèle GLM fréquence * coût moyen.

3.4.2.4 Modélisation de la fréquence

3.4.2.4.1 Stabilité annuelle de la fréquence

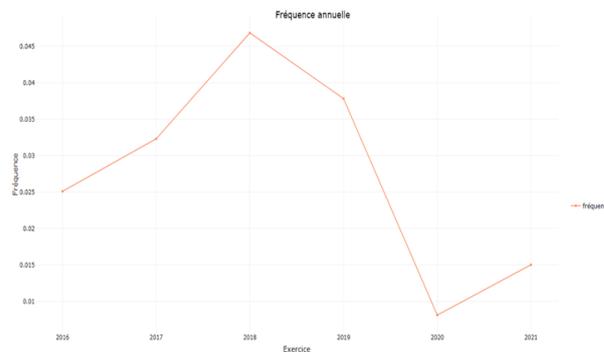


FIGURE 3.27 – Stabilité annuelle de la fréquence

Nous remarquons que la fréquence connaît une hausse au fil des années, passant de 2,5 % en 2016 à 4,5 % en 2018, puis une baisse très marquée pour l'année 2020 et 2021.

Ceci pourrait être expliqué par la pandémie du COVID-19 qui a marqué ces deux années, entre fermeture des thermes et diminution de leur capacité d'accueil.

3.4.2.4.2 Choix de la loi de probabilité adéquate

Pour retrouver la loi adéquate à notre modélisation, nous avons testé plusieurs lois théoriques à la fréquence des actes de cure thermale, et ce en calculant pour chaque modèle les probabilités d'occurrences, et en les comparant à la fréquence empirique. Ceci est résumé dans les graphiques ci-dessous :

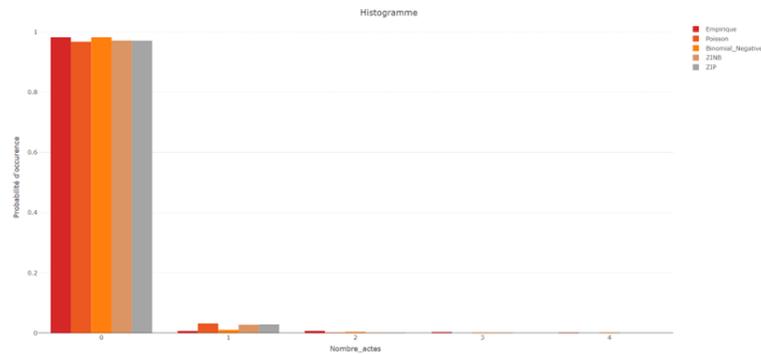


FIGURE 3.28 – Adéquation des lois théoriques à la fréquence de la cure thermale

La sur-dispersion des 0 est flagrante dans ce graphique, ce qui justifie le fait de chercher à utiliser une loi binomiale négative ou ZIP ou ZINB, qui permettent de prendre en compte cette spécificité.

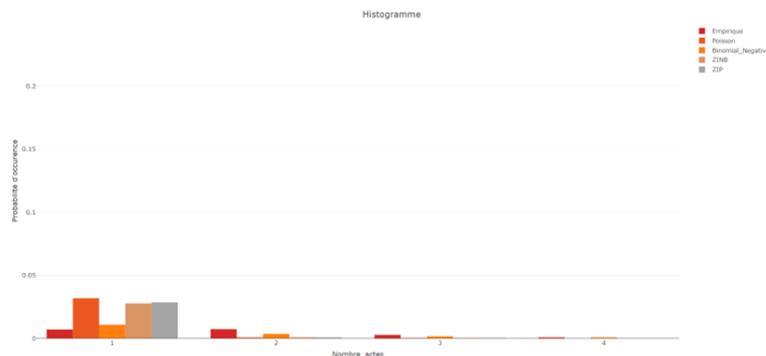


FIGURE 3.29 – Adéquation des lois théoriques à la fréquence de la cure thermale (Zoom)

En zoomant un peu plus sur la distribution du nombre d'actes, nous remarquons que la loi qui se rapproche le plus de la distribution empirique est la loi binomiale négative. La loi de poisson et la loi ZIP et ZINB sur-estiment la probabilité d'avoir un sinistre et sous-estiment l'occurrence des sinistres supérieurs ou égaux à 2.

La loi binomiale négative est donc la loi adéquate pour la modélisation de notre fréquence.

3.4.2.4.3 Modélisation par la méthode GLM

Comme pour la garantie médecine douce, nous commençons tout d'abord par faire une comparaison entre les modèles GLM "Poisson" et GLM "Binomiale Négative" et les régressions "ZINB" et "ZIP", en gardant l'ensemble des variables explicatives (Tranche d'âge, formule, sexe, région et régime), et en se basant sur les critères de comparaison suivants : la déviance, le BIC et la RMSE, afin de conforter notre choix de loi Binomiale Négative.

Toutes les modélisations ont été réalisées à l'aide du logiciel R.

Modèle	Déviance	BIC	RMSE
Binomiale Négative	2772,329	10240,81	0,263013
Poisson	11571,864	13809,56	0,263015
ZINB	/	10343,56	1,033893
ZIP	/	10332,84	1,033893

TABLE 3.11 – Comparaison des modèles de fréquence selon plusieurs critères

En théorie, le modèle le plus adéquat est celui ayant les valeurs de critères les plus faibles.

Au vu des valeurs obtenues, nous confirmons notre choix de la loi binomiale négative pour notre modélisation.

3.4.2.4.4 Choix des variables explicatives

Nous avons fait le choix d'appliquer la méthode « backward » pour sélectionner les variables explicatives.

En démarrant avec le modèle complet, les variables explicatives qui ressortent comme significatives avec un seuil de 5 % par le GLM d'une loi binomiale négative sont : la variable sexe, tranche d'âge et région.

Nous éliminons la variable régime et formule du modèle et évaluons nos critères de comparaison.

Modèle	BIC	RMSE
Complet	10240,81	0,263013
Sans les variables régime et formule	10105,81	0,240054

TABLE 3.12 – Comparaison des modèles complet et sans les variables régime et formule

Ainsi, au vu des critères de sélection, nous gardons le modèle sans la variable régime et formule.

Nous remarquons dans la sortie R du GLM (Annexe A), que certaines modalités de la variable "Région" et "Tranche d'âge" ont des p-value qui sont loin du niveau de significativité de 5 %.

Pour la variable tranche d'âge, la modalité 85-95 est regroupée avec la modalité 60-64 au sein de l'intercept. Ceci est en phase avec la courbe en cloche vue dans l'analyse univariée, réalisée précédemment.

Concernant la variable région, le regroupement est fait de façon à grouper les modalités ayant une p-value non significative avec des modalités ayant une p-value significative, avec des coefficients proches. La modalité "Centre-Val de Loire" est groupée à la modalité "Bourgogne-Franche-Comté". Et les trois modalités "Nouvelle-Aquitaine", "Occitanie" et "Grand Est" sont groupées ensemble. Enfin, la modalité "Provence-Alpes-Côte d'Azur" est regroupée avec "Auvergne-Rhône-Alpes" au sein de l'intercept. Ce regroupement reste cohérent avec l'analyse univariée faite précédemment.

Pour le modèle retenu, le détail des coefficients obtenus, les p-value associées et le niveau de significativité associé⁴ sont résumés au sein du tableau ci-après :

Variable explicative	Estimation	p-value	Significativité
(Intercept)	-4,3405565	< 2e-16	***
sexeHomme	-0,3843733	2.41e-08	***
TrancheAge65-69	0,7560271	4.53e-09	***
TrancheAge70-74	0,9067271	2.24e-12	***
TrancheAge75-79	1,0008028	1.90e-13	***
TrancheAge80-84	0,8075539	1.04e-06	***
RégionBourgogne-Franche-Comté + Centre-Val de Loire	-0,3265319	0.014032	*
RégionBretagne	-0,7237534	0.001301	**
RégionHauts-de-France	-0,3787596	0.000494	***
RégionÎle-de-France	-0,6988717	7.32e-07	***
RégionNormandie	-0,326108	0.039654	*
RégionPays de la Loire	-0,7678019	6.82e-05	***
RégionNouvelle-Aquitaine+Occitanie+Grand Est	0,2847527	0.001411	**

TABLE 3.13 – Coefficients du modèle retenu pour la fréquence de la garantie cure thermique

Les modalités qui n'apparaissent pas dans le tableau ci-dessus représentent les modalités de référence, définies ci-après :

- « 60-64 » et « 85-95 » pour la variable « Tranche d'âge » ;
- « Femme » pour la variable « Sexe » ;

4. . significativité avec seuil de 10%, * significativité avec seuil de 5%, ** significativité avec seuil de 1%,*** significativité avec seuil de 0,1%.

- « Auvergne-Rhône-Alpes » et « Provence-Alpes-Côte d'Azur » pour la variable « Région » ;

Afin d'expliquer simplement les résultats obtenus à la suite de ce modèle, nous reprenons notre exemple pour déterminer la fréquence.

Il s'agit d'un individu ayant les caractéristiques suivantes :

- Age : 65 ans ;
- Sexe : Homme ;
- Région : Nouvelle-Aquitaine ;
- Formule : F3 ;

$$Fréquence = \beta_{intercept} \times \beta_{65-69}^{Tranche-age} \times \beta_{Homme}^{Sexe} \times \beta_{NouvelleAquitaine}^{Region} \quad (3.37)$$

$$= e^{-4,3405565} \times e^{-0,3843733} \times e^{0,7560271} \times e^{0,2847527} = 2,51 \% \quad (3.38)$$

3.4.2.4.5 Analyse des résidus

Nous cherchons à valider à présent le modèle à l'aide de l'analyse des résidus.

Nous calculons les résidus de la déviance, que nous représentons dans la figure suivante :

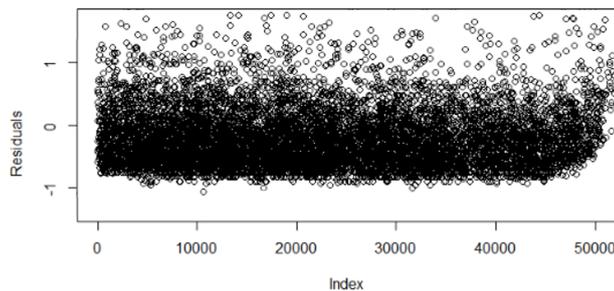


FIGURE 3.30 – Les résidus de la déviance pour la fréquence cure thermique

En nous basant sur le même raisonnement que dans le cas de la garantie médecine douce, nous jugeons le diagnostic acceptable et validons notre modèle.

3.4.2.5 Modélisation du coût moyen

3.4.2.5.1 Choix de la loi de probabilité adéquate

Nous avons testé les deux lois classiques suivantes : la loi gamma et la loi log-normale, pour la modélisation du coût moyen.

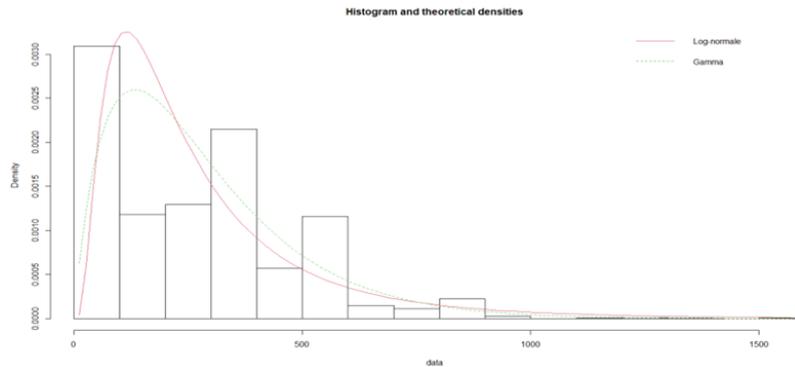


FIGURE 3.31 – Densité loi gamma et loi log-normale garantie cure thermique

Le graphique ci-dessus ne permet pas de trancher sur le choix de la loi adéquate pour la modélisation du coût moyen.

Nous faisons là aussi une comparaison entre les modèles complets GLM "Gamma" et GLM "Log-normale".

3.4.2.5.2 Modélisation par la méthode GLM

Nous commençons tout d'abord par faire une comparaison entre les modèles GLM "Gamma" et GLM "Log-normale", en gardant l'ensemble des variables explicatives (Tranche d'âges, formule, sexe, région et régime), et en nous basant sur les critères de comparaison suivants : la déviance, BIC et la RMSE.

Modèle	Déviance	BIC	RMSE
Gamma	717,204	17436,93	84,1511
Log-normale	517249,08	17636,93,93	85,1841

TABLE 3.14 – Comparaison des modèles de coût moyen selon plusieurs critères

Le modèle le plus adéquat, qui minimise les critères de déviance et BIC, et ayant une plus petite RMSE est celui de la loi Gamma.

Nous retenons donc la loi Gamma pour la modélisation du coût moyen.

3.4.2.5.3 Choix des variables explicatives

De manière similaire à la garantie médecine douce, en démarrant avec le modèle complet, les résultats du modèle GLM Gamma avec toutes les variables explicatives montrent que seule la variable région est significative.

Ainsi, pour le modèle retenu, le détail des coefficients obtenus, les p-value associées et le niveau de significativité associé⁵ sont résumés au sein du tableau ci-après :

Variable explicative	Estimation	p-value	Significativité
RégionAuvergne-Rhône-Alpes	4,524451	< 2e-16	***
RégionBourgogne-Franche-Comté	4,443310	< 2e-16	***
RégionBretagne	4,539229	< 2e-16	***
RégionCentre-Val de Loire	4,504868	< 2e-16	***
RégionGrand Est	4,443310	< 2e-16	***
RégionHauts-de-France	4,533674	< 2e-16	***
RégionÎle-de-France	4,437578	< 2e-16	***
RégionNormandie	4,549851	< 2e-16	***
RégionNouvelle-Aquitaine	4,528092	< 2e-16	***
RégionOccitanie	4,513720	< 2e-16	***
RégionPays de la Loire	4,553507	< 2e-16	***
RégionProvence-Alpes-Côte d'Azur	4,549735	< 2e-16	***

TABLE 3.15 – Coefficients du modèle retenu pour le coût moyen de la garantie cure thermale

Afin d'expliquer simplement les résultats obtenus à la suite de ce modèle, nous continuons avec notre exemple pour déterminer le coût moyen d'un individu ayant les caractéristiques suivantes :

- Age : 65 ans ;
- Sexe : Homme ;
- Région : Nouvelle-Aquitaine ;
- Formule : F3 ;

$$\text{Coût moyen} = e^{4,528092} = 92,58 \text{ €} \quad (3.39)$$

3.4.2.5.4 Analyse des résidus

Nous validons notre modèle à l'aide de l'analyse des résidus.

Nous calculons les résidus de la déviance, que nous représentons dans la figure suivante :

5. . significativité avec seuil de 10%, * significativité avec seuil de 5%, ** significativité avec seuil de 1%,*** significativité avec seuil de 0,1%.

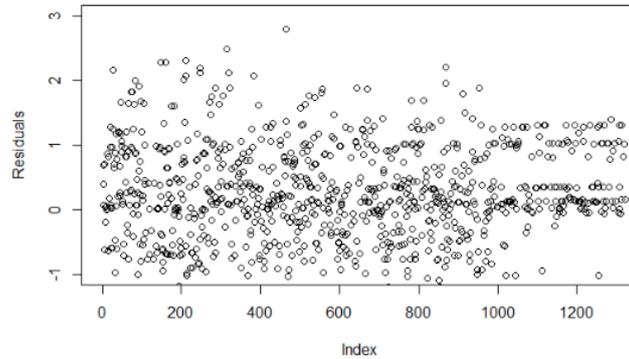


FIGURE 3.32 – Les résidus de la déviance pour le coût moyen cure thermique

Comme dans le cas de la fréquence, nous remarquons que la grande majorité des résidus sont situés autour de 0. Néanmoins, certains résidus se situent autour de 1 et 2.

Nous avons une proportion de résidus positifs plus importante que celle des résidus négatifs, indiquant que le modèle sous-estime légèrement le coût moyen pour une minorité de nos individus. Ces points n'étant pas très éloignés de l'axe des abscisses, nous jugeons le diagnostic satisfaisant et validons le modèle.

3.4.2.6 Prime pure

Après avoir calibré nos modèles de fréquence et coût moyen pour la garantie cure thermique, la prime pure est calculée comme suit :

$$Prime\ Pure = Fréquence \times Coût\ Moyen \quad (3.40)$$

En continuant avec notre exemple présenté précédemment, nous trouvons :

$$Prime\ Pure_{Cure\ thermique} = 2,51\% \times 92,58\ € = 2,32\ € \quad (3.41)$$

3.4.2.7 Modélisation sans l'année 2020 et l'année 2021

Nous avons remarqué précédemment, au niveau de la figure 3.27, que les années 2020 et 2021 ont connu une baisse très marquée de la fréquence, à cause de la pandémie du COVID-19.

