

**Mémoire présenté devant l'Université de Paris-Dauphine
pour l'obtention du Certificat d'Actuaire de Paris-Dauphine
et l'admission à l'Institut des Actuaire
le 8 février 2021**

Par : Chloé Villain

Titre : Création d'un produit santé collective et étude de sa rentabilité dans un environnement 100 % Santé

Confidentialité : Non Oui (Durée : 1 an 2 ans)

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

*Membres présents du jury de l'Institut
des Actuaire :*

Entreprise :
Nom : SeaBird Conseil
Signature :

*Membres présents du Jury du Certificat
d'Actuaire de Paris-Dauphine :*

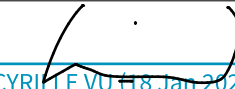
Directeur de Mémoire en entreprise :
Nom : Soraya CHEBAK
Signature :



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

Secrétariat :

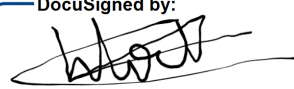
Signature du responsable entreprise



CYRILLE VU (18 Jan 2021 16:41 GMT+1)

Bibliothèque :

Signature du candidat

DocuSigned by:

8BA4E444160F4C4...

Résumé

La réforme 100 % Santé, menée par le Président Emmanuel Macron pendant sa campagne présidentielle, sera instaurée à compter du 1^{er} janvier 2021. Cependant, celle-ci est effective dans son intégralité sur le poste Optique depuis le 1^{er} janvier 2020. Ainsi, tout contrat responsable et solidaire offre désormais une couverture des actes optiques déclinée à travers trois paniers. Le comportement de consommation des assurés à l'égard de ces paniers risque d'affecter la sinistralité des complémentaires santé, c'est pourquoi il est nécessaire de l'appréhender.

À partir d'un portefeuille composé de militaires et de leurs ayants-droit, ce mémoire présente la création d'un produit en santé collective dans l'environnement actuel de la réforme 100 % Santé. Seule la part de la réforme relative au poste Optique sera considérée.

Plusieurs étapes interviennent dans la création d'un produit. Tout d'abord, le choix des garanties proposées aux assurés et leur mise en conformité afin de respecter la réglementation. La seconde étape consiste à estimer le risque du portefeuille par le calcul de la prime pure. L'approche de tarification utilisée sera celle du Coût x Fréquence qui opposera des modèles linéaires généralisés et des méthodes de Machine Learning afin de retenir le modèle le plus adapté. Enfin, une analyse de la rentabilité de ce nouveau produit à partir de sa commercialisation sur un horizon de cinq ans sera effectuée. Cela se traduira par la mise en place d'un Business Plan et des tests permettront d'étudier la robustesse de la rentabilité.

Mots-clés : santé collective, contrats responsables et solidaires, 100 % Santé, GLM, forêt aléatoire, arbre CART, Business Plan.

Abstract

The "100 % Santé" reform, led by President Emmanuel Macron during his presidential campaign, will be implemented from 1 January 2021. However, this reform has been fully effective for the Optical position since 1 January 2020. Thus, all responsible and joint and several contracts now offer cover for optical acts through three baskets. The consumption behaviour of policyholders with regard to these baskets is likely to affect the claims experience of supplementary health insurance, which is why it is necessary to understand it.

Based on a portfolio composed of military personnel and their beneficiaries, this paper presents the creation of a group health product in the current environment of the "100 % Santé" reform. Only the part of the reform relating to the Optical post will be considered.

Several stages are involved in the creation of a product. First of all, the choice of the guarantees offered to the insured and their compliance with the regulations. The second stage consists of estimating the portfolio risk by calculating the pure premium. The pricing approach used will be Cost x Frequency, which will oppose generalised linear models and Machine Learning methods in order to select the most appropriate model. Finally, an analysis of the profitability of this new product from its launch over a five-year horizon will be carried out. This will result in the implementation of a Business Plan and tests will be carried out to study the robustness of the profitability.

Keywords : collective health, responsible contracts, "100 % Santé", GLM, random forest, CART tree, Business Plan.

Note de synthèse

Les multiples réformes du système de santé français poussent les organismes complémentaires à s'adapter et créer de nouveaux produits conformes aux exigences réglementaires. Le 1^{er} janvier 2021, les assureurs devront se tenir prêts pour la mise en application de la réforme 100 % Santé sur les postes Optique, Dentaire et Audiologie.

L'étude se base sur une population de militaires et leurs ayants-droit. Les militaires disposent de leur propre régime de Sécurité sociale géré par la Caisse nationale militaire de Sécurité sociale (CNMSS). Elle fût créée pour répondre aux besoins de cette population atypique. De plus, les militaires peuvent bénéficier d'un régime complémentaire facultatif dont une partie est prise en charge par le Ministère des Armées. Dans ce cas, il s'agit de produits dits référencés par le Ministère des Armées.

Ce mémoire présente la création d'un produit en santé collective destiné aux militaires et leurs ayants-droit non référencé par le Ministère des Armées dans le cadre de la réforme 100 % Santé. Il se décline autour de trois gammes : un niveau entrée de gamme proposant des garanties basiques, un niveau milieu de gamme dont les prestations sont plus élevées, et enfin un niveau haut de gamme pour les personnes cherchant un certain confort.

Mise en conformité des garanties

La réforme 100 % Santé s'applique aux contrats responsables et solidaires. Cependant, le portefeuille et les prestations qui lui sont reliées ne répondaient pas aux exigences réglementaires que doivent respecter tous contrats responsables et solidaires.

Ainsi, il a fallu dans un premier temps faire évoluer les garanties de chacune des gammes afin de respecter la réglementation des contrats responsables et solidaires. En effet, plusieurs postes de frais de santé comme les soins de ville, l'hospitalisation, la pharmacie, le dentaire et l'optique, doivent répondre à un cahier des charges imposé par le décret n°2014-1374 du 18 novembre 2014.

Parmi les soins de ville, seules les garanties relatives aux dépassements d'honoraires des médecins ne sont pas en accord avec le décret. En effet, les prestations des médecins conventionnés secteur 2 n'étaient pas différenciées selon que le médecin consulté par l'assuré soit un adhérent de l'Option pratique tarifaire maîtrisée (OPTAM) ou non. De même, la couverture offerte par les garanties du poste Optique ne respectait pas les planchers et plafonds définis par le cahier des charges du décret.

Afin de définir les nouvelles garanties relatives à la prise en charge des dépassements d'honoraires des médecins, il a fallu dans un premier temps définir quelles sont les prestations reliées aux médecins adhérents de l'OPTAM ou non. Finalement, les garanties correspondantes aux dépassements d'honoraires des médecins non adhérents de l'OPTAM restent inchangées et celles des médecins adhérents bénéficient d'une augmentation du niveau de garantie égale à 20 % de la base de remboursement. Une fois les garanties définies, une seconde étape est nécessaire avant d'obtenir le nouveau coût supporté

par la mutuelle. En effet, le jeu de données datant de 2015, il ne prend pas en considération l'évolution réglementaire sur les bases de remboursement de l'Assurance maladie. Les actes effectués par des médecins adhérents de l'OPTAM bénéficient d'un tarif conventionnel supérieur à ceux pratiqués des médecins non adhérents. L'application des nouveaux tarifs conventionnels permet de calculer le nouveau coût supporté par la mutuelle.

Ensuite, les garanties des prestations optiques ont dû être redéfinies. Le cahier des charges des contrats responsables classe les équipements composés de deux verres et d'une monture en six catégories. Elles sont définies en fonction de la correction sphérique et cylindrique de chaque verre. À chacune de ces catégories, des montants minimums et maximums de prise en charge par les organismes complémentaires santé sont exigés. Chaque prestation est ensuite associée à une des six catégories, et ainsi les nouveaux niveaux de remboursement sur ces prestations respectant le cahier des charges sont obtenus.

La création de ces nouvelles garanties impacte les charges de la mutuelle. Pour les prestations relatives aux honoraires des médecins, le coût de la mutuelle a augmenté de +3,1 % sur la première gamme, +2,9 % sur la deuxième gamme et +1,7 % sur la dernière gamme. Cette évolution s'explique par deux effets : la hausse des tarifs conventionnels et la hausse du niveau de prise en charge des dépassements d'honoraires par rapport aux garanties préexistantes. De même, l'impact constaté sur le montant des prestations optiques est à la hausse et est d'autant plus conséquent sur certaines gammes. En effet, le coût pour la mutuelle sur la première gamme a augmenté de +18,44 %, suivi d'une augmentation de +4,31 % pour la seconde gamme et enfin une légère hausse de +0,78 % pour la dernière gamme. Les garanties proposées précédemment sur la première gamme étaient nettement inférieures à celles exigées par le cahier des charges des contrats responsables et solidaires. Ceci justifie une telle augmentation de la charge sur cette dernière. L'impact calculé en considérant la totalité des prestations tous postes confondus montre que la première gamme est la plus touchée par cette mise en conformité avec un écart relatif de +1,32 % des prestations.

	Entrée de gamme	Milieu de gamme	Haut de gamme
Impact de la réforme	+ 1,32 %	+ 0,83 %	+ 0,22 %

TABLE 1: Impact sur l'ensemble des prestations

Calcul de la prime pure

Une fois les nouvelles garanties définies, l'étape suivante dans la création du nouveau produit est le calcul de la prime pure. L'approche tarifaire considérée dans ce mémoire est celle du Coût x Fréquence. Cela signifie que deux modèles sont construits afin d'obtenir le tarif : le premier pour modéliser le coût moyen et le second pour la fréquence moyenne.

Avant la construction des modèles, un traitement des données est nécessaire : suppression des variables avec une proportion de valeurs manquantes trop importante, création de variables à partir de celles existantes, recodage des variables catégorielles. Une étude des corrélations pour les variables numériques et des V de Cramer pour les variables catégorielles permet de conclure que le risque de redondance d'information est faible et qu'aucune variable n'est à écarter des modèles.

Plusieurs modélisations sont envisagées afin de déterminer celle qui sera la plus adaptée. Des modèles linéaires généralisés et des méthodes de Machine Learning comme des arbres CART et des forêts aléatoires ont été implémentés.

Pour chaque gamme, les modèles du coût moyen et de la fréquence moyenne sont comparés sur leur performance. L'indicateur de performance étudié est la racine carrée de l'erreur quadratique moyenne (RMSE). Le modèle retenu sera celui dont la RMSE est minimale.

La modélisation du coût moyen retenue pour la première et dernière gamme, est celle d'un modèle linéaire généralisé avec une fonction Gamma et une fonction de lien logarithmique. Concernant la deuxième gamme, la forêt aléatoire reste la plus performante.

RMSE	GLM Gamma lien inverse	GLM Gamma lien logarithmique	GLM Log- Normal	Arbre CART	Forêt aléatoire
Entrée de gamme	9,9726	9,9060	10,2283	9,9222	9,9147
Milieu de gamme	12,1545	12,1543	12,5303	12,1561	12,1505
Haut de gamme	18,5128	18,2547	18,8344	18,3061	18,2715

TABLE 2: RMSE des modèles de coût moyen

Le choix de modélisation de la fréquence moyenne utilise le même critère sur la RMSE. Pour la première gamme, une modélisation par une forêt aléatoire est sélectionnée. La fréquence moyenne de la deuxième et dernière gamme sera modélisée par un GLM construit sur une loi Binomiale Négative avec une fonction de lien logarithmique.

RMSE	GLM Binomiale Négative lien logarithmique	Arbre CART	Forêt aléatoire
Entrée de gamme	43,9148	43,49032	43,41439
Milieu de gamme	74,3836	74,5114	74,4941
Haut de gamme	108,3235	108,3920	108,3602

TABLE 3: RMSE des modèles de fréquence moyenne

Sur les modèles linéaires généralisés, un test de nullité des coefficients est effectué afin de conserver les variables dont le rôle prédictif est non nul. Pour les forêts aléatoires, l'importance des variables est calculée. Quel que soit le modèle, les variables disposant d'un pouvoir prédictif plus important sont l'âge de l'assuré et son sexe.

À partir des modèles retenus, les nouveaux tarifs des contrats responsables ainsi créés sont obtenus pour les adhérents principaux et leurs ayants-droits aussi bien adultes qu'enfants.

Sur la base des contrats responsables et solidaires créés, une mise en conformité afin de répondre à la réforme 100 % Santé est effectuée. Cependant, seuls les changements liés au poste Optique sont considérés lors de cette étude. Ainsi, les primes pures sur chacune des gammes et pour chaque type de bénéficiaire associées au choix de consommation des assurés au travers des paniers A, B et C instaurés par la réforme ont été déterminées.

Étude de rentabilité

Un Business Plan est mis en place comme outil de suivi de rentabilité sur un horizon de cinq ans. Il permet un pilotage des risques en vue de la commercialisation du produit. L'indicateur de rentabilité retenu dans le cadre de ce Business Plan est le ratio de sinistralité sur lequel les organismes complémentaires santé seront obligés de communiquer au plus tard à partir du 1^{er} décembre 2020 depuis la Loi relative à la résiliation sans frais de contrats de complémentaires santé.

Le Business Plan construit se base sur diverses hypothèses. Les premières hypothèses faites sont liées à la démographie du portefeuille. Elles permettent de modéliser l'évolution de l'effectif du portefeuille d'assurés, en considérant les nouveaux contrats, les résiliations et les décès dus au vieillissement de la population, mais aussi les flux d'assurés entre les gammes. Les secondes sont d'ordre économique. Elles concernent les chargements et les taxes liés à la commercialisation du nouveau produit. Les hypothèses définissent également les niveaux de revalorisation des cotisations et des prestations à considérer pour chaque année de projection, et prennent aussi en compte le comportement de consommation des assurés face aux trois paniers instaurés par la réforme 100 % Santé pour chacune des gammes. De cette dernière hypothèse, deux scénarios de comportement ont été déduits sur la base d'une étude menée par la plateforme en ligne [Santéclair](#). De plus, une stratégie commerciale offrant une remise sur les primes des adhérents principaux, dans le but de rendre le produit attractif malgré son non-référencement, a été considérée.

À partir des hypothèses retenues, les niveaux de cotisations et de prestations ont été projetés pour les trois gammes. Les ratios de sinistralité par type de bénéficiaires ont d'abord été calculés afin d'avoir une idée précise des phénomènes qui agiraient sur la rentabilité du produit. Ils ont montré qu'un risque d'antisélection subsiste sur la deuxième et dernière gamme pour les ayants-droit adultes et qu'une certaine vigilance doit y être portée. Puis, les ratios de sinistralité globaux pour tous types de bénéficiaires ont été obtenus. Sous les hypothèses retenues, le produit est bénéficiaire à la fin de la période de projection étudiée pour les deux scénarios de répartition de consommation seulement pour la deuxième gamme. Concernant la première et la dernière gamme, le produit serait rentable pour une période de projection plus longue.

Rentabilité moyenne	Scénario 1	Scénario 2
Entrée de gamme	100,47%	100,33%
Milieu de gamme	99,11%	99,22%
Haut de gamme	100,13%	100,17%

TABLE 4: Ratios de sinistralité moyens entre 2021 et 2026

Cependant, la réforme 100 % Santé a pour objectif d'améliorer l'accès aux soins car certains Français par faute de moyens renonçaient d'investir dans un équipement Optique. Ce phénomène a été constaté sur le portefeuille de départ, où la part de consommation d'actes optiques était comprise entre 7,22 % et 22,12 %. Ainsi la mise en application de la réforme pourrait conduire à une augmentation de la fréquence de consommation des équipements. Un test de sensibilité sur la rentabilité du produit est effectué. Dix-huit chocs, allant de +2,50 % jusqu'à un choc extrême de +45 %, sont réalisés.

La première et la dernière gamme, qui étaient déjà déficitaires sur la période de projection sans aucun choc de fréquence, voient leurs situations se dégrader dans le cas d'une augmentation de la fréquence. En effet, la durée pour atteindre une rentabilité s'allonge avec le niveau de choc. Cependant, la deuxième gamme conserve quant à elle un niveau de rentabilité faible sur la période de projection

pour des chocs allant jusqu'à +7,50 %. De plus, les premiers chiffres sur la consommation du panier 100 % Santé révèlent un faible succès de la réforme, c'est pourquoi il est possible que la hausse de consommation n'atteigne pas des niveaux élevés. Aussi, des hypothèses comme le niveau de remise sur les primes des adhérents ou une revalorisation ultérieure des primes seraient à envisager si une diminution de la durée pour atteindre une rentabilité sur l'ensemble des gammes est attendue.

Enfin, afin de déterminer le montant des primes qui sera proposé aux assurés, un choix reste à faire quant au scénario le plus juste et prudent sur les deux scénarios de consommation envisagés. Seules les primes générées par la répartition des assurés du scénario 2 permettent de couvrir les prestations sur chacun des deux scénarios et les résultats de l'étude [Santéclair](#) sur la consommation relative à chacun des paniers confèrent également au scénario 2. Ce dernier est alors retenu pour la tarification finale.

Conclusion

Ce mémoire présente cependant des limites. En effet, seule la partie liée au poste Optique de la réforme 100 % Santé a été considérée et les impacts relatifs aux postes Dentaire et Audiologie n'ont pas été intégrés. Ainsi cette étude ne permet pas réellement de conclure sur la rentabilité du produit créé dans le cadre complet de la réforme. Une analyse complémentaire permettrait d'ajouter les changements relatifs aux postes Dentaire et Audiologie et ainsi de prendre en considération l'effet complet de la réforme. De plus, les hypothèses définies en entrée du Business Plan influent sur les résultats obtenus et sont dans ce cas critiquables. Néanmoins, une mise à jour de ces hypothèses selon la réalité observée permettrait d'utiliser le Business Plan comme un réel outil de suivi. Enfin, la tarification proposée s'applique à une population suivant les mêmes caractéristiques que celle utilisée pendant l'étude : c'est-à-dire la même répartition d'hommes et de femmes ou encore le même âge moyen. Si des indicateurs différents étaient observés, les tarifs devraient être adaptés afin d'être conformes à cette nouvelle population.

Synthesis note

The multiple reforms of the French healthcare system are pushing complementary organisations to adapt and create new products that comply with regulatory requirements. On January 1st, 2021, insurers will have to be ready for the implementation of the "100 % Santé" reform on Optical, Dental and Audiology posts.

The study is based on a population of military personnel and their dependents. Military personnel have their own social security system managed by the "Caisse nationale militaire de Sécurité sociale" (CNMSS). It was created to meet the needs generated by this atypical population. In addition, military personnel can benefit from an optional supplementary scheme, part of which is paid for by the Ministry of the Armed Forces. In this case, the products are referred to as "products referenced by the Ministry of the Armed Forces".

This brief presents the creation of a collective health product intended for soldiers and their dependents not referenced by the Ministry of the Armed Forces within the framework of the "100 % Santé" reform. It is divided into three ranges : an entry-level range offering basic guarantees, a mid-range level with higher benefits, and finally a top-of-the-range level for people looking for a certain comfort.

Warranty compliance

The "100 % Santé" reform applies to responsible and solidarity-based contracts. However, the portfolio and the services related to it did not meet the regulatory requirements that all responsible and solidarity-based contracts must comply with.

As a result, it was first necessary to upgrade the guarantees in each of the ranges in order to comply with the regulations for responsible and solidarity-based contracts. Indeed, several healthcare cost items, such as city care, hospitalisation, pharmacy, dental and optical care, must meet the specifications imposed by decree no. 2014-1374 of 18 November 2014.

Among city health care, only the guarantees relating to overruns on doctors' fees are not in line with the decree. In fact, the services provided by doctors with a sector 2 agreement were not differentiated according to whether or not the doctor consulted by the policyholder was a member of the Option pratique tarifaire maîtrisée (controlled tariff practice option). Similarly, the cover offered by the Optical post did not comply with the minimum and maximum levels defined by the decree's specifications.

In order to define the new guarantees relating to the coverage of overcharges on doctors' fees, it was first necessary to define which services are related to doctors who are members of OPTAM or not. Finally, the guarantees corresponding to excess fees for doctors who are not members of OPTAM remain unchanged and those for doctors who are members benefit from an increase in the level of cover equal to 20 % of the reimbursement basis. Once the guarantees have been defined, a second step

is necessary before the new cost borne by the mutual insurance company is obtained. Indeed, as the dataset dates from 2015, it does not take into account the regulatory changes to the Health Insurance reimbursement bases. Procedures carried out by doctors who are members of OPTAM benefit from a higher conventional rate than those carried out by doctors who are not members. The application of the new conventional tariffs makes it possible to calculate the new cost borne by the mutual insurance company.

Next, the Optique benefits had to be redefined. The specifications for responsible contracts classify equipment consisting of two lenses and a frame into six categories. They are defined according to the spherical and cylindrical correction of each lens. For each of these categories, minimum and maximum amounts are required to be covered by complementary health organisations. Each benefit is then associated with one of the six categories, and thus the new levels of reimbursement for these benefits in accordance with the specifications are obtained.

The creation of these new guarantees has an impact on the mutual's costs. For services relating to doctors' fees, the cost of the mutual increased by 3.1 % for the first range, 2.9 % for the second range and 1.7 % for the last range. This change can be explained by two effects : the increase in conventional tariffs and the increase in the level of coverage for fee overruns in relation to pre-existing guarantees. Similarly, the impact on the amount of optical services recorded is upward and is all the more consequential on certain ranges. The cost for the mutual on the first range increased by +18.44 %, followed by an increase of +4.31 % for the second range and finally a slight increase of +0.78 % for the last range. The guarantees previously offered on the first range were significantly lower than those required by the specifications for responsible and solidarity-based contracts. This justifies such an increase in the charge for the latter range. The impact calculated by taking into account all services for all items combined shows that the first range is the most affected by this compliance, with a relative difference of +1.32 % in services.

	Entrée de gamme	Milieu de gamme	Haut de gamme
Impact de la réforme	+ 1,32 %	+ 0,83 %	+ 0,22 %

TABLE 5: Impact on all services

Pure premium calculation

Once the new guarantees have been defined, the next step in the creation of the new product is the calculation of the pure premium. The pricing approach considered in this brief is the Cost x Frequency approach. This means that two models are built to obtain the tariff : the first to model the average cost and the second for the average frequency.

Before building the models, data processing is necessary : deletion of variables with too high a proportion of missing values, creation of variables from existing ones, recoding of categorical variables. A study of correlations for numerical variables and Cramer's Vs for categorical variables leads to the conclusion that the risk of redundant information is low and that no variable should be excluded from the models.

Several models are envisaged in order to determine the most suitable one. Generalised linear mo-

dels and Machine Learning methods such as CART trees and random forests have been implemented. For each range, the average cost and average frequency models are compared on their performance. The performance indicator studied is the square root mean square error (RMSE). The model chosen will be the one with the minimum RMSE.

The modelling of the average cost retained for the first and last range is that of a generalised linear model with a Gamma function and a logarithmic link function. For the second range, the random forest remains the most efficient.

RMSE	GLM Gamma lien inverse	GLM Gamma lien logarithmique	GLM Log- Normal	Arbre CART	Forêt aléatoire
Entrée de gamme	9,9726	9,9060	10,2283	9,9222	9,9147
Milieu de gamme	12,1545	12,1543	12,5303	12,1561	12,1505
Haut de gamme	18,5128	18,2547	18,8344	18,3061	18,2715

TABLE 6: RMSE of average cost models

The choice of modelling the average frequency uses the same criterion on RMSE. For the first range, a random forest modelling is selected. The mean frequency of the second and last range will be modelled by a GLM built on a Negative Binomial Law with a logarithmic link function.

RMSE	GLM Binomiale Négative lien logarithmique	Arbre CART	Forêt aléatoire
Entrée de gamme	43,9148	43,49032	43,41439
Milieu de gamme	74,3836	74,5114	74,4941
Haut de gamme	108,3235	108,3920	108,3602

TABLE 7: RMSE of average frequency models

On generalised linear models, a test of nullity of the coefficients is carried out in order to preserve the variables whose predictive role is non-zero. For random forests, the importance of the variables is calculated. Whatever the model, the variables with greater predictive power are the age and gender of the insured.

Based on the models used, the new tariffs for the responsible contracts thus created are obtained for the main members and their beneficiaries, both adults and children.

On the basis of the responsible and solidarity-based contracts created, the company is being brought into line with the 100 % health reform. However, only changes related to the Optical position are considered in this study. Thus, the pure premiums for each range and for each type of beneficiary associated with the choice of consumption made by policyholders through the A, B and C baskets introduced by the reform have been determined.

Profitability study

A Business Plan is set up as a tool for monitoring profitability over a five-year horizon. It enables risk management with a view to marketing the product. The profitability indicator used in this Business Plan is the claims ratio, which supplementary health insurance organisations will be obliged to report on from 1 December 2020 at the latest since the law relating to the cancellation of supplementary health insurance contracts without charge was introduced.

The business plan is based on various assumptions. The first assumptions made are linked to the demographics of the portfolio. They make it possible to model changes in the number of insured persons in the portfolio, taking into account new contracts, cancellations and deaths due to the ageing of the population, as well as the flow of insured persons between ranges. The latter are of an economic nature. They relate to loading and taxes linked to the marketing of the new product. The hypotheses also define the levels of revaluation of contributions and benefits to be considered for each year of the projection, and also take into account the consumption behaviour of the insured in the face of the three baskets introduced by the "100 % Santé" reform for each of the ranges. From the latter hypothesis, two behavioural scenarios have been deduced on the basis of a study carried out by the online platform [Santéclair](#). In addition, a commercial strategy offering a discount on the premiums of the main members, with the aim of making the product attractive despite its non-referencing, was considered.

Based on the assumptions made, contribution and benefit levels were projected for the three ranges. The claims ratios by type of beneficiary were first calculated in order to have a precise idea of the phenomena that would affect the profitability of the product. They showed that there is still a risk of anti-selection in the second and last range for adult beneficiaries and that a certain amount of vigilance must be exercised in this area. Then, overall loss ratios for all types of beneficiaries were obtained. Under the assumptions retained, the product is a beneficiary at the end of the projection period studied for the two scenarios of consumption distribution only for the second range. For the first and last range, the product would be profitable for a longer projection period.

Rentabilité moyenne	Scénario 1	Scénario 2
Entrée de gamme	100,47%	100,33%
Milieu de gamme	99,11%	99,22%
Haut de gamme	100,13%	100,17%

TABLE 8: Average loss ratios between 2021 and 2026

However, the "100 % Santé" reform aims to improve access to healthcare because some French people, for lack of means, gave up investing in optical equipment. This phenomenon was observed in the initial portfolio, where the share of consumption of optical procedures was between 7.22 % and 22.12 %. Thus the implementation of the reform could lead to an increase in the frequency of equipment consumption. A sensitivity test on the profitability of the product is carried out. Eighteen shocks, ranging from +2.50 % to an extreme shock of +45 %, were carried out.

The first and last ranges, which were already in deficit over the projection period without any frequency shock, see their situations deteriorate in the case of an increase in frequency. Indeed, the time to reach profitability increases with the level of shock. However, the second range maintains a low level of profitability over the projection period for shocks of up to +7.50 %. Moreover, the first figures on the consumption of the "100 % Santé" basket reveal a weak success of the reform, which is why it

is possible that the increase in consumption will not reach high levels. Also, hypotheses such as the level of discount on members' premiums or a subsequent revaluation of premiums would have to be envisaged if a reduction in the duration to reach profitability on all the ranges is expected.

Finally, in order to determine the amount of premiums that will be offered to policyholders, a choice remains to be made as to the fairest and most prudent of the two consumption scenarios envisaged. Only the premiums generated by the distribution of the insured in scenario 2 make it possible to cover the benefits for each of the two scenarios, and the results of the [Santéclair](#) study on the consumption relative to each of the baskets also make it possible to cover scenario 2. The latter is then retained for the final pricing.

Conclusion

However, there are limitations to this brief. In fact, only the part related to the Optics post of the "100 % Santé" reform has been considered and the impacts relating to the Dental and Audiology posts have not been integrated. Thus, this study does not really make it possible to conclude on the profitability of the product created within the complete framework of the reform. An additional analysis would allow the changes relating to the Dental and Audiology posts to be added and thus take into account the full effect of the reform. Furthermore, the assumptions defined at the beginning of the Business Plan influence the results obtained and are in this case open to criticism. Nevertheless, an update of these assumptions according to the reality observed would allow the Business Plan to be used as a real monitoring tool. Finally, the proposed pricing applies to a population with the same characteristics as the one used during the study : i.e. the same distribution of men and women or the same average age. If different indicators were observed, the tariffs would have to be adapted in order to be in line with this new population.

Remerciements

Tout d'abord, je remercie SeaBird et l'ensemble de son équipe de m'avoir accueilli pour mon stage de fin d'études. J'ai pu réaliser ce mémoire dans d'excellentes conditions.

Je tiens à remercier tout particulièrement ma tutrice Soraya CHEBAK, manager au sein de la practice Actuariat, pour son implication, sa patience et son soutien permanents tout au long de mon stage et de la réalisation de ce mémoire.

Je remercie également Pierre CARDALIAGUET, mon tuteur académique de l'Université Paris-Dauphine, pour son accompagnement dans le cadre de la réalisation de cette étude.

Table des matières

Résumé	3
Abstract	4
Note de synthèse	5
Synthesis note	11
Remerciements	17
Table des matières	19
Introduction	21
1 Contexte de l'étude	23
1.1 Le système de santé français	23
1.2 De nouvelles garanties pour les contrats frais de santé	34
1.3 Présentation de la base de données	38
2 Refonte et tarification du régime actuel	47
2.1 Présentation des méthodes de tarification utilisées	47
2.2 Mise en conformité relative aux contrats responsables	55
2.3 Mise en conformité relative au 100 % Santé	80
3 Étude de rentabilité du nouveau régime	87
3.1 Mise en place du Business Plan	87
3.2 Analyse du ratio de sinistralité	94
Conclusion	101

Bibliographie	103
A Annexes	105
A.1 Contexte de l'étude	105
A.2 Refonte et tarification du régime actuel	105
A.3 Étude de rentabilité du nouveau régime	113

Introduction

Depuis de nombreuses années, le système de santé français est soumis à de multiples changements réglementaires. Les organismes complémentaires santé doivent sans cesse s'adapter afin de répondre à ces exigences réglementaires. Dernièrement, la réforme 100 % Santé suscite tout l'intérêt des organismes complémentaires santé. Sa mise en application complète, prévue le 1^{er} janvier 2021, engendre de nombreuses modifications réglementaires sur les postes Optique, Dentaire et Audiologie, que ce soit le référencement de certaines prestations ou encore les tarifs conventionnels de la Sécurité sociale. De plus, les prestations sur ces postes seront regroupées sous forme de paniers laissés au choix des assurés. Seulement, le comportement des assurés face à ces paniers est un point difficile à anticiper. Selon une étude menée par [Santéclair](#), une plateforme d'orientation en ligne dans le domaine de la santé, un décalage entre le comportement attendu des assurés et les premiers chiffres de la réelle consommation sur les trois paniers du poste Optique, pour lequel la réforme est effective depuis le 1^{er} janvier 2020, subsiste. Pourtant, il est nécessaire pour les organismes complémentaires d'appréhender ces comportements dans le cadre de la conception d'un nouveau produit afin de proposer le tarif le plus juste et le plus prudent.

À partir d'un portefeuille composé de militaires et de leurs ayants-droit, l'objectif de ce mémoire est la conception d'un produit en santé collective dans l'environnement de la réforme 100 % Santé. Ce produit non référencé par le Ministère des Armées est destiné à une population de militaires et leurs ayants-droit.

Le premier chapitre introduira le contexte de l'étude : le système de santé français, ses réformes majeures, avec notamment la réglementation des contrats responsables et solidaires et plus récemment la réforme 100 % Santé, ainsi que les données utilisées et les particularités du portefeuille étudié. Le second chapitre abordera deux thèmes : la mise en conformité avec le choix des garanties du nouveau régime, et sa tarification. Une première partie présentera le cadre théorique des différentes modélisations envisagées avant d'explicitier les résultats obtenus dans la pratique. Enfin, le dernier chapitre consistera en la mise en place d'un Business Plan comme outil de suivi de rentabilité permettant un pilotage des risques en vue de la commercialisation du produit. Différents scénarios sur le comportement de consommation des assurés ainsi qu'un test de sensibilité sur la rentabilité seront étudiés afin de retenir le scénario le plus prudent et conclure également sur la rentabilité du produit.

Chapitre 1

Contexte de l'étude

1.1 Le système de santé français

1.1.1 Les différents acteurs

En France, le système de l'assurance santé se compose à la fois d'organismes publics, comme la Sécurité sociale, et d'organismes privés telles que les mutuelles, les institutions de prévoyance ou encore les sociétés d'assurances.

La sécurité sociale

Tout d'abord, la Sécurité sociale a été fondée par le gouvernement du général de Gaulle avec les ordonnances du 4 et 19 octobre 1945. Elle fusionne toutes les anciennes assurances. D'après l'article premier de l'Ordonnance du 4 octobre 1945, elle a pour vocation à « garantir les travailleurs et leurs familles contre les risques de toute nature susceptibles de réduire ou de supprimer leur capacité de gain, à couvrir les charges de maternité et les charges de famille qu'ils supportent. ». Ainsi, elle se décompose en branches auxquelles sont associés des risques. Ces dernières sont :

- La branche **maladie** couvre les risques maladie, maternité, invalidité, décès ;
- La branche **accidents du travail et maladies professionnelles**, communément appelée AT-MP prend en charge les risques professionnels auxquels sont confrontés les travailleurs ;
- La branche **famille** a pour but d'atténuer les inégalités de niveau de vie en fonction de la constitution des ménages et gère les prestations familiales ;
- La branche **vieillesse** offre aux anciens travailleurs une continuité partielle de leurs revenus.

La dernière branche cotisations et recouvrement n'est pas associée à un risque. Elle a pour but de collecter les cotisations et de les redistribuer aux caisses des quatre branches présentées précédemment afin que celles-ci financent leurs prestations.

Une cinquième branche sera bientôt ajoutée. L'article 2 du Projet de loi organique relatif à la dette sociale n° 3018 du 27 mai 2020 modifie le code de la Sécurité sociale et crée la branche dépendance. Dès 2024, elle sera financée par la Contribution sociale généralisée (CSG) dont une partie sera reversée à la Caisse nationale de solidarité pour l'autonomie (CNSA).

Les affiliés de la Sécurité sociale se répartissent à travers différents régimes. Chacun offrant une couverture et une indemnisation différentes. Les régimes obligatoires de base sont :

- Le **régime général** qui couvre les salariés du privé et depuis le 1^{er} janvier 2020 a intégré les travailleurs indépendants. Il est le régime majoritairement représenté et offre une couverture à 88 % de la population française* ;
- Les **régimes spéciaux** : ils sont au nombre de vingt-sept et couvrent entre autres les fonctionnaires, les militaires, les salariés de la SNCF, EDF-GDF, les employés et clercs de notaires. Ils représentent 7 % de la population française* ;
- Le **régime agricole** couvre les exploitants, les salariés et les entreprises agricoles. Ils représentent 5 % de la population française*.

En plus des régimes de base, il existe des régimes complémentaires comme le régime local d'Alsace-Moselle qui offre une couverture supplémentaire à celle des régimes de base. Ceci est un héritage historique, lorsque les départements du Haut-Rhin, Bas-Rhin et de la Moselle appartenaient à l'Empire Allemand de 1871 à 1918. La population bénéficiait alors de l'assurance maladie des lois de Bismarck qui laissaient une modeste charge à l'assuré. À la création de la Sécurité sociale, le régime local d'Alsace-Moselle devait être maintenue de manière provisoire. Puis, la n°91-1406 loi du 31 décembre 1991 a pérennisé le régime.

Selon la Commission des comptes de la Sécurité sociale (CCSS), les dépenses par branche du Régime général se répartissaient de la façon suivante en 2019 :

- 216,6 milliards d'euros supportés par la branche maladie, soit plus de la moitié des dépenses du régime ;
- 12,2 milliards d'euros supportés par la branche accidents du travail et maladies professionnelles ;
- 137,1 milliards d'euros supportés par la branche retraite : c'est la deuxième branche la plus importante ;
- 49,8 milliards d'euros supportés par la branche famille.

Soit un total de 404,5 milliards d'euros en neutralisant les transferts entre branches.

*Selon le site de la Sécurité sociale : <https://www.securite-sociale.fr/la-secu-cest-quoi/organisation/les-regimes>

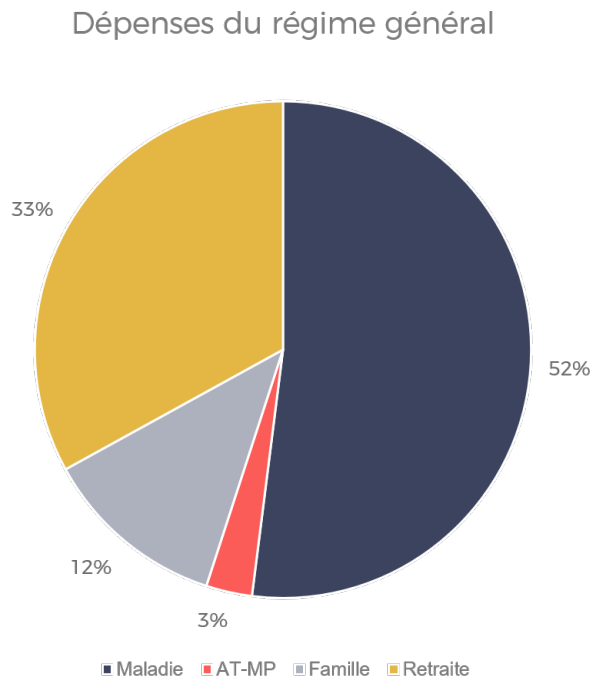


FIGURE 1.1: Répartition des dépenses du Régime général en 2019

Les organismes complémentaires

Les organismes complémentaires sont des organismes privés. Ils proposent une couverture supplémentaire à celle du régime obligatoire dans le but de réduire le reste à charge de l'assuré. L'adhésion à une complémentaire santé peut être obligatoire (salariés d'une entreprise), ou facultative dans le cas où l'adhésion est à l'initiative de l'assuré.

De plus, deux types de contrat s'opposent sur le marché :

- Les contrats dits **individuels** dans lesquels les garanties sont choisies par le souscripteur. Ainsi le tarif est adapté au profil de l'assuré ;
- Les contrats dits **collectifs** résultent d'un accord entre un organisme complémentaire et une entité collective. Cette dernière est généralement une entreprise. Dans ce cas, les assurés sont les salariés de l'entreprise.

Depuis la Loi Evin du 31 décembre 1989, il est imposé au marché des organismes complémentaires d'être composé uniquement des trois types d'organismes suivants :

- Les **mutuelles**, régies par le Code de la Mutualité, sont des sociétés de personnes à but non lucratif appartenant à leurs assurés ;
- Les **institutions de prévoyance**, régies par le Code de la Sécurité sociale, sont des sociétés de personnes, de droit privé et à but non lucratif ;

- Les **sociétés d'assurances**, régies par le Code des Assurances, formées des sociétés d'assurances mutuelles et des sociétés anonymes d'assurances qui sont respectivement à but non lucratif et à but lucratif.

D'après une étude de la Fédération Française de l'Assurance (FFA), le marché de la complémentaire santé en 2018 se présente comme sur la figure 1.2.

Marché des organismes complémentaires (2018)

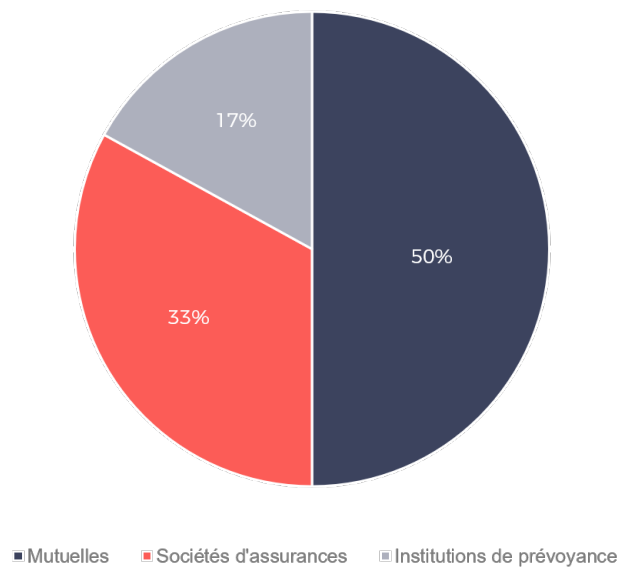


FIGURE 1.2: Répartition du marché des organismes complémentaires en 2018

Les mutuelles détiennent la moitié des parts de marché, les sociétés d'assurances suivent avec le tiers des parts et le reste est pris par les institutions de prévoyance.

Un autre point important de cette étude, présentait la distribution des contrats individuels et collectifs des organismes complémentaires en termes de chiffre d'affaire, elle est représentée sur la figure 1.3.

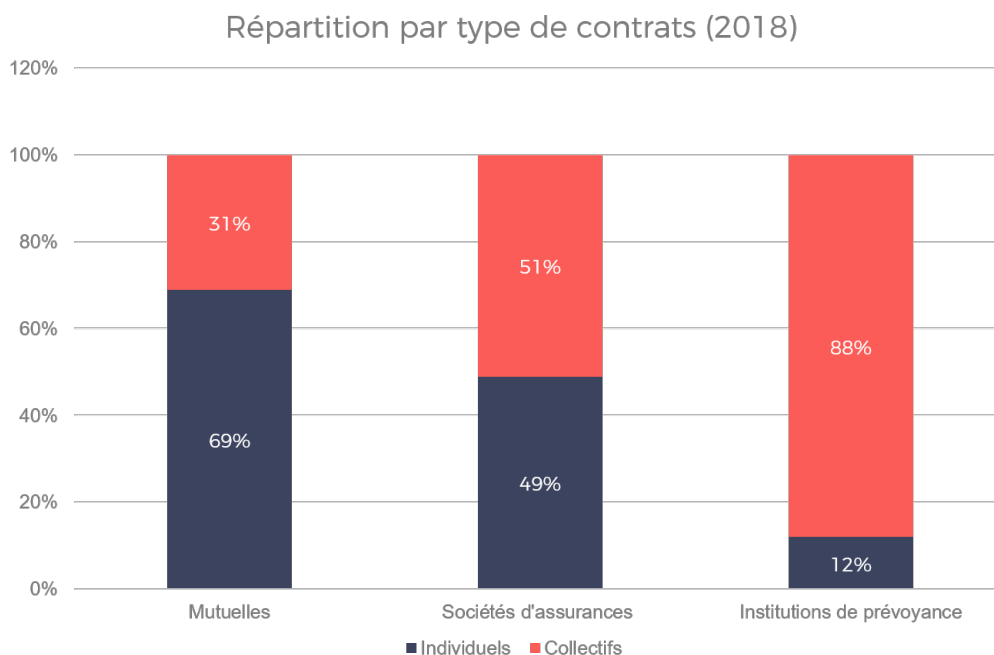


FIGURE 1.3: Distribution des contrats collectifs et individuels par organisme complémentaire en 2018

L'activité des mutuelles réside majoritairement dans les contrats individuels, celle des institutions de prévoyance dans les contrats collectifs, et les sociétés d'assurances ont une répartition presque uniforme sur les deux types de contrats avec un léger avantage pour les contrats individuels.

1.1.2 La décomposition des prestations en santé

La construction d'une dépense

La consommation d'un acte de santé engendre une dépense. Qu'il s'agisse d'un soin de ville ou d'un acte associé à une hospitalisation, la dépense possède la même structure, dont les éléments constitutifs sont représentés sur la figure 1.4.

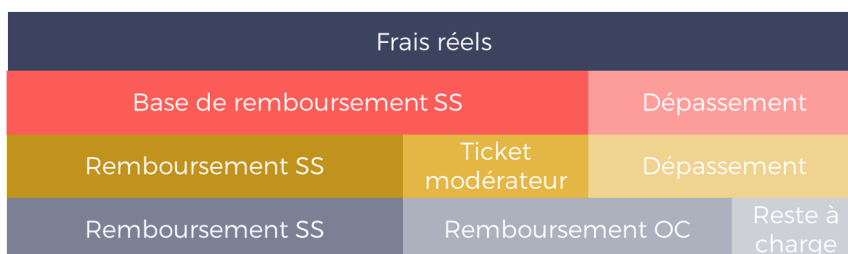


FIGURE 1.4: Schéma d'un remboursement

Le coût total de l'acte correspond aux frais réels. Ces frais se décomposent en deux parties : la première est la base de remboursement de la Sécurité sociale, aussi appelée tarif conventionnel, qui est fixée par la Sécurité sociale ; la seconde représente les dépassements, c'est-à-dire le montant supplémentaire à ajouter au tarif conventionnel pour retrouver les frais réels. Sur la base de remboursement est calculé,

à partir d'un taux de remboursement, le montant remboursé par la Sécurité sociale. Il s'agit donc d'une part de la base de remboursement et il est défini de la façon suivante :

$$\text{montant remboursé SS} = \text{taux remboursement} \times \text{base de remboursement SS}$$

La partie de la base de remboursement qui n'est pas prise en charge par la Sécurité sociale est appelée le ticket modérateur. Une partie du ticket modérateur et des dépassements peut être prise en charge par un organisme complémentaire santé si l'assuré a adhéré à un contrat. Enfin, le montant qui n'est ni pris en charge par la sécurité sociale ni par une complémentaire est appelé le reste à charge du consommateur.

Le taux de remboursement défini plus haut varie en fonction de l'acte consommé et du régime d'affiliation. Une liste non-exhaustive sur les différences de remboursement entre le Régime général et le Régime local d'Alsace-Moselle est présentée dans la table 1.1.

Prestations	Régime général	Régime local Alsace-Moselle
Honoraires praticien	70 %	90 %
Honoraires auxiliaires médicaux	60 %	90 %
Analyses et examens en laboratoire	60 %	90 %
Médicaments à service médical modéré	30 %	80 %
Médicaments à service médical majeur	65 %	90 %
Médicaments irremplaçables	100 %	100 %
Optique	60 %	90 %

TABLE 1.1: Exemples de taux de remboursement

Le Régime d'Alsace-Moselle présente de nombreux avantages concernant le taux de remboursement par rapport au Régime général. Ces avantages se traduisent par des cotisations plus importantes pour les bénéficiaires du régime.

Des dépenses contrôlées

L'Objectif national de dépenses d'assurance maladie, ou ONDAM, indique les prévisions de recettes et les objectifs de dépenses de la Sécurité sociale, dont l'évolution est représentée sur la figure 1.5. Cet indicateur a été mis en place par les ordonnances de 1996 dans le but de maîtriser les dépenses de santé et réduire le déficit de la Sécurité sociale. Il est voté par le Parlement chaque année conformément aux lois de financement de la Sécurité Sociale.

Le déficit de la Sécurité sociale est en diminution depuis 2010 et elle était en situation de quasi-équilibre en 2018 et 2019. Mais la crise sanitaire engendrée par l'épidémie du COVID-19 a eu un lourd impact sur ses dépenses, La chute du déficit pour 2020 est estimé à 52 milliards d'euros sur le régime général et le Fonds de solidarité vieillesse (FSV).

En ce qui concerne l'assurance maladie, l'ONDAM se décompose en sous-objectifs : les dépenses relatives aux soins de ville, aux établissements de santé, aux établissement et services pour personnes âgées et handicapées, aux fonds d'action régionale, et autres prises en charge.

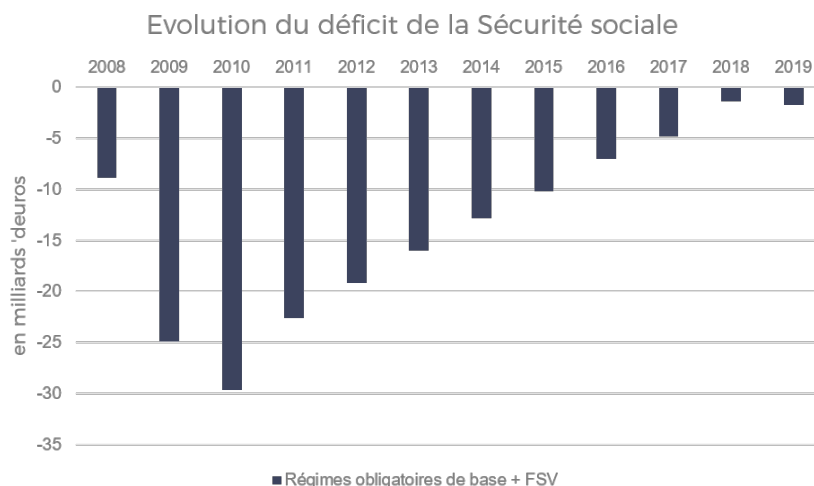


FIGURE 1.5: Evolution du déficit de la Sécurité sociale entre 2008 et 2019

Chaque année, la Loi de financement de la Sécurité sociale prévoit un taux de progression de l'ONDAM entre l'année en cours et l'année suivante. Le taux prévu par la loi peut être bien différent de celui réalisé en réalité. L'évolution du taux de progression réalisé entre les années 2001 et 2020 est représentée sur la figure 1.6.

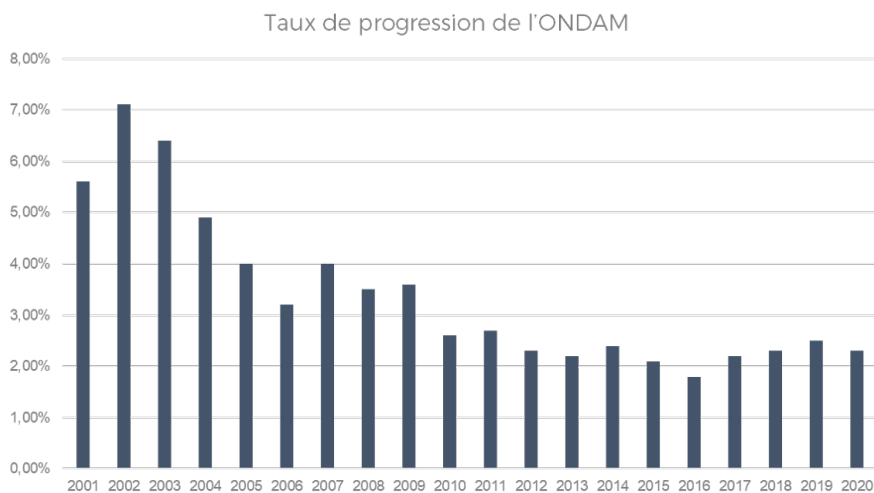


FIGURE 1.6: Taux de progression de l'ONDAM entre 2001 et 2020

En 2002, la LFSS prévoyait un taux de progression de l'ONDAM par rapport à 2001 de 3,7 % contrairement au 7,1 % réalisé. Ce surplus s'explique notamment par une très forte consommation des soins de ville. À partir de 2003, la progression de l'ONDAM suit une tendance décroissante et se stabilise autour de 2 %. Pour 2020, l'ONDAM réalisé risque également d'être bien plus élevé que celui voté par la LFSS. En effet, l'épidémie du COVID-19 a eu d'importants impacts sur les dépenses de l'Assurance maladie, notamment en ce qui concerne les soins hospitaliers.