Ainsi, nous avons pensé à modéliser la fréquence sur la base de 4 années, de 2016 à 2019, afin d'éviter la sous-estimation liée à l'effet COVID pendant les deux années de 2020 et 2021, qui peuvent être considérées comme exceptionnelles.

Les étapes détaillées précédemment sur le choix de la loi de probabilité adéquate, le choix des variables explicatives et la validation du modèle, ont été suivies pour déterminer le modèle adéquat pour la modélisation de la fréquence et du coût moyen. Elles ne seront pas présentées pour éviter une certaine redondance dans notre rédaction.

Nous présentons directement les résultats obtenus dans le tableau ci-dessous :

	Fréquence	Coût moyen
Modèle retenu	GLM Binomial négatif	GLM Gamma
Variables retenues	Tranches d'âge, sexe et région	Région

TABLE 3.16 – Modèles et variables retenus pour la cure thermique sans 2020 et 2021

Pour le modèle de fréquence, le modèle retenu, le détail des coefficients obtenus, les p-value associées et le niveau de significativité associé sont résumés au sein du tableau ci-après :

Variable explicative	Estimation	p-value	Significativité
(Intercept)	-3,6469815	< 2e-16	***
sexeHomme	-0,409512	7.192-06	***
TrancheAge65-69	0,8330528	0.000260	***
TrancheAge70-74	0,8887355	9.51e-05	***
TrancheAge75-79	1,1016396	2.37e-06	***
TrancheAge80-84	0,7193917	0.005060	**
RégionBourgogne-Franche-Comté	-0,582763	0.003947	**
RégionCentre-Val de Loire	-0,7266594	0.000152	***
RégionBretagne	-1,2583632	0.002918	**
RégionHauts-de-France	-0,5677582	8.33e-06	***
RégionÎle-de-France	-0,8636624	2.22e-07	***
RégionNormandie	-0,6118509	0.002904	**
RégionPays de la Loire	-1,0305704	7.62e-05	***
RégionProvence-Alpes-Côte d'Azur	-0,253301	0.042539	*

TABLE 3.17 – Coefficients du modèle retenu pour la fréquence de la garantie cure thermique (sans 2020 et 2021)

Les modalités de référence sont définies ci-après :

- « 60-64 » et « 85-95 » pour la variable « Tranches d'âge » ;
- « Femme » pour la variable « Sexe » ;
- « Auvergne-Rhône-Alpes », « Nouvelle-Aquitaine », « Occitanie » et « Grand Est » pour la variable « Région » ;

En reprenant notre exemple de l'individu ayant les caractéristiques suivantes :

- Age : 65 ans ;
- Sexe : Homme ;
- Région : Nouvelle-Aquitaine ;
- Formule : F3 ;

La fréquence est calculée comme suit :

$$Fréquence = \beta_{intercept} \times \beta_{65-69}^{Tranche-age} \times \beta_{Homme}^{Sexe} \quad (3.42)$$

$$= e^{-3,6469815} \times e^{0,8330528} \times e^{-0,409512} = 3,98 \% \quad (3.43)$$

Là où nous avons une fréquence de 2,51% avec un historique de données de 2016 à 2021, nous retrouvons une fréquence de 3,98%, après avoir retiré les deux années exceptionnelles de pandémie (2020 et 2021). Ceci a été vérifié pour l'ensemble des individus avec les autres caractéristiques.

Ainsi, il est clair que la prise en compte de ces deux années sous-estime la fréquence. Nous avons donc décidé de nous baser pour la suite de notre étude sur la modélisation sans ces deux années pour la garantie cure thermique, pour ne pas biaiser notre fréquence.

Le coût moyen modélisé, le détail des coefficients obtenus, les p-value associées et le niveau de significativité associé sont résumés au sein du tableau ci-après :

Variable explicative	Estimation	p-value	Significativité
RégionAuvergne-Rhône-Alpes	4,476614	< 2e-16	***
RégionBourgogne-Franche-Comté	4,565107	< 2e-16	***
RégionBretagne	4,614537	< 2e-16	***
RégionCentre-Val de Loire	4,607504	< 2e-16	***
RégionGrand Est	4,641998	< 2e-16	***
RégionHauts-de-France	4,658382	< 2e-16	***
RégionÎle-de-France	4,562406	< 2e-16	***
RégionNormandie	4,737287	< 2e-16	***
RégionNouvelle-Aquitaine	4,664585	< 2e-16	***
RégionOccitanie	4,612795	< 2e-16	***
RégionPays de la Loire	4,553410	< 2e-16	***
RégionProvence-Alpes-Côte d'Azur	4,662193	< 2e-16	***

TABLE 3.18 – Coefficients du modèle retenu pour le coût moyen de la garantie cure thermique (sans 2020 et 2021)

En reprenant notre exemple de l'individu ayant les caractéristiques suivantes :

- Age : 65 ans ;
- Sexe : Homme ;
- Région : Nouvelle-Aquitaine ;
- Formule : F3 ;

$$Coût\ moyen = e^{4,664585} = 106,12\ € \quad (3.44)$$

3.4.2.8 Prime pure

Après avoir calibré nos modèles de fréquence et de coût moyen pour la garantie cure thermique sans les années 2020 et 2021, la prime pure est calculée comme suit :

$$\text{Prime Pure}_{\text{Cure}} \text{ thermique} = 3,98\% \times 106,12 \text{ €} = 4,22 \text{ €} \quad (3.45)$$

3.4.3 Garantie téléassistance

Au vu des variables à notre disposition, nous avons décidé de procéder à une tarification simplifiée par âge, basée sur des statistiques directes faites sous Excel.

Dans un premier temps, nous avons déterminé le pourcentage de personnes utilisant la téléalarme par âge, de la manière suivante :

$$\frac{\text{Nombre de personnes utilisant la téléalarme, âgées de } x \text{ ans}}{\text{Nombre total de personnes âgées de } x \text{ ans}} \quad (3.46)$$

Nous représentons ces pourcentages à l'aide du graphique ci-dessous :

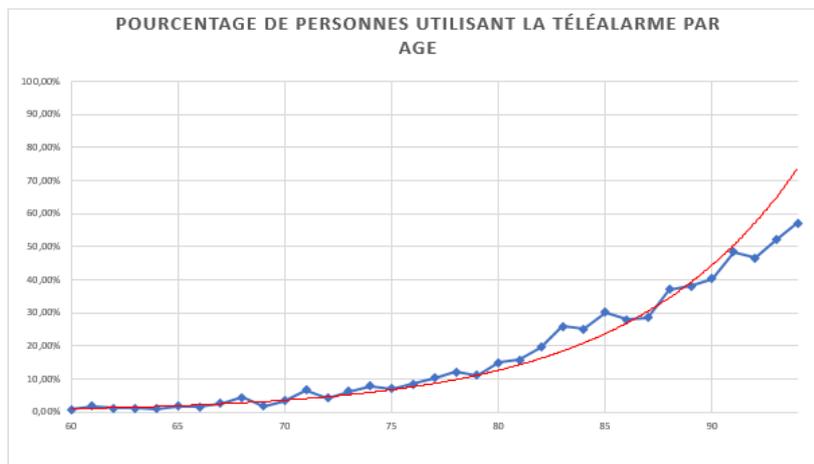


FIGURE 3.33 – Pourcentage de personnes utilisant la téléalarme par âge

Nous remarquons donc que l'utilisation d'un service de téléalarme augmente de façon exponentielle avec l'âge. Ceci peut s'expliquer par un besoin qui croît avec l'âge.

Afin de pallier les irrégularités de la courbe, dues au nombre limité de données par âge, nous procédons à un ajustement par une fonction de tendance exponentielle sous Excel. Ce dernier nous fournit une valeur de R^2 de 94,9%, ce qui indique un ajustement presque parfait de la droite aux données.

L'équation de la courbe rouge est la suivante :

$$Y = 5 \times 10^{-6} \times e^{0,1259X} \quad (3.47)$$

Avec :

- Y : le % de personnes utilisant la téléalarme ;
- X : l'âge de l'individu.

Dans un second temps, nous avons calculé les coûts moyens des individus par âge.

Afin de déterminer le plafond annuel à mettre pour cette garantie-là, nous avons calculé une fonction de répartition des coûts annuels. Elle nous permettra d'avoir une idée sur le pourcentage de personnes couvertes en fonction du plafond choisi.

Définition d'une fonction de répartition :

Une fonction de répartition caractérise la loi de probabilité d'une variable aléatoire X . Elle est définie de la manière suivante : $F_X(x) = P(X \leq x)$, et est bornée entre 0 et 1 : $0 \leq F_X(x) \leq 1$.

Nous représentons la fonction de répartition obtenue :

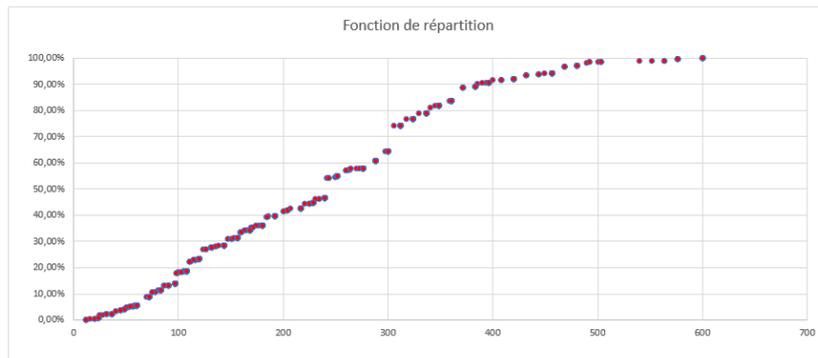


FIGURE 3.34 – Fonction de répartition des coûts annuels de téléassistance

Pour déterminer le plafond, nous avons pris en compte les deux critères suivants :

- Le % de personnes totalement couvertes avec ce plafond.
- L'impact du plafond sur la prime pure à payer par âge.

Trois plafonds ont été mis en place selon les 3 formules proposées au sein de ce nouveau produit :

Formule	Plafond	% de personnes totalement couvertes
Formule 1	200€	40%
Formule 2	300€	65%
Formule 3	400€	90%

TABLE 3.19 – Pourcentage de personnes totalement couvertes selon les 3 plafonds

Les tableaux résumants l'impact des plafonds sur la prime pure par âge sont disponibles dans l'Annexe B.

Pour chaque individu, nous avons calculé le coût avec plafond comme suit :

$$\text{Coût avec plafond} = \min(\text{coût sans plafond}; \text{plafond}) \tag{3.48}$$

Puis nous avons calculé le coût moyen avec et sans plafond, par âge en faisant la moyenne des coûts des individus ayant le même âge.

Finalement, nous calculons la prime pure par âge x , comme suit :

$$Prime\ pure_x = \% \text{ personnes utilisant la téléassistance}_x \times \text{coût moyen avec plafond}_x \quad (3.49)$$

3.4.4 Garantie femme de ménage

De la même manière que pour la garantie téléassistance, nous procédons à une tarification simplifiée par âge, basée sur des statistiques directes faites sous Excel.

Dans un premier temps, nous déterminons le pourcentage de personnes ayant une femme de ménage, par âge, comme suit :

$$\frac{\text{Nombre de personnes âgées de } x \text{ ans, ayant une femme de ménage}}{\text{Nombre total de personnes âgées de } x \text{ ans}} \quad (3.50)$$

Ensuite, nous calculons le nombre d'heures moyen, par âge, sur la base du nombre d'heures mensuelles renseigné par la variable AHFMNBH_M.

Nous représentons ces pourcentages comme suit :

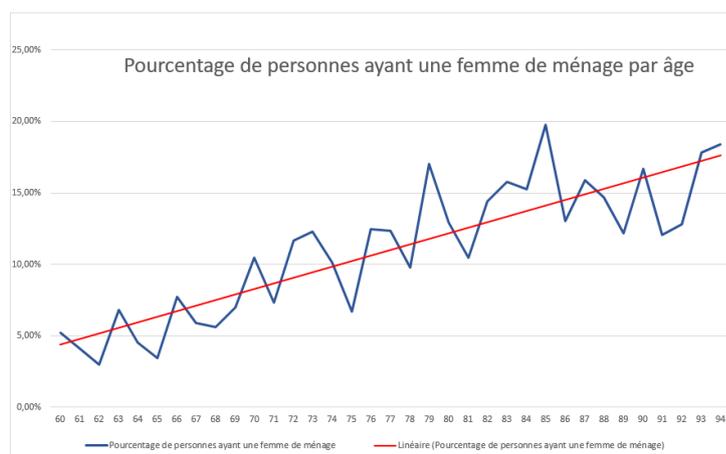


FIGURE 3.35 – Pourcentage de personnes ayant une femme de ménage par âge

Le recours à une aide-ménagère croît avec l'âge. Un ajustement linéaire est réalisé sous Excel pour corriger les irrégularités de la courbe. Ce dernier nous fournit une valeur de R^2 de 78,6%, ce qui indique une bonne qualité d'ajustement de la droite aux données.

L'équation de cette courbe est définie par :

$$Y = 0,0039X + 0,0401 \quad (3.51)$$

Avec :

- Y : le % de personnes utilisant la téléalarme ;
- X : l'âge de l'individu - 60.

Sur la base du nombre d'heures moyen par mois, nous établissons nos plafonds pour chaque formule.

Nous utiliserons une fonction de répartition pour le nombre d'heures moyen par mois, pour connaître le pourcentage de personnes couvertes à 100 % selon le plafond choisi.

Nous représentons la fonction de répartition obtenue :

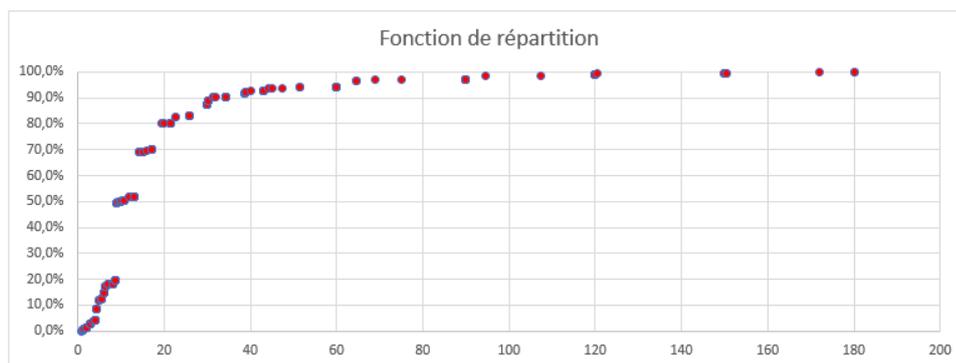


FIGURE 3.36 – Fonction de répartition du nombre d'heures moyen par mois

De ce fait, comme pour la téléassistance, nous avons pris en compte les deux critères suivants pour le choix des plafonds :

- Le % de personnes totalement couvertes avec ce plafond.
- L'impact du plafond sur la prime pure à payer par âge.

Les trois plafonds mis en place dans le cadre de cette garantie sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Formule	Plafond	% de personnes totalement couvertes
Formule 1	20h/mois	80,2%
Formule 2	30h/mois	87,5%
Formule 3	40h/mois	92,8%

TABLE 3.20 – Pourcentage de personnes totalement couvertes selon les 3 plafonds

Les tableaux résumant l'impact des plafonds sur la prime pure par âge sont disponibles dans l'Annexe C.

Pour le coût, nous avons pris le coût moyen d'une heure de ménage, correspondant à 14,06 € par heure.

Finalement, la prime pure par âge x est calculée comme suit :

$$\text{Prime pure}_x = \text{Pourcentage de personnes ayant une femme de ménage}_x \times \text{Nombre d'heures moyen par mois avec plafond}_x \times \text{Coût horaire moyen} \times 12$$

3.4.5 Prime unique

À ce niveau-là, nous avons déterminé les primes pures par âge, sexe, région et formule pour la médecine douce et la cure thermale, et par âge pour la téléassistance et l'aide-ménagère.

Contrainte de la « *Gender directive* »

La « *Gender directive* », entrée en vigueur depuis fin 2012 et faisant suite à l'arrêt de la Cour de justice de l'Union européenne, impose aux assureurs la suppression de la segmentation selon le genre des assurés dans les tarifs, et par conséquent, l'application de tarifs identiques aux femmes et aux hommes sans distinction fondée sur le sexe pour les prestations d'assurance individuelle.⁶

Ceci se traduit dans notre étude par le choix de prendre la prime pure des femmes dans notre tarification, pour être conformes et prudents, étant donné qu'elles ont les primes les plus élevées, et utilisent plus ce type de garanties. (L'écart avec la prime unique, en considérant les primes pures des hommes, est disponible en Annexe D).