1.1.3 Les réformes majeures

Depuis sa création, le système de santé français a connu des évolutions grâce à des réformes majeures. Celles-ci visent à maintenir la protection d'anciens salariés, à faciliter l'accès aux soins et à offrir une meilleure couverture.

La loi Evin

La loi Evin du 31 décembre 1989 permet la portabilité des droits à la complémentaire santé collective pour les retraités quittant une entreprise ou pour les ayants-droit du salarié décédé s'ils en font la demande.

Selon l'article 4, cette portabilité se fait sans condition de durée. Le demandeur a six mois pour formuler sa demande auprès de l'assureur qui a pour interdiction de la refuser. Néanmoins, la totalité des cotisations sont à la charge de l'assuré et leur revalorisation est plafonnée. Le décret du 30 août 1990 prévoyait un plafond tarifaire fixé à 150 % du tarif proposé aux salariés actifs. Par la suite, le décret du 21 mars 2017 fait évoluer ce plafonnement, qui devient progressif :

- La première année le tarif doit être le même que celui proposé aux salariés actifs ;
- La deuxième année le tarif ne peut pas dépasser de plus de 25 % de celui des salariés actifs ;
- La troisième année le tarif ne peut pas dépasser de plus de 50 % de celui des salariés actifs.

À partir de la quatrième année, les plafonnements ne sont plus exigibles. De plus, la portabilité des droits ne prend pas en compte ceux des ayants-droit.

L'Accord national interprofessionnel 2013

Un accord national interprofessionnel (ANI) est un accord négocié et signé par les différents partenaires sociaux au niveau national et qui s'applique à l'ensemble des secteurs d'activités sur le territoire national.

L'ANI du 11 janvier 2013 impose une couverture de complémentaire santé collective à tous les salariés du privé à compter du 1^{er} janvier 2016. Cette couverture complémentaire doit respecter certaines contraintes : elle doit être conforme aux principes du contrat collectif obligatoire, les garanties proposées ne doivent pas être en-dessous d'un panier de soins minimum et son financement est partagé entre le salarié et son employeur avec une participation à hauteur de 50 % minimum de ce dernier. Le panier de soins minimum relatif à loi du 14 juin 2013, offre :

- Un remboursement total des forfaits hospitaliers quelle que soit la durée de l'hospitalisation ;
- Une prise en charge à 100 % du ticket modérateur pour les soins de ville et l'hospitalisation, excepté les cures thermales, l'homéopathie et les médicaments remboursés à 15 et 30 %. Reste

à la charge de l'assuré la participation forfaitaire, les franchises médicales et les dépassements d'honoraires pour non-respect du parcours de soins ;

- Une prise en charge de 125 % de la base de remboursement de la Sécurité sociale des frais de soins dentaires prothétiques et d'orthopédie dentofaciale ;
- Un forfait optique entre 100 et 200 euros comprenant les verres et une monture dans la limite d'un équipement tous les 2 ans et tous les ans pour les mineurs ou en cas d'évolution de la vue.

L'ANI du 11 janvier 2013 revoit aussi la portabilité des garanties lors de la cessation d'un contrat de travail. À compter de la date de rupture du contrat de travail, l'assuré conserve gratuitement sa couverture pendant toute la période d'indemnisation du chômage sans excéder la durée du contrat de travail. Cette période est limitée à douze mois. De plus, les garanties maintenues au bénéfice de l'ancien salarié sont celles en vigueur dans l'entreprise.

Les contrats responsables et solidaires

La loi Douste Blazy du 13 août 2004, relative à l'assurance maladie, est à l'origine du contrat responsable et solidaire. Il a été instauré afin de responsabiliser les patients, les complémentaires santé et les différents praticiens.

Cette loi définit de nouvelles notions : notamment celle de parcours de soins coordonnés. Une personne est dite hors du parcours de soins si elle n'a pas de médecin traitant déclaré ou si elle consulte un autre médecin que son médecin traitant sans l'avis de celui-ci. Le non-respect du parcours de soins coordonnés implique une réduction du montant pris en charge par l'assurance maladie obligatoire.

Pour les complémentaires santé, le décret n°2014-1374 du 18 novembre 2014 indique les conditions à respecter pour qu'un contrat soit qualifié de "responsable". Les garanties seront détaillées dans la partie suivante. Lorsque celles-ci sont appliquées, le contrat bénéficie d'avantages fiscaux. Dans le cadre des contrats d'entreprise, la part des cotisations payée par les salariés est déductible de leur revenu et les cotisations payées par l'employeur sont réintégréées au revenu des salariés. Aussi, la taxe de solidarité additionnelle, ou TSA, s'abaisse à 13,27 % au lieu de 20,27 % pour les contrats non responsables.

Le terme "solidaire" signifie quant à lui qu'aucune sélection médicale ne doit être faite au moment de la souscription : le tarif proposé se veut indépendant de l'état de santé de l'assuré.

Le 100 % Santé

Au cours de sa campagne électorale en 2017, le futur président Emmanuel Macron avait comme objectif de faciliter l'accès aux soins des français avec des équipements de qualité dans des domaines où le reste à charge de l'assuré restait encore trop élevé. Il s'agit des postes Dentaire, Optique et Audiologie.

En juin 2018 ont été signés les accords entre les professionnels de santé concernés par la réforme et l'Assurance maladie. Cette réforme impose aux médecins, opticiens, et audioprothésistes de laisser le choix à leurs patients, qui ont souscrit un contrat responsable, entre plusieurs paniers prédéfinis dont un avec un reste à charge nul. Ces paniers seront présentés en détail dans la partie suivante.

Sa mise en place se fait de façon progressive : à partir du 1^{er} janvier 2019 les assurés pourront bénéficier de prestations de mieux en mieux remboursées jusqu'à un reste à charge zéro le 1^{er} janvier 2021. La figure 1.7 illustre cette mise en place progressive de la réforme.

Poste	13 décembre 2018	1 ^{er} janvier 2019	1 ^{er} janvier 2020	1 ^{er} janvier 2021
Dentaire	–	<ul style="list-style-type: none"> Revalorisation des bases de remboursement de la Sécurité sociale Mise en place de tarifs plafonnés 	<ul style="list-style-type: none"> Panier 100 % Santé sur les couronnes et les bridges Evolution de la base de remboursement des couronnes à 120 € Poursuite du plafonnement des tarifs 	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place totale du 100 % Santé pour tous les actes dentaires concernés
Optique	<ul style="list-style-type: none"> Décret présentant une nouvelle nomenclature pour les verres et les montures 	–	<ul style="list-style-type: none"> Panier 100 % Santé mis en place Revalorisation des bases de remboursement de la Sécurité sociale Application de nouveaux plafonds de prise en charge pour les contrats responsables 	–
Audiologie	–	<ul style="list-style-type: none"> Revalorisation des bases de remboursement de la Sécurité sociale Mise en place de tarifs plafonnés 	<ul style="list-style-type: none"> Poursuite de la revalorisation des bases de remboursement et du plafonnement des tarifs 	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place totale du panier 100 % Santé

FIGURE 1.7: Calendrier de mise en place de la réforme

1.1.4 Le régime spécial des militaires

L'Armée française

L'Armée française, aussi nommée les Forces armées, réunit des unités militaires comme l'armée de terre, de l'air, la marine et la gendarmerie, et des unités civiles telles que son administration.

Selon le Ministère des armées, l'Armée était composée en 2018 de 206 317 personnels militaires dont plus de la moitié est représentée par l'armée de terre avec 114 847 militaires, la partie civile comptait quant à elle un effectif de 61 287 personnes. La répartition est détaillée à la figure 1.8.

Le personnel militaire et civil ont donc des compositions très différentes du point de vue de la distribution des divers corps de l'Armée.

Un régime de Sécurité sociale singulier

Le régime spécial des militaires est rattaché à la Caisse Nationale Militaire de la Sécurité Sociale (CNMSS). Celle-ci a été fondée par la loi du 12 avril 1949, dans le but de répondre aux exigences de couvertures, accompagnements et actions de prévention particulières liées au métier de militaire. Les niveaux de remboursement effectués par la Sécurité sociale sont identiques à ceux prévus pour le régime général.

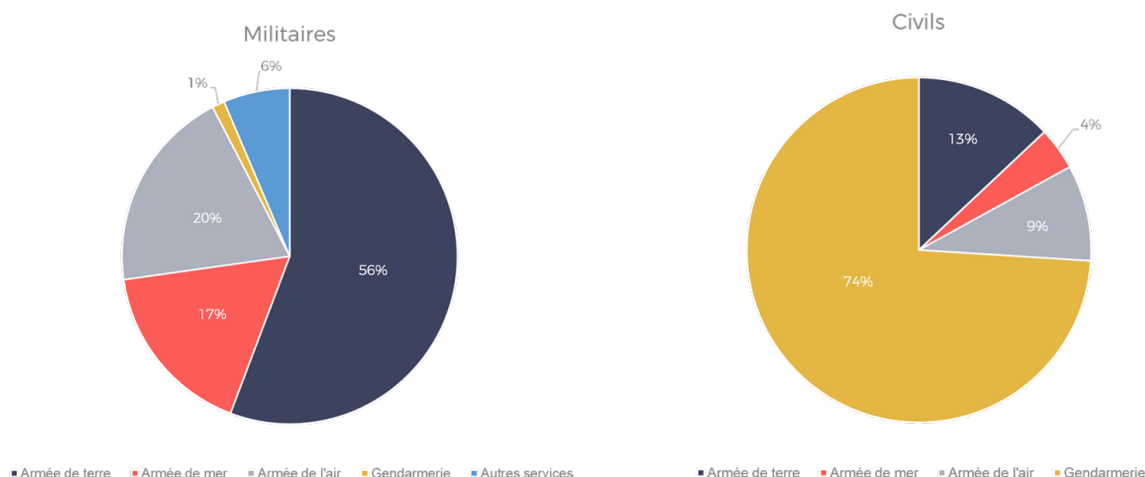


FIGURE 1.8: Répartition pour l'année 2018

Les individus référencés au Code des pensions militaires d'invalidité et des victimes de guerre (CP-MIVG) bénéficient d'une pension d'invalidité de guerre. Ils sont répartis autour de trois catégories :

- Catégorie 1 : invalide capable d'exercer une activité rémunérée ;
- Catégorie 2 : invalide incapable d'exercer une activité rémunérée ;
- Catégorie 3 : invalide incapable d'exercer une activité rémunérée et nécessitant l'assistance d'un tiers.

Dans ce cas, la CNMSS prend en charge la totalité du tarif conventionnel pour toutes les prestations de la Sécurité sociale et propose pour certaines prestations, telles que les prothèses dentaires, les audio-prothèses, l'optique médical et autres, un remboursement plus favorable. Les pensionnaires bénéficient également du tiers payant et d'une exonération des franchises, des participations forfaitaires et des forfaits journaliers hospitaliers lorsque ceux-ci ont une relation directe avec l'affection pour laquelle ils sont en invalidité.

La protection sociale complémentaire des militaires

Les militaires ne sont pas concernés par l'Accord national interprofessionnel. Ils n'ont pas l'obligation d'adhérer à une couverture complémentaire en plus de celle offerte par leur régime obligatoire. Cependant, un accord entre le Ministère des armées et certaines mutuelles sélectionnées permet de proposer une couverture complémentaire adaptée et contrôlée à cette population particulière. Ces organismes sont dits référencés.

Une fois sélectionnés, les organismes complémentaires référencés ont pour obligation de proposer les mêmes couvertures sur lesquelles ils se sont engagés pendant sept ans et aussi de maîtriser leur évolution tarifaire. Ceux-ci proposent au choix de leurs assurés trois offres de soins : une offre de base, une médiane et une dernière plus large. De plus, ces organismes perçoivent un financement du Ministère des armées et ainsi réduisent les cotisations des militaires bénéficiaires. Les contrats proposés doivent respecter les critères des contrats responsables et solidaires et des ayants-droit tels que

le conjoint et les enfants peuvent aussi bénéficier des garanties. Aucun questionnaire médical ne doit être demandé à l'adhésion et le niveau de cotisation ne doit pas varier selon le revenu de l'assuré. Pour les assurés partant à la retraite, leurs garanties sont maintenues.

1.2 De nouvelles garanties pour les contrats frais de santé

Dans cette partie, il s'agira d'explicitier la nouvelle définition des garanties que doivent respecter les contrats responsables et les paniers 100 % Santé. Ces changements seront très importants dans la suite du travail.

1.2.1 Les garanties des contrats responsables

Le décret n°2014-1374 du 18 novembre 2014 définit le cahier des charges, mis en vigueur le 1^{er} avril 2015, que doivent respecter les contrats pour être responsables. En effet, pour certains postes de soins, les garanties proposées dans les contrats doivent considérer des planchers et des plafonds. Les postes de soins intéressés sont : les soins de ville, l'hospitalisation, la pharmacie, le dentaire et l'optique.

Concernant les soins de ville, le contrat doit prendre en charge au minimum le ticket modérateur, sauf dans le cas des cures thermales. Pour le remboursement des honoraires médicaux, deux cas existent : pour les médecins conventionnés secteur 2, ils peuvent depuis 2013 choisir d'adhérer au contrat d'accès aux soins (CAS) ou non. Celui-ci fut remplacé par l'Option pratique tarifaire maîtrisée en 2017. Dans le cas où les médecins n'ont pas signé cet accord, le contrat responsable plafonne le remboursement des honoraires à 200 % de la base de remboursement. À l'inverse, pour les honoraires des médecins conventionnés CAS ou OPTAM, il n'y a pas de limite sur la garantie. Seulement un contrat responsable doit offrir au moins 20 % de remboursement supplémentaire pour les honoraires des médecins signataires du CAS ou de l'OPTAM.

Sur le poste hospitalisation, les frais d'hospitalisation doivent prendre en charge au minimum le ticket modérateur et le forfait journalier hospitalier de 18 euros doit être remboursé dans sa totalité sans aucune limite de durée. Les honoraires des médecins suivent les mêmes minimums et maximums que pour les soins de ville.

Le ticket modérateur des médicaments doit être pris en charge à 100 % excepté ceux dont le taux de remboursement par la Sécurité sociale est de 15 % et 30 %.

Les prothèses dentaires et les traitements orthodontiques remboursés par l'Assurance maladie obligatoire bénéficie aussi du remboursement minimum du ticket modérateur. La complémentaire santé peut proposer une garantie plus intéressante sans limite spécifiée par le décret.

En optique, l'assuré n'a droit qu'à un équipement, composé d'une monture et deux verres, tous les deux ans sauf pour les mineurs lorsque leur vue change. Les minimums et maximums de remboursement pour tous les types d'équipement prévus par le contrat sont résumés dans la table 1.2. Ces minimums et maximums incluent le remboursement du régime obligatoire.

Le 11 janvier 2019, le décret n° 2019-21 redéfinit les plafonds des contrats responsables en optique dans le cadre de la mise en place de la réforme 100 % Santé. Pour chaque équipement le montant de prise en charge maximum est abaissé de 50 euros. Les montures sont prises en charge à hauteur maximale de 100 euros et les plafonds des verres sont compris entre 420 et 800 euros remboursement de la Sécurité sociale compris. Un tableau récapitulatif à propos de cette réforme se trouve à l'annexe A.1.

Type d'équipement	Minimum	Maximum
Monture	Aucun minimum	150 € intégrés au forfait
Equipement 2 verres unifocaux simples	50 €	470 € (monture comprise)
Equipement verre unifocal simple + verre unifocal forte correction ou verre multifocal/progressif simple	125 €	610 € (monture comprise)
Equipement 2 verres parmi unifocaux fortes corrections ou multifocaux/progressif simples	200 €	750 € (monture comprise)
Equipement verre unifocal simple + verre multifocal/progressif forte correction	125 €	660 € (monture comprise)
Equipement verre parmi unifocal forte correction ou multifocal/progressif simple + verre multifocal/progressif forte correction	200 €	800 € (monture comprise)
Equipement 2 verres multifocaux/progressifs fortes corrections	200 €	850 € (monture comprise)

TABLE 1.2: Cahier des charges des contrats responsables

1.2.2 Les paniers 100 % Santé

Dentaire

En dentaire, les actes concernés par la réforme sont les implants, les couronnes, les bridges et les prothèses amovibles. Lors d'une pose de prothèse, les dentistes doivent proposer trois paniers au choix de leur patient :

- Un Panier A, aussi appelé "100 % Santé". Il est possible selon les matériaux utilisés et la position de la prothèse. Il n'y a aucun reste à charge pour l'assuré ;
- Un Panier B, aussi appelé "tarifs maîtrisés". Les prix des prothèses intégrant le panier sont plafonnés. Le reste à charge est modéré ;
- Un Panier C, aussi appelé "tarifs libres", pour lequel les prix des prothèses utilisées ne sont pas limités et les matériaux au choix sont sophistiqués. Le reste à charge de l'assuré est peut alors être conséquent.

Les équipements faisant partie du Panier A doivent respecter des plafonds et utiliser des nouvelles bases de remboursement à partir du 1^{er} janvier 2020. Ils sont représentés sur la table 1.3.

Panier 100 % santé	Base de remboursement SS	Plafond
Pose d'une couronne céramique	120 €	500 €
Pose d'une couronne céramométallique	120 €	500 €
Pose d'une couronne dentaire en zircone	120 €	440 €
Pose d'une couronne dentaire en alliage non précieux	120 €	290 €
Pose d'un inlay core ou un pilier de bridge	90 €	175 €
Pose d'une couronne dentaire transitoire pour couronne « sans reste à charge »	10 €	60 €
Pose d'un bridge comportant 2 piliers d'ancrage céramométalliques et 1 élément intermédiaire céramométallique	279,50 €	1 465 €
Pose d'un bridge comportant 2 piliers d'ancrage métalliques et 1 élément intermédiaire métallique	279,50 €	870 €

TABLE 1.3: Bases de remboursement et plafonds pour le Panier A

Pour le choix d'une prestation appartenant à ce panier, le reste à charge pour l'assuré est nul s'il a souscrit un contrat responsable et si son dentiste est conventionné.

Pour le Panier B qui propose des équipements avec un reste à charge modéré et des prix maîtrisés, les tarifs conventionnels de la Sécurité sociale et les plafonds associés à compter du 1^{er} janvier 2020 sont explicités dans la table 1.4.

Panier B	Base de remboursement SS	Plafond
Pose d'une couronne dentaire céramique monolithique autre que zircone sur deuxième prémolaires et molaires	120 €	550 €
Pose d'une couronne céramométallique sur une deuxième prémolaire	120 €	550 €
Pose d'une couronne en zircone sur une molaire	120 €	440 €
Pose d'une couronne dentaire transitoire pour une couronne « à entente directe limitée »	10 €	60 €
Pose d'un inlay core sous une couronne ou un pilier de bridge à « entente directe limitée ».	90 €	175 €
Pose d'un appareillage en propulsion mandibulaire	150 €	280 €

TABLE 1.4: Bases de remboursement et plafonds pour le Panier B

En choisissant ce panier, le reste à charge dépendra des garanties proposées par la complémentaire santé.

À noter que sur l'ensemble des prothèses dentaires remboursées par la Sécurité sociale, le taux de remboursement appliqué est de 70 %.

Par exemple, si un assuré se voit poser une couronne en céramique entrant dans le Panier A, dont le prix est de 495 euros et la base de remboursement de 120 euros, alors la partie prise en charge par l'Assurance maladie obligatoire est $120 \times 70\% = 84$ euros et la part prise en charge par sa complémentaire santé est $495 - 84 = 411$ euros et ainsi le reste à charge de l'assuré est nul.

Optique

En optique, les actes inclus dans la réforme sont les verres et les montures. La réforme impose aux opticiens la mise en place de trois paniers à partir du 1^{er} janvier 2020 :

- Un Panier A, aussi appelé "100 % Santé" dans lequel les montures proposées sont au prix maximal de 30 euros et les prix des verres à l'unité sont compris entre 32,5 euros et 170 euros selon le type de verre. L'opticien doit proposer au moins 17 montures en deux coloris pour les adultes et au moins 10 montures en deux coloris pour les enfants. Le reste à charge pour ce panier est nul ;
- Un Panier B, aussi appelé "tarifs libres", dont les verres et les montures n'ont pas de limite de prix. Les planchers et plafonds de remboursement suivent le décret de la réforme sur les contrats responsables. Dans ce cas, le reste à charge peut être conséquent ;
- Un Panier C, aussi appelé "mixte", qui permet de créer un équipement avec des verres du Panier A et une monture du Panier B ou inversement. L'équipement appartenant au Panier A est remboursé dans sa totalité par la Sécurité sociale et le régime complémentaire.

Le taux de prise en charge par la Sécurité sociale est à 60 % sur tous les verres et les montures, quel que soit le panier choisi. Ce qui diffère entre types de verres et de montures sont les tarifs conventionnels de la Sécurité sociale. Ils sont définis par l'Avis du 21 juin 2018, qui bouleverse les prestations en optique avec l'apparition d'une nouvelle nomenclature des équipements optiques et leur base de remboursement associée. Cet Avis précise aussi les équipements intégrés au Panier A et leurs Prix limites de vente au public (PLV), et ceux intégrés au Panier B. Ces changements ont été appliqués le 1^{er} janvier 2020. Nous pouvons constater que les bases de remboursement pour le Panier B sont extrêmement faibles : 0,05 euros par verre quelle que soit la correction.

La figure 1.9 présente les PLV des équipements optiques selon le type de verre du Panier A.

Par exemple, si un assuré choisit dans le Panier 100 % Santé une monture et deux verres unifocaux sphériques de dyoptrie entre 0 et ± 2 pour un prix total de 95 euros, la base de remboursement de la monture est de 9 euros et celle des verres de 9,75 euros chacun. Le montant pris en charge par l'Assurance maladie obligatoire s'élève à $(9 + 2 \times 9,75) \times 60\% = 17,10$ euros et la partie à la charge de la complémentaire est de $95 - 17,10 = 77,90$ euros cela représente 82 % des frais réels.

Audiologie

En audiologie, les actes impliqués dans la réforme sont les audioprothèses. Pour bénéficier de l'offre 100 % Santé, le diagnostic doit d'abord est fait par un médecin ORL. À partir du 1^{er} janvier 2021, l'audioprothésiste laisse au choix de l'assuré deux paniers :

Monture à 30 € maximum	Monture + verres unifocaux			Monture + verres progressifs		
	Sphérique	Cylindre de 0 à 4D	Cylindre > à 4D	Sphérique	Cylindre de 0 à 4D	Cylindre de 0 à 4D
Sphère de 0 à ± 2 D	95 €	105 €	135 €	180 €	210 €	260 €
Sphère de ± 2 à ± 4 D	105 €	115 €	145 €	190 €	220 €	270 €
Sphère de ± 4 à ± 8 D	125 €	135 €	165 €	210 €	240 €	290 €
Sphère > + 8 D ou < -8 D	225 €	235 €	265 €	290 €	320 €	370 €

FIGURE 1.9: PLV des équipements 100 % Santé

- Un Panier A, aussi appelé "100 % Santé", contenant tous les types d'appareils : contour d'oreille classique, contour à écouteur déporté et intra-auriculaire. Douze canaux de réglages sont possibles et trois options parmi les suivantes : système anti-acouphène, connectivité sans fil, réducteur de bruit du vent, synchronisation binaurale, directivité microphonique adaptative, bande passante élargie supérieure ou égale à 6000 Hz, fonction apprentissage de sonie, dispositif anti-réverbération. Aussi, les prix de ces équipements sont plafonnés. Dans ce cas il n'y a aucun reste à charge pour l'assuré ;
- Un Panier B, aussi appelé "tarifs libres", pour lequel les tarifs proposés sont libres et la prise en charge des complémentaires est limitée à 1700 euros par oreille avec le remboursement de la Sécurité social compris. Le reste à charge revient à l'assuré.

Le tarif conventionnel est le même quel que soit le panier choisi. Les assurés auront droit à une durée de trente jours pour tester leurs audioprothèses et à un suivi de cinq ans quant aux réglages de l'appareil.

Le Prix limite de vente au public pour les appareils du Panier A est fixé à 1300 euros à partir du 1^{er} janvier 2019 puis diminuera de façon définitive jusqu'à 950 euros au 1^{er} janvier 2021 dès la mise en place du vrai panier 100 % Santé. De l'autre côté, la base de remboursement de la Sécurité sociale (BRSS) va quant à elle progresser dans le sens inverse et augmenter jusqu'à 400 euros au 1^{er} janvier 2021 afin d'améliorer la prise en charge par le régime obligatoire. La table 1.5 explicite les PLV et les BRSS de chaque année entre 2019 et 2021.

La part de remboursement par la sécurité sociale est de 60 % de la BRSS. Ainsi, si un patient choisit un appareil dans le panier 100 % Santé à partir de 2021, l'Assurance maladie prendra en charge $400 \times 60\% = 240$ euros et sa complémentaire santé $950 - 240 = 710$ euros.

1.3 Présentation de la base de données

Le jeu de données utilisé dans le cadre de ce mémoire est associé à la consommation d'un produit santé référencé par le Ministère des armées. Il se compose d'une base de données contenant les cotisations, une autre base contenant les prestations et une dernière regroupant tous les assurés et des informations les concernant. Ce produit n'était proposé qu'aux personnes adhérant au régime spécial des militaires ainsi que leurs ayants-droit. L'historique des données est compris entre 2012 et 2015. Il

Année	PLV	BRSS
2019	1300 €	300 €
2020	1100 €	350 €
2021	950 €	400 €

TABLE 1.5: Progression du Prix limite de vente au public et de la base de remboursement

est donc important de souligner que ces données n'intègrent ni la réforme des contrats responsables, ni celle du 100 % Santé, qui sont tout l'objet de cette étude.

1.3.1 Descriptif du régime de frais de santé

Le panel de garanties

Le produit commercialisé sur lequel s'appuie l'historique d'étude se décompose en trois gammes, offrant chacune des garanties différentes allant d'une couverture complémentaire basique à une couverture plus haut de gamme.

Les différents postes de frais de santé concernés et pris en charge par le produit sont :

- Les **soins de ville**. Ce terme réunit les honoraires des médecins (généralistes et spécialistes), les actes techniques médicaux, les honoraires des auxiliaires médicaux, les prestations en radiologie et laboratoires d'analyses, les dépassements d'honoraires, les prestations en pharmacie et la participation forfaitaire de 18 euros ;
- L'**hospitalisation**, qui regroupe les honoraires des médecins (chirurgiens, obstétriciens, anesthésistes, honoraires de surveillance), les actes techniques médicaux, les dépassements d'honoraires, la participation forfaitaire de 18 euros, les frais de séjour, le forfait journalier, certains frais liés à le choix d'une chambre particulière, les frais dus au fait d'être accompagnant pour une personne handicapée ;
- Le **dentaire**, avec des garanties sur les soins dentaires, les actes prothétiques, l'orthodontie et sur quelques actes non pris en charge par l'Assurance maladie ;
- L'**optique**, pour les montures, les différents types de verres et corrections, les lentilles et la chirurgie réfractive sur certaines gammes ;
- L'**appareillage**, avec les actes compris la Liste des Produits et Prestations, les prothèses auditives, et autres d'autres types d'appareillages ;
- Les **médecines douces** comme l'ostéopathie et l'acuponcture, ainsi que les actes de **prévention** comme les vaccins non pris en charge par la Sécurité sociale et dont il est parfois obligatoire

pour les militaires envoyés en mission à l'étranger d'en bénéficier pour qu'ils soient protégés ;

- Les **transports** et les prestations en **cures thermales**.

Analogie avec les contrats responsables

Il est intéressant d'analyser de plus près l'offre proposée et de la comparer avec les critères que doivent respecter les contrats responsables afin de comprendre comment elle devra évoluer.

Dans les soins de ville, le minimum de prise en charge, quelle que soit la gamme du produit sous-crite, correspond au ticket modérateur. Ainsi, sur ce point, les contrats sont responsables. Sur les dépassements d'honoraires, il n'y a pas la distinction de remboursement en fonction de si le médecin est signataire du CAS ou non. Ce sera un critère à appliquer pour que le contrat devienne responsable. Le ticket modérateur des médicaments remboursés à 65 % est pris en charge dans toutes les offres et même celui des médicaments remboursés à 30 %, qui n'est pas une obligation pour les contrats responsables. Les frais d'hospitalisation prennent dans tous les cas le ticket modérateur, ainsi que le forfait journalier est pris en charge dans sa totalité. Les prestations pour prothèses dentaires et orthodontie remboursées par l'Assurance maladie prennent déjà en charge au minimum le ticket modérateur sur toutes les offres.

En optique, la garantie concernant les montures offre un remboursement compris entre 30 et 100 euros selon la gamme choisie et l'âge de l'assuré (adulte ou enfant). Cela est en accord avec le contrat responsable. Pour les verres, toutes les combinaisons ont été reconstituées et certaines valide les contraintes fixées par le décret des contrats responsables. Les remboursements proposés pour ces équipements sont inférieurs aux minimums imposés par le décret. Le détail des combinaisons se trouve en annexe.

1.3.2 Statistiques de la population couverte

La population couverte regroupe les civils et militaires affiliés à la CNMSS, ainsi que leurs ayants-droit qui peuvent être leurs conjoints ou leurs enfants. Selon la situation familiale de l'assuré, les besoins en termes de garanties ne sont pas les mêmes. Ce sont ces différences qui sont intéressantes à étudier.

Présentation de la base de données *Population*

La base de données brute *Population* contient le portefeuille complet, c'est-à-dire même les adhérents qui ont souscrit à un autre contrat que l'offre présentée précédemment. Elle se compose de 4 579 702 lignes, où chaque ligne correspond à un contrat, et 84 variables donnant des informations sur les assurés dont :

- NUMERO_ADHERENT qui est l'identifiant du contrat ;
- ID_ADH et ID_PP qui permettent d'identifier de façon unique et anonyme chaque assuré ;
- NUMINSEE qui est le numéro de Sécurité sociale de l'assuré ;
- DATE_DEB_POP et DATE_FIN_POP qui sont respectivement la date de début et de fin du contrat ;

- ID_SEXE qui vaut 1 lorsque l'assuré est un homme et 2 si c'est une femme ;
- DATE_DE_NAISSANCE qui donne la date de naissance de l'assuré ;
- ID_TYPE_BENEFICIAIRE qui indique si la personne est l'adhérent ou un ayant-droit ;
- CODE_LIEN_FAMILIAL et ID_LIEN_FAMILIAL qui précisent lorsque ce n'est pas l'adhérent, s'il s'agit d'un partenaire (conjoint, concubin, veuf, divorcé, séparé) ou d'un enfant ;
- Des variables prenant en compte l'adresse complète du domicile, le code postal, la ville et le pays de résidence.
- Des informations rattachées à l'activité militaire : le grade, le régime de l'Armée auquel il est rattaché (Terre, Air, etc), s'il est en service ou non, l'ancienneté dans l'armée.

La base *Population* contient certaines données manquantes. Elles sont localisées sur des variables telles que le nom de rue de la résidence, l'adresse email qui ne seront pas prises en compte dans la tarification. Cependant, cette base ne détient pas l'information du produit auquel chaque adhérent a souscrit. Pour retrouver ceux qui ont adhéré à une des trois gammes, il est nécessaire d'effectuer une jointure entre la base *Population* et la base *Cotisations*, sur les variables ID_ADH et ID_PP qui constituent la clé d'identification de chaque adhérent. Cette dernière base contient les cotisations mensuelles pour chaque produit entre 2012 et 2015. Ainsi, à chaque cotisation sont rapprochées les caractéristiques de l'assuré.

Quelques statistiques descriptives

Afin d'avoir une meilleure compréhension du portefeuille et des besoins des assurés, des statistiques descriptives sont requises sur chacune des offres.

Une première statistique est la répartition des âges pour chaque gamme. Pour cela, il a fallu créer la variable AGE qui n'était pas présente dans les données. L'âge calculé est aussi appelé âge millésime. Il correspond à la différence entre l'année de référence et l'année de naissance. Ici, l'historique s'étendant de 2012 à 2015, l'année de référence pour calculer l'âge diffère selon l'année de la cotisation. Par exemple, pour une cotisation de janvier 2012, l'année de référence à partir de laquelle l'âge est déduit sera 2012. Cette première étude est présentée à travers la figure 1.10.

Les effectifs sur la figure 1.10 sont représentés par tranches d'âge de 5 ans. Il est facile de constater que chacune de ces gammes vise des populations très différentes en termes d'âge.

La première gamme, qui offre une couverture basique, semble cibler les jeunes adultes entre 20 et 35 ans, qui sûrement débute leur carrière de militaire et ont des besoins plus faibles.

La population de la deuxième gamme présente deux pics. Le premier se situe au niveau des très jeunes enfants (entre 0 et 5 ans), le second concerne les adultes entre 26 et 35 ans. Puis, la distribution décroît autour de ces âges.

Enfin la troisième gamme offre la couverture la plus haut de gamme. Sa population se positionne en légère concentration autour de la tranche d'âge 51-55 ans. Aucun profil marqué ne ressort de cette analyse. D'autres critères comme le revenu doivent impacter le choix de l'adhésion à un tel contrat qui est plus onéreux.

Une autre analyse, complémentaire à la précédente, est nécessaire pour définir au mieux les profils d'assurés qui se dessinent sous chaque gamme. La variable ID_LIEN_FAMILIAL, permet de compléter

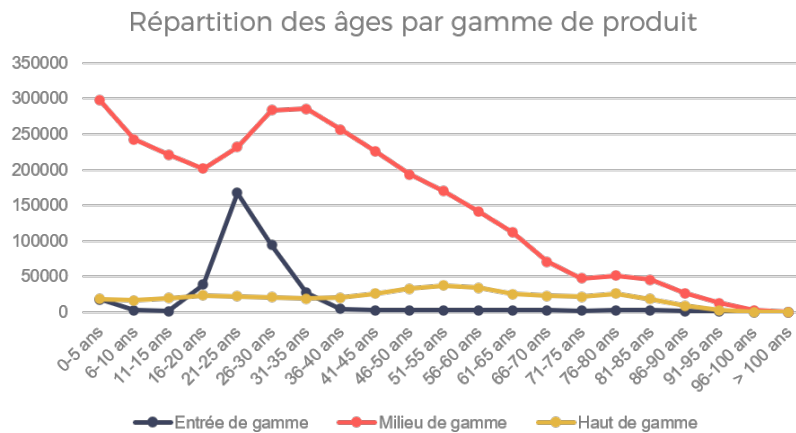


FIGURE 1.10: Répartition des âges par gamme de produit

cette analyse.

La table 1.6 décrit pour chaque gamme, la répartition des bénéficiaires en fonction de leur statut. Il est remarquable que les plus représentés sur la première gamme sont les adhérents, avec une plus faible représentation des autres bénéficiaires. En ajoutant cette remarque à l'analyse précédente, il semble que cette gamme est soit destinée au jeune personnel de l'armée, sans conjoint ni enfant.

La répartition de la seconde gamme se concentre essentiellement autour des adhérents et des enfants, avec un effectif significatif de conjoints. Sachant la distribution des âges pour cette offre, cette gamme s'adresse aux jeunes parents avec de jeunes enfants. Le passage d'un mode de vie célibataire à la construction d'une famille entraîne un besoin plus important de protection.

Finalement, la troisième gamme, est composée de famille qui veulent bénéficier d'un meilleur confort. Cette analyse met en lumière que les besoins en termes de garanties évoluent avec la situation familiale des assurés, et qu'une certaine chronologie dans les gammes existe. Cette répartition de la population sur chacune des gammes s'explique aussi de façon historique lorsque les courtiers guidaient les assurés sur leur choix.

Offre	Type de bénéficiaire	Répartition
Entrée de gamme	Adhérents	87 %
	Conjoints	6 %
	Enfants	7 %
Milieu de gamme	Adhérents	46 %
	Conjoints	19 %
	Enfants	35 %
Haut de gamme	Adhérents	55 %
	Conjoints	22 %
	Enfants	23 %

TABLE 1.6: Répartition par type de bénéficiaire

En santé, une variable souvent importante dans la tarification concerne la catégorie socio-professionnelle. Ici, nous pourrions la rapprocher avec le grade dans l'Armée des adhérents. Pour le personnel de l'Armée, leur niveau évolue avec l'ancienneté et donc en partie avec l'âge. En complément de la

répartition des âges dans chaque gamme, nous avons analysé la répartition des grades pour les portefeuilles d'adhérents principaux. Elle est représentée dans la table 1.7.

Dans la première gamme sont présents en majorité des militaires du rang. Ce grade correspond au plus bas de l'Armée. Dans la deuxième gamme, la majorité correspond au personnel de l'Armée nommé sous-officier qui se situe au-dessus du grade de militaire du rang. Enfin, les officiers, correspondant au grade le plus élevé de l'Armée, représentent la majorité du personnel militaire de la dernière gamme. Ainsi, tout comme l'âge, le grade suit un schéma de répartition particulier au travers des gammes.

Grades	Officier	Sous-officier	Militaire du rang
Entrée de gamme	7%	20%	73%
Milieu de gamme	30%	42%	28%
Haut de gamme	48%	44%	8%

TABLE 1.7: Répartition des adhérents principaux par grade

De plus, le produit créé sera adapté à une population particulière, c'est-à-dire celle à partir de laquelle se basera la future tarification. En effet, des données telles que la proportion d'hommes et de femmes, ou encore l'âge moyen sont des facteurs ayant un impact sur le futur tarif proposé.

La figure 1.11 met en perspective la pyramide de âges sur l'ensemble de la population française (graphique à gauche) et celle des adhérents principaux constitutifs du portefeuille (graphique à droite) pour l'année 2015. Cette figure met en évidence la singularité de la population étudiée. En effet, sur la population française totale âgée de 25 ans et plus, la proportion d'hommes est de 47 % contre 53 % de femmes tandis que dans notre échantillon les hommes sont en surreprésentation avec 79 % d'hommes contre 21 % de femmes. De plus, les âges moyens des hommes et des femmes dans le portefeuille d'adhérent est plus bas que celui de la population française sur la tranche 25 ans et plus. Pour les hommes l'âge moyen du portefeuille est de 46 ans contre 52 ans pour la population française, et pour les femmes l'âge moyen du portefeuille est de 51 ans contre 54 ans pour la population française. Ces résultats montrent davantage le caractère atypique de la population pour laquelle nous créons ce produit.

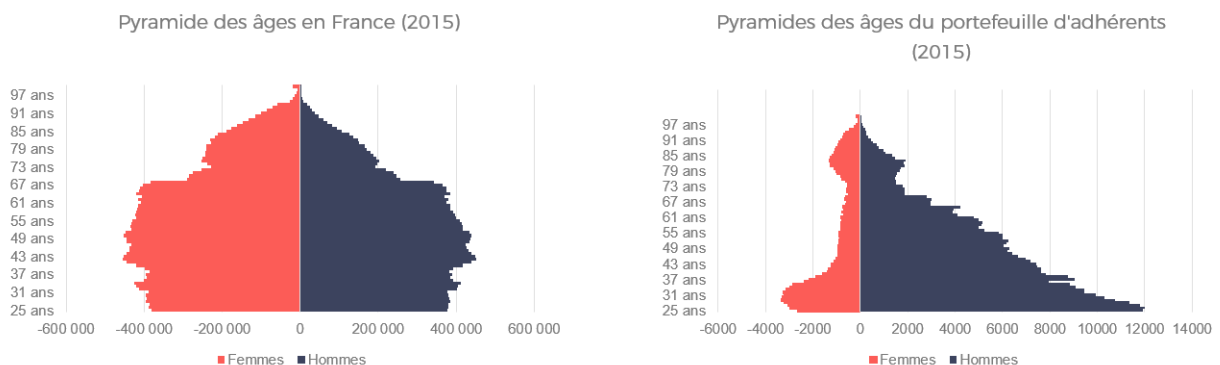


FIGURE 1.11: Pyramides des âges en France et dans le portefeuille d'adhérents en 2015

1.3.3 Prestations relatives au régime de frais de santé

Pour produire une bonne tarification, il faut pouvoir estimer le risque d'un portefeuille. Cette mesure de risque passe par l'analyse de la sinistralité historique.

Présentation de la base *Prestation*

La base de données *Prestations* contient l'historique des prestations entre 2012 et 2015 sur chacune des trois offres. Elle contient un total 195 879 505 lignes et 67 colonnes. Une ligne représente la consommation d'un acte santé relié à un assuré. Chacune est décrite par les variables suivantes :

- **CODE_MODULE** décrit à quel poste de dépenses est rattaché la prestation. Elle est composée de 17 modalités ;
- **ID_GARANTIE** contient 47 modalités qui décrivent à quelle offre est rattachée la dépense. Seulement les trois identifiants correspondant aux trois gammes étudiées nous intéressent pour cette étude, un filtre sera appliqué à cette variable pour les récupérer ;
- **CODE_BLOC_GARANTIE** définit le type de garantie dont il s'agit. C'est une variable qualitative comportant 71 modalités, dont "Monture et verres + 18 ans", "Prothèses dentaires" et "Prothèse auditive" ;
- **CODE_STATISTIQUE** est composée de sous-parties de la variable précédente, c'est-à-dire qu'elle donne une précision supplémentaire sur la garantie. Par exemple en Optique, il a les modalités "Montures + 18 ans" et "Verres simples sphériques + 18 ans" qui sont inclus dans le bloc garantie "Monture et verres + 18 ans". Cette variable comporte 104 modalités ;
- **ID_ADH** et **ID_PP** qui relie la prestation à l'assuré qui en bénéficie ;
- **ID_ACTE** est l'identifiant de la prestation. Cette variable recense toutes les prestations possibles, elle contient une liste de 984 modalités ;
- **DATE_SOINS** est la date du soin et pour les soins qui durent plusieurs jours, comme une hospitalisation, **DATE_DEB_SOINS** et **DATE_FIN_SOINS** sont respectivement la date de début du soin et sa date de fin ;
- **MNT_BRSS** est le tarif conventionnel de l'acte ;
- **TAUX_MUTUELLE** et **TAUX_SECU** sont respectivement le taux de remboursement de l'organisme complémentaire et de la Sécurité sociale qui seront appliqués à la base de remboursement pour calculer le montant remboursé par chacune des parties ;
- **MNT_MUTUELLE** correspond au montant remboursé par l'organisme complémentaire ;
- **MNT_SECU** est le montant remboursé par la Sécurité sociale ;
- **MNT_DEPENSE_ENGAGEE** sont les frais réels de l'acte ;
- **QUANTITE_ACTE** donne le nombre d'actes consommés ;

Dix autres variables, qui n'apportent pas d'intérêt dans le processus de tarification, sont composées en majorité de valeurs manquantes. Elles seront écartées de la base par la suite.

Prestations en Optique

Des filtres sont appliqués sur ID_ACTE et CODE_MODULE afin de n'avoir, pour les trois offres concernées, que les prestations en Optique des actes impliqués dans la réforme 100 % Santé.

Une fois ces filtres mis en place, la base finale des prestations du poste Optique comporte 2 631 702 lignes d'historique.

Cette base *Prestations Optique* est presque complète. Un élément essentiel manque pour continuer cette étude : il s'agit du reste à charge de l'assuré. Il est facile de le déterminer. En effet, il se définit comme la part des frais réels restant à la charge de l'assuré après le remboursement de l'organisme complémentaire et du régime obligatoire. Cette variable sera appelée RAC et est calculée de la façon suivante :

$$RAC = MNT_DEPENSE_ENGAGEE - MNT_SECU - MNT_MUTUELLE$$

Le reste à charge moyen pour un équipement Optique complet, c'est-à-dire composé de deux verres et une monture, a été calculé sur chacune des gammes en séparant les adultes et les enfants. Il est représenté sur la figure 1.12.

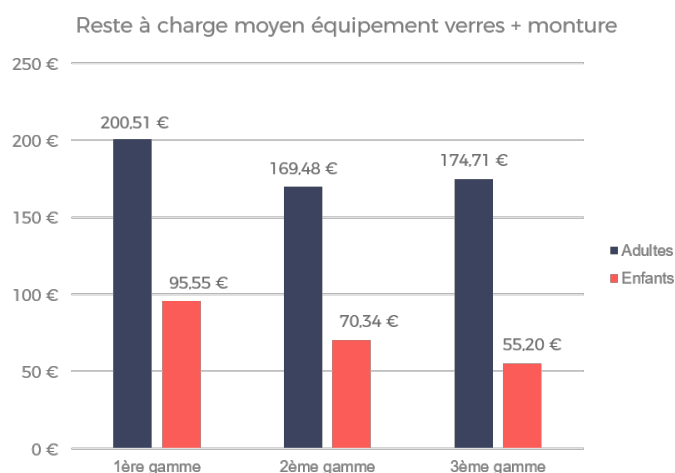


FIGURE 1.12: Reste à charge moyen pour un équipement Optique complet

Le reste à charge est plus élevé pour les adultes. En effet, leurs équipements sont généralement plus coûteux que ceux des enfants. De plus, la base de remboursement de la Sécurité sociale est inférieure à celle des prestations pour mineurs. Une tendance similaire sur le reste à charge des adultes et des enfants est observée. La première gamme propose des niveaux de garanties inférieurs à ceux de la deuxième et troisième gamme pour les mineurs, ce qui justifie cette tendance décroissante du reste à charge. Pour les adultes, la troisième gamme présente de meilleurs niveaux de garanties que la première, pourtant le reste à charge demeure plus élevé. Cela s'explique par les profils d'assurés qui constituent ces gammes. En effet, il a été vu que la première gamme s'adresse aux jeunes adultes tandis que la troisième est constituée essentiellement de personnes dont l'âge est compris entre 50 et 55 ans. À ces âges, les problèmes de vue sont d'une intensité généralement plus élevée que pour les personnes plus jeunes. Dans leur cas, un traitement plus puissant tels que des verres progressifs, plutôt onéreux, est souvent utilisé.

Ce chapitre a présenté le contexte sur lequel s'appuiera l'étude : l'environnement du système

de santé en France et ses principales réformes ainsi que la population atypique que représentent ce portefeuille composé de militaires. L'objet de ce mémoire est la création d'un nouveau régime frais de santé pour les militaires et leurs ayants-droit non référencé par le Ministère des Armées dont les garanties sont dites responsables et solidaires. La mise en place du 100 % Santé, notamment le poste Optique qui sera au cœur de l'étude, risque de bouleverser les prestations attendues par les assureurs. Ainsi, la mise en place d'un Business Plan permettra d'étudier la rentabilité du produit sur les années postérieures à son lancement.

Chapitre 2

Refonte et tarification du régime actuel

L'objectif de ce chapitre consiste à déterminer la prime pure du nouveau produit qui intègrera la réforme actuelle du 100 % Santé sur le poste Optique. Dans un premier temps, il s'agira de transformer le régime actuel afin qu'il respecte le cahier des charges des contrats responsables. Dans un second temps, différents modèles seront testés afin de déterminer celui qui sera utilisé pour calculer la valeur de la prime pure après application des contrats responsables. Enfin, les prestations actuelles seront adaptées aux divers paniers portés par la réforme du 100 % Santé afin d'estimer la nouvelle sinistralité.

2.1 Présentation des méthodes de tarification utilisées

Plusieurs modèles tels que les modèles linéaires généralisés et des méthodes de Machine Learning seront utilisés dans le but de la tarification sur la même approche du Coût x Fréquence.

2.1.1 L'approche tarifaire Coût x Fréquence

L'approche Coût x Fréquence est une approche classique de tarification en assurance santé. Comme son nom l'indique, son application consiste à estimer la sinistralité totale en séparant la modélisation du coût et de la fréquence.

Le modèle collectif

La modélisation de la charge totale de sinistres d'un portefeuille est celle du modèle collectif. Dans ce modèle, la charge totale de sinistres est une variable aléatoire notée S et décrite par l'équation suivante :

$$S = \sum_{i=1}^N X_i$$

- N est la variable aléatoire discrète qui décrit le nombre de sinistres sur le portefeuille ;
- $(X_i)_i$ une suite de variables aléatoires, généralement continues, indépendantes et identiquement distribuées où X_i représente le coût du $i^{\text{ème}}$ sinistre. De plus, elles sont supposées indépendantes de la variable N .

Ce cadre définit la charge totale de sinistres du portefeuille comme étant la somme des prestations de chaque sinistre.

L'espérance de la charge de sinistres

En assurance, la prime pure se caractérise comme étant la charge de sinistres moyenne à laquelle l'assureur fait face pour un risque donné. Cette prime pure, notée π peut se représenter ainsi :

$$\pi = \mathbb{E}[S]$$

Dans le cas particulier du modèle collectif, la prime pure s'écrit :

$$\pi = \mathbb{E}\left[\sum_{i=1}^N X_i\right]$$

Par la formule des espérances totales, $\mathbb{E}\left[\sum_{i=1}^N X_i\right] = \mathbb{E}\left[\mathbb{E}\left[\sum_{i=1}^N X_i|N\right]\right]$. La variable aléatoire N est mesurable par rapport à sa propre filtration. Ainsi, par linéarité de l'espérance conditionnelle, on obtient :

$$\pi = \mathbb{E}\left[\mathbb{E}\left[\sum_{i=1}^N X_i|N\right]\right] = \mathbb{E}\left[\sum_{i=1}^N \mathbb{E}[X_i|N]\right]$$

Le modèle collectif fait l'hypothèse que la suite de variables aléatoires $(X_i)_i$ est indépendante de N . Ainsi, pour chaque i , X_i et N sont indépendants. L'équation se réécrit :

$$\pi = \mathbb{E}\left[\sum_{i=1}^N \mathbb{E}[X_i]\right]$$

Les $(X_i)_i$ étant identiquement distribuées, chacune de ces variables ont la même espérance, notée $\mathbb{E}[X]$. Ainsi :

$$\pi = \mathbb{E}\left[\sum_{i=1}^N \mathbb{E}[X]\right] = \mathbb{E}[N \times \mathbb{E}[X]] = \mathbb{E}[N] \times \mathbb{E}[X]$$

Finalement, la prime pure s'exprime comme étant le produit entre l'espérance de la fréquence et l'espérance du coût, d'où l'appellation de cette approche.

La variance de la charge de sinistres

Une autre caractéristique importante dans la maîtrise d'un risque est l'estimation de sa variance. Dans le cadre du modèle collectif, la variance du modèle collectif, la variance de la charge de sinistres a une forme particulière et intéressante.