Les taux d'inflation :

L'un des événements économiques le plus marquant de l'année 2022 est le retour de l'inflation.

L'inflation, phénomène redouté et inquiétant pour la stabilité économique et sociale, a provoqué une brusque augmentation générale des prix qui a touché l'économie nationale dans son ensemble.

Les secteurs de la santé et des services d'aide à la personne n'étant pas épargnés, les assureurs devront faire face à une inflation, marquée par une hausse des tarifs des prestations.

De ce fait, comme nous sommes sur un engagement de l'assureur sur un horizon long, l'inflation est l'un des paramètres impactants à prendre en compte dans notre tarification.

La courbe retenue dans notre étude est une courbe de taux d'inflation construite en interne chez Generali, qui correspond à la fin du T1 2022, et qui est utilisée dans les modèles de projections et rentabilités.

6. Source : Communiqué de presse de la commission européenne le 20/12/2012 « La réglementation de l'UE sur la tarification unisexe en matière d'assurance entre en vigueur » <https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/IP121430>

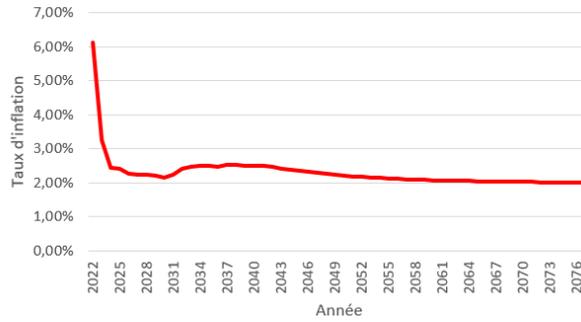


FIGURE 3.37 – Courbe des taux d’inflation

Nous remarquons sur notre courbe que l’inflation est supposée redescendre aux 2 % à long terme, taux cible défini par la Banque Centrale Européenne.

Aux côtés des taux d’inflations, nous utilisons dans le calcul de la prime unique des hypothèses de table de mortalité : TGF05 et de taux technique : taux non-vie 0,18 %, qui ont été détaillées dans le chapitre 3, paragraphe 3.3.

La formule de calcul de la prime unique que nous avons appliquée est présentée ci-dessous :

$$Prime\ unique\ pure = \sum_{i=0}^{55} \frac{prime_{65+i} \cdot l_{65+i}}{(1 + taux_{actualisation})^i} \prod_{j=0}^i (1 + taux_{inflation\ 2022+j}) \quad (3.52)$$

Avec :

- $prime_{65+i}$: représente la somme des primes pures de nos quatre garanties, pour chaque âge 65+i ;
- l_{65+i} : représente le nombre de personnes vivantes à l’âge 65+i ;
- Taux technique : le taux non-vie de 0,18 % au 30/06/2022 ;
- Taux d’inflation : représente le taux d’inflation de l’année 2022+j,

Nous avons obtenu une prime unique par région, pour chacune des formules. Les résultats des primes uniques par formule pour toutes les régions sont présentés en annexe D.

Pour la suite de l’étude, nous nous concentrons uniquement sur une région particulière, ayant la prime unique la plus élevée : la région Nouvelle-Aquitaine.

Ainsi, la prime unique pure obtenue pour cette région est présentée dans le tableau ci-dessous :

Formule	Formule 1	Formule 2	Formule 3
Prime unique	15 240 €	18 365 €	19 895 €

TABLE 3.21 – Prime unique de la région Nouvelle-Aquitaine.

Ces montants représentent la prime unique pure que devra payer l'assuré à 65 ans, afin de bénéficier des garanties médecine douce, cure thermique, téléassistance et aide-ménagère jusqu'à son décès, selon les plafonds suivants :

Garantie	Formule 1	Formule 2	Formule 3
Médecine douce	100 €	120 €	140 €
Cure thermique	100 €	130 €	150 €
Téléassistance	200 €	300 €	400 €
Aide-ménagère	20h/mois	30h/mois	40h/mois

TABLE 3.22 – Plafonds des garanties médecine douce, cure thermique, téléassistance et aide-ménagère

La part de chaque garantie dans la prime unique de la formule 1, est distribuée comme suit :

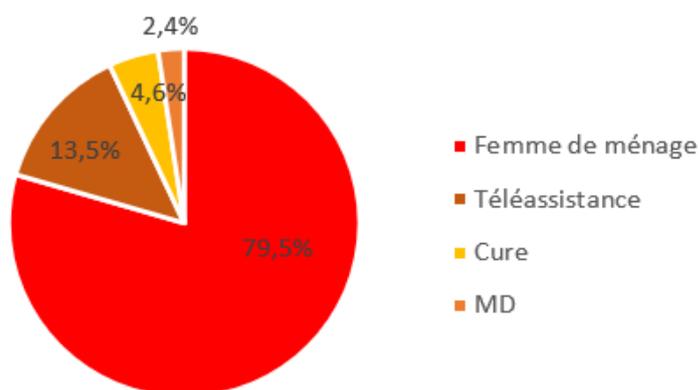


FIGURE 3.38 – Part de chaque garantie dans la prime unique

Les formules 2 et 3 sont distribuées de manière similaire à la formule 1, elles ne seront donc pas représentées.

Les garanties de services à la personne sont clairement les plus coûteuses au sein de notre nouveau produit, et plus particulièrement la garantie aide-ménagère, qui représente 79,5 % de notre prime unique.

Chapitre 4

Projection de la population du produit PER : Capitaux constitutifs à 65 ans

Après l'entrée en vigueur de la loi Pacte, Generali a débuté la commercialisation d'un produit PER individuel à destination des TNS, décliné en deux options, l'une avec engagement de sortie en rente et l'autre sans engagement de sortie en rente. Concernant l'option avec engagement de sortie en rente, l'assuré s'engage à sortir en rente viagère dès la souscription de son contrat en échange d'une tarification plus avantageuse. Pour l'option sans engagement de sortie en rente, l'assuré a le choix à l'issue de sa phase de constitution, de sortir en capital unique, en capital fractionné, en rente, ou une combinaison des deux.

Cette partie de notre étude sera consacrée à la modélisation et projection des flux des assurés du produit PER individuel sans engagement de sortie en rente de Generali, entre l'année 2022 et l'année de leurs 65 ans, afin d'obtenir les montants de leurs capitaux constitutifs à 65 ans.

Cette projection sera réalisée afin de déterminer si notre population serait capable financièrement de souscrire à ce nouveau produit, en procédant à la comparaison des capitaux constitutifs des affiliés à 65 ans obtenus à la suite de notre projection, avec la prime unique calculée lors de notre tarification.

Pour cela, les hypothèses utilisées dans la modélisation vont être présentées : les hypothèses liées au produit, les hypothèses financières liées au marché et les statistiques du portefeuille étudié.

4.1 Les Hypothèses de projection

4.1.1 Hypothèses liées au produit

Le produit modélisé est le PER individuel de Generali, avec l'option sans engagement de sortie en rente.

4.1.1.1 Table de mortalité

Le produit sans engagement de sortie en rente est tarifé à partir de la table réglementaire en vigueur depuis le 1er janvier 2007 : la TGF05. Cette table prospective par génération des femmes en version 2005, établie par l'INSEE, est dédiée aux calculs de rentes viagères. Les tables utilisées pour le décès des assurés du portefeuille au sein de notre projection sont les deux tables réglementaires TGF05 et TGH05. Cette distinction de table selon le sexe nous permettra d'être plus proches de la réalité des décès.

4.1.1.2 Taux d'intérêt technique

Le taux minimum garanti net est à 0 %. La table de mortalité et le taux d'intérêt technique sont garantis à l'adhésion.

4.1.1.3 Frais de gestion

Pour le fonds euros, les frais de gestion sont prélevés sur le taux d'intérêt technique, tout au long de la vie du contrat, et s'élèvent à 0,7 %. Pour le fonds UC, les chargements de gestion sont prélevés sur l'épargne gérée, tout au long de la vie du contrat, et s'élèvent à 0,96 %.

4.1.1.4 Frais sur versement

Ces frais s'élèvent à 4,95 % pour l'option sans engagement de sortie en rente. Ils sont prélevés tant que les primes sont versées, lors de la phase de constitution.

4.1.2 Hypothèses prospectives du marché

4.1.2.1 Rendements EURO et UC

Les hypothèses prospectives sont utilisées dans la modélisation faite par la suite sur Excel, pour projeter les flux futurs. Il s'agit de la courbe des taux de rachats, la courbe de rendement Euros et la courbe de rendement UC. Ces courbes sont produites par l'équipe Valeur de GENERALI, et sont par la suite insérées dans l'outil Prophet¹, pour permettre de construire des modèles d'Actif-Passif, des projections de flux et de faire des études de rentabilité des produits par différentes équipes, dont l'équipe retraite.

Celles utilisées dans notre étude correspondent à la fin du T1 2022.

1. Prophet est un logiciel développé par SunGard iWORKS et utilisé par les compagnies d'assurance vie ou encore les fonds de pensions pour construire des modèles d'Actif-Passif et faire des projections financières.

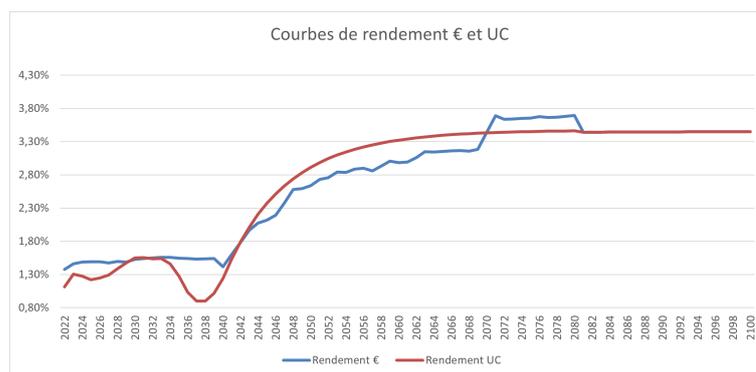


FIGURE 4.1 – Evolution des rendements EURO et UC en fonction des années de projection

La courbe de rendement Euros est appliquée à la PM euros et la courbe de rendement UC à la PM UC.

On observe que la courbe de rendement UC est volatile à court terme, puis se stabilise à long terme en convergeant vers 3,45%, tandis que la courbe Euro est plus volatile sur le long terme, puis se stabilise en convergeant vers 3,45%, ce qui est plutôt cohérent avec l'Ultimate Forward Rate (UFR), fixé par l'EIOPA à 3,45% en 2022 pour l'EURO.

4.1.2.2 Rachats EURO et UC

Les rachats sont peu nombreux dans les contrats retraite, étant donné que ceux-ci ne sont possibles que dans des cas limités énoncés par la loi PACTE.

Ces taux de rachats concernent le produit PER, et donc concernent les deux types d'investissement : l'Euro et les Unités de Compte.

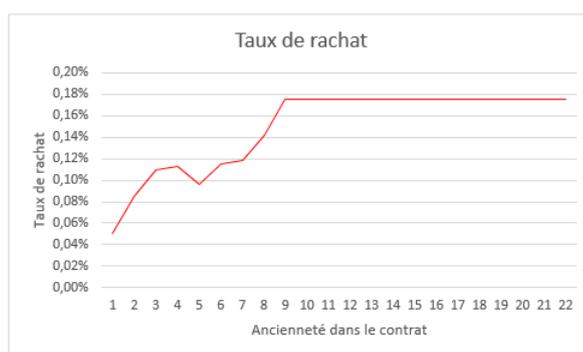


FIGURE 4.2 – Taux de rachat du produit PER selon l'ancienneté du contrat

Les rachats sont presque nuls la première année, puis ils augmentent au cours des dix premières années, avant de se stabiliser à partir de 11 ans d'ancienneté.

4.1.2.3 Actualisation

Afin de connaître la valeur actuelle des flux futurs de l'assuré, nous avons procédé à une actualisation.

L'actualisation permet de ramener sur une même base des flux non directement comparables, se produisant à des dates différentes. Le paramètre clé derrière cette opération est le taux d'actualisation.

Nous utiliserons pour cela la courbe des taux sans risque, publiée mensuellement par l'EIOPA (*European Insurance and Occupational Pensions Authority*), et qui est utilisée dans l'actualisation des flux futurs dans le cadre de l'évaluation des provisions techniques sous le Solvabilité 2.

La courbe utilisée correspond à celle du 30/06/2022 avec ajustement pour volatilité[14]. Nous représentons les taux d'actualisation ci-après :

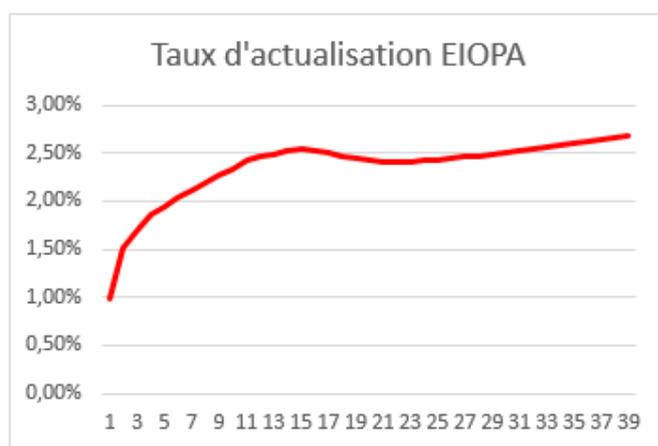


FIGURE 4.3 – Courbe des Taux Sans Risque avec ajustement pour volatilité, au 30/06/2022

4.1.3 Statistiques descriptives du portefeuille utilisé

La projection réalisée par la suite est basée sur le produit avec l'option sans engagement de sortie en rente, du portefeuille Retraite en cours, du produit PER individuel de Generali. Le portefeuille global est composé d'à peu près 23 429 affiliés selon une vision au 31/12/2021, repartis selon plusieurs caractéristiques présentées par la suite.

4.1.3.1 Portefeuille global

Répartition du portefeuille global par option



FIGURE 4.4 – Répartition du portefeuille globale par type de produit

La répartition des affiliés selon le type d'option est peu homogène. Peu de personnes choisissent de s'engager dès l'affiliation à sortir en rente : 15,3 % seulement, contre 84,7 % pour l'option sans engagement de sortie en rente, ce qui laisse penser que les assurés sont intéressés par une sortie en capital, et préfèrent avoir le choix au départ à la retraite.

Répartition du portefeuille global par sexe

Sexe de l'assuré	Nombre	Pourcentage %
Femme	9 568	40,84%
Homme	13 861	59,16%

TABLE 4.1 – Répartition du portefeuille par sexe.

On remarque que les hommes sont plus présents au sein du portefeuille que les femmes.

Répartition du portefeuille globale par profil de gestion

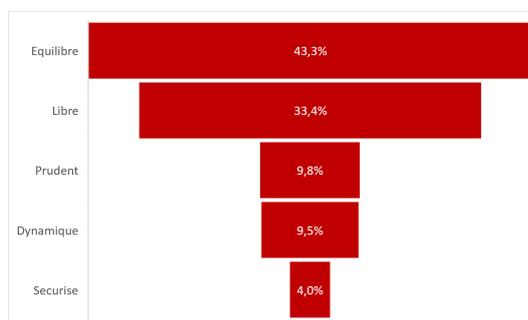


FIGURE 4.5 – Répartition du portefeuille global par profil de gestion

Concernant le profil de gestion, la majorité des adhérents ayant choisi une gestion pilotée à horizon retraite, ont le profil équilibré, qui est attribué par défaut. Ils représentent 43,3 % du portefeuille global. Suivent ensuite les affiliés plus avertis aux risques, qui représentent 33,4 % et ayant choisi le programme d'investissement libre, où ils ont le choix de répartition de leurs cotisations entre EURO et UC.

Prime annuelle moyenne versée par type de produit

Type d'option	Prime annuelle moyenne
LA RETRAITE 20 : avec engagement de sortie en rente	4 226,03 €
LA RETRAITE 20 : sans engagement de sortie en rente	4 517,77 €

TABLE 4.2 – Répartition des primes annuelles versées par type de produit.

En ce qui concerne la prime annuelle moyenne versée, en la distinguant pour chaque option, nous remarquons qu'elle est plutôt proche pour les options avec et sans engagements de sortie en rente. Même si l'option avec engagement de sortie en rente représente un pourcentage faible du portefeuille global 15,3%, la prime annuelle moyenne versée est plutôt importante.