Tout d'abord, la variance de S suit la décomposition suivante :

$$\mathbb{V}[S] = \mathbb{E}[\mathbb{V}[S|N]] + \mathbb{V}[\mathbb{E}[S|N]] \quad (2.1)$$

Le terme $\mathbb{V}[S|N]$ de l'équation (2.1) peut se réécrire :

$$\mathbb{V}[S|N] = \mathbb{V}\left[\sum_{i=1}^N X_i|N\right]$$

Par indépendance des coûts $(X_i)_i$ avec la fréquence N , on obtient :

$$\mathbb{V}\left[\sum_{i=1}^N X_i|N\right] = \mathbb{V}\left[\sum_{i=1}^N X_i\right]$$

Puis, par indépendance des X_i entre eux, la variance devient linéaire :

$$\mathbb{V}\left[\sum_{i=1}^N X_i\right] = \sum_{i=1}^N \mathbb{V}[X_i]$$

Enfin, les X_i sont tous de même loi, donc $\mathbb{V}[X_i] = \mathbb{V}[X]$ pour tout i . Finalement, le terme $\mathbb{V}[S|N]$ se simplifie de la façon suivante :

$$\mathbb{V}[S|N] = N \times \mathbb{V}[X]$$

La démonstration de simplification du terme $\mathbb{E}[S|N]$ de l'équation (2.1) a déjà été vue précédemment. On obtenait alors :

$$\mathbb{E}[S|N] = N \times \mathbb{E}[X]$$

L'équation (2.1) se réécrit alors :

$$\mathbb{V}[S] = \mathbb{E}[N \times \mathbb{V}[X]] + \mathbb{V}[N \times \mathbb{E}[X]] = \mathbb{E}[N] \times \mathbb{V}[X] + \mathbb{V}[N] \times \mathbb{E}[X]^2 \quad (2.2)$$

La variance de la charge totale S se calcule donc à partir de l'espérance et la variance de la fréquence et du coût. Une fois de plus, l'estimation d'un critère sur la charge totale passe par la bonne connaissance de la fréquence et du coût.

Ainsi, cette modélisation se construit seulement autour de deux éléments, dont leur parfaite compréhension est essentielle : ils sont la fréquence et le coût des prestations. La modélisation de chacun se fait séparément.

2.1.2 Le modèle linéaire généralisé

Le modèle linéaire généralisé est un outil très utilisé des assureurs. Sa simplicité d'interprétation permet une compréhension claire des facteurs impactant le tarif, et ainsi une bonne compréhension du risque. L'application de l'approche Coût x Fréquence implique la construction d'un modèle linéaire généralisé pour la fréquence moyenne et un second pour le coût moyen.

Le modèle linéaire

Le modèle linéaire généralisé, qui sera noté par la suite GLM, est une extension du modèle linéaire, c'est pourquoi il est important de le définir en premier. Comme son nom l'indique, il modélise, lorsqu'elle existe, une relation linéaire entre une variable dite réponse et des variables dites indépendantes. Le modèle se construit des éléments suivants :

- $Y \in \mathbb{R}^n$: est la variable du modèle à expliquer, aussi appelée variable réponse. Dans notre cas, il s'agira du coût moyen ou de la fréquence moyenne. Dans ce dernier cas, la variable modélisée est une variable de comptage. Une réalisation de Y est notée $(y_i)_{1 \leq i \leq n}$;
- X est la matrice de dimensions $n \times p$ constituée des variables indépendantes : chaque vecteur $X_k \in \mathbb{R}^n$, pour $1 \leq k \leq p$, représente la réalisation de la $k^{\text{ème}}$ variable pour une certaine réalisation $(y_i)_{1 \leq i \leq n}$.
- $\beta \in \mathbb{R}^p$ est le vecteur des paramètres à estimer du modèle.
- $\epsilon \in \mathbb{R}^n$ représente les erreurs du modèle. Ils sont centrés, de variance constante, indépendants et gaussiens. Ce sont les hypothèses à vérifier pour justifier de la relation linéaire entre Y et X .

La relation linéaire entre la variable à expliquer et ses variables explicatives est définie comme suit :

$$Y = X\beta + \epsilon$$

Trouver cette relation linéaire, lorsqu'elle existe, consiste à estimer le vecteur β . L'estimateur $\hat{\beta}$ est appelé estimateur des moindres carrés et il est exprimé de la manière suivante :

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}XY$$

Où X' est la transposée de la matrice X .

Bien que la simplicité d'interprétation d'un modèle soit un avantage, le modèle linéaire possède quelques inconvénients. En effet, l'hypothèse d'une relation linéaire est parfois trop forte et induit une mauvaise modélisation. De plus, un autre inconvénient concerne le domaine de définition de la variable réponse : le coût moyen et la fréquence moyenne sont des valeurs, qui dans ce contexte, ne peuvent pas avoir des réalisations négatives. Ce point n'est pas ajustable dans le modèle linéaire.

La famille exponentielle naturelle

Le GLM, contrairement au modèle linéaire, s'affranchit des postulats des erreurs centrées, homocédastiques et indépendantes et permet de traiter des observations dont la loi de probabilité appartient à une famille de lois élargie. De plus, la relation entre Y et la matrice des variables explicatives X n'est plus supposée linéaire. Sa formulation est la suivante :

$$g(\mathbb{E}[Y]) = X\beta$$

pour une certaine fonction g appelée fonction de lien. Elle sera définie par la suite.

Dans le cas du GLM, la loi de probabilité de la variable Y a une forme particulière. Elle appartient à la famille de lois nommée famille exponentielle naturelle. La densité de la variable Y f_Y s'écrit alors sous une forme exponentielle :

$$f_Y(y) = \exp\left(\frac{1}{\gamma(\phi)}(y\theta - b(\theta)) + c(y, \phi)\right)$$

où :

- c est une fonction dérivable ;
- b est une fonction trois fois dérivable et sa dérivée première b' est inversible ;
- $\theta \in \mathbb{R}$ est appelé paramètre naturel de la loi ;
- ϕ est un paramètre appelé paramètre de nuisance ou de dispersion.

L'espérance et la variance de la variable réponse s'expriment alors aisément :

$$\mathbb{E}[Y] = b'(\theta)$$

$$\mathbb{V}[Y] = \gamma(\phi) b''(\theta)$$

Le choix de la loi dépend de la variable à modéliser. Le coût moyen correspond à une variable continue, à valeurs positives. Les lois plus couramment utilisées dans sa modélisation sont la loi Exponentielle, la loi Gamma, ou encore la loi Normale. La fréquence moyenne est quant à elle une variable à valeurs entières et positives. Elle se modélise généralement par la loi Binomiale, la loi Binomiale négative ou la loi de Poisson. Les paramètres de la densité exponentielle de chacune de ces lois sont récapitulés dans la table 2.1.

Loi de probabilité	θ	$b(\theta)$	$\gamma(\phi)$	$c(y, \phi)$
Gamma $\Gamma(\alpha, \beta)$	$-\frac{\beta}{\alpha}$	$-\log\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)$	$\frac{\alpha}{\beta^2}$	$\left(\frac{\beta^2}{\alpha} - 1\right) \log(y) - \log\left(\Gamma\left(\frac{\beta^2}{\alpha}\right)\right)$
Normale $\mathcal{N}(\mu, \sigma^2)$	μ	$\frac{\theta^2}{2}$	σ^2	$-\frac{1}{2} \left(\frac{y^2}{\sigma^2} + \log(2\pi\sigma^2)\right)$
Binomiale $\mathcal{B}(n, p)$	$\log\left(\frac{p}{1-p}\right)$	$n \log(1 + \exp(\theta))$	1	$\log\binom{n}{y}$
Binomiale négative $\mathcal{B}(r, q)$	$\log(q)$	$-r \log(q)$	1	$\log\binom{y+r-1}{y}$
Poisson $\mathcal{P}(\lambda)$	$\log(\lambda)$	$\exp(\theta)$	1	$-\log(y!)$

TABLE 2.1: Paramètres associés à chaque densité exponentielle

La fonction de lien

Le deuxième élément à choisir dans la modélisation d'un GLM est la fonction de lien. Toute bijection de l'espace de $\mathbb{E}[Y]$ dans \mathbb{R} peut être choisie comme telle. Cependant, le choix se porte généralement sur la fonction de lien qui transforme l'espérance $\mathbb{E}[Y]$ en le paramètre naturel θ . Or, la dérivée première de b est inversible et il a été vu que :

$$\mathbb{E}[Y] = b(\theta)$$

$$(b')^{-1}(\mathbb{E}[Y]) = (b')^{-1}(b'(\theta)) = \theta$$

donc :

$$g = (b')^{-1}$$

Dans ce cas, g est appelée la fonction de lien canonique. De plus, $\theta = X\beta$, ainsi une relation linéaire entre une transformation de l'espérance cible et les variables indépendantes est trouvée.

Loi de probabilité	Fonction de lien canonique	Nom du lien
Gamma $\Gamma(\alpha, \beta)$	$\frac{1}{x}$	Lien inverse
Normale $\mathcal{N}(\mu, \sigma^2)$	x	Lien identité
Binomiale $\mathcal{B}(n, p)$	$\log\left(\frac{x}{1-x}\right)$	Lien logit
Binomiale négative $\mathcal{B}(r, q)$	$\log(x)$	Lien logarithmique
Poisson $\mathcal{P}(\lambda)$	$\log(x)$	Lien logarithmique

TABLE 2.2: Fonctions de lien canonique associées à chaque distribution

À noter que pour la loi Gamma, la fonction de lien logarithmique est couramment utilisée.

2.1.3 Les méthodes de Machine Learning

Les méthodes de Machine Learning sont peu utilisées des assureurs dans le cadre d'une tarification. En effet, ces algorithmes sont sujets à l'effet "boîte noire" qui rend difficile leur interprétation et ainsi la justification du tarif. Cependant, ils présentent d'autres avantages que le modèle linéaire généralisé comme celui de ne pas faire d'hypothèse quant à la distribution de la variable à expliquer. La modélisation de modèles complexes peut alors s'avérer meilleure avec ces outils non paramétriques. Dans le cadre de ce mémoire, deux méthodes seront utilisées : les arbres CART et les Forêts aléatoires.

Les arbres de décision

L'algorithme CART (Classification And Regression Trees) est à l'origine des arbres de décision. Cet algorithme a été introduit en 1984 par le statisticien américain Leo Breiman. Comme son nom l'indique, cet algorithme s'applique aussi bien à des problèmes de régression que de classification. Ici, la tarification répond à un problème de régression. C'est pourquoi ce cadre théorique sera le seul présenté dans cette partie.

Les arbres CART permettent de construire des classes de risque tout en estimant un attribut Y , ce dernier pourrait être dans notre cas la fréquence moyenne ou le coût moyen.

Un arbre se détermine de façon itérative en subdivisant à chaque étape la population selon un critère de segmentation, comme sur la représentation de la figure 2.1. Il commence à une racine (en bleu sur la figure 2.1), qui contient l'ensemble de l'échantillon, et se représente ensuite par une succession de nœuds (en rouge sur la figure 2.1) qui partitionnent la population initiale. Le but est de diviser l'ensemble des valeurs possibles selon les variables X_1, X_2, \dots, X_p en J région $(R_j)_{1 \leq j \leq J}$.

Les régions $(R_j)_{1 \leq j \leq J}$ sont déterminées par étapes. À chaque nœud, une variable est sélectionnée et définit un critère de partition de la population en deux classes selon un seuil. Le choix du critère de segmentation est fait de sorte que les sous-populations obtenues soient les plus différentes possibles. Les deux classes sont déterminées par minimisation d'un critère de segmentation. Plus précisément,

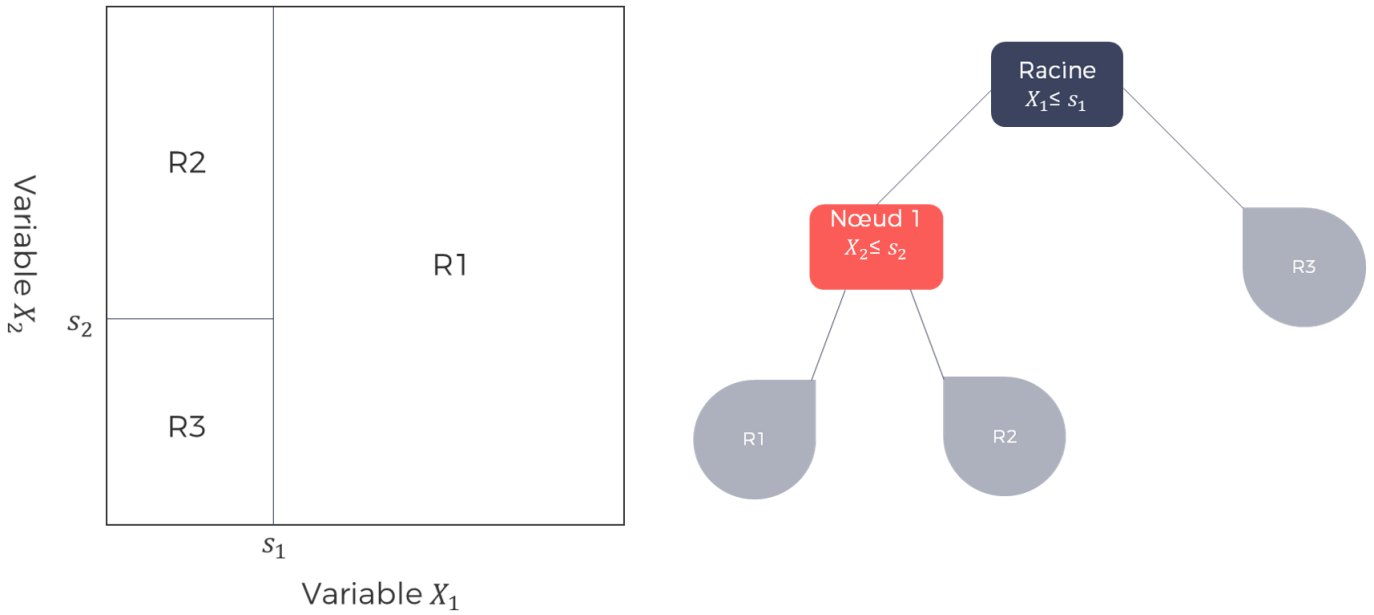


FIGURE 2.1: Exemple d'un arbre de décision

le but est de trouver la variable X_k et le seuil s définissant les régions $R_1(k, s) = \{X | X_k \leq s\}$ et $R_2(k, s) = \{X | X_k < s\}$ qui minimisent :

$$\sum_{i : x_i \in R_1(k, s)} (y_i - \hat{y}_{R_1})^2 + \sum_{i : x_i \in R_2(k, s)} (y_i - \hat{y}_{R_2})^2$$

où \hat{y}_{R_1} est la valeur moyenne de la variable réponse pour les observations dans la région $R_1(k, s)$ et \hat{y}_{R_2} est la valeur moyenne de la variable réponse pour les observations dans la région $R_2(k, s)$.

Ce processus est répété jusqu'à validation du critère d'arrêt qui correspond généralement au nombre minimum d'individus que peut contenir une feuille. Chaque feuille de l'arbre contient l'estimation de la variable cible Y pour la sous-population la composant. Ainsi, les arbres constituent une méthode simple de représentation et d'interprétation.

Cependant, les arbres trop grands sont soumis à un problème de forte variance et faible biais aussi appelé sur-apprentissage, c'est-à-dire que leur prédiction tend à être mauvaise lorsque les données varient de celles sur lesquelles ils ont été entraînés. Pour palier à ce défaut, il est possible de réduire la taille de l'arbre en supprimant des noeuds. Cette étape est nommée élagage. La profondeur optimale de l'arbre peut être choisie par validation croisée.

Les forêts aléatoires

La méthode des forêts aléatoires a été créée en 2001 par Breiman afin de répondre au problème de sur-apprentissage et de forte variance des arbres de décision.

Une forêt aléatoire est composée d'un nombre B d'arbres CART décorrélés. Ces arbres sont construits sur des bases d'entraînement *bootstrap*. Cela signifie que l'on procède à des tirages aléatoires avec remise sur l'échantillon d'apprentissage initial pour en former à chaque fois un nouveau. Ensuite, un

arbre est construit sur chacun de ces échantillons.

Cependant, seulement un nombre m de variables explicatives, choisies aléatoirement, sont sélectionnées pour la construction des arbres. Pour les problèmes de régression, c'est souvent le tiers du total de variables explicatives initiales qui sont sélectionnées à chaque arbre. Cette valeur peut être challengée par hyper-paramétrage.

Enfin, pour chaque observation, l'estimation de la valeur de la variable cible est obtenue par la moyenne des estimations sur chacun des arbres.

L'algorithme peut se résumer de la façon suivante :

- Pour tout $b = 1, \dots, B$:
 1. Construction de l'échantillon E_b qui est un échantillon *bootstrap* avec remise de l'échantillon initial E ;
 2. Construction de l'arbre \hat{y}_b de profondeur maximale sur E_b à partir de m variables sélectionnées **aléatoirement**.
- Prédiction d'un nouvel individu statistique x_0 : $\hat{y}(x_0) = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B \hat{y}_b(x_0)$

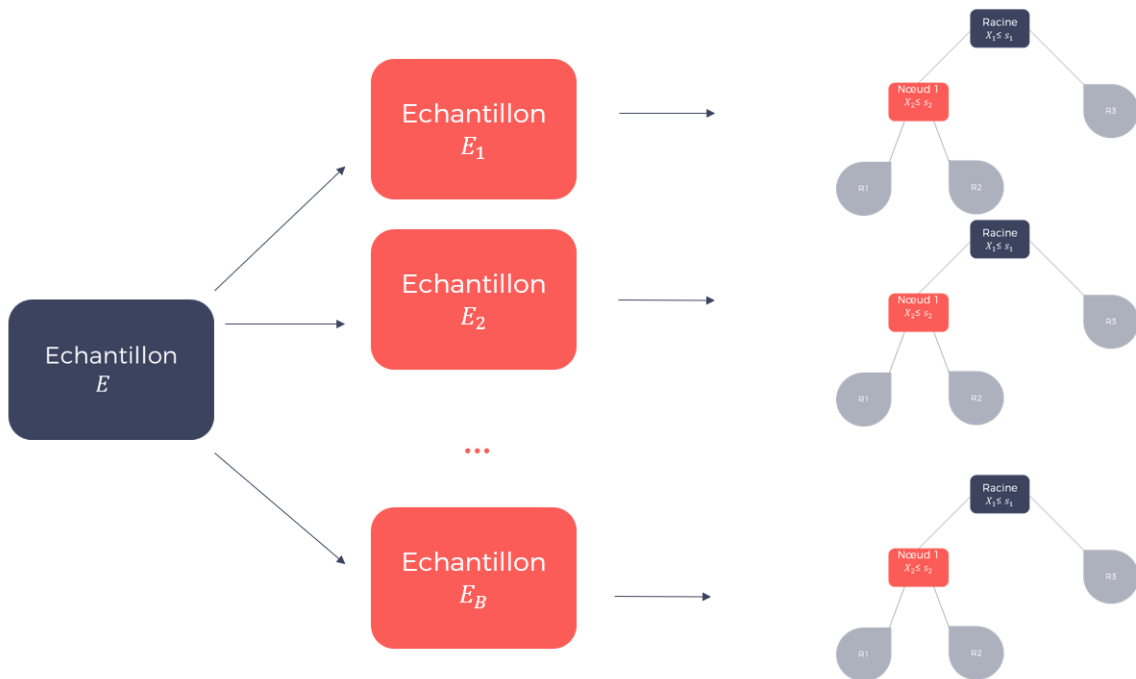


FIGURE 2.2: Schéma illustratif d'une forêt aléatoire

Cette méthode possède un calcul de l'erreur intégré grâce à l'échantillon appelée *Out Of Bag*. En effet, les échantillons E_b étant des tirages avec remise de l'échantillon initial E , certains individus statistiques de E ne sont pas tirés sur certains échantillons E_b . Ainsi, une prédiction de ces individus est

faite à partir de la sous-forêt composée des arbres pour lesquels ils n'ont pas été tirés. L'erreur entre toutes ces prédictions et leurs vraies valeurs est appelée l'erreur *Out Of Bag*.

Un second critère intéressant et fourni par ce modèle correspond à l'importance des variables. Cet indicateur est calculé à partir des échantillons *Out Of Bag*, sur lesquels une perturbation des valeurs pour une variable est appliquée. L'importance d'une variable X_k se calcule de la façon suivante :

$$Imp(X_k) = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B (err_{OOB_b^k} - err_{OOB_b})$$

où err_{OOB_b} est l'erreur *Out Of Bag* et $err_{OOB_b^k}$ est l'erreur *Out Of Bag* après perturbation des observations de la variable X_k .

Ainsi, une variable dont le rôle prédictif est fort verra sa nouvelle erreur plus élevée après permutation des observations.

2.2 Mise en conformité relative aux contrats responsables

Dans le cadre du produit étudié, la réforme des contrats responsables n'impactera que les honoraires des médecins (OPTAM / non OPTAM), ainsi que les garanties relatives aux équipements optiques (verres et montures). Le calcul de l'impact se basera seulement sur les prestations de l'année 2015. En effet, une analyse de l'évolution du coût moyen et de la fréquence moyenne sur l'historique de données a montré que ces deux éléments sont relativement stables au cours des années, publiée à l'annexe A.2. L'année 2015 correspond à l'année de l'historique la plus proche de l'application de la réforme des contrats responsables. Ainsi, le comportement des assurés sur cette période est le plus représentatif.

2.2.1 Impact sur les prestations relatives aux honoraires des médecins

Depuis les bases des prestations, ont été extraites uniquement les prestations qui concernent les honoraires des médecins ; ces données ont été stockées dans une base nommée *Medecine*. Cette base a ensuite été découpée en trois pour que chaque sous-base soit constituée des remboursements d'une des trois offres.

Prestations OPTAM et non OPTAM

Sur chacune des trois formules actuelles, les honoraires des médecins sont remboursés au minimum à hauteur du ticket modérateur, que l'assuré ait consulté un médecin généraliste ou spécialiste. Cependant, les dépassements d'honoraires et leurs niveaux de remboursement dépendent de l'offre souscrite. Elles sont récapitulées dans la table 2.3.

À noter que ces garanties étaient valables pour toutes les prestations liées à des médecins conventionnés secteur 2, qu'ils soient signataires de l'OPTAM ou non. Or, les contrats responsables doivent proposer une meilleure prise en charge des dépassements d'honoraires, d'au moins 20 % du tarif conventionnel, pour les assurés qui consultent un médecin du secteur 2 adhérent de l'OPTAM.

Afin d'estimer cet impact, il est nécessaire d'identifier dans la base des prestations celles reliées aux

Prestations	Entrée de gamme	Milieu de gamme	Haut de gamme
Dépassement consultation généraliste	0 % × BRSS	35 % × BRSS	65 % × BRSS
Dépassement consultation spécialiste	0 % × BRSS	35 % × BRSS	65 % × BRSS
Dépassement consultation neuropsychiatre	0 % × BRSS	35 % × BRSS	65 % × BRSS
Dépassement consultation spécialiste cardiovasculaire	0 % × BRSS	35 % × BRSS	65 % × BRSS
Dépassement ATM	0 % × BRSS	35 % × BRSS	65 % × BRSS
Dépassement honoraires auxiliaires médicaux	0 % × BRSS	35 % × BRSS	65 % × BRSS
Dépassement honoraires chirurgie, obstétrique, réanimation	50 % × BRSS	50 % × BRSS	65 % × BRSS

TABLE 2.3: Niveaux de garanties sur les dépassements d'honoraires

médecins adhérents de l'OPTAM ou non. Cette donnée n'étant pas disponible directement dans la base, nous allons définir des hypothèses permettant de l'estimer. La variable *OPTAM* est créée et sa valeur associée sur chaque ligne de la base est déduite par l'algorithme suivant :

- Tout d'abord, pour chacune des prestations, le rapport entre les frais réels et la base de remboursement de la Sécurité sociale est calculé ;
- Ce rapport est ensuite comparé à la valeur de 150 % (hypothèse retenue) ;
- Si le rapport est supérieur strictement à 150 %, alors le médecin est considéré comme non-signataire de l'OPTAM. La variable *OPTAM* prend la valeur « Non » ;
- Si le rapport est strictement supérieur à 100 % et inférieur ou égal à 150 %, alors le médecin est considéré comme signataire de l'OPTAM. La variable *OPTAM* prend la valeur « Oui » ;
- Si le rapport est égal à 100 %, alors le médecin est considéré comme étant conventionné au secteur 1. La variable *OPTAM* prend la valeur « Secteur 1 ».

La table 2.4 présente la répartition des types de médecins conventionnés secteur 2 sur chacune des formules. Sur chacune des gammes, la distribution des prestations estimées liées à un médecin signataire de l'OPTAM ou non est semblable. De plus, ces chiffres sont plutôt en accord avec la répartition sur le marché médical des membres du CAS ou non, les données utilisées pour ces calculs datant de 2015, l'OPTAM n'existait pas encore c'est pourquoi la comparaison se fait avec les signataires du

CAS. L'assurance maladie estimait à 32.8 % le pourcentage d'adhérents du CAS parmi les médecins conventionnés du secteur 2 en 2016.

Pourcentage des prestations	Entrée de gamme	Moyenne gamme	Haut de gamme
Non OPTAM	62,8 %	63,3 %	63,4 %
OPTAM	37,2 %	36,7 %	36,6 %

TABLE 2.4: Répartition des médecins OPTAM et non OPTAM sur les prestations du secteur 2

Nouvelles bases de remboursement et nouveaux niveaux de garanties

Maintenant que nous avons pu estimer quelles prestations sont reliées à un médecin adhérent à l'OPTAM ou non, une modification des bases de remboursement et des garanties s'impose.

En effet, le tarif conventionnel fixé par la Sécurité sociale n'est pas le même pour les médecins du secteur 2, qu'ils soient adhérents de l'OPTAM ou non. L'OPTAM vise à limiter les dépassements d'honoraires qui sont souvent à la charge des assurés, et aussi leur offrir un meilleur remboursement. Ainsi, la base de remboursement de la Sécurité sociale est supérieure lorsqu'un assuré a consulté un médecin adhérent à l'OPTAM. La grille des différentes bases de remboursement est représentée sur la table 2.5. Les médecins conventionnés secteur 1 appliquent quant à eux des tarifs à hauteur de la base de remboursement des médecins adhérents à l'OPTAM.

Prestations	BRSS pour OPTAM	BRSS pour non OPTAM
Consultation médecin généraliste	25 €	23 €
Consultation médecin spécialiste	28 €	23 €
Consultation neuropsychiatre	46,70 €	39 €
Consultation spécialiste cardiovasculaire	51 €	47,73 €

TABLE 2.5: Nouvelles bases de remboursement

Enfin, il faut s'intéresser aux nouvelles garanties que doit mettre en place la mutuelle pour que ces contrats deviennent responsables. Le cahier des charges limite le remboursement des prestations pratiquées par des médecins qui n'ont pas adhéré à l'OPTAM à 200 % de la base de remboursement. Les niveaux de garanties actuels représentés sur la table 2.3 respectent bien cette limite. En effet, le niveau de remboursement, avec le remboursement de la Sécurité sociale et le ticket modérateur compris, se situe entre 100 % et 165 %. Ainsi, ces garanties sont conservées pour les prestations des médecins secteur 2 non adhérents de l'OPTAM.

Par ailleurs, en conformité avec les contrats responsables, un delta de 20 % doit être appliqué sur les prestations des médecins adhérents de l'OPTAM par rapport à celles des non OPTAM. Les nouvelles garanties sont disponibles à l'annexe A.2.

Calcul de l'impact

Après avoir appliqué à chacune des formules les nouvelles bases de remboursement et les nouveaux niveaux de garanties, l'impact de la réforme sur ce poste peut être estimé.

Pour chacune des quatre offres, les coûts moyens de l'assureur sur le poste avant et après la mise en place de la réforme sont calculés. Les résultats obtenus sont représentés sur la table 2.6.

	Entrée de gamme	Milieu de gamme	Haut de gamme
Coût moyen avant la réforme	7,64 €	7,69 €	8,88 €
Coût moyen après la réforme	7,88 €	7,91 €	9,03 €
Impact sur les prestations	+ 3,1 %	+ 2,9 %	+ 1,7 %
Part de consommateurs	55,93 %	74,97 %	81,15 %

TABLE 2.6: Impact sur les remboursements et part de consommateurs

L'application de la réforme engendre une hausse du coût moyen sur chacune des gammes. En effet, la prise en charge par la mutuelle après application de la réforme est supérieure à celle qui préexistait, d'une part à cause de la hausse des bases de remboursement pour les prestations liées aux signataires de l'OPTAM et d'autre part par une meilleure prise en charge de leurs dépassements d'honoraires. Dans le cas particulier de cette mutuelle, la réforme représente donc une augmentation de ses coûts. De plus, le nombre de consommateurs en termes d'exposition a été calculé. Ce chiffre varie selon la formule. Les assurés ayant choisis une meilleure couverture comme celle haut de gamme sont sujets à une plus forte consommation. L'impact sur le tarif global de chaque formule ne sera pas le même et les gammes pour lesquelles la consommation dans ce poste est plus importante seront plus impactées à la hausse par la mise en place des contrats responsables.

2.2.2 Impact sur le poste Optique

Le but de cette partie est de calculer l'impact de l'installation de la réforme des contrats responsables sur ce portefeuille. La base complète des prestations a été séparées en trois pour obtenir une base par gamme. Sur chacune d'entre elles, les prestations relatives aux garanties optiques concernées par la réforme des contrats responsables ont été sélectionnées. Il s'agit, pour les enfants et les adultes, des montures et des différents types de verres.

Ensuite, ces prestations ont été séparées en deux bases : une base *Verres* contenant seulement celles relatives aux verres, et une base *Montures* comportant uniquement les montures.

Classement des équipements en catégories

Le cahier des charges associé à la réforme classe les équipements composés d'une monture et de deux verres en six catégories :

- La **catégorie A** associée à deux verres simple foyer dont la sphère est comprise entre -6 et +6 et le cylindre est inférieur ou égal à +4 ;
- La **catégorie B** associée à deux verres simple foyer dont la sphère est en-dehors de l'intervalle [-6 ; 6] et le cylindre est strictement supérieur à +4 ;
- La **catégorie C** associée à un verre de la catégorie A et un verre de la catégorie B ;
- La **catégorie D** associée à deux verres multifocaux ou progressifs qui peuvent être sphéro-cylindriques (dont la sphère est hors de l'intervalle [-8 ; 8]) ou sphériques avec une sphère en-dehors de l'intervalle [-4 ; 4] ;
- La **catégorie E** associée à un verre de la catégorie A et un verre de la catégorie D ;
- La **catégorie F** associée à un verre de la catégorie B et un verre de la catégorie D.

La figure 2.3 montre la répartition des différentes catégories dans chacune des gammes. La consommation en catégorie d'équipement est différente selon la gamme. Les assurés de la première gamme et seconde gamme se tournent vers l'achat d'équipements composés de verres simples, avec une correction de vue plus faible. Cependant les assurés du portefeuille haut de gamme consomment en majorité des équipements de la catégorie B. Cela peut s'expliquer par le fait que l'âge moyen des assurés sur cette gamme est de 60 ans tandis que sur la première et seconde gamme, les âges moyens respectifs sont 25 ans et 35 ans. À noter que quelle que soit la gamme, les équipements des catégories C, D, E et F sont très peu représentés dans ces échantillons.

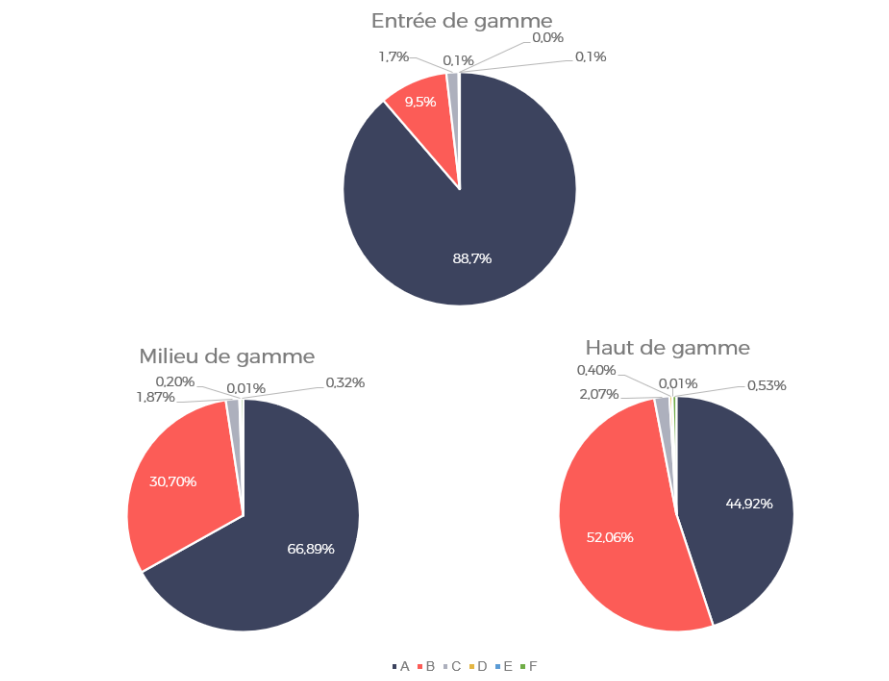


FIGURE 2.3: Répartition des équipements sur chaque gamme

Un nouveau coût pour la mutuelle

Sur la base *Verres*, dans le cas où l'assuré a acheté deux verres, le nouveau montant remboursé par la mutuelle est ensuite déterminé de la façon suivante :

- Si l'ancien montant remboursé par la mutuelle est inférieur au minimum exigé par le cahier des charges des contrats responsables, alors deux cas s'opposent :
 1. Soit les frais réels sont plus élevés que le montant minimum, dans ce cas le montant remboursé est le minimum ;
 2. Soit les frais réels sont inférieurs au minimum, et donc il n'est pas possible de rembourser plus que la dépense engagée par l'assuré. Le montant du remboursement est alors égal au prix des verres.

Cela peut se résumer par la formule suivante :

$$NEW_MNT_MUTUELLE = \min(FR; MIN_CR) \times \mathbf{1}_{MNT_MUTUELLE < MIN_CR}$$

où FR correspond aux frais réels, MIN_CR correspond au montant minimum imposé par le décret des contrats responsables, et $MNT_MUTUELLE$ est l'ancien montant remboursé par la mutuelle pour une prestation.

- Si l'ancien montant remboursé par la mutuelle est supérieur au maximum exigé par le cahier des charges des contrats responsables (diminué du montant remboursé sur la monture), alors le nouveau montant remboursé par la mutuelle est égal à ce maximum ;
- Sinon le montant remboursé par la mutuelle reste le même puisqu'il respecte déjà la contrainte des contrats responsables.

Ces deux derniers cas peuvent être représentés par la formule suivante :

$$NEW_MNT_MUTUELLE = \min(MNT_MUTUELLE; MAX_CR) \times \mathbf{1}_{MNT_MUTUELLE \geq MIN_CR}$$

où MAX_CR est le montant maximum à rembourser imposé par le décret des contrats responsables.

Dans le cas où l'assuré n'a consommé qu'un seul verre, il ne peut être catégorisé qu'en A, B ou D. Ainsi, le schéma pratiqué est le suivant :

- Si l'ancien montant remboursé par la mutuelle est inférieur à la moitié du minimum exigé par le cahier des charges des contrats responsables, alors deux cas s'opposent :
 1. Soit les frais réels sont plus élevés que la moitié du montant minimum, dans ce cas le montant remboursé est le minimum divisé par deux ;

2. Soit les frais réels sont inférieurs à la moitié du minimum, et donc il n'est pas possible de rembourser plus que la dépense engagée par l'assuré. Le montant du remboursement est alors égal au prix des verres.

Cela peut se résumer par la formule suivante :

$$NEW_MNT_MUTUELLE = \min \left(FR; \frac{MIN_CR}{2} \right) \times \mathbf{1}_{MNT_MUTUELLE < \frac{MIN_CR}{2}}$$

- Si l'ancien montant remboursé par la mutuelle est supérieur à la moitié du maximum exigé par le cahier des charges des contrats responsables (diminué du montant remboursé sur la monture), alors le nouveau montant remboursé par la mutuelle est égal à la moitié ce maximum ;
- Sinon le montant remboursé par la mutuelle reste le même puisqu'il respecte déjà la contrainte des contrats responsables.

Ces deux derniers cas peuvent être représentés par la formule suivante :

$$NEW_MNT_MUTUELLE = \min \left(MNT_MUTUELLE; \frac{MAX_CR}{2} \right) \times \mathbf{1}_{MNT_MUTUELLE \geq \frac{MIN_CR}{2}}$$

Pour la base *Montures*, le nouveau montant remboursé par la mutuelle est égal au montant initial remboursé par la mutuelle s'il est inférieur à 100 euros, sinon la valeur de 100 euros lui est attribuée.

Après avoir effectué ces modifications, les nouveaux coûts moyens de la mutuelle par catégorie d'équipement sont représentés sur table 2.7. Le coût moyen pour les catégories allant de A à F représente le coût moyen de la mutuelle pour l'achat d'un équipement de deux verres appartenant à cette catégorie. Les plafonds et planchers du cahier des charges sont respectés.

Calcul de l'impact

Une fois tous ces changements pris en considération sur les prestations, l'impact peut être calculé. Mais avant cela, il est intéressant de comparer les coûts moyens (datant d'avant la réforme) de chaque formule sur chacune des catégories d'équipements aux planchers et plafonds exigés par le cahier des charges des contrats responsables.

Sur la table 2.7, il est remarquable que les remboursements par la mutuelle sur la première gamme, quelle que soit la catégorie de verres, ont bien augmenté. En effet, les garanties précédentes étaient bien en-dessous des planchers du contrat responsable. Aussi, plus la gamme est haute et moins l'écart entre les coûts moyens de la mutuelle et les planchers se creuse. De plus, aucune gamme ne propose en moyenne des remboursements au-delà du plafond imposé par le cahier des charges des contrats responsables.

L'impact de la mise en place de la réforme est représenté sur la table 2.8. L'impact sur le remboursement des montures est nul. En effet, le remboursement proposé par la mutuelle avant la réforme était compris entre 30 et 90 euros selon la gamme et l'âge de l'assuré. Comme attendu, la première gamme est la plus impactée par cette réforme. Comme la table 2.7 le montrait, les remboursements moyens pour cette gamme étaient bien inférieurs aux niveaux minimums des contrats responsables.

	Catégorie	Entrée de gamme	Milieu de gamme	Haut de gamme
Avant application des contrats responsables	Monture	29,39 €	75,29 €	90,89 €
	A	47,03 €	84,23 €	125,73 €
	B	80,03 €	172,50 €	258,99 €
	C	51,42 €	109,42 €	171,46 €
	D	85,00 €	184,26 €	227,17 €
	E	66,01 €	127,58 €	158,50 €
	F	83,00 €	180,07 €	241,06 €
Après application des contrats responsables	Monture	29,39 €	75,29 €	90,89 €
	A	51,88 €	84,43 €	125,82 €
	B	187,18 €	196,69 €	262,92 €
	C	118,78 €	125,66 €	173,20 €
	D	200,00 €	198,29 €	237,67 €
	E	125,94 €	129,85 €	158,50 €
	F	200,00 €	199,19 €	243,76 €

TABLE 2.7: Remboursements moyens par la mutuelle avant et après la réforme

Plus la gamme est haute et moins l'impact de la réforme est important. En effet, les gammes proposent des niveaux de couverture croissants.

	Entrée de gamme	Milieu de gamme	Haut de gamme
Impact sur les montures	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Impact sur les verres	+ 28,52 %	+ 6,99 %	+ 1,11 %
Impact global	+ 18,44 %	+ 4,31 %	+ 0,78 %
Part de consommateurs	7,22 %	15,62 %	22,12 %

TABLE 2.8: Impacts sur les remboursements et part de consommateurs

La part des consommateurs par portefeuille avant la mise en place des nouvelles garanties est représentée sur la table 2.8. De manière générale, la consommation sur les trois portefeuilles pour les équipements optiques reste assez faible, notamment pour le produit qui propose des garanties entrée de gamme. Cela s'explique par le niveau très bas des anciennes garanties de cette offre, rendant ainsi le reste à charge sur cette gamme très élevé. Cela justifie le frein à la consommation qui persiste, ce qu'essaie de réduire la réforme actuelle 100 % Santé.

La mise en place des contrats responsables n'a aucun impact sur les prestations liées à l'achat de montures puisque les niveaux de garantie sont déjà inférieurs au plafond de 100 euros. Néanmoins, la réforme a un impact significatif à la hausse sur les remboursements liés aux verres. Cet impact est d'autant plus important sur la première gamme où les garanties étaient très inférieures aux minimums exigés dans les contrats responsables. L'impact global sur le poste Optique se traduit donc par une

croissance des coûts de la mutuelle. Le produit haut de gamme est nettement moins impacté que les deux précédents, avec une augmentation globale de +0,78 % du montant remboursé par la mutuelle.

Impact global

L'impact sur l'ensemble des prestations, tous postes de dépenses confondus, est représenté sur la table 2.9. Finalement, la mise en place des contrats responsables dans le cas particulier de cette mutuelle a un effet à la hausse sur ses prestations totales sur chacune des gammes. Celle la plus impactée par cette réforme est la première gamme avec une hausse des prestations totales de +1,32 %.

	Entrée de gamme	Milieu de gamme	Haut de gamme
Impact de la réforme	+ 1,32 %	+ 0,83 %	+ 0,22 %

TABLE 2.9: Impact sur l'ensemble des prestations

2.2.3 Calcul de la nouvelle prime pure

La mise en place des contrats responsables a un impact différent sur chaque organisme complémentaire santé : il peut être à la baisse si leur offre se trouvait au-dessus des plafonds ou à la hausse si au contraire elle se trouvait en-dessous des planchers. Dans le cas particulier de la mutuelle étudiée, l'intégration du cahier des charges aux garanties pour obtenir des contrats responsables et solidaires a eu un effet à la hausse sur les prestations dues aux assurés. Ainsi, cet impact doit être pris en compte dans les tarifs proposés aux assurés. Le détail de la construction du tarif pur pour les adhérents principaux sera présenté dans cette partie, tandis que pour les ayants-droit (adultes et enfants) seuls les résultats finaux seront explicités et déterminés à partir d'un raisonnement similaire. L'approche de tarification utilisée sera la méthodologie Coût x Fréquence. Afin de trouver la modélisation la plus adaptée, différents modèles vont être comparés : GLM, arbres CART et forêts aléatoires.

Retraitement des données

Avant toute construction de modèle, il est essentiel de procéder à un retraitement des données. En effet, il peut arriver que des données constituant la base soient erronées à cause d'une erreur d'entrée au moment de sa création. De plus, l'utilisation de certains algorithmes requiert une transformation des données selon un certain format, dans le but d'une meilleure compréhension des données et performance de ceux-ci. La procédure présentée ci-dessous a été établie sur la base des prestations de chacune des gammes.

Tout d'abord, un tri sur l'ensemble des variables de départ a été fait. Certaines variables étaient composées en trop forte proportion de données manquantes et n'ont ainsi pas pu être exploitées. Les variables conservées sont les suivantes :

- ID_PP correspond à la clé d'identification unique de chaque assuré ;

- DATE_DEB_POP et DATE_FIN_POP sont les dates de début et de fin du contrat ;
- DATE_NAISSANCE est la date de naissance de l'assuré ;
- ID_LIEN_FAMILIAL avec les modalités : adhérent, conjoint, enfant ;
- ID_SEXE ;
- DUREE_ACTIVITE indique le nombre d'années passées dans l'Armée ;
- LIB_TYPE_ARMEE correspond au corps de l'Armée auquel est rattaché l'assuré ;
- LIB_GRADE donne le grade de l'assuré dans l'Armée ;
- LIB_SITUATION_FAMILIALE indique si l'assuré est célibataire, marié, divorcé, veuf ;
- ID_PAYS donne le département de résidence de l'assuré, ou un pays s'il se trouve à l'étranger ;
- ID_HANDICAP précise si l'assuré a un handicap ou non ;
- CMU renseigne sur l'appartenance ou non à la CMU de l'assuré ;
- NEW_MNT_MUTUELLE est le montant remboursé par la mutuelle après application des contrats responsables ;
- QUANTITE_ACTE correspond au nombre d'actes consommés pour chaque prestation.

Certaines de ces variables ont ensuite subi une transformation. À partir des dates de début et de fin du contrat de chaque assuré, son exposition sur l'année 2015 a été calculée. En effet, cette information est nécessaire pour pouvoir rapporter la fréquence de consommation de chaque individu sur l'année. Elle est conservée dans la variable EXPOSITION_ANNUELLE. Par exemple, si un assuré débute son contrat en milieu d'année, alors $EXPOSITION_ANNUELLE = 0,5$. Aussi, de la date de naissance a été extraite l'année et conservée dans la variable ANNEE_NAISSANCE. Cette information permet ensuite de calculer l'âge millésime de l'assuré vu en 2015. Rappelons que les tarifs proposés par les mutuelles référencées par le Ministère des Armées sont segmentés par âge. Ainsi cette variable est essentielle à la tarification. La variable ID_SEXE a dû être recodée : la modalité 1 correspondait aux hommes et la modalité 2 aux femmes. Il est préférable pour les algorithmes de considérer des variables binaires codées en 0 et 1. Ainsi la modalité 1 correspond dorénavant aux femmes et la modalité 0 aux hommes. La variable ID_PAYS possédant un nombre élevé de modalités, il est préférable de les regrouper. Les modalités de la variable ont été regroupées comme les treize régions officielles actuelles. Néanmoins, certaines modalités faisaient référence à des pays étrangers, elles ont donc été rassemblées dans la modalité "Hors France métropolitaine".

Le but étant d'établir dans un premier temps le tarif pour une consommation globale sans différenciation des postes de dépenses des adhérents, la base est agrégée de façon qu'une ligne corresponde à la consommation totale sur l'année de chaque assuré, et seules les lignes correspondant aux adhérents ont été conservées.

Par la suite, les variables cibles ont été créées : la variable COUT_MOYEN pour le modèle de coût et la variable FREQUENCE_MOYENNE pour le modèle de fréquence. Elles sont définies comme :

$$COUT_MOYEN = \frac{NEW_MNT_MUTUELLE}{QUANTITE_ACTE}$$

$$FREQUENCE_MOYENNE = \frac{QUANTITE_ACTE}{EXPOSITION_ANNUELLE}$$

Puis, une étude des corrélations des variables explicatives numériques a été effectuée. En effet, des variables très corrélées peuvent atteindre la performance des modèles. Le coefficient de corrélation utilisé est le coefficient de Pearson, il est défini pour deux variables aléatoires X et Y :

$$r = \frac{cov(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y}$$

Où $cov(X, Y)$ désigne la covariance associée au couple de variables aléatoires (X, Y) , σ_X et σ_Y étant respectivement les écarts types des variables X et Y . Les matrices de corrélations obtenues sont représentées sur la figure 2.4.

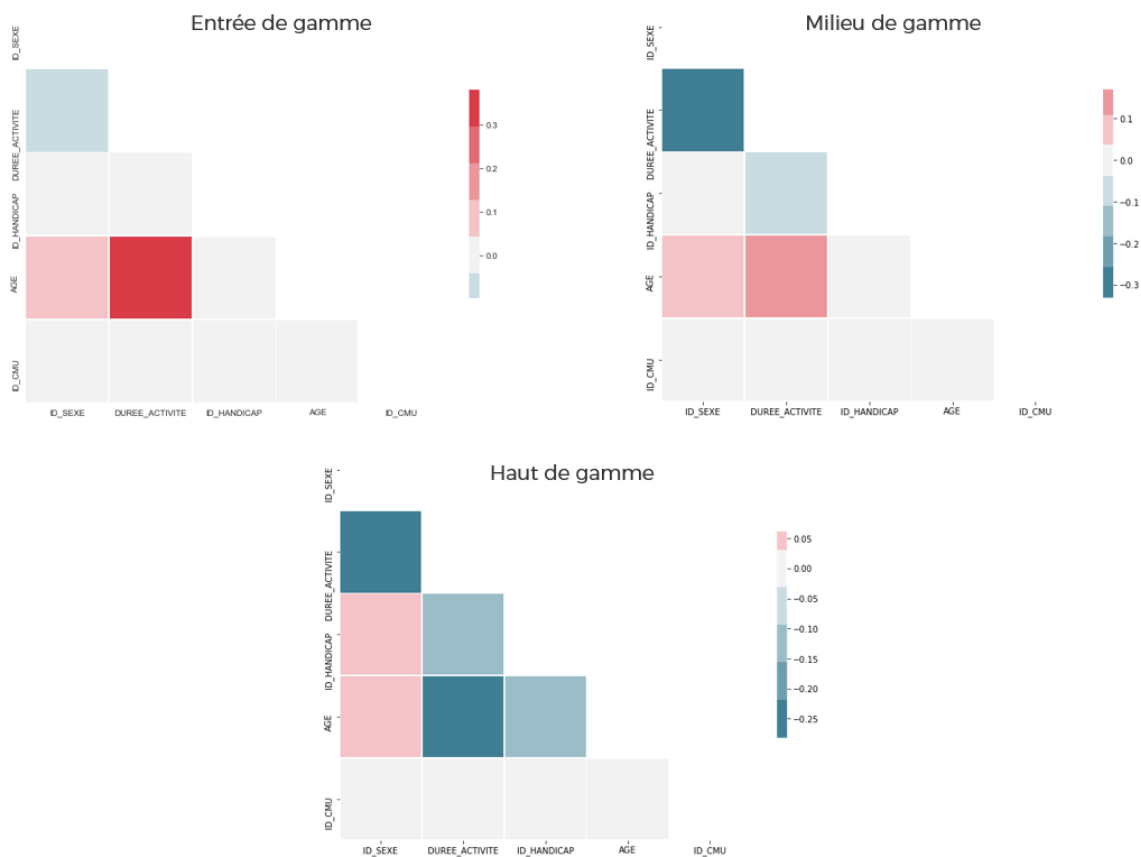


FIGURE 2.4: Matrices des corrélations

Quel que soit l'échantillon, les variables explicatives numériques sont peu corrélées. En effet, le coefficient de corrélation de Pearson varie pour cet échantillon entre - 0,3 et + 0,4. Cependant, les corrélations observées ne sont pas similaires. Par exemple, la corrélation entre la durée d'activité dans l'armée et l'âge est positive pour la première gamme tandis qu'elle est négative pour la garantie haut de gamme. Cela signifie que dans le premier cas, plus une personne est âgée et plus sa durée d'activité dans l'armée est élevée, alors que dans l'autre cas elle diminue avec l'âge. Cela correspond à des assurés

très âgés qui n'ont jamais exercés dans l'Armée.

Concernant l'intensité du lien entre variables catégorielles, le test effectué est le test du V de Cramer. Le V de Cramer pour deux variables X et Y est défini ainsi :

$$V = \frac{\sqrt{\chi^2}}{n \times (\min(l, c) - 1)}$$

Où n est le nombre d'observations, l le nombre d'occurrences possibles pour la variable X et c le nombre d'occurrences pour la variable Y . χ^2 fait référence à la valeur de la statistique du test d'indépendance du Khi-deux entre X et Y . La valeur de cette statistique est obtenue par :

$$\chi^2 = \sum_{i,j} \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

Où O_{ij} est la fréquence dans l'échantillon où simultanément la variable X prend la valeur i et la variable Y la valeur j , E_{ij} est la fréquence espérée où simultanément X est égal à i et Y à j . Cette statistique suit asymptotiquement une loi du Khi-deux à $(l-1)(c-1)$ degrés de liberté.