Répartition des assurés par tranches d'âge

L'âge moyen du portefeuille est de 48,7 ans, avec un âge minimum de 19 ans et un âge maximum de 77 ans.

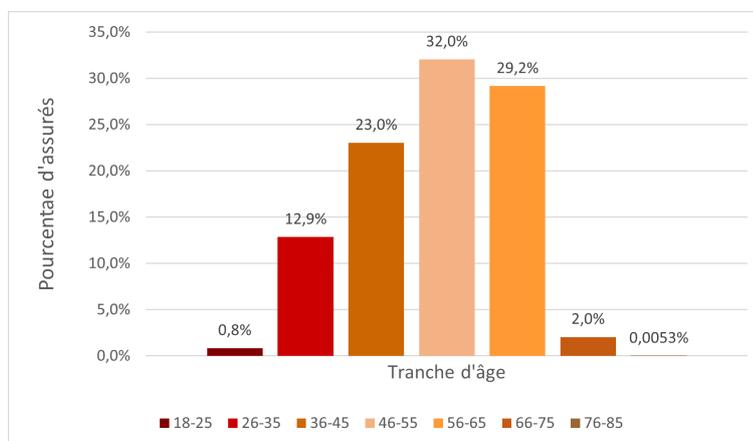


FIGURE 4.6 – Répartition des assurés par tranches d'âge

La tranche d'âge des 46-55 ans est la plus représentée dans le portefeuille avec un pourcentage de 32%, suivi des 56-65 ans avec un pourcentage de 29,2% et les 36-45 ans avec un pourcentage de 23%. Ces trois tranches d'âge cumulent à elles seules 84,2% du portefeuille. Les jeunes ne sont pas très présents, vu qu'ils ne pensent pas forcément à leur retraite à cet âge-là.

Répartition des sorties réglées

Type de sortie	Pourcentage %
Liquidation au terme	0,44%
Rente viagère	0,44%
Capital fractionné	5,29%
Capital fractionné, Capital unique	5,29%
Rachat	16,74%
Capital unique	28,63%
Transfert	43,17%

TABLE 4.3 – Répartition des sorties réglées.

La majorité des sorties sont des transferts : 43,17%, suivies des sorties en capital unique avec un pourcentage de 28,63%.

Force est de constater que sur ces sorties, seules 0,44 % sorties sont en rente viagère, contre 39,21% sorties en capital fractionné, capital unique ou une combinaison des deux. Les affiliés sont donc très intéressés par la sortie en capital que proposent ces nouveaux produits PACTE. D'ailleurs, la majorité des sorties sont liées à des clients ayant transféré leur contrat Madelin vers un contrat PER, pour profiter de la sortie en capital.

Comme mentionné précédemment, la projection réalisée par la suite sous Excel est basée uniquement sur l'option sans engagement de sortie en rente, étant donné que l'objectif est de connaître les capitaux constitutifs à l'âge de 65 ans, qu'auront les affiliés ayant la possibilité de sortie en capital.

4.1.3.2 Portefeuille de l'option sans engagement de sortie en rente :

Le portefeuille du produit avec option sans engagement de sortie en rente est composé d'environ 19 842 affiliés selon une vision au 31/12/2021, répartis selon plusieurs caractéristiques présentées par la suite.

L'âge moyen pour ce produit est de 47,4 ans, avec un âge minimum de 19 ans et un âge maximum de 77 ans. Ce qui est en cohérence avec le portefeuille global.

Répartition du portefeuille par sexe

Sexe de l'assuré	Nombre	Pourcentage %
Femme	7 840	39,5%
Homme	12 002	60,5%

TABLE 4.4 – Répartition du portefeuille par sexe.

Il y'a plus de disparité entre hommes et femmes au sein de ce produit, que dans le portefeuille global. Les hommes représentent une proportion de 60,5%, contre 39,5% de femmes.

Répartition du portefeuille par option de réversion

Concernant la répartition des assurés selon les options de réversion, la majorité des adhérents n'ont pas fait le choix de la réversion : 67,86 % du portefeuille. Le reste est divisé entre 28,46 % ayant choisi une réversion totale et 3,67% ayant fait le choix de la réversion partielle.

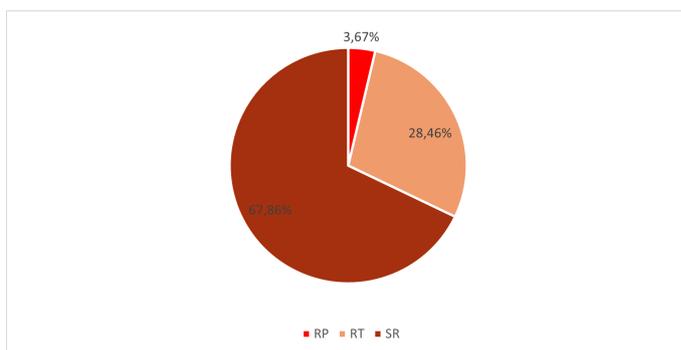


FIGURE 4.7 – Répartition du portefeuille par option de réversion

Répartition du portefeuille par profil de gestion

En ce qui concerne ce produit-là, la tendance est plutôt inversée pour les deux profils de gestion majoritaires, par rapport au portefeuille global. Les personnes sont plus averses au risque et choisissent de gérer le pourcentage d'investissement de leurs cotisations entre EURO et UC. Elles représentent presque la moitié du portefeuille : 48,6 % en gestion libre, suivies du profil équilibre, qui représente le profil par défaut de la gestion pilotée à horizon.

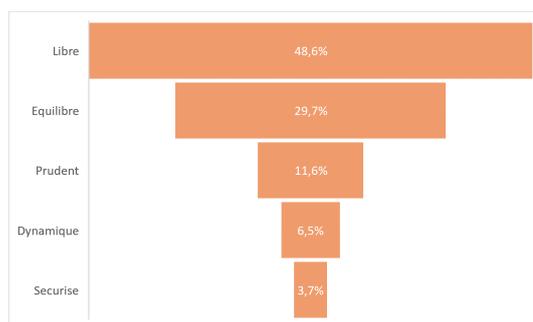


FIGURE 4.8 – Répartition du portefeuille par profil de gestion

4.2 Projection EURO et UC

La projection a été réalisée sous EXCEL et à l'aide de macro VBA, en modélisant les flux de l'assuré entre l'année 2022 et l'âge de ses 65 ans, âge supposé de départ à la retraite, et en prenant en compte les interactions actifs-passifs de la partie EURO, à travers la revalorisation annuelle du contrat.

La première étape a été de projeter un contrat, en faisant une projection pour la PM EURO et une projection pour la PM UC, afin de récupérer à la fin la PM totale de chaque assuré à 65 ans, âge supposé de départ à la retraite.

Puis, à l'aide d'une macro VBA, l'ensemble du portefeuille est balayé, afin de projeter contrat par contrat et récupérer le capital constitutif de chaque contrat à la fin. L'hypothèse que l'ensemble des contrats sur le produit sans engagement de sortie en rente sortiront avec un capital unique a été faite dans cette projection.

La projection est restreinte aux assurés âgés de moins de 65 ans en 2022, soit 19 323 personnes.

4.2.1 Projection EURO

Les contrats EURO correspondent à des contrats où l'assureur porte le risque. Chaque année, l'assureur investit les primes dans des actifs pour dégager un rendement financier. Une partie de ce rendement permettra de revaloriser la PM de l'assuré chaque année.

La projection démarre avec **la provision mathématique (PM)**. Elle est définie comme la différence entre la valeur actuelle probable des engagements futurs de l'assureur et la valeur actuelle probables des primes futures de l'assuré. La première année, la PM d'ouverture correspond à la PM EURO du contrat au 31/12/2021.

Les années suivantes, la PM d'ouverture de l'année n correspond à la PM de clôture de l'année $n-1$. Ensuite, vient le calcul de **la prime nette annuelle**. Seuls les versements périodiques programmés sont pris en compte dans cette modélisation. Il n'y a pas de versements libres.

Pour la première année, cette prime correspond à la prime périodique annuelle programmée dans le contrat de l'assuré, nette de frais sur versement, multipliée par le taux d'investissement en EURO, tout en respectant les seuils minimums légaux d'investissements en EURO.²

Pour les années suivantes, cette prime est diminuée des décès survenus et des rachats effectués.

Les rachats et décès sont supposés survenir en fin d'année.

La prime est calculée comme suit :

- La première année :

$$Prime = Prime\ nette \times \min(Pourcentage\ investissement\ EURO; Seuil\ reglementaire) \quad (4.1)$$

2. Les tableaux avec les plans d'investissements, selon les profils de gestion, sont mis dans l'Annexe F.

- Les années suivantes :

$$Prime = Prime\ nette \times \min(Pourcentage\ investissement\ EURO; \\ Seuil\ reglementaire) \times (1 - q_x) \times (1 - taux\ de\ rachat) \quad (4.2)$$

Par la suite, vient le calcul de **la Participation aux bénéfices (PB)**. Elle vient en deuxième composante, pour compléter le TMG annuel.

D'après l'article L331-3 du code des assurances : « Les entreprises d'assurance sur la vie ou de capitalisation doivent faire participer les assurés aux bénéfices techniques et financiers qu'elles réalisent, dans les conditions fixées par arrêté du ministre de l'économie et des finances. », elle est donc imposée par la réglementation.³

Les seuils minimums fixés par le code des assurances sont : au minimum 85 % du résultat financier et au minimum 90 % du résultat technique de l'assureur. Elle peut être versée immédiatement, ou de manière différée, en la mettant en provision pour participation aux bénéfices (PPB), qui doit être distribuée sous 15 ans, pour les produits retraites logés au sein de l'IRP.

Dans un but de simplification, seul le résultat financier sera pris en compte dans le calcul de la PB dans la projection. De plus, l'entièreté de la PB acquise est supposée être redistribuée, il n'y pas de constitution de Provision pour participation aux bénéfices (PPB).

Le taux de participation aux bénéfices est donc calculé selon la formule suivante :

$$TauxPB_t = \max(85\% \times Taux_r - TMG_t, 0) \quad (4.3)$$

Avec :

- $Taux_r$: le taux de rendement des placements EURO.
- TMG : le taux minimum garanti, égal à 0 % dans notre cas.

Ce taux de PB est appliqué à la PM d'ouverture, à laquelle on rajoute la prime nette, pour avoir la PB.

Les prestations liées aux **rachats** et **décès** sont aussi calculées.

Les rachats, supposés survenir en fin d'année, ne sont possibles que dans certains cas, énoncés dans la partie 1.1.3 de ce mémoire.

Le calcul est fait de la manière suivante :

$$Rachats_n = (PMouverture_n + Primes\ Nettes) \times Taux\ Rachats. \quad (4.4)$$

Les décès sont aussi supposés survenir en fin d'année. Ils sont calculés de la même manière que **les rachats** :

$$Décès_n = (PM\ ouverture_n + Primes\ Nettes) \times q_x \quad (4.5)$$

Avec :

3. <https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article/c/LEGIARTI000006798728/2022-04-26/>

- q_x : la probabilité de décéder entre x et $x+1$

$$q_x = 1 - \frac{L_{x+1}}{L_x}$$

- L_x : représente le nombre de personnes vivantes à l'âge x .

Pour calculer la probabilité de décès des assurés, les tables de mortalités réglementaires par sexe, TGF05 et TGH05 sont utilisées, afin que la mortalité appliquée soit plus proche de la réalité. Enfin, **les frais de gestion** sur encours sont calculées comme suit :

$$\begin{aligned} \text{Frais de gestion sur encours}_n &= (PM \text{ ouverture}_n + Primes \text{ Nettes} - Rachats_n \\ &\quad - Décès_n) \times \text{Taux frais sur encours} \quad (4.6) \end{aligned}$$

Finalement la **Provision Mathématique de clôture** correspond à la PM d'ouverture, à laquelle est rajoutée la prime nette, la PB et le TMG, puis nous retranchons les rachats, les décès et les chargements de gestion sur encours.

$$\begin{aligned} PM \text{ Cloture}_n &= (PM \text{ ouverture}_n + Primes \text{ Nettes} + TMG + PB - Rachats_n - Décès_n - \\ &\quad \text{Chargements de gestion sur encours}_n) \quad (4.7) \end{aligned}$$

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
EURO	41	42	43	44	45	46	47	48
PM ouverture	9 398,98	10 655	11 927	13 209	14 503	15 810	17 122	18 448
Prime nette annuelle	1 143,87	1 142,66	1 140,96	1 138,87	1 136,74	1 134,71	1 132,38	1 129,95
Intérêt technique (TMG)	73,72	82,46	91,31	100,25	109,28	118,37	127,51	136,71
PB	123,50	146,68	165,09	182,11	198,31	212,19	232,25	247,89
Prestations	11,18	17,47	23,97	26,90	27,94	34,77	39,28	48,32
Rachat	5,34	10,09	14,34	16,19	14,98	19,53	21,54	27,70
Décès	6	7	10	11	13	15	18	21
Chargement de gestion sur encours	73,72	82,46	91,31	100,25	109,28	118,37	127,51	136,71
PM cloture	10 655,17	11 927,04	13 209,13	14 503,21	15 810,32	17 122,44	18 447,79	19 777,31
Capital euros à 65 ans	43 692,25 €							

FIGURE 4.9 – Extrait d'une projection EURO d'un assuré

4.2.2 Projection UC

Concernant la projection UC, elle se déroule selon les mêmes étapes que la projection EURO, en remplaçant à chaque étape le pourcentage d'investissement en EURO par le pourcentage d'investissement en UC.

La seule différence est au niveau de la ligne PB et TMG, qu'on ne retrouve pas dans la projection UC et qui est remplacée par une ligne de **produits financiers**.

Elle correspond à la PM d'ouverture, à laquelle est rajoutée la prime nette, puis le tout est multiplié par le rendement UC.

$$\text{Produits financiers}_n = (\text{PM ouverture}_n + \text{Primes Nettes}) \times \text{Taux rendement UC} \quad (4.8)$$

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
UC	41	42	43	44	45	46	47	48
PM ouverture	2 341,80	2 799	3 289	3 784	4 277	4 769	5 259	5 752
Prime nette annuelle	490,23	489,71	488,98	488,09	487,17	486,30	485,31	484,26
Produits financiers	3,26	36,71	49,30	54,45	58,28	65,48	74,28	86,40
Prestations	3,00	4,87	6,93	8,01	8,51	10,78	12,36	15,39
Rachat	1,43	2,81	4,15	4,82	4,56	6,06	6,78	8,82
Décès	2	2	3	3	4	5	6	7
Chargement de gestion sur encours	27,16	31,52	36,20	40,93	45,66	50,34	55,03	59,72
PM cloture	2 799	3 289	3 784	4 277	4 769	5 259	5 752	6 247

Capital UC à 65 ans 13 098,52 €

FIGURE 4.10 – Extrait d’une projection UC d’un assuré

4.3 Les capitaux constitutifs à 65 ans résultant des deux projections EURO et UC

La projection EURO et UC a été faite contrat par contrat, sur l’ensemble du portefeuille du produit avec l’option sans engagement de sortie en rente.

Le résultat de ces projections correspond aux capitaux constitutifs qu’auront les assurés à 65 ans, âge supposé de départ à la retraite.

4.3.1 Analyse de la distribution des capitaux constitutifs : Statistiques descriptives, quantiles et histogramme

Min	1er quantile	Médiane	Moyenne	3ème quantile	Ecart type	Max
1 013,36	24 773	40 477	47 888	59 825	44 361,37	1 214 274,58

TABLE 4.5 – Statistiques de base des capitaux constitutifs à 65 ans

Le capital constitutif minimal obtenu est de 1 013,36 euros et le capital maximal est de 1 214 274,58 euros. Il y’a donc un écart marqué entre les deux valeurs. La moyenne était de 47 888 euros et l’écart type était de 44 361,37. La valeur de l’écart type étant élevée, elle indique donc que les capitaux sont très dispersés autour de la valeur moyenne de 47 888 euros.

En ce qui concerne les quantiles de la distribution des capitaux constitutifs, on remarque que seuls 5 % des assurés ont un capital inférieur à 9 670,11, ce qui représente une minorité.

De plus, 50 % des assurés ont un capital inférieur à 40 477 euros et 50 % ont un capital supérieur à cette valeur.

S’ajoute à cela, que 95 % des assurés ont au maximum 101 635,57 euros.

0 %	5 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %
1 013,36	9 670,11	14 122,85	21 641,81	27 893,87	34 214,08	40 477,00
60 %	70 %	80 %	90 %	95 %	100 %	
47 277,75	55 374,68	64 776,40	78 601,13	101 635,57	1 214 274,58	

TABLE 4.6 – Quantiles de la distribution des capitaux constitutifs à 65 ans

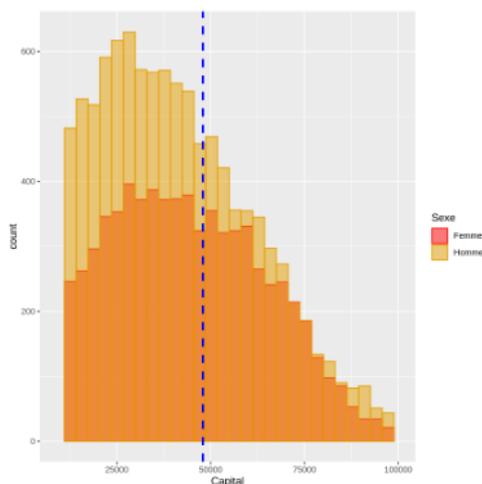


FIGURE 4.11 – Histogramme des capitaux constitutifs à 65 ans

Pour que la représentation de l’histogramme des capitaux soit plus claire, elle a été restreinte aux capitaux entre 9 500 euros et 102 000 euros, en se basant notamment sur les valeurs des quantiles à 5 % et 95 %.

Les affiliés avec des capitaux supérieurs à 100 000 euros sont peu nombreux au sein du portefeuille. La plupart ont des capitaux inférieurs à 75 000 euros. Les hommes ont des capitaux largement plus importants que les femmes. Ce constat concerne majoritairement les capitaux modestes. Pour des capitaux plus importants, il semble que les distributions des deux sexes soient plutôt proches.

Le trait bleu en pointillé représente le capital moyen à 65 ans, qui est de 46 420 euros. Bon nombre d’assurés ont donc moins que le capital moyen.

4.4 Comparaison des capitaux constitutifs à la prime unique :

Cette partie a pour objectif de déterminer si notre population serait capable financièrement de souscrire à ce nouveau produit, en procédant à la comparaison des capitaux constitutifs des affiliés à 65 ans obtenus à la suite de notre projection, avec la prime unique calculée lors de notre tarification.

Tout en étant conscients que l’assuré ne va pas forcément mettre tout son capital

pour la souscription du nouveau produit, nous procédons à une comparaison selon différents pourcentages de capital que l'assuré déciderait d'utiliser pour adhérer au nouveau produit :

- 100 % du capital pour le nouveau produit ;
- 75 % du capital pour le nouveau produit ;
- 50 % du capital pour le nouveau produit ;
- 25 % du capital pour le nouveau produit.

Ainsi, nous calculons le pourcentage d'assurés au sein du portefeuille du produit PER sans engagement de sortie en rente, qui pourront utiliser 100 %, 75 %, 50 % ou 25 % de leur capital à 65 ans pour le nouveau produit.

Les résultats sont résumés au sein du tableau ci-dessous :

Formule	100 % du capital	75 % du capital	50 % du capital	25 % du capital
Formule 1	88,65 %	81,92 %	65,60 %	23,79 %
Formule 2	84,47 %	75,59 %	55,94 %	12,88 %
Formule 3	82,48 %	72,18 %	51,12 %	9,59 %

TABLE 4.7 – Pourcentage d'affiliés du portefeuille capables de souscrire au nouveau produit

Si nous prenons comme hypothèse que la totalité du capital à 65 ans est investi dans le nouveau produit, une grande majorité des assurés cibles seront capables financièrement d'adhérer à cette nouvelle offre : 88,65 % pour la formule de base.

En prenant à présent l'hypothèse de 75 % du capital investi, le nouveau produit reste toujours accessible à une majorité d'assurés : 81,92 % pour la formule de base.

En prenant l'hypothèse de placement de la moitié du capital, le nombre de personnes aptes financièrement se réduit, mais représente plus de la moitié des assurés : 65,60 % pour la formule de base.

Finalement, l'hypothèse d'investir le quart du capital montre que le nombre de personnes ayant les moyens financiers d'adhérer à ce produit se réduit à 23,79 % pour la formule de base.

Chapitre 5

Sensibilités aux différents facteurs de risque

5.1 Taux technique

Nous calculons la nouvelle prime unique pour quatre scénarios éventuels de taux technique : 0 %, 0,5 %, 1 % et 1,5 %, que nous comparons au scénario central réalisé avec un taux technique à 0,18 %.

Les résultats obtenus sont présentés dans la figure ci-dessous :

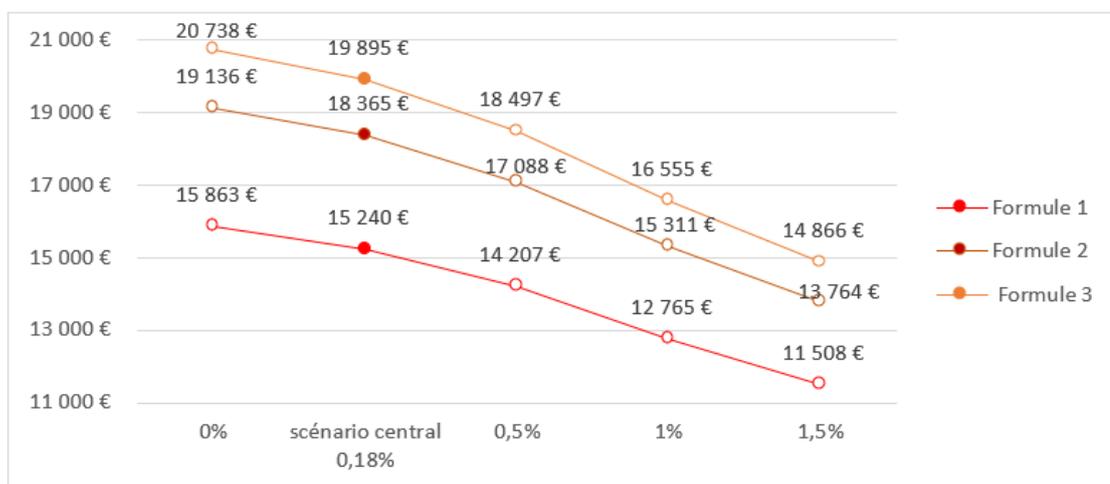


FIGURE 5.1 – Impact du taux technique sur la prime unique

Pour mieux visualiser le positionnement d'une hausse ou d'une baisse du taux technique par rapport au scénario central, nous détaillons le graphique pour la formule 1.

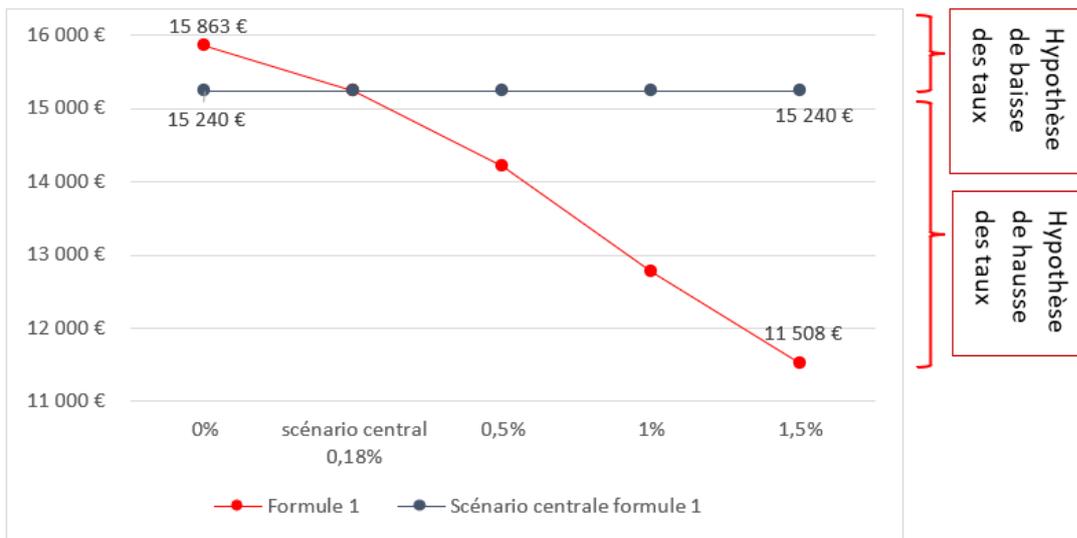


FIGURE 5.2 – Impact du taux technique sur la prime unique de la formule 1

Nous constatons que pour un scénario de baisse des taux, la prime unique augmente et l'assureur aurait encaissé une prime unique plus faible que l'engagement qu'il devrait honorer. Ainsi, la baisse des taux est un élément à risque sur lequel l'assureur devrait rester vigilant en cas de dérive importante. Mais en pratique, l'assureur pourra redresser son tarif pour les nouvelles souscriptions, et donc compenser une potentielle perte sur les souscriptions passées.

En revanche, pour les scénarios de hausse des taux, comme c'est le cas aujourd'hui, nous remarquons que la prime unique diminue avec le taux. Ceci est donc en faveur à la fois de l'assureur, puisque son engagement sur les souscriptions passées diminue, et pour les nouveaux assurés qui pourront bénéficier de tarifs plus bas et donc plus attractifs.

Le taux technique a donc un réel impact sur la prime unique, et son évolution devrait donc être surveillée avec attention.

5.2 Taux d'inflation

Nous calculons la nouvelle prime unique pour deux scénarios éventuels de hausses parallèles des taux d'inflation de +1 % et +2 % comme suit :

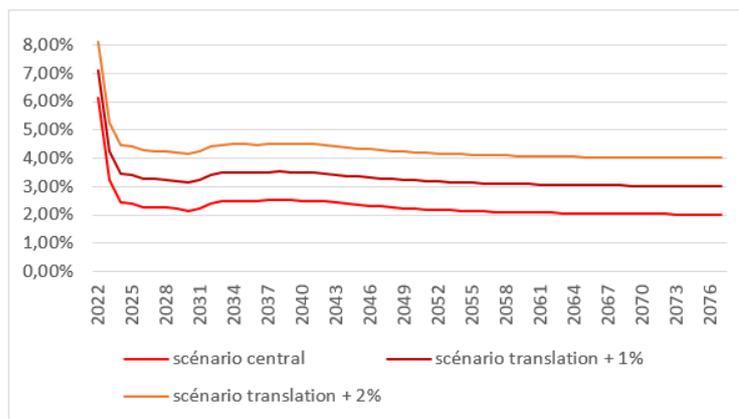


FIGURE 5.3 – Scénarios de la courbe d'inflation

Les résultats obtenus sont présentés dans la figure ci-dessous :

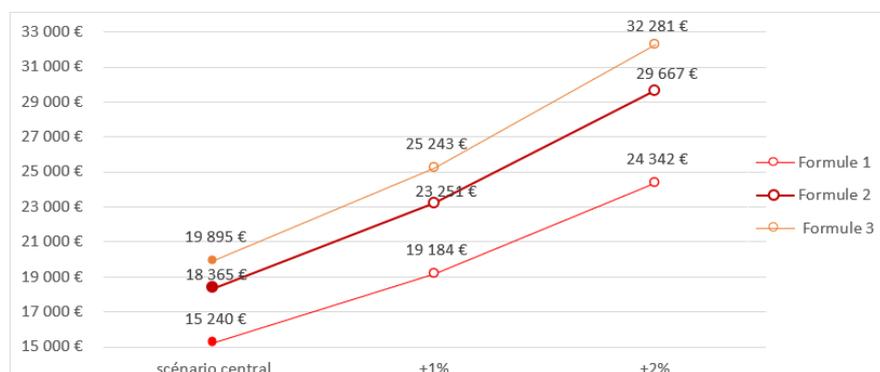


FIGURE 5.4 – Impact du taux d'inflation sur la prime unique

Nous constatons qu'une hausse brutale et généralisée du taux d'inflation, sur toutes les années, entraînerait une hausse exponentielle de la prime unique tarifée. De ce fait, l'engagement de l'assureur dans ce cas-là sera plus élevé que la prime unique encaissée, pour les souscriptions passées.

Néanmoins, en étant sur un engagement au long terme, l'assureur sera en mesure d'ajuster le tarif pour chaque nouvelle souscription et de mutualiser avec les anciennes primes encaissées.

5.3 Fréquence

Pour quantifier l'impact d'une hausse de la fréquence d'utilisation des garanties sur la prime unique, nous avons commencé par appliquer une augmentation de la fréquence de 50 % sur chaque garantie, indépendamment des autres. Ceci nous permettra de déterminer les garanties les plus impactantes, dont la dérive devrait être surveillée de plus près.

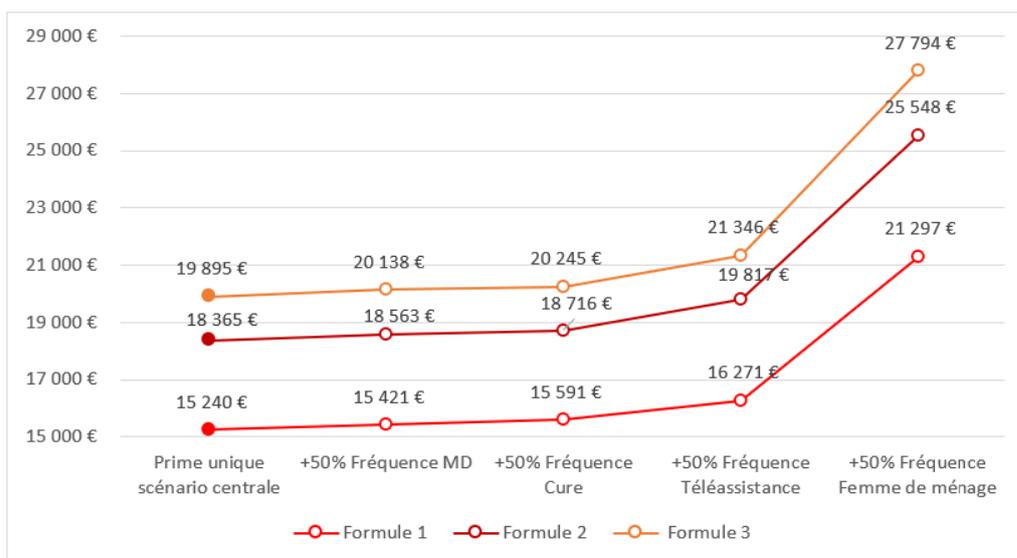


FIGURE 5.5 – Impact d'une hausse de fréquence de chaque garantie sur la prime unique

Le graphique ci-dessus montre que les deux garanties de santé médecine douce et cure thermique, ne varient que légèrement à la suite d'une augmentation de 50 % de chaque fréquence. Elles sont donc moins impactées par le risque de consommation. En revanche, les deux garanties de services téléassistance et femme de ménage sont plus sensibles à cette hausse de fréquence.

Ainsi, nous constatons qu'en augmentant les fréquences sur des garanties santé, qui ont été tarifées sur un historique de données d'un produit commercialisé, la hausse de la fréquence impacte peu. A l'inverse, sur les garanties de services qui n'ont pas été tarifées sur la base d'un produit d'assurance, l'impact est visiblement plus important.

5.3.1 Focus sur les garanties téléassistance et femme de ménage :

Dans la suite, nous avons calculé la prime unique pour les scénarios de hausse de la fréquence suivant : +50 % , +100 % , +150 % et +200 %.

Nous représentons la déviation par rapport au scénario centrale pour la formule 1 dans le graphique suivant :

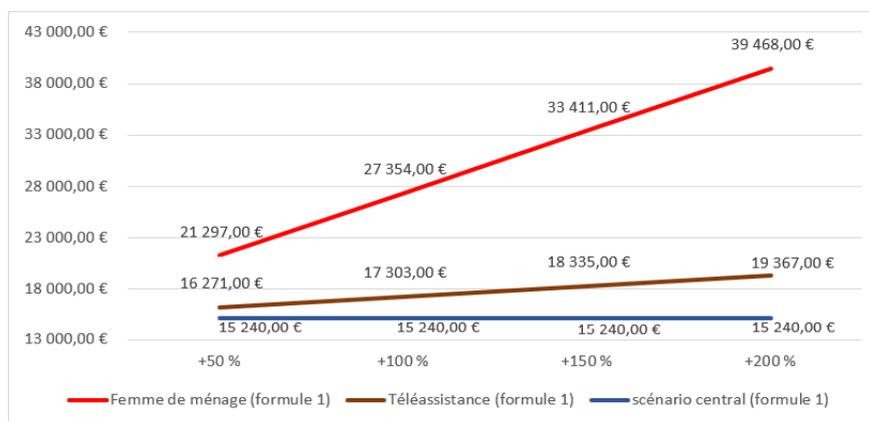


FIGURE 5.6 – Impact d’une hausse de fréquence pour les garanties téléassistance et aide-ménagère sur la prime unique

Pour la garantie téléassistance, nous avons une augmentation relative de la prime unique de 7 %, 14 %, 20 % et 27 % pour une augmentation de la fréquence de respectivement 50 %, 100 %, 150 % et 200 %, ce qui n’est pas très marquant.