La valeur du V de Cramer s'interprète comme suit : plus sa valeur est proche de 0 et moins le lien entre les deux variables X et Y est fort, inversement si sa valeur est proche de 1 cela signifie qu'il existe un lien fort entre ces deux variables. Les V de Cramer observés sur les trois échantillons sont résumés sur la figure 2.5.

Les valeurs de V de Cramer sont similaires sur chacune des gammes, et sont relativement faibles, excepté celle entre la variable LIB_TYPE_ARMEE et LIB_GRADE où le V de Cramer est proche de 0,5. Cette valeur étant raisonnable nous pouvons considérer qu'il n'y a pas de lien fort entre ces deux variables.

Finalement, ces études de corrélations mènent au résultat que toutes les variables prévues pour la tarification sont conservées. Le risque de redondance d'information est faible.

Une dernière étape dans le retraitement des variables consiste en le codage des variables catégorielles en série de variables binaires. En effet, certains algorithmes ne fonctionnent qu'à partir de données numériques. La méthode utilisée se nomme *One Hot Encoding*. Elle consiste à transformer une variable catégorielle composée de Q catégories en $Q-1$ variables binaires. Cette méthode présente cependant un inconvénient : lorsqu'une variable comporte un nombre élevé de modalités, la quantité de variables explicatives dans le modèle augmente. Or, un nombre trop conséquent de variables peu nuire à la qualité d'un modèle. Les modalités retirées sur chacune des variables catégorielles sont les suivantes :

- "Auvergne-Rhône-Alpes" pour la variable LIB_REGION ;
- Air pour la variable LIB_TYPE_ARMEE ;
- "Aucun" pour LIB_GRADE ;
- "Concubin(e)" pour LIB_SITUATION_FAMILIALE.

L'individu de référence des modèles GLM sera considéré avec ces modalités.

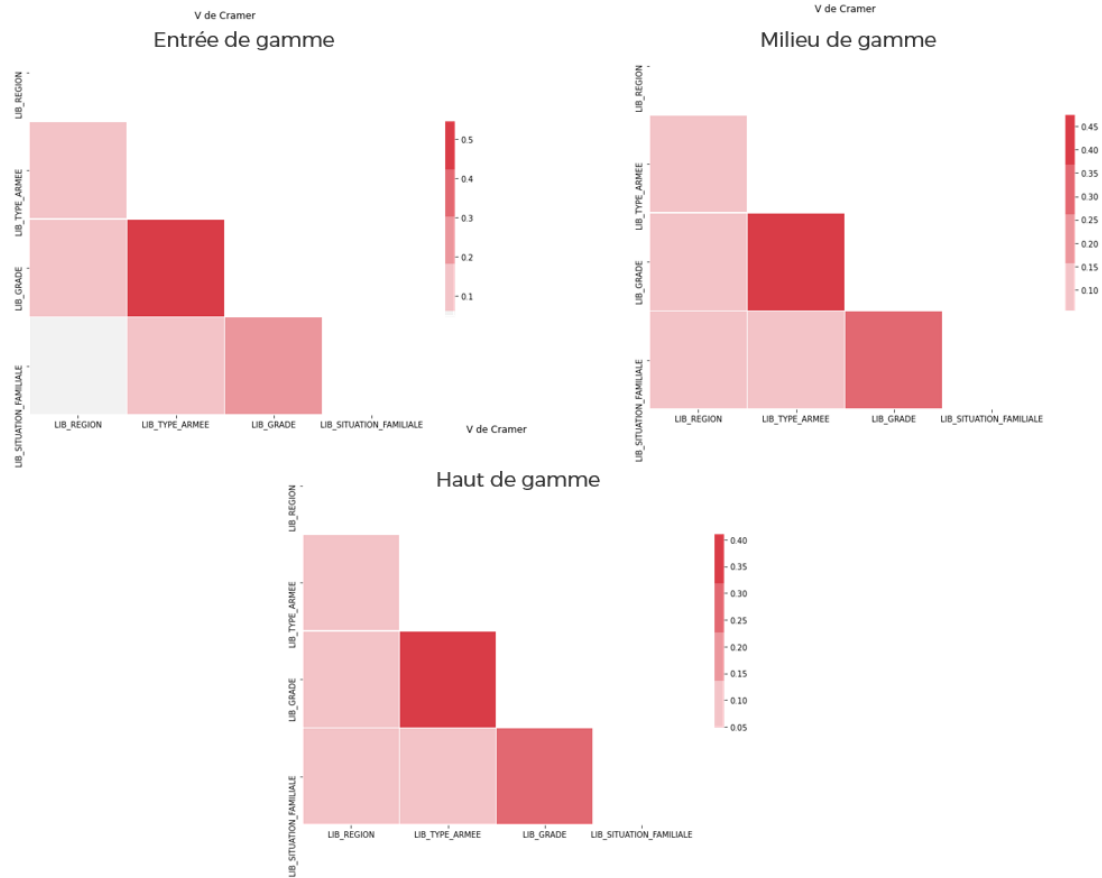


FIGURE 2.5: V de Cramer

Modélisation du coût moyen

Le premier modèle à construire dans le cadre de cette tarification est celui du coût moyen. Différentes modélisations vont être testées afin de trouver celle qui s'ajuste le mieux aux données.

La première modélisation testée est l'utilisation d'un GLM. Celle-ci requiert le choix d'une loi de probabilité de la variable cible qui est dans ce contexte le coût moyen sur l'année de la mutuelle. Cette variable est une variable à valeurs réelles strictement positives. Plusieurs cas sont généralement à envisager comme une loi Gamma, une loi Normale ou encore une loi Log-Normale.

Le choix de la loi peut se faire d'abord par analyse graphique de l'histogramme du coût moyen. L'histogramme du coût moyen de la première gamme est représenté à la figure 2.6. Ceux des deux autres gammes se trouvent à l'annexe A.2.

Ces histogrammes montrent qu'une forte proportion des coûts moyens se situent à des montants faibles. Sur la première et la deuxième gamme, la répartition des coûts moyens est concentrée entre 0 et 40 euros et celle de la dernière gamme entre 0 et 50 euros. En effet, la dernière gamme correspondant aux garanties haut de gamme, le remboursement sur celle-ci est plus important. L'observation de ces histogrammes permet d'envisager la possibilité d'une modélisation du coût moyen par une loi Gamma sur chacune des gammes. Les paramètres de cette loi sont alors estimés par la méthode des moments. Rappelons qu'une variable aléatoire X décrite selon une loi Gamma de paramètres α et β est définie

Entrée de gamme

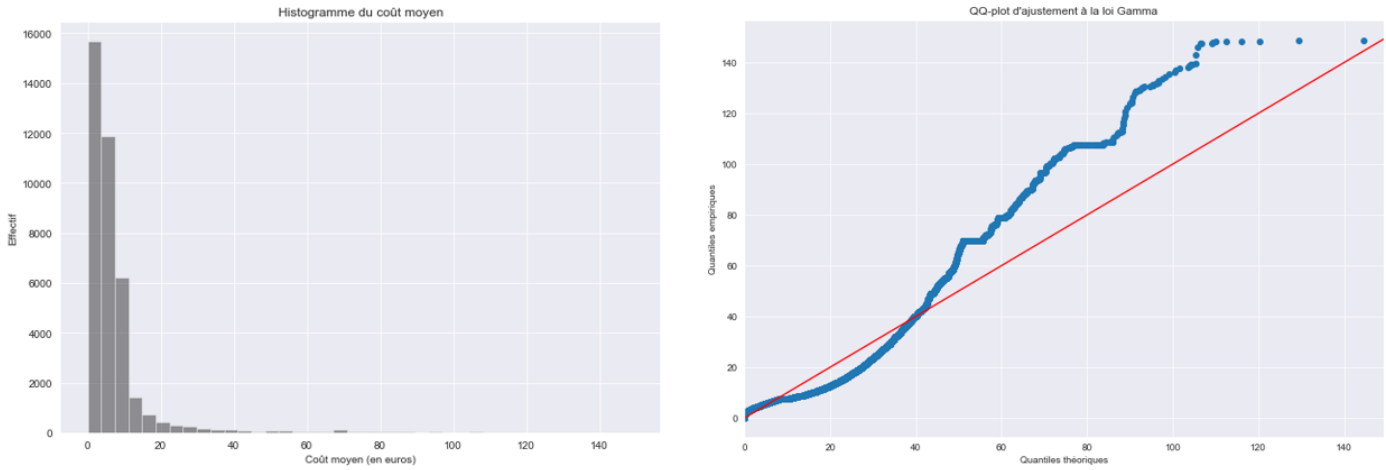


FIGURE 2.6: Ajustement à la loi Gamma de la première gamme

par la densité f suivante :

$$\forall x \in]0; +\infty[, \alpha > 0, \beta > 0 : f(x) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\beta x}$$

Dont la variance et l'espérance vérifient :

$$\mathbb{E}[X] = \frac{\alpha}{\beta} \text{ et } \mathbb{V}[X] = \frac{\alpha}{\beta^2}$$

Les paramètres α et β vérifient les relations suivantes :

$$\beta = \frac{\mathbb{E}[X]}{\mathbb{V}[X]} \text{ et } \alpha = \frac{\mathbb{E}[X]^2}{\mathbb{V}[X]}$$

Ainsi, la méthode des moments consiste à estimer les paramètres par les formules suivantes :

$$\hat{\alpha} = \frac{\overline{X_n^2}}{\hat{\sigma}_n^2} \text{ et } \hat{\beta} = \frac{\overline{X_n}}{\hat{\sigma}_n^2}$$

Où $\overline{X_n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$ et $\sigma_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \overline{X_n})^2$ correspondent à la moyenne empirique et à la variance empirique de la variable X composée de n observations.

Une fois ces paramètres estimés pour chacune des formules, des graphiques de quantiles théoriques contre les quantiles empiriques sont affichés. Ceux-ci permettent d'évaluer la pertinence de l'ajustement d'une loi de probabilité aux données. Celui de la première gamme est représenté à la figure 2.6. Ceux des deux autres gammes sont référencés à l'annexe A.2.

Un bon ajustement se traduit par une répartition des points selon la droite identité représentée en rouge sur les graphiques. Pour chacune des gammes, nous pouvons constater que l'ajustement sur des

faibles montants du coût moyen semble assez juste voire légèrement surestimé par la loi Gamma. Sur des montants plus élevés, la loi sous-estime la valeur du coût moyen. Néanmoins, cette sous-estimation a lieu pour des coûts moyens dont la fréquence dans l'échantillon est très faible. Cela ne devrait donc pas avoir un impact important sur la tarification.

Une seconde modélisation possible du coût moyen est celle d'une loi Log-Normale. Une variable X est distribuée selon une loi Log-Normale de paramètres μ et σ^2 si la variable Y définie par $Y = \ln(X)$ suit une loi Normale de paramètres μ et σ^2 . L'histogramme du logarithme du coût moyen pour la première gamme est représenté à la figure 2.7. Les autres se trouvent à l'annexe A.2.

Au regard des histogrammes, la répartition du logarithme des coûts semble suivre la distribution d'une loi Normale pour chacune des gammes. À noter l'observation d'un pic dans la répartition de la première gamme. Ceci pourrait engendrer une adéquation moins significative de la loi sur cet échantillon. Un test d'adéquation à partir des graphiques quantiles théoriques contre quantiles empiriques est de nouveau effectué et représenté sur la figure 2.7 pour la première gamme (les autres se trouvent à l'annexe A.2). Les paramètres de la loi Normale sont estimés par la méthode des moments. En effet, si une variable X suit une loi Normale de paramètres $\mu \in \mathbb{R}$ et $\sigma^2 > 0$, alors son espérance et sa variance vérifient :

$$\mathbb{E}[X] = \mu \text{ et } \mathbb{V}[X] = \sigma^2$$

Les paramètres s'estiment alors par la moyenne empirique et la variance empirique de l'échantillon. Les graphiques témoignent d'un meilleur ajustement de la loi Log-Normale aux données sur chacune des formules. En effet, les points suivent davantage la droite identité que précédemment. Pour les plus faibles montants, l'ajustement semble moins bon avec une surestimation de la loi théorique. Ce phénomène est plus marqué sur la dernière gamme.

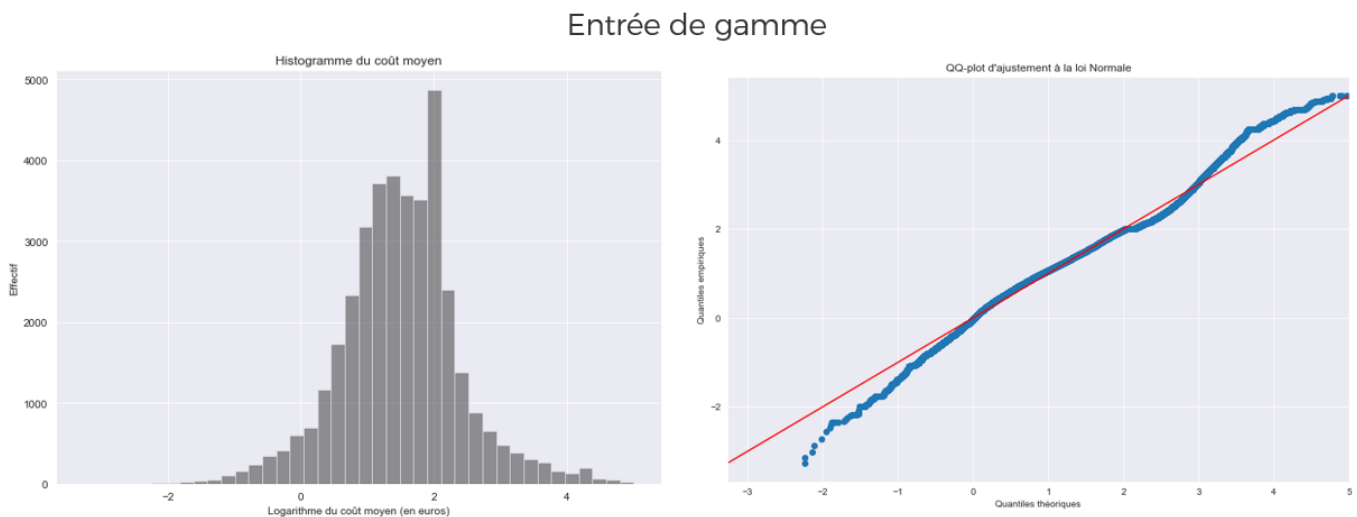


FIGURE 2.7: Ajustement à la loi Log-Normale de la première gamme

Une fois les tests d'ajustement à une loi de probabilité faits, l'échantillon de chaque gamme est divisé

en eux partie : une partie constituée de 80 % des données qui représente la base d'apprentissage qui servira à la calibration des modèles, et d'une seconde partie avec les 20 % d'observations restantes sur laquelle sera testée la performance des modèles.

Après la modélisation par GLM, deux méthodes de Machine Learning ont été envisagées afin de challenger la précédente. En effet, l'hypothèse paramétrique sur la variable cible peut dans certains cas s'avérer être trop forte rendant ainsi les modèles peu performants.

Le premier modèle utilisé est un arbre CART. Afin d'optimiser ce modèle, une étape d'hyperparamétrage est nécessaire. Elle consiste à trouver le meilleur paramétrage de l'algorithme, c'est-à-dire celui qui maximise sa performance. Rappelons que les arbres CART de profondeur trop grande sont sujets au problème de sur-apprentissage. Afin de pallier cet inconvénient, il a été vu dans la partie 2.1.3. qu'une solution était de tronquer l'arbre. Cette troncature se fait à l'aide d'un paramètre d'ajustement de profondeur de l'arbre, noté α . Pour chaque valeur de α , un sous-arbre T inclus dans l'arbre maximal T_0 et possédant la même racine que ce dernier est testé. La valeur de α retenue est celle qui minimise la quantité suivante :

$$\sum_{j=1}^{|T|} \sum_{x_i \in R_j} (y_i - \hat{y}_{R_j})^2 + \alpha |T|$$

Où \hat{y}_{R_j} est la valeur prédite pour les observations se trouvant dans la région R_j et $|T|$ correspond au nombre de feuilles que possède l'arbre T . À noter qu'une variation croissante du paramètre α conduit à une réduction du nombre de feuilles de l'arbre dans le but de minimiser la valeur précédente.

Afin de choisir d'une façon fiable la valeur de α , une méthode de validation-croisée est employée. L'échantillon de départ est découpé en k parties. $k - 1$ parties sont utilisées comme échantillon d'apprentissage et celle restante comme échantillon test. Ce procédé est répété k fois, de sorte que chaque partie soit utilisée une fois comme échantillon test. À chaque étape de la validation croisée, toutes les valeurs de α proposées sont entraînées sur la base d'apprentissage et testées sur la base test pour laquelle une mesure d'erreur est calculée. À la fin des k étapes, la moyenne des erreurs pour chaque valeur de α est estimée. Le α retenu est alors celui qui minimise ce critère. Dans l'application de la validation croisée, k prendra la valeur de 3.

Le graphique situé à gauche de la figure 2.8 montre la variation de l'opposé de l'erreur quadratique moyenne en fonction de la valeur de α . Rappelons que le but est de trouver la valeur de α qui minimise l'erreur. Ainsi à partir de ce graphique, le but est de trouver celle qui maximise l'opposé de l'erreur quadratique moyenne. Les mêmes graphiques pour la deuxième et la dernière gamme sont disponibles à l'annexe A.2. Les valeurs de α retenues sont les suivantes : 0,23 pour la première gamme, 0,05 pour la seconde et 0,55 pour la dernière.

Le second modèle utilisé est une forêt aléatoire. Son optimisation se traduit par le choix de deux critères : le nombre de variables sélectionnées pour la construction de chaque arbre et le nombre d'arbres contenus dans la forêt.

Tout d'abord, en fixant le nombre d'arbres, une grille de valeur du nombre de variables explicatives sélectionnées pour chaque arbre est testée avec le même processus de validation croisé que celui défini pour l'hyperparamétrage de l'arbre CART. Le graphique à droite de la figure 2.8 montre que le nombre optimal de variables à utiliser sur l'échantillon de la première gamme est de 11. Les graphiques d'optimisation de la deuxième et dernière gamme sont disponibles à l'annexe A.2. Le nombre de variables finalement retenues pour la deuxième gamme est 11 et 16 pour la dernière. Après avoir déterminé le nombre de variables optimal, le choix se porte sur le nombre d'arbres. Le nombre d'arbres retenu pour chaque forêt est 500. Le paramétrage de la forêt aléatoire est coûteux en temps. Dans la pratique, cela peut jouer sur le choix de l'utilisation d'un modèle.

Entrée de gamme

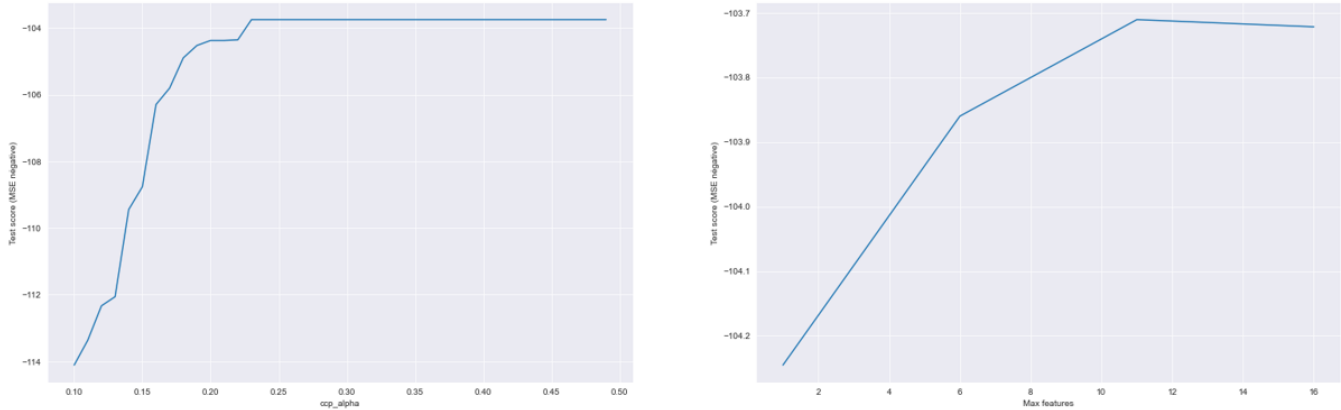


FIGURE 2.8: Hyperparamétrage des modèles de coût pour la première gamme

Modélisation de la fréquence moyenne

La seconde modélisation à construire est celle de la fréquence moyenne. L'hypothèse considérée dans le calcul du nouveau tarif est que la fréquence reste stable face aux changements de garanties. Cette hypothèse peut paraître forte mais la population des militaires est atypique, le traitement aurait été différent sur une population de personnes bénéficiant de la couverture maladie universelle ou en affection longue durée par exemple. Tout comme le coût moyen, différents modèles ont été envisagés.

Dans un premier temps, la modélisation par un GLM est mise en place. Concernant la fréquence moyenne et au vu des histogrammes de la figure 2.9, les lois de probabilité possibles sont la loi binomiale, la loi de Poisson ou encore la loi Binomiale négative. Afin d'avoir une première idée quant au choix de la loi, l'espérance et la variance de la fréquence moyenne associée à chacun des échantillons sont calculées et présentées à la table 2.10. En effet, ces différentes lois diffèrent par leur critère de dispersion.

Dans le cas d'une loi de Poisson, l'espérance et la variance sont égales. Pour la loi binomiale, la variance est inférieure à l'espérance. Tandis que pour la loi Binomiale Négative c'est l'espérance qui est inférieure à la variance.

Gamme	Espérance observée	Variance observée
Entrée de gamme	32,12	2282,38
Milieu de gamme	56,60	6512,72
Haut de gamme	96,85	13814,14

TABLE 2.10: Espérances et variances observées sur les échantillons

Pour chacune des gammes le cas observé est celui de la variance très largement supérieure à l'espérance. Ainsi, une modélisation par la loi Binomiale Négative est envisagée.

Entrée de gamme

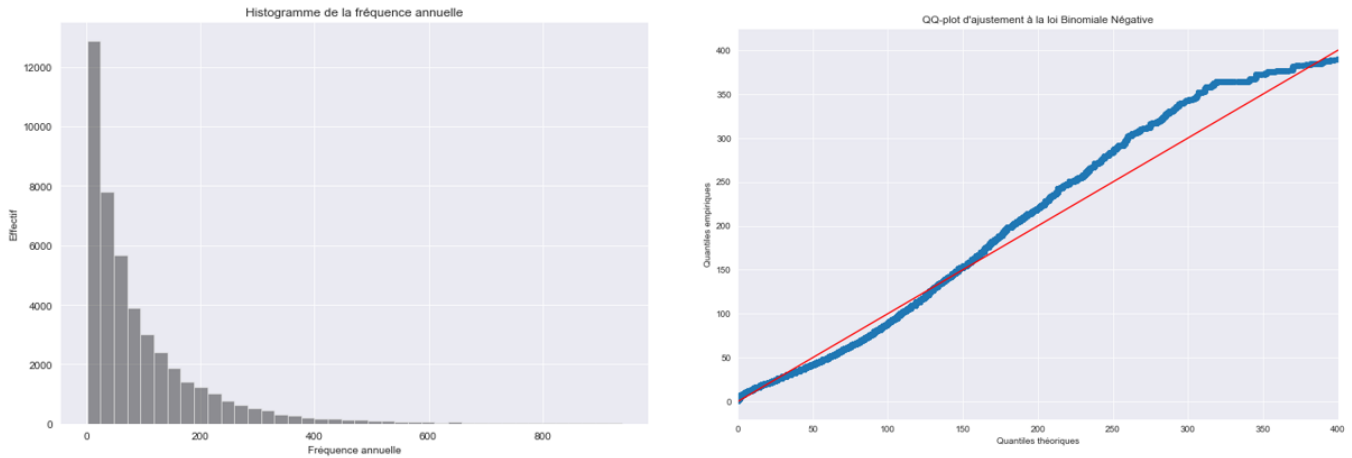


FIGURE 2.9: Histogrammes de la fréquence moyenne

Comme précédemment, une vérification de l'ajustement par les graphiques quantiles théoriques contre quantiles empiriques est effectuée. Les paramètres de la loi Binomiale Négative sont estimés par la méthode des moments. En effet, si X suit une loi Binomiale Négative de paramètres r et q , sa loi de probabilité est définie par :

$$\forall k \in \mathbb{N}, r > 0, q \in]0; 1[: \mathbb{P}(X = k) = \binom{k+r-q}{k} q^r (1-q)^k$$

Dont l'espérance et la variance vérifient :

$$\mathbb{E}[X] = \frac{r(1-q)}{q} \text{ et } \mathbb{V}[X] = \frac{r(1-q)}{q^2}$$

Donc la méthode des moments estime les paramètres par les relations suivantes :

$$\hat{r} = \frac{\overline{X_n^2}}{\sigma_n^2 - \overline{X_n}} \text{ et } \hat{q} = \frac{\overline{X_n}}{\sigma_n^2}$$

La figure 2.9 laisse suggérer que l'ajustement de la fréquence moyenne à la loi Binomiale Négative est correcte pour chacune des gammes. Les histogrammes et les QQ-plots d'ajustement à la loi Binomiale Négative des deux autres gammes se trouvent à l'annexe A.2. En effet, les points se répartissent autour de la droite identité.

De la même façon que pour le coût moyen, les échantillons sont ensuite divisés en deux avant de commencer la calibration des modèles.