Alors que pour la prestation femme de ménage, il est clair que c’est la garantie qui s’éloigne le plus du scénario central. La prime unique augmente de 40 %, 79 %, 119 % et 159 % pour une hausse respectivement de 50 %, 100 %, 150 % et 200 %, ce qui est assez conséquent.

Une telle hausse représente un risque pour l’assureur, qui aura des engagements beaucoup plus importants à honorer.

La consommation sur cette garantie devrait donc être suivie avec une attention particulière dès la première année de commercialisation du produit, afin de pouvoir ajuster la prime pour les futures souscriptions sur la base des données effectives de consommation.

5.4 Âge de départ :

5.4.1 Un départ à 62 ans :

Plus l’assuré va sortir tôt, plus sa prime unique sera importante car il sera couvert pendant plus longtemps.

En sortant 3 ans avant l’âge de mise en service de la retraite (65 ans dans le cas du produit la R20), l’assuré va payer une prime unique supérieure en moyenne de 10,82 % (selon la formule choisie), à la prime unique pour un départ à 65 ans.

Les valeurs des primes uniques pour chaque âge de départ et les écarts entre les deux sont représentés dans le graphique ci-dessous :

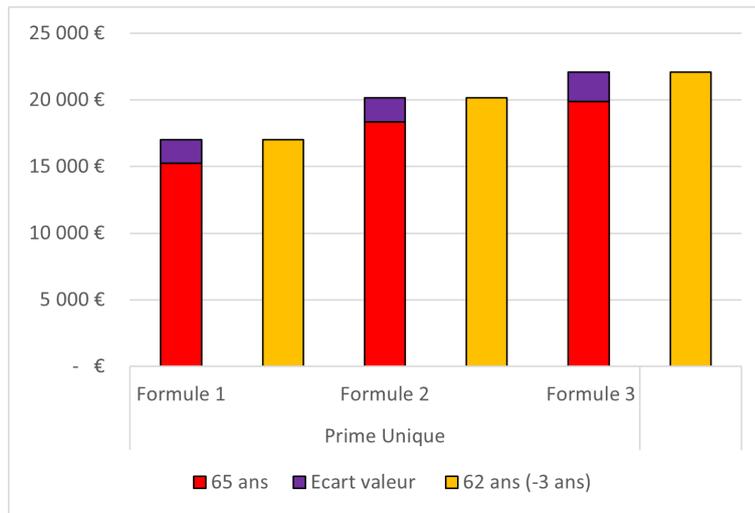


FIGURE 5.7 – Impact d'une sortie à 62 ans sur la prime unique

Du côté des capitaux constitutifs, une sortie avant 65 ans implique des capitaux plus faibles à la sortie.

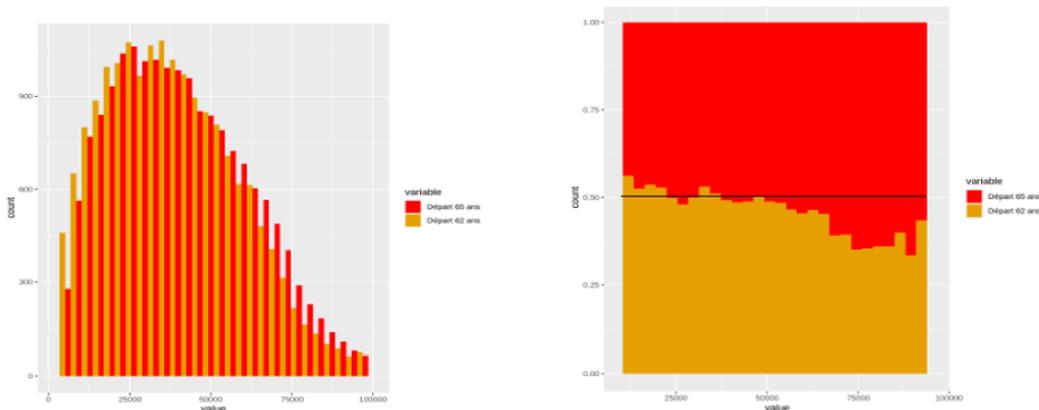


FIGURE 5.8 – Comparaison des capitaux constitutifs pour une sortie à 62 ans et 65 ans

Ainsi, un départ plus tôt implique une prime unique plus élevée et un capital constitutif plus faible. Les personnes anticipant leur sortie sur un produit PER sans engagement de sortie en rente auront moins accès à ce nouveau produit.

Nous aurons donc probablement moins de souscription dans ce cas-là, que dans le cas d'un départ à 65 ans. Pour pallier ce problème, nous pourrions envisager une réduction des plafonds de garanties pour les personnes avec un départ en retraite avancé, pour leur proposer une prime adaptée à leurs capitaux.

5.4.2 Un départ à 68 ans :

Plus l'assuré va sortir tard, moins sa prime unique sera importante car il sera couvert pendant moins longtemps.

En sortant 3 ans après l'âge de mise en service de la retraite (65 ans dans le cas du produit la R20), l'assuré va payer une prime unique inférieure en moyenne de 10,74 % (selon la formule choisie), à la prime unique pour un départ à 65 ans.

Les valeurs des primes uniques pour chaque âge de départ et les écarts entre les deux sont représentées dans le graphique ci-dessous :

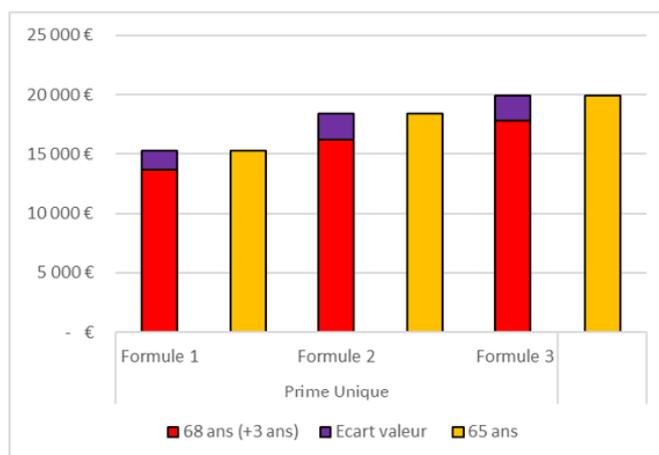


FIGURE 5.9 – Impact d'une sortie à 68 ans sur la prime unique

De plus, les assurés faisant le choix de sortir plus tard que 65 ans ont des capitaux plus importants, car ils cotiseront en théorie pendant plus d'années.

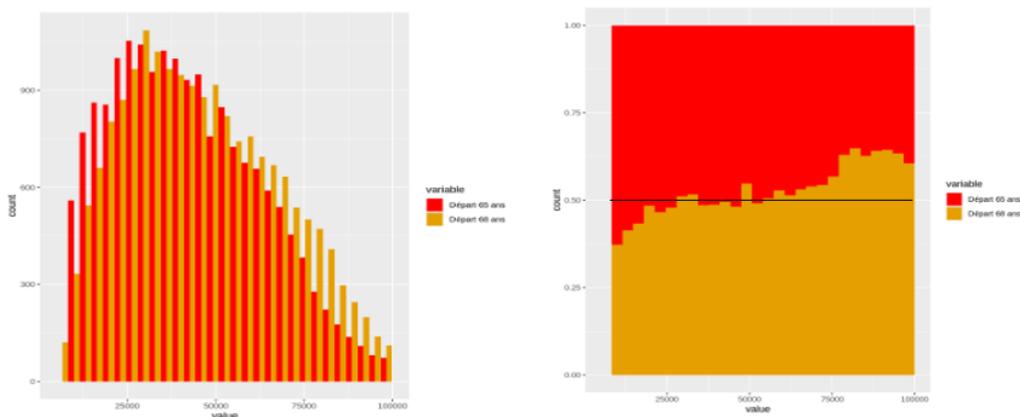


FIGURE 5.10 – Comparaison des capitaux constitutifs pour une sortie à 65 ans et 68 ans

Ainsi, nous calculons le pourcentage d'assurés au sein du portefeuille du produit PER sans engagement de sortie en rente, qui pourront utiliser 100 %, 75 %, 50 % ou 25 % de leur capital à 68 ans pour le nouveau produit.

Les résultats sont résumés au sein du tableau ci-dessous :

Formule	100 % du capital	75 % du capital	50 % du capital	25 % du capital
Formule 1	95,40 %	90,81 %	78,47 %	38,29 %
Formule 2	93,20 %	86,43 %	69,98 %	26,56 %
Formule 3	91,34 %	83,51 %	64,83 %	20,27 %

TABLE 5.1 – Pourcentage d'affiliés du portefeuille capables de souscrire au nouveau produit, à 68 ans

Un départ plus tard permet à la personne d'avoir un capital plus important et en parallèle de payer une prime plus faible. Ainsi, les personnes faisant le choix de proroger leur contrat PER souscriront potentiellement plus à ce type de contrat que les autres.

5.5 Limites et axes d'amélioration

En conclusion, les sensibilités faites ont soulevé un potentiel risque de dérive, lié à une augmentation des taux d'inflation et une surconsommation des prestations de service, en particulier la garantie femme de ménage, qu'il faudrait surveiller avec attention.

Nous sommes conscients que notre produit en prime unique, fera éventuellement face à un risque de longévité, un risque de surconsommation et un risque d'inflation.

Toutefois, un assureur comme Generali est potentiellement capable de se lancer sur un nouveau produit et supporter d'éventuelles pertes les premières années de commercialisation, afin d'avoir des données d'expérience à disposition, qui lui permettront de mieux appréhender ce type de risque et de redresser et ajuster ses tarifs pour les nouvelles souscriptions.

L'étude présentée au sein de ce mémoire présente globalement trois principales limites :

► Limite liée aux données :

Etant donné que nous sommes sur l'élaboration d'un nouveau produit, l'assureur ne dispose donc pas d'un historique de données complet pour sa tarification. Nous nous sommes donc basés sur deux sources de données pour notre étude :

- Une base de données d'un produit de santé Senior existant, où les garanties médecine douce et cure thermique ne sont pas des garanties principales et sont donc probablement peu consommées
- Des données open source, basées sur des réponses de personnes à une enquête, qui peuvent être parfois qualifiées d'approximatives ou subjectives, correspondant à la population générale française qui est différente de la population cible de notre produit.

De plus, d'autres garanties auraient pu être proposées dans l'offre mais n'ont pas été retenues faute de données suffisamment précises (Ex. Ergothérapie, assistance informatique...)

► Limites liées à la tarification :

- La prise en compte de la variable âge dans notre modèle GLM a été effectuée par tranches d'âge. Cette approche reste convenable, néanmoins, elle laisse place à des sauts dans la fréquence à chaque borne supérieure et inférieure des classes d'âge. Ceci est une limite à améliorer, en s'intéressant notamment à des méthodes de prise en compte de l'âge plus poussées sur les lissages tarifaires (fonction polynomiale, splines...)
- La modélisation par des GLM a été jugée cohérente avec l'analyse univariée des données, et admissible à la vue de l'analyse des résidus. Cette modélisation a été privilégiée pour une première tarification, pour des raisons d'interprétabilité et transparence. Néanmoins, elle pourrait être améliorée et challengée, en ayant recours à des méthodes de machine learning, qui pourraient être mieux adaptées à nos garanties ayant une sur-dispersion de 0, due à une faible consommation.
- L'utilisation de statistiques et d'ajustements simples sur Excel pour la tarification relative aux garanties Femme de ménage et Téléassistance, en l'absence de données plus précises.

► Limites liées à la projection

- La projection a été faite uniquement sur la base des versements périodiques programmés, sans prendre en compte les versements libres dans la modélisation. Ceci a un impact sur les capitaux estimés, qui sont soit plus faibles que prévus si l'assuré arrête de cotiser à un certain moment ou plus importants s'il cotise périodiquement et fait des versements libres.
- Le calcul de la PB a été simplifié en prenant 85 % des rendements euros. En réalité, l'assureur doit attribuer au minimum 90 % du résultat technique et 85 % du résultat financier, tout en ayant le choix de la façon dont ce minimum peut être réparti entre les différents produits. De plus, la PB acquise est considérée comme immédiatement reversée dans notre projection, sans prendre en compte la Provision pour Participation aux Bénéfices (PPB), ce qui n'est pas le cas en réalité.
- La projection a été faite assuré par assuré et non selon des modèles points. Si cette méthode est meilleure en termes de précision, elle prend néanmoins beaucoup de temps d'exécution. De ce fait, quand la taille du portefeuille sera plus conséquente, cette modélisation ligne à ligne à l'aide de la macro VBA ne sera plus optimale voire impossible.
- La projection a été faite sur un portefeuille d'assurés Travailleurs Non Salariés (TNS). Il serait judicieux d'établir cette projection sur une population de salariés, afin d'évaluer s'ils seront capables financièrement de souscrire à ce nouveau produit et de ce fait, élargir notre cible.

Il nous paraît opportun d'améliorer ces points au sein de travaux ultérieurs.

Conclusion et ouverture

L'objectif premier de notre étude est l'élaboration d'un nouveau produit en prime unique, destiné aux seniors ayant fait le choix d'une sortie en capital à l'issue de leur contrat retraite (PER).

Pour y répondre, nous avons commencé par placer l'étude dans le contexte économique, social et stratégique actuel. Nous avons ensuite présenté les données utilisées pour la tarification ainsi que leur analyse et les traitements qui ont été effectués. Sur cette base, nous avons modélisé chacune des garanties proposées afin d'en déterminer la fréquence et le coût moyen, nous permettant ainsi de définir une prime pure par âge. Enfin, nous avons déterminé la prime unique de notre produit sur la base des primes pures par âge, et d'hypothèses de table de mortalité, de taux technique et d'inflation.

Dès que la prime unique a été calculée, nous avons établi la projection du portefeuille d'affiliés TNS du contrat PER sans engagement de sortie en rente, qui constituent la cible de notre nouveau produit, afin d'avoir les montants de capital versés en cas de sortie à 65 ans. Le but de cette projection a été de pouvoir comparer notre prime unique à ces capitaux, afin de déterminer si notre produit est accessible financièrement.

Notre étude a donc permis de montrer qu'un tel produit est potentiellement viable sur le marché, et que nous pourrions avoir une population capable de l'acheter en termes de capitaux financiers. Néanmoins, les sensibilités faites ont soulevé un potentiel risque de dérive, lié à une augmentation des taux d'inflation et une surconsommation des prestations de service, qu'il faudrait surveiller avec attention.

L'objectif fixé au départ est globalement atteint. Malgré les limites soulevées précédemment, nous avons pu concevoir des garanties et mettre en place des modèles de tarification pour un produit qui n'existe pas à l'heure actuelle, et pour lequel nous n'avons pas de modèle benchmark.

Les résultats obtenus à l'issue de notre étude sont satisfaisants et le produit permet de répondre à la coupure du lien entre l'assuré et l'assureur lors du passage en retraite en cas de sortie en capital, lien rémunérateur pour l'assureur.

Enfin, il paraît opportun de poursuivre et approfondir ces travaux, en s'intéressant à d'autres aspects de la conception d'un produit, qui n'ont pas été analysés dans le cadre de ce mémoire et qui nécessiteraient une étude en cas de lancement du produit.

Les principaux aspects à étudier sont les suivants :

- Calibrer les plafonds de chaque garantie proposée en fonction des capitaux des assurés, pour adapter le produit au budget de chacun.

- Étudier la rentabilité du produit.
- Affiner la conception du produit en termes de garanties, en procédant à une veille produit et une étude de marché sur l'intérêt porté par la population cible à ce produit.
- Étudier les chargements commerciaux du produit.
- Étudier la faisabilité d'un tel produit d'un point de vue juridique et conformité.

Nous restons cependant optimistes quant au renforcement de ce produit dans le futur et de sa mise en production.

Liste des abréviations

AIC	Akaike Information Criterion
BIC	Bayesian Information Criterion
CARE	Capacités, Aides et REssources des seniors
DREES	Direction de la Recherche, des Études, de l'Évaluation et des Statistiques
GLM	Generalized Linear Model
INSEE	Institut National de la Statistique et des Études Économiques
IRP	Institution de Retraite Professionnel
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PACTE	Plan d'Action pour la Croissance et la Transformation des Entreprises
PB	Participation aux Bénéfices
PER	Plan d'Épargne Retraite
PPB	Provision pour Participation aux Bénéfices
RMSE	Root Mean Squared Error
SMR	Standardized Mortality Rate
TME	Taux Moyen des Emprunts
TMG	Taux Minimum Garanti
TNS	Travailleur Non Salarié
UC	Unité de Compte
VQS	Vie Quotidienne et Santé
ZINB	Zero-Inflated Negative Binomial
ZIP	Zero-Inflated Poisson

Annexe A

Sorties GLM délivrées par R

	Estimate	Std.Error	pvalue	
Intercept	-0.95238	0.03899	<2e-16	***
sexeH	-0.34763	0.02153	<2e-16	***
TrancheAge65-69	-0.19278	0.03333	7.28e-09	***
TrancheAge70-74	-0.36128	0.03427	<2e-16	***
TrancheAge75-79	-0.54599	0.03804	<2e-16	***
TrancheAge80-84	-0.72744	0.05070	<2e-16	***
TrancheAge85-95	-1.01132	0.12313	<2e-16	***
RégionBourgogne-Franche-Comté	-0.15483	0.05043	0.00214	**
RégionBretagne	-0.07716	0.06010	0.19918	
RégionCentre-Val de Loire	-0.13477	0.05721	0.01849	*
RégionGrand Est	-0.69647	0.04403	<2e-16	***
RégionHauts-de-France	-0.79930	0.03956	<2e-16	***
RégionIle-de-France	-0.33564	0.04343	1.08e-14	***
RégionNormandie	-0.54724	0.05299	<2e-16	***
RégionNouvelle-Aquitaine	-0.23002	0.04148	2.94e-08	***
RégionOccitanie	-0.23315	0.04789	1.13e-06	***
RégionPays de la Loire	0.14059	0.05044	0.00532	**
RégionProvence-Alpes-Côte d'Azur	-0.08524	0.04156	0.04025	*
Formule2	0.08485	0.04630	0.06689	.
Formule3	0.29384	0.07043	3.02e-05	***

FIGURE A.1 – Résumé du GLM fréquence : Médecine douce

	Estimate	Std.Error	pvalue	
Intercept	-4.25881	0.14832	<2e-16	***
sexeH	-0.38384	0.06888	2.51e-08	***
TrancheAge65-69	0.76099	0.13394	1.34e-08	***
TrancheAge70-74	0.91367	0.13419	9.84e-12	***
TrancheAge75-79	1.00925	0.14081	7.65e-13	***
TrancheAge80-84	0.80748	0.16944	1.88e-06	***
TrancheAge85-95	0.05394	0.40146	0.893121	
RégionBourgogne-Franche-Comté	-0.46239	0.17467	0.008116	**
RégionBretagne	-0.81132	0.23208	0.000472	***
RégionCentre-Val de Loire	-0.35003	0.19644	0.074767	.
RégionGrand Est	0.21991	0.12754	0.084668	.
RégionHauts-de-France	-0.46668	0.12267	0.000142	***
RégionIle-de-France	-0.78730	0.15213	2.28e-07	***
RégionNormandie	-0.41355	0.16833	0.014016	*
RégionNouvelle-Aquitaine	0.13086	0.13008	0.314415	
RégionOccitanie	0.26289	0.14741	0.074516	.
RégionPays de la Loire	-0.85559	0.20096	2.07e-05	***
RégionProvence-Alpes-Côte d'Azur	-0.21742	0.13852	0.116498	

FIGURE A.2 – Résumé du GLM fréquence : Cure thermique

Annexe B

Impact du plafond sur la prime pure par âge (garantie téléassistance)

Plafond		200		40% de personnes couvertes à 100%				
Age	Cout moyen par Age sans plafond	Cout moyen par Age avec plafond	Pourcentage de personnes utilisant la téléalarme	Pourcentage de personnes utilisant la téléalarme (Après ajustement exponentiel)	Prime pure	Prime pure avec plafond	Ecart	
60	900,00	160,00	0,75%	0,95%	2,86 €	1,53 €	1,34 €	
61	948,00	195,00	1,76%	1,08%	3,77 €	2,11 €	1,66 €	
62	199,00	149,33	1,08%	1,23%	2,44 €	1,83 €	0,61 €	
63	255,00	175,00	1,13%	1,39%	3,55 €	2,44 €	1,11 €	
64	240,00	200,00	0,97%	1,58%	3,79 €	3,16 €	0,63 €	
65	294,00	171,00	1,73%	1,79%	5,26 €	3,06 €	2,20 €	
66	202,50	148,00	1,60%	2,03%	4,11 €	3,01 €	1,11 €	
67	278,50	121,00	2,65%	2,30%	6,42 €	2,79 €	3,63 €	
68	250,67	168,44	4,35%	2,61%	6,55 €	4,40 €	2,15 €	
69	396,00	200,00	1,82%	2,96%	11,73 €	5,95 €	5,81 €	
70	263,00	198,67	3,37%	3,36%	8,84 €	6,68 €	2,16 €	
71	199,23	142,31	6,62%	3,81%	7,59 €	5,42 €	2,17 €	
72	409,33	200,00	4,24%	4,32%	17,69 €	8,65 €	9,05 €	
73	234,46	144,00	6,14%	4,90%	11,50 €	7,06 €	4,44 €	
74	277,11	188,44	7,80%	5,56%	15,41 €	10,48 €	4,93 €	
75	236,11	175,39	6,99%	6,31%	14,89 €	11,06 €	3,83 €	
76	276,67	165,56	8,52%	7,15%	19,79 €	11,84 €	7,95 €	
77	242,20	162,30	10,33%	8,11%	19,65 €	13,17 €	6,48 €	
78	202,32	149,81	12,00%	9,20%	18,62 €	13,78 €	4,83 €	
79	257,27	166,50	11,08%	10,44%	26,85 €	17,37 €	9,47 €	
80	248,68	165,16	14,90%	11,84%	29,43 €	19,55 €	9,89 €	
81	229,78	159,32	15,69%	13,42%	30,84 €	21,39 €	9,46 €	
82	221,73	159,71	19,55%	15,22%	33,76 €	24,32 €	9,44 €	
83	221,92	162,48	25,95%	17,27%	38,32 €	28,06 €	10,26 €	
84	241,14	163,55	25,00%	19,58%	47,22 €	32,03 €	15,20 €	
85	233,82	160,89	30,09%	22,21%	51,94 €	35,74 €	16,20 €	
86	263,36	169,20	27,86%	25,19%	66,34 €	42,62 €	23,72 €	
87	234,54	163,80	28,48%	28,57%	67,01 €	46,80 €	20,21 €	
88	220,46	160,68	36,92%	32,40%	71,44 €	52,07 €	19,37 €	
89	217,97	149,18	37,99%	36,75%	80,11 €	54,83 €	25,28 €	
90	227,87	166,13	40,35%	41,68%	94,98 €	69,25 €	25,74 €	
91	244,00	176,59	48,28%	47,28%	115,35 €	83,48 €	31,87 €	
92	272,80	186,56	46,51%	53,62%	146,27 €	100,03 €	46,24 €	
93	206,53	147,44	52,05%	60,81%	125,60 €	89,66 €	35,94 €	

FIGURE B.1 – Impact du plafond de 200€ sur la prime pure par âge

Plafond		300	65% de personnes couvertes à 100%					
Age	Coût moyen par Age sans plafond	Coût moyen par Age avec plafond	Pourcentage de personnes utilisant la téléalarme	Pourcentage de personnes utilisant la téléalarme (Après ajustement exponentiel)	Prime pure	Prime pure avec plafond	Écart	
60	300,00	210,00	0,75%	0,95%	2,86 €	2,00 €	0,86 €	
61	348,00	270,00	1,76%	1,08%	3,77 €	2,92 €	0,84 €	
62	199,00	199,00	1,08%	1,23%	2,44 €	2,44 €	- €	
63	255,00	225,00	1,13%	1,39%	3,55 €	3,13 €	0,42 €	
64	240,00	240,00	0,97%	1,58%	3,79 €	3,79 €	- €	
65	294,00	234,00	1,73%	1,79%	5,26 €	4,19 €	1,07 €	
66	202,50	190,50	1,60%	2,03%	4,11 €	3,87 €	0,24 €	
67	278,50	171,00	2,65%	2,30%	6,42 €	3,94 €	2,48 €	
68	250,67	224,00	4,35%	2,61%	6,55 €	5,85 €	0,70 €	
69	396,00	300,00	1,82%	2,96%	11,73 €	8,89 €	2,84 €	
70	263,00	254,00	3,37%	3,36%	8,84 €	8,54 €	0,30 €	
71	199,23	182,31	6,62%	3,83%	7,59 €	6,95 €	0,65 €	
72	409,33	292,00	4,24%	4,32%	17,69 €	12,62 €	5,07 €	
73	234,46	187,38	6,14%	4,90%	11,50 €	9,19 €	2,31 €	
74	277,11	254,44	7,80%	5,56%	15,41 €	14,15 €	1,26 €	
75	236,11	216,11	6,99%	6,31%	14,89 €	13,63 €	1,26 €	
76	276,67	218,67	8,52%	7,15%	19,79 €	15,64 €	4,15 €	
77	242,20	210,70	10,33%	8,11%	19,65 €	17,09 €	2,56 €	
78	202,32	192,26	12,00%	9,20%	18,62 €	17,69 €	0,93 €	
79	257,27	218,50	11,08%	10,44%	26,85 €	22,80 €	4,05 €	
80	248,68	218,68	14,90%	11,84%	29,43 €	25,88 €	3,55 €	
81	229,78	201,62	15,69%	13,42%	30,84 €	27,06 €	3,78 €	
82	221,73	200,13	19,55%	15,22%	33,76 €	30,47 €	3,29 €	
83	221,92	203,47	25,95%	17,27%	38,32 €	35,44 €	2,87 €	
84	241,14	208,83	25,00%	19,58%	47,22 €	40,80 €	6,42 €	
85	233,82	207,55	30,09%	22,21%	51,94 €	46,10 €	5,83 €	
86	263,36	225,59	27,86%	25,19%	66,34 €	56,83 €	9,51 €	
87	234,54	213,20	28,48%	28,57%	67,01 €	60,91 €	6,10 €	
88	220,46	205,25	36,92%	32,40%	71,44 €	66,51 €	4,93 €	
89	217,97	191,31	37,99%	36,75%	80,11 €	70,31 €	9,80 €	
90	227,87	211,32	40,35%	41,68%	94,98 €	85,09 €	9,89 €	
91	244,00	229,45	48,28%	47,28%	115,35 €	108,47 €	6,88 €	
92	272,80	252,67	46,51%	53,62%	146,27 €	135,48 €	10,80 €	
93	206,53	182,81	52,05%	60,81%	125,60 €	111,17 €	14,43 €	

FIGURE B.2 – Impact du plafond de 300€ sur la prime pure par âge

Plafond		400	90% de personnes couvertes à 100%					
Age	Coût moyen par Age sans plafond	Coût moyen par Age avec plafond	Pourcentage de personnes utilisant la téléalarme	Pourcentage de personnes utilisant la téléalarme (Après ajustement exponentiel)	Prime pure	Prime pure avec plafond	Écart	
60	300,00	260,00	0,75%	0,95%	2,86 €	2,48 €	0,38 €	
61	348,00	323,00	1,76%	1,08%	3,77 €	3,50 €	0,27 €	
62	199,00	199,00	1,08%	1,23%	2,44 €	2,44 €	- €	
63	255,00	255,00	1,13%	1,39%	3,55 €	3,55 €	- €	
64	240,00	240,00	0,97%	1,58%	3,79 €	3,79 €	- €	
65	294,00	274,00	1,73%	1,79%	5,26 €	4,91 €	0,36 €	
66	202,50	202,50	1,60%	2,03%	4,11 €	4,11 €	- €	
67	278,50	221,00	2,65%	2,30%	6,42 €	5,09 €	1,32 €	
68	250,67	250,67	4,35%	2,61%	6,55 €	6,55 €	- €	
69	396,00	350,00	1,82%	2,96%	11,73 €	10,37 €	1,36 €	
70	263,00	263,00	3,37%	3,36%	8,84 €	8,84 €	- €	
71	199,23	193,08	6,62%	3,81%	7,59 €	7,36 €	0,23 €	
72	409,33	358,67	4,24%	4,32%	17,69 €	15,50 €	2,19 €	
73	234,46	210,46	6,14%	4,90%	11,50 €	10,32 €	1,18 €	
74	277,11	268,22	7,80%	5,56%	15,41 €	14,91 €	0,49 €	
75	236,11	227,22	6,99%	6,31%	14,89 €	14,33 €	0,56 €	
76	276,67	250,00	8,52%	7,15%	19,79 €	17,88 €	1,91 €	
77	242,20	232,40	10,33%	8,11%	19,65 €	18,85 €	0,80 €	
78	202,32	201,68	12,00%	9,20%	18,62 €	18,56 €	0,06 €	
79	257,27	238,96	11,08%	10,44%	26,85 €	24,94 €	1,91 €	
80	248,68	240,26	14,90%	11,84%	29,43 €	28,44 €	0,99 €	
81	229,78	223,89	15,69%	13,42%	30,84 €	30,05 €	0,79 €	
82	221,73	216,04	19,55%	15,22%	33,76 €	32,89 €	0,87 €	
83	221,92	216,89	25,95%	17,27%	38,32 €	37,45 €	0,87 €	
84	241,14	226,89	25,00%	19,58%	47,22 €	44,43 €	2,79 €	
85	233,82	226,91	30,09%	22,21%	51,94 €	50,40 €	1,54 €	
86	263,36	251,75	27,86%	25,19%	66,34 €	63,42 €	2,92 €	
87	234,54	229,72	28,48%	28,57%	67,01 €	65,63 €	1,38 €	
88	220,46	218,10	36,92%	32,40%	71,44 €	70,67 €	0,77 €	
89	217,97	207,36	37,99%	36,75%	80,11 €	76,21 €	3,90 €	
90	227,87	225,42	40,35%	41,68%	94,98 €	93,96 €	1,02 €	
91	244,00	240,71	48,28%	47,28%	115,35 €	113,80 €	1,55 €	
92	272,80	270,04	46,51%	53,62%	146,27 €	144,79 €	1,48 €	

FIGURE B.3 – Impact du plafond de 400€ sur la prime pure par âge

Annexe C

Impact du plafond sur la prime pure par âge (garantie femme de ménage)

Plafond	20	heures par mois	80,2% de personnes couvertes à 100%	Coût moyen par heure	14,06			
Age	Nombre d'heures moyen par mois sans plafond	Nombre d'heures moyen par mois avec plafond	Pourcentage de personnes ayant une femme de ménage	Pourcentage de personnes ayant une femme de ménage (Après ajustement linéaire)	Prime Pure sans plafond	Prime Pure avec plafond	Ecart	
60	24,34	14,65	5,2%	4,01%	164,62 €	99,11 €	65,51 €	
61	16,87	14,54	4,1%	4,40%	125,20 €	107,90 €	17,30 €	
62	14,83	13,25	3,0%	4,79%	119,80 €	107,02 €	12,78 €	
63	12,92	11,78	6,8%	5,18%	112,90 €	102,88 €	10,01 €	
64	18,58	12,12	4,5%	5,57%	174,59 €	113,83 €	60,76 €	
65	17,54	11,10	3,5%	5,96%	176,35 €	111,59 €	64,76 €	
66	15,68	11,91	7,7%	6,35%	167,90 €	127,55 €	40,34 €	
67	19,73	12,26	5,9%	6,74%	224,36 €	139,38 €	84,98 €	
68	19,65	11,99	5,6%	7,13%	236,29 €	144,18 €	92,11 €	
69	15,96	13,29	7,0%	7,52%	202,47 €	168,58 €	33,89 €	
70	13,51	11,15	10,5%	7,91%	180,24 €	148,79 €	31,45 €	
71	16,98	12,20	7,3%	8,30%	237,70 €	170,83 €	66,87 €	
72	11,22	9,83	11,7%	8,69%	164,53 €	144,09 €	20,43 €	
73	26,84	12,02	12,3%	9,08%	411,06 €	184,11 €	226,95 €	
74	16,71	13,08	10,1%	9,47%	266,86 €	208,98 €	57,89 €	
75	16,68	12,26	6,7%	9,86%	277,43 €	203,87 €	73,56 €	
76	13,23	11,76	12,5%	10,25%	228,81 €	203,29 €	25,52 €	
77	12,93	12,05	12,3%	10,64%	232,14 €	216,19 €	15,95 €	
78	15,67	9,80	9,8%	11,03%	291,56 €	182,37 €	109,18 €	
79	13,68	11,32	17,0%	11,42%	263,55 €	218,04 €	45,52 €	
80	13,12	10,46	12,9%	11,81%	261,43 €	208,28 €	53,15 €	
81	16,64	12,33	10,5%	12,20%	342,41 €	253,68 €	88,73 €	
82	20,12	10,61	14,4%	12,59%	427,24 €	225,35 €	201,89 €	
83	19,70	11,19	15,7%	12,98%	431,29 €	244,99 €	186,31 €	
84	16,66	11,17	15,2%	13,37%	375,75 €	251,96 €	123,80 €	
85	15,74	11,86	19,8%	13,76%	365,26 €	275,21 €	90,05 €	
86	18,58	11,74	13,0%	14,15%	443,42 €	280,31 €	163,11 €	
87	17,23	11,97	15,9%	14,54%	422,66 €	293,64 €	129,02 €	
88	21,18	12,49	14,7%	14,93%	533,47 €	314,45 €	219,02 €	
89	12,89	10,61	12,2%	15,32%	333,11 €	274,29 €	58,82 €	
90	16,82	13,00	16,7%	15,71%	445,61 €	344,36 €	101,25 €	
91	20,74	12,62	12,1%	16,10%	563,21 €	342,68 €	220,53 €	
92	23,05	12,80	12,8%	16,49%	641,13 €	355,90 €	285,23 €	
93	20,32	13,49	17,8%	16,88%	578,55 €	384,14 €	194,41 €	