Deux autres modèles sont envisagés pour prédire la fréquence moyenne : un arbre CART et une forêt aléatoire. Ces modèles sont ensuite calibrés en utilisant le même processus que celui défini dans la

partie précédente. Les graphiques d'optimisation des paramètres de la première gamme sont représentés à la figure 2.10.

Les valeurs de α qui optimisent la performance de l'arbre CART pour chacune des gammes sont : 4,3 pour la première gamme, 1,5 pour la seconde et 8,45 pour la dernière gamme.

Pour les forêts aléatoires, le nombre de variables sélectionnées dans la construction de chaque arbre retenu est 11 pour la première et dernière gamme et 16 pour la deuxième. De même que pour les forêts aléatoires qui modélisaient le coût moyen, le nombre d'arbre retenu dans le cadre de la fréquence moyenne est 500. Les graphiques d'optimisation des modèles de fréquence des deux autres gammes sont disponibles à l'annexe A.2.

Entrée de gamme

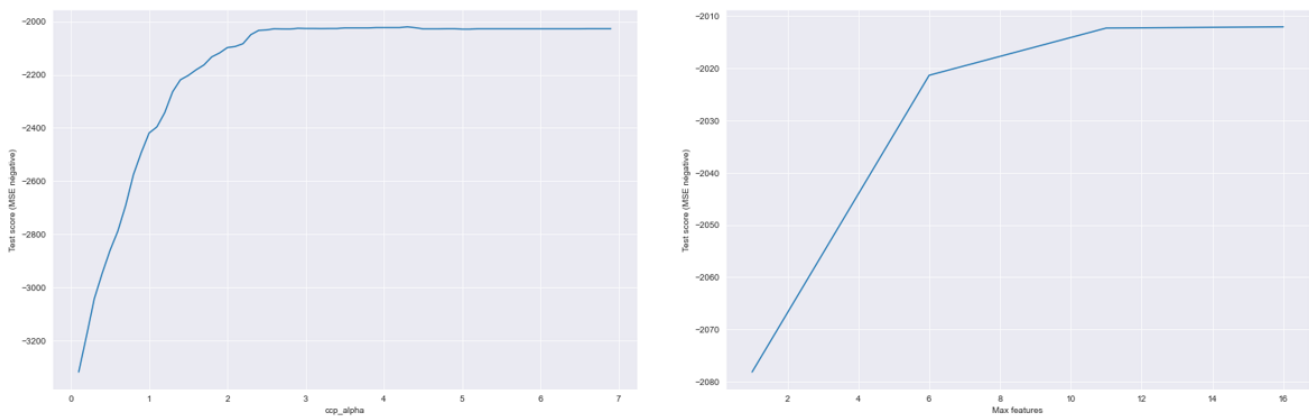


FIGURE 2.10: Hyperparamétrage des modèles de fréquence pour la première gamme

Choix du modèle et tarifs obtenus

Afin de déterminer, que ce soit pour la modélisation du coût moyen ou de la fréquence moyenne, le meilleur modèle, il faut analyser des indicateurs de performance.

La qualité prédictive d'un modèle peut se mesurer au travers de différents indicateurs. Dans le cas des problèmes de régression, les deux indicateurs les plus communément utilisés sont l'erreur quadratique moyenne, appelée MSE pour *Mean Squared Error*, et l'erreur absolue moyenne, appelée MAE pour *Mean Absolute Value*. Elles sont obtenues par les formules suivantes :

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \text{ et } MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|$$

Où y_i est la valeur attendue pour l'observation i et \hat{y}_i celle prédite par le modèle.

La MSE est donc la moyenne arithmétique du carré de l'erreur entre la valeur attendue et celle prédite. Elle pénalise donc d'une façon importante les grands écarts de prédiction. Tandis que la MAE

est simplement l'écart moyen en valeur absolue. Elle s'interprète plus aisément.

Un troisième indicateur fréquemment utilisé découle de la MSE. Il s'agit de la racine carrée de l'erreur quadratique moyenne, aussi appelée RMSE pour *Root Mean Squared Error*. Dans le cadre de la tarification, il est préférable de comparer les modèles au travers de la RMSE. En effet, des écarts trop importants entre la prédiction et la vraie valeur, qu'il s'agisse du coût moyen ou de la fréquence moyenne, pourraient représenter un danger pour la mutuelle dans le cas où les modèles produiraient des tarifs trop inférieurs au risque réel auquel fait face son portefeuille.

Concernant la modélisation du coût moyen sur chacune des gammes, un total de cinq modèles a été testé : trois GLM, un arbre CART et une forêt aléatoire. Il faut maintenant les comparer pour retenir le plus performant et le plus adapté. Les résultats sont représentés à la table 2.11.

RMSE	GLM Gamma lien inverse	GLM Gamma lien logarithmique	GLM Log- Normal	Arbre CART	Forêt aléatoire
Entrée de gamme	9,9726	9,9060	10,2283	9,9222	9,9147
Milieu de gamme	12,1545	12,1543	12,5303	12,1561	12,1505
Haut de gamme	18,5128	18,2547	18,8344	18,3061	18,2715

TABLE 2.11: RMSE des modèles de coût moyen

Il ressort de ces résultats que pour chacune des gammes la performance est assez similaire, aucun modèle ne se démarque réellement. Le choix du modèle se porte donc sur celui dont la RMSE est minimale. Pour la première et dernière gamme, c'est la modélisation d'un GLM par une fonction Gamma avec une fonction de lien logarithmique qui est retenue. Concernant la deuxième gamme, la forêt aléatoire qui reste la plus performante.

Les GLM ainsi conservés modélisent le coût moyen par un modèle multiplicatif. Ces derniers contenaient toutes les variables. Un test sur la nullité des coefficients est fait afin de sélectionner les variables pertinentes pour expliquer le coût moyen. .

L'hypothèse nulle est pour chaque variable explicative X_k avec k allant de 1 à p :

$$(H_{0,k}) : \beta_k = 0$$

Contre l'hypothèse alternative :

$$(H_{1,k}) : \beta_k \neq 0.$$

Le test ainsi réalisé est un test de Student sur la statistique $T = \frac{\hat{\beta}_k}{\sqrt{\hat{\sigma}^2(X'X)_{kk}}}$ qui est distribuée selon une loi de Student à $n - (p + 1)$ degrés de liberté et où $\hat{\beta}_k$ est le coefficient estimé par le modèle de la variable explicative X_k . L'hypothèse nulle est rejetée à un niveau de risque α si la probabilité que $|T| \geq q_{1-\frac{\alpha}{2}}$, où $q_{1-\frac{\alpha}{2}}$ est le quantile d'ordre $1 - \frac{\alpha}{2}$ d'une loi de Student à $n - (p + 1)$ degrés de liberté, est inférieure ou égale à α . Cette probabilité est appelée la p-valeur du test. Une commande

du programme permet de récupérer les résultats du test directement. Le niveau de risque considéré ici est $\alpha = 5\%$.

Le nombre de variables du modèle a considérablement réduit, passant de 44 à 11. Bien que l'analyse des corrélations ne montrait pas une nécessité d'écartier des variables, le résultat de ce test permet de simplifier la compréhension du modèle. À noter que les variables qui renseignaient sur la situation familiale ne ressortent finalement pas comme significatives d'après le test. De même pour les régions, où seul le fait de résider dans la région Grand-Est semble avoir un effet sur l'espérance du coût moyen, mais aussi le corps de l'Armée auquel appartient l'adhérent où seuls Polytechnique, la gendarmerie et l'Armée de Terre ressortent.

Ensuite, un modèle ne comportant que les variables ci-dessus a été calibré sur les données. Les coefficients obtenus pour chacune d'entre elles sont résumés à la table 2.12.

Variables	Coefficients
Intercept	2,0090
ID_SEXE	-0,2662
ID_HANDICAP	0,4579
AGE	0,0014
ID_CMU	0,6608
LIB_REGION_Grand-Est	-0,0760
LIB_TYPE_ARMEE_Gendarmerie	-0,0992
LIB_TYPE_ARMEE_Polytechnique	0,6160
LIB_TYPE_ARMEE_Terre	0,0818
LIB_GRADE_Sous Officier	-0,0700
LIB_GRADE_Militaire du rang	-0,0850

TABLE 2.12: Coefficients du modèle retenu pour la première gamme

Analysons la relation de chacune de ces variables sur le coût moyen. Rappelons que le modèle est de la forme : $\mathbb{E}[Y] = e^{X\beta}$ qui est aussi appelé modèle multiplicatif. Le coefficient de l'intercept est 2,0090. Cela signifie que l'espérance du coût moyen sur cette gamme, lorsque les valeurs des observations sur toutes les autres variables sont nulles, est de $e^{2,0090} \approx 7,45$ euros. L'espérance du coût moyen augmente avec l'âge : une augmentation de l'âge d'une année fait croître l'espérance du coût moyen d'un facteur multiplicatif de $e^{0,0014} \approx 1,0014$ euros. Les variables dont le coefficient est négatif réduisent l'espérance du coût moyen : par exemple le fait d'être une femme, de résider dans la région Grand Est dans laquelle s'applique le régime Local d'Alsace-Moselle, le fait d'appartenir au corps de la gendarmerie ou d'avoir le grade de militaire du rang ou sous-officier.

En procédant de la même manière sur le modèle multiplicatif de la dernière gamme, le nombre de variables a été réduit à 19. L'âge a également une corrélation positive avec l'espérance du coût moyen. De plus, d'autres variables comme certaines régions ou la situation familiale sont considérées comme pertinentes sur ce modèle ce qui n'était pas le cas dans le modèle présenté ci-dessus. En effet, comme vu au premier chapitre, la première gamme est en grande partie composée de jeunes militaires célibataires, tandis que la dernière gamme est quant à elle représentée par des couples et leurs enfants.

Le coût moyen de la deuxième gamme est modélisé par une forêt aléatoire. L'indicateur à analyser pour ce modèle est l'importance des variables. Cette notion a été définie à la partie 2.1.3. et elle est représentée à la figure 2.11. Les variables dont la valeur de l'importance est nulle n'ont pas été introduites dans le graphique pour une meilleure lisibilité. Seulement dix-sept variables sur les quarante-quatre de départ sont sélectionnées par le modèle.

Selon la forêt aléatoire, les facteurs ayant un rôle prédictif non négligeable dans la prédiction du coût moyen sur la deuxième gamme sont : le sexe, l'âge, la durée d'activité dans l'Armée, le fait d'appartenir à l'Armée de terre ou non, être adhérent de la CMU ou non, la région de résidence de l'assuré, son grade dans l'Armée qui peut être considéré comme une information sur le revenu de l'assuré et sa situation familiale. Le sexe est le facteur considéré comme étant le plus pertinent.

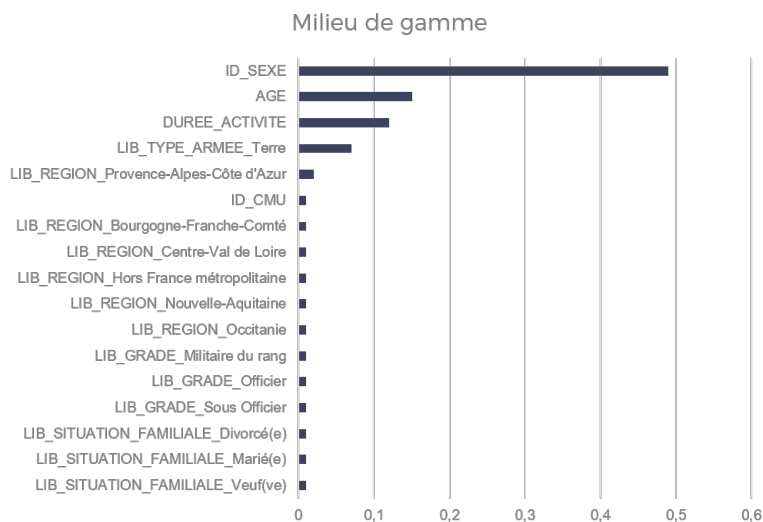


FIGURE 2.11: Importance des variables du modèle de coût moyen

Finalement, l'âge et le sexe de l'assuré sont les variables communes retenues dans la modélisation du coût moyen de chacune des gammes. Les types d'individus les composant ont des caractéristiques bien différentes comme cela a été vu dans le premier chapitre. Cela explique que le reste des variables prédictives pertinentes sur chacun des modèles diffèrent.

Passons aux résultats de la modélisation de la fréquence moyenne. Un total de trois modèles a été testé sur chaque gamme : un GLM, un arbre CART et une forêt aléatoire. Comme pour le coût moyen, un tableau récapitulatif de la performance des modèles est présenté à la table 2.13.

RMSE	GLM Binomiale Négative lien logarithmique	Arbre CART	Forêt aléatoire
Entrée de gamme	43,9148	43,49032	43,41439
Milieu de gamme	74,3836	74,5114	74,4941
Haut de gamme	108,3235	108,3920	108,3602

TABLE 2.13: RMSE des modèles de fréquence moyenne

Comme pour le coût moyen, aucun modèle ne se démarque réellement du point de vue de sa performance. Le modèle retenu sur chaque gamme suit le même critère que précédemment : celui retenu est

celui dont la RMSE est minimale parmi les trois modélisations proposées. Pour la première gamme, une modélisation par une forêt aléatoire avec le paramétrage défini à la partie précédente est choisie. La fréquence moyenne de la deuxième et dernière gamme sera modélisée par un GLM construit sur une loi Binomiale Négative avec une fonction de lien logarithmique.

Suite à la modélisation de la première gamme à l'aide d'une forêt aléatoire, dont le paramétrage a été défini dans la partie précédente, l'importance des variables de ce modèle a été calculée et un graphique la représente à la figure 2.12. Les variables dont l'importance est nulle n'ont pas été introduites dans le graphique pour plus de lisibilité.

L'âge, le sexe, la situation familiale comme le fait d'être marié, veuf ou célibataire ainsi que la durée d'activité dans l'Armée sont des variables dont le pouvoir prédictif est considéré comme non nul par le modèle. L'âge est le facteur le plus déterminant dans la prédiction de la fréquence moyenne pour la première gamme.

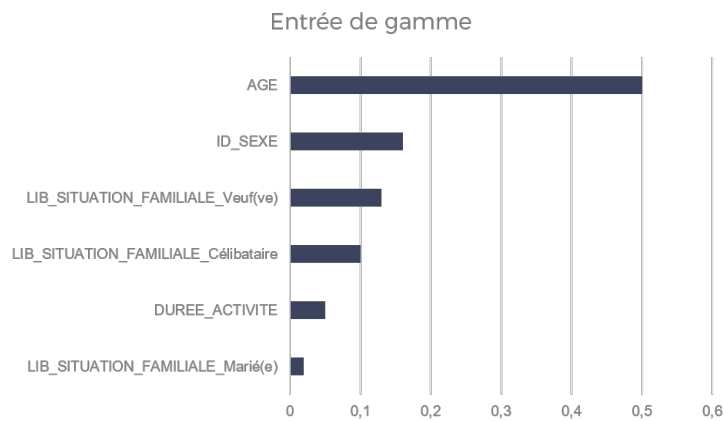


FIGURE 2.12: Importance des variables du modèle de fréquence moyenne

La modélisation de la fréquence moyenne sur la deuxième et dernière gamme choisie est un GLM avec une loi Binomiale Négative. Comme pour les GLM de coût moyen, un test de Student sur la nullité des coefficients au niveau de risque $\alpha = 5\%$ a été effectué pour les modèles de fréquence moyenne de la deuxième et dernière gamme. Les modèles multiplicatifs ne contenant que les variables sélectionnées par le test sont implémentés. Les tableaux récapitulants les coefficients estimés sur ces deux modèles se trouvent à l'annexe A.2.

Pour la deuxième gamme, le test a réduit le nombre de variables : il ne reste plus que vingt-quatre variables sur les quarante-quatre de départ.

L'espérance de la fréquence moyenne est estimée à $e^{2,7296} \approx 15,33$ actes par an. L'âge est en corrélation positive avec l'espérance de la fréquence moyenne. En effet, une augmentation de l'âge d'une année entraîne une hausse de la fréquence d'un facteur multiplicatif de $e^{0,0232} \approx 1,02$ actes. Les assurés résidant dans les régions sélectionnées ont une espérance de fréquence moyenne supérieure à ceux résidant en Rhône-Alpes qui est la région de référence du modèle. La situation familiale de l'assuré joue un rôle dans sa consommation : les assurés pacsés ont une espérance de fréquence moyenne supérieure à ceux qui sont séparés ou veufs.

Pour la dernière gamme, le nombre de variables composant le modèle est passé de quarante-quatre à vingt.

Le coefficient estimé de l'intercept est de 3,0004. Cela signifie que l'espérance de la fréquence moyenne, lorsque les observations de toutes les autres variables sont nulles, est $e^{3,0004} \approx 20,09$ actes consommés dans l'année. L'espérance de la fréquence moyenne est croissante de l'âge : elle augmente d'un facteur multiplicatif de $e^{0,0223} \approx 1,02$ par année supplémentaire. Des caractéristiques comme le fait d'être une femme, avoir un handicap, la région de résidence ou le corps de l'Armée dont dépend l'assuré ont un impact positif sur l'espérance de la fréquence moyenne. Selon le modèle, la région qui impacte le plus à la hausse la consommation selon le modèle est la région Hauts-de-France. Au contraire, la situation familiale et le grade dans l'Armée ont une corrélation négative avec l'espérance de la fréquence moyenne : le fait d'être célibataire, divorcé ou veuf réduit la consommation par rapport à l'individu de référence du modèle qui est marié, ou pacsé.

En comparant les variables jugées importantes sur chacun des trois modèles, l'âge et le sexe de l'assuré sont toujours sélectionnés. Concernant les deux GLM, des similitudes sur les régions retenues et leurs coefficients estimés sont observées.

Maintenant que la modélisation sur chacune des gammes est fixée, les nouveaux tarifs peuvent être calculés. À chaque assuré est estimé un coût moyen et une fréquence moyenne. La prime pure estimée pour chacun d'entre eux est donc égale à :

$$\text{Prime pure} = \text{cout moyen} \times \text{frequence moyenne}$$

Néanmoins, le Ministère des Armées a conclu un accord avec les mutuelles référencées leur imposant une segmentation du tarif uniquement basée sur l'âge. Ainsi, les nouveaux tarifs ne dépendront que de la tranche d'âge à laquelle appartient chaque adhérent. Les classes d'âge choisies sont les suivantes : de 18 à 25 ans puis par tranche de cinq années jusqu'à 80 ans inclus et enfin une dernière tranche regroupant tous les âges à partir de 81 ans. Pour chaque tranche d'âge t , la prime pure obtenue est calculée comme la moyenne pondérée des primes pures des assurés appartenant à la tranche par rapport à leur exposition. Cela peut se résumer par la formule suivante :

$$\text{Prime pure}_t = \frac{\sum_{i \in t} \text{Prime pure}_i \times \text{exposition}_i}{\sum_{i \in t} \text{exposition}_i}$$

Où i est un assuré et Prime pure_i et exposition_i sont respectivement sa prime pure son exposition sur l'année.

La prime pure obtenue est à l'échelle annuelle. Afin d'obtenir celle au niveau mensuel, il suffit de diviser le premier résultat par douze. Les résultats finaux des primes pures mensuelles après la mise en œuvre des contrats responsables pour chacune des trois gammes sont représentés à la table 2.14. Ces tarifs seront ceux proposés aux adhérents.

Les adhérents ayant la possibilité d'ajouter des ayants-droit à leur contrat, des primes pour les adultes et les enfants ont été calculées. La construction de ces tarifs s'est basée sur la même méthode que celle définie précédemment.

Cependant, les tarifs pour les ayants-droit adultes obtenus par les modèles n'étaient pas assez prudents. En effet, la souscription des ayants-droit étant facultative, un risque d'antisélection subsiste. L'antisélection se traduit par une attraction vers le contrat des individus dont la fréquence de consommation est très élevée. Ainsi, les primes ne seraient pas suffisantes pour couvrir les remboursements liés

Tranche d'âge	Entrée de gamme	Milieu de gamme	Haut de gamme
18-25 ans	15,43 €	25,92 €	45,62 €
26-30 ans	16,34 €	27,60 €	47,55 €
31-35 ans	17,17 €	29,77 €	51,36 €
36-40 ans	19,04 €	31,24 €	55,32 €
41-45 ans	20,72 €	33,57 €	59,87 €
46-50 ans	22,85 €	37,14 €	64,96 €
51-55 ans	25,99 €	41,76 €	71,70 €
56-60 ans	29,86 €	47,43 €	80,14 €
61-65 ans	34,28 €	54,84 €	89,07 €
66-70 ans	39,51 €	60,12 €	99,49 €
71-75 ans	44,55 €	70,03 €	108,68 €
76-80 ans	54,07 €	85,69 €	119,16 €
81 ans et plus	65,87 €	111,09 €	134,72 €

TABLE 2.14: Primes pures mensuelles pour les adhérents sur chacune des gammes

à leur consommation. Afin de palier à ce phénomène, il est préférable de proposer un tarif légèrement plus élevé aux ayants-droit. Le niveau de cette hausse a été obtenu par résolution de l'équation suivante :

$$\sum_{t \in T} PP_{t,adulte} \times exposition_{st,adulte} = \sum_{t \in T} PP_{t,adhérent} \times (1 + x) \times exposition_{st,adulte}$$

Où T est l'ensemble des tranches d'âge, $PP_{t,adulte}$ et $PP_{t,adhérent}$ sont respectivement les valeurs de la prime pure pour les ayants-droit adultes et les adhérents de la tranche d'âge t données par les modèles, $exposition_{st,adulte}$ est la somme des expositions des ayants-droits adultes sur la tranche d'âge t et x est le pourcentage à appliquer recherché. La valeur finalement obtenue est $x = 18\%$.

Les primes pures finalement obtenues pour les ayants-droit adultes sont présentées dans la table 2.15.

Tranche d'âge	Entrée de gamme	Milieu de gamme	Haut de gamme
18-25 ans	17,74 €	30,65 €	53,90 €
26-30 ans	19,28 €	32,57 €	56,11 €
31-35 ans	20,26 €	35,12 €	60,61 €
36-40 ans	22,47 €	36,87 €	65,27 €
41-45 ans	24,45 €	39,61 €	70,65 €
46-50 ans	26,96 €	43,83 €	76,65 €
51-55 ans	30,67 €	49,28 €	84,60 €
56-60 ans	35,23 €	55,97 €	94,56 €
61-65 ans	40,45 €	64,72 €	105,11 €
66-70 ans	46,62 €	70,94 €	117,39 €
71-75 ans	52,57 €	82,63 €	128,24 €
76-80 ans	63,81 €	101,12 €	140,61 €
81 ans et plus	78,60 €	122,32 €	155,68 €

TABLE 2.15: Primes pures mensuelles pour les ayants-droit adultes sur chacune des gammes

De plus, les tarifs des ayants-droit enfants sortis des modèles diminuaient pour une variation à la hausse de l'âge. Cela est dû au fait que les enfants jeunes consomment plus du fait du suivi pédiatrique. Mais dans la pratique, les tarifs proposés sont croissants de l'âge. Ainsi, les primes pures ont été lissées en utilisant la méthode de lissage des moindres carrés. Les primes pures finales obtenues pour les ayants-droit enfants sont présentées dans la table 2.16.

Tranche d'âge	Entrée de gamme	Milieu de gamme	Haut de gamme
0-5 ans	12,64 €	14,68 €	25,40 €
6-10 ans	12,72 €	15,98 €	29,37 €
11-15 ans	12,79 €	17,17 €	33,16 €
16-20 ans	12,97 €	18,19 €	37,19 €
21-25 ans	13,13 €	19,00 €	41,76 €

TABLE 2.16: Primes pures mensuelles pour les ayants-droit enfants sur chacune des gammes

2.3 Mise en conformité relative au 100 % Santé

La mise en application de la réforme 100 % Santé provoque plusieurs changements dans la gestion des prestations. Seul le cas du poste Optique est considéré dans ce mémoire, mais dans d'autres circonstances il aurait fallu prendre en compte ceux liés aux postes Dentaire et Audiologie. Concernant l'Optique, l'arrêté du 13 décembre 2018 prévoit une transformation de la nomenclature des verres et montures à compter du 1er janvier 2020. De plus, de nouveaux niveaux de prise en charge sur ces produits, que ce soit pour la Sécurité sociale ou l'organisme complémentaire, sont à considérer.

2.3.1 Calcul du nouveau coût pour le poste Optique

Les changements imposés par le cahier des charges de la réforme 100 % Santé doivent être appliqués à nos échantillons de données. Cela nous permettra de déterminer les nouveaux montants de sinistres supportés par la mutuelle sur chacune des trois gammes.

Modification de la nomenclature Optique

Avant de déterminer les nouveaux coûts, il est nécessaire de procéder au changement de nomenclature sur chacun des échantillons. Pour cela, une table de passage a été créée afin de faire le lien entre les anciennes et les nouvelles nomenclatures. L'ancienne nomenclature se composait de vingt-quatre actes et elle différenciait les prestations liées aux adultes de celles liées aux enfants. Tandis que la nouvelle nomenclature compte cinquante-cinq actes et ne différencie plus les prestations liées aux adultes et aux enfants. Aucun texte officiel n'impose de méthode pour passer de l'ancienne à la nouvelle nomenclature. Ainsi, la méthode appliquée ici sera une assimilation des anciens et nouveaux actes en fonction du type de verre et de son degré de correction. À un acte de l'ancienne nomenclature, peut être associé plusieurs actes de la nouvelle. Il a donc été décidé de répartir de façon uniforme les nouveaux actes sur le nombre d'actes correspondant à l'ancienne nomenclature à laquelle ils sont associés. Un exemple illustratif