FIGURE C.1 – Impact du plafond de 20 heures par mois sur la prime pure par âge

Plafond		30 heures par mois		87,5% de personnes couvertes à 100%		Coût moyen par heure		14,06	
Age	Nombre d'heures moyen par mois sans plafond	Nombre d'heures moyen par mois avec plafond	Pourcentage de personnes ayant une femme de ménage	Pourcentage de personnes ayant une femme de ménage (Après ajustement linéaire)	Prime Pure sans plafond	Prime Pure avec plafond	Ecart		
60	24,34	17,08	5,2%	4,01%	164,62 €	115,50 €	49,12 €		
61	16,87	16,52	4,1%	4,40%	125,20 €	122,63 €	2,57 €		
62	14,83	14,83	3,0%	4,79%	119,80 €	119,80 €	- €		
63	12,92	12,74	6,8%	5,18%	112,90 €	111,29 €	1,60 €		
64	18,58	14,62	4,5%	5,57%	174,59 €	137,32 €	37,27 €		
65	17,54	12,54	3,5%	5,96%	176,35 €	126,08 €	50,27 €		
66	15,68	13,45	7,7%	6,35%	167,90 €	144,06 €	23,84 €		
67	19,73	14,84	5,9%	6,74%	224,36 €	168,66 €	55,70 €		
68	19,65	14,09	5,6%	7,13%	236,29 €	169,51 €	66,78 €		
69	15,96	15,27	7,0%	7,52%	202,47 €	193,71 €	8,76 €		
70	13,51	12,28	10,5%	7,91%	180,24 €	163,85 €	16,39 €		
71	16,98	13,70	7,3%	8,30%	237,70 €	191,83 €	45,87 €		
72	11,22	10,44	11,7%	8,69%	164,53 €	152,98 €	11,55 €		
73	26,84	14,72	12,3%	9,08%	411,06 €	225,38 €	185,68 €		
74	16,71	14,66	10,1%	9,47%	266,86 €	234,16 €	32,71 €		
75	16,68	13,95	6,7%	9,86%	277,43 €	232,07 €	45,36 €		
76	13,23	12,33	12,5%	10,25%	228,81 €	213,11 €	15,70 €		
77	12,93	12,81	12,3%	10,64%	232,14 €	229,95 €	2,19 €		
78	15,67	10,59	9,8%	11,03%	291,56 €	197,06 €	94,49 €		
79	13,68	12,43	17,0%	11,42%	263,55 €	239,44 €	24,11 €		
80	13,12	11,08	12,9%	11,81%	261,43 €	220,69 €	40,75 €		
81	16,64	14,60	10,5%	12,20%	342,41 €	300,47 €	41,94 €		
82	20,12	11,91	14,4%	12,59%	427,24 €	253,00 €	174,24 €		
83	19,70	13,22	15,7%	12,98%	431,29 €	289,35 €	141,94 €		
84	16,66	12,73	15,2%	13,37%	375,75 €	287,03 €	88,72 €		
85	15,74	13,17	19,8%	13,76%	365,26 €	305,65 €	59,61 €		
86	18,58	13,84	13,0%	14,15%	443,42 €	330,26 €	113,16 €		
87	17,23	13,61	15,9%	14,54%	422,66 €	333,91 €	88,75 €		
88	21,18	14,19	14,7%	14,93%	533,47 €	357,40 €	176,07 €		
89	12,89	11,58	12,2%	15,32%	333,11 €	299,37 €	33,74 €		
90	16,82	14,77	16,7%	15,71%	445,61 €	391,29 €	54,32 €		
91	20,74	14,42	12,1%	16,10%	563,21 €	391,69 €	171,52 €		
92	23,05	14,95	12,8%	16,49%	641,13 €	415,71 €	225,43 €		
93	20,32	16,36	17,8%	16,88%	578,55 €	465,69 €	112,87 €		

FIGURE C.2 – Impact du plafond de 30 heures par mois sur la prime pure par âge

Plafond		40 heures par mois		92,8% de personnes couvertes à 100%		Coût moyen par heure		14,06	
Age	Nombre d'heures moyen par mois sans plafond	Nombre d'heures moyen par mois avec plafond	Pourcentage de personnes ayant une femme de ménage	Pourcentage de personnes ayant une femme de ménage (Après ajustement linéaire)	Prime Pure sans plafond	Prime Pure avec plafond	Ecart		
60	24,34	18,18	5,2%	4,01%	164,62 €	122,99 €	41,62 €		
61	16,87	16,87	4,1%	4,40%	125,20 €	125,20 €	- €		
62	14,83	14,83	3,0%	4,79%	119,80 €	119,80 €	- €		
63	12,92	12,92	6,8%	5,18%	112,90 €	112,90 €	- €		
64	18,58	17,12	4,5%	5,57%	174,59 €	160,81 €	13,78 €		
65	17,54	13,38	3,5%	5,96%	176,35 €	134,46 €	41,89 €		
66	15,68	14,19	7,7%	6,35%	167,90 €	152,03 €	15,87 €		
67	19,73	15,01	5,9%	6,74%	224,36 €	182,01 €	42,35 €		
68	19,65	15,53	5,6%	7,13%	236,29 €	186,77 €	49,52 €		
69	15,96	15,96	7,0%	7,52%	202,47 €	202,47 €	- €		
70	13,51	12,79	10,5%	7,91%	180,24 €	170,71 €	9,53 €		
71	16,98	14,60	7,3%	8,30%	237,70 €	204,36 €	33,33 €		
72	11,22	11,04	11,7%	8,69%	164,53 €	161,86 €	2,67 €		
73	26,84	16,90	10,3%	9,08%	411,06 €	258,89 €	152,17 €		
74	16,71	15,61	10,1%	9,47%	266,86 €	249,37 €	17,50 €		
75	16,68	14,41	6,7%	9,86%	277,43 €	239,63 €	37,80 €		
76	13,23	12,59	12,5%	10,25%	228,81 €	217,66 €	11,15 €		
77	12,93	12,93	12,3%	10,64%	232,14 €	232,14 €	- €		
78	15,67	11,38	9,8%	11,03%	291,56 €	211,75 €	79,81 €		
79	13,68	12,59	17,0%	11,42%	263,55 €	242,59 €	20,97 €		
80	13,12	11,31	12,9%	11,81%	261,43 €	225,21 €	36,22 €		
81	16,64	15,46	10,5%	12,20%	342,41 €	318,20 €	24,21 €		
82	20,12	12,80	14,4%	12,59%	427,24 €	271,83 €	155,41 €		
83	19,70	14,41	15,7%	12,98%	431,29 €	315,42 €	115,87 €		
84	16,66	13,46	15,2%	13,37%	375,75 €	303,59 €	72,17 €		
85	15,74	13,72	19,8%	13,76%	365,26 €	318,50 €	46,76 €		
86	18,58	15,09	13,0%	14,15%	443,42 €	360,18 €	83,25 €		
87	17,23	15,05	15,9%	14,54%	422,66 €	369,01 €	53,65 €		
88	21,18	15,39	14,7%	14,93%	533,47 €	387,62 €	145,85 €		
89	12,89	12,21	12,2%	15,32%	333,11 €	315,63 €	17,48 €		
90	16,82	15,65	16,7%	15,71%	445,61 €	414,58 €	31,03 €		
91	20,74	16,00	12,1%	16,10%	563,21 €	434,57 €	128,64 €		
92	23,05	16,70	12,8%	16,49%	641,13 €	464,64 €	176,50 €		
93	20,32	17,74	17,8%	16,88%	578,55 €	504,98 €	73,57 €		

FIGURE C.3 – Impact du plafond de 40 heures par mois sur la prime pure par âge

Annexe D

Prime unique (par région et par genre)

	Formule 1	Formule 2	Formule 3
Nouvelle-Aquitaine	15 240 €	18 365 €	19 895 €
Auvergne-Rhône-Alpes	15 213 €	18 348 €	19 904 €
Occitanie	15 182 €	18 308 €	19 837 €
Provence-Alpes-Côte d'Azur	15 146 €	18 279 €	19 829 €
Grand Est	15 061 €	18 175 €	19 671 €
Bourgogne-Franche-Comté	14 947 €	18 076 €	19 615 €
Centre-Val de Loire	14 926 €	18 055 €	19 594 €
Pays de la Loire	14 917 €	18 056 €	19 626 €
Normandie	14 878 €	17 995 €	19 500 €
Bretagne	14 841 €	17 973 €	19 523 €
Île-de-France	14 828 €	17 955 €	19 488 €
Hauts-de-France	14 751 €	17 863 €	19 353 €

FIGURE D.1 – Prime unique par formule et par région

	Formule 1	Formule 2	Formule 3
Femme	15 240 €	18 365 €	19 895 €
Homme	14 897 €	18 013 €	19 515 €
Ecart	343 €	352 €	380 €

FIGURE D.2 – Prime unique par formule et par genre

Annexe E

Prime unique en utilisant la TGH05 vs la TGF05

	Formule 1	Formule 2	Formule 3
TGF05	15 240 €	18 365 €	19 895 €
TGH05	11 864 €	14 096 €	15 177 €
Ecart	3 376 €	4 269 €	4 718 €

FIGURE E.1 – Prime unique selon la table de mortalité utilisée

Annexe F

Plans d'investissement selon le profil de gestion

Plan investissement	LA RETRAITE 20					
	Profil Prudent		Profil Equilibre		Profil Dynamique	
	EUROS	UC	EUROS	UC	EUROS	UC
Entre 18 et 47 ans	30%	70%	10%	90%	0%	100%
48	36%	64%	12%	88%	0%	100%
49	42%	58%	14%	86%	0%	100%
50	48%	52%	16%	84%	0%	100%
51	54%	46%	18%	82%	0%	100%
52	60%	40%	20%	80%	0%	100%
53	64%	36%	26%	74%	6%	94%
54	68%	32%	32%	68%	12%	88%
55	72%	28%	38%	62%	18%	82%
56	76%	24%	44%	56%	24%	76%
57	80%	20%	50%	50%	30%	70%
58	83%	17%	54%	46%	37%	63%
59	86%	14%	58%	42%	44%	56%
60	90%	10%	70%	30%	50%	50%
61	92%	8%	76%	24%	60%	40%
62	94%	6%	82%	18%	70%	30%
63	96%	4%	88%	12%	80%	20%
64	98%	2%	94%	6%	90%	10%
65	100%	0%	100%	0%	100%	0%

Plan d'investissement profil libre sécurisé		
AGE	EURO	UC
Entre 18 et 39 ans	20%	80%
40	30%	70%
41	34%	66%
42	38%	62%
43	42%	58%
44	46%	54%
45	50%	50%
46	52%	48%
47	54%	46%
48	56%	44%
49	58%	42%
50	60%	40%
51	62%	38%
52	64%	36%
53	66%	34%
54	68%	32%
55	70%	30%
Entre 56 et 65 ans	100%	0%

FIGURE F.1 – Plan d'investissement en gestion pilotée à horizon retraite et plan d'investissement libre sécurisée

Bibliographie

- [1] Union Mutualiste Retraite. *Le système de la retraite*. <https://umr-retraite.fr/preparer-sa-retraite/comprendre-le-systeme-de-la-retraite.html>.
- [2] Centre d'observation de la société (2019). *Vieillessement : ce qui nous attend d'ici 2070*. <https://www.observationsociete.fr/ages/vieillessement-2070/>.
- [3] GENERALI : document interne (2022). *Stratégie " Lifetime Partner 24 "*.
- [4] DREES (2021). *En 2020, l'espérance de vie sans incapacité à 65 ans est de 12,1 ans pour les femmes et de 10,6 ans pour les hommes*.
- [5] Ministère des solidarités et de la santé (2020). *Vieillir en bonne santé : Une stratégie globale pour prévenir la perte d'autonomie*.
- [6] L'assurance retraite (2020). *L'Assurance retraite lance une expérimentation en lien avec le programme ICOPE de l'OMS*. <https://www.lassuranceretraite.fr/portail-info/hors-menu/actualites-nationales/institutionnel/2020/lassurance-retraite-lance-une-ex.html>.
- [7] GENERALI : document interne (2022). *Guide de souscription Santéis Senior*.
- [8] INSEE (2022). *Estimation de population par département, sexe et grande classe d'âge - Années 1975 à 2022*. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1893198>.
- [9] INSEE DREES Ministère de la Santé [producteurs] ADISP [diffuseur] Enquête Capacité, Aides et REssources des seniors (CARE ménages) Volet seniors 2015.
- [10] Jordan Marie Rose (2022). *Cours de master 2 : Tarification non vie avec R*.
- [11] Alpha Oumar DIALLO (2017). *Inférence statistique dans des modèles de comptage à inflation de zéros. Applications en économie de la santé*.
- [12] Frédéric PLANCHET Julien TOMAS. *Note de travail III291-12 v1.5 (Institut des actuaires) : METHODES DE POSITIONNEMENT : ASPECTS METHODOLOGIQUES*.
- [13] Spac actuaires (2022). *TME : Historique du TME depuis 1996*. <https://www.spac-actuaires.fr/lexique/tme-historique-du-tme-depuis-1996/>.
- [14] EIOPA (2022). *Risk-free interest rate term structures*. https://www.eiopa.europa.eu/tools-and-data/risk-free-interest-rate-term-structures_en.
- [15] GENERALI : document interne (2020). *Notice d'information contractuelle PER Individuel*.

- [16] Ministère de l'Economie des Finances et de la Relance (2019). *Le nouveau Plan Epargne Retraite (PER)*. <https://www.economie.gouv.fr/PER-epargne-retraite>.
- [17] OMS : Organisation Mondiale de la Santé (2021). *Vieillesse et santé*. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>.
- [18] INSEE (2020). *Tableaux de l'économie française : population par âge*. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4277619?sommaire=4318291>.
- [19] Frédéric PLANCHET Guillaume SERDECZNY (2014). *Modèles fréquence – coût : Quelles perspectives d'évolution ?* https://www.institutdesactuaires.com/global/gene/link.php?doc_id=1231&fg=1.
- [20] Ozlem Karatekin (2014). *Tarifcation et mesure de l'antiselection en assurance sante collective*. <https://www.institutdesactuaires.com/docs/mem/1f1aefcab584da8515e5f9f719ff2431.pdf>.
- [21] Stanislas d'Humières (2018). *Impact de divers scénarios de remboursement de la Sécurité Sociale sur les tarifs des complémentaires santé*. <https://www.institutdesactuaires.com/docs/mem/06e329ea8ba0407657f53645afe1d0e3.pdf>.
- [22] NGUYEN Ngoc Trung Phuong (2013). *Construction de bases de tarification pour des contrats complémentaires santé collectifs par le Modèle Linéaire Généralisé*. <https://www.institutdesactuaires.com/docs/mem/4387cc46b3edf3626a591aae7c95c2fe.pdf>.
- [23] FATEMEH ABDOLLAHI (2017). *Tarifcation d'une complémentaire santé à destination des séniors, modulaire par poste de garanties et l'impact sur la solvabilité*. <https://www.institutdesactuaires.com/docs/mem/46dd866818e6465b650f8cec38a75327.pdf>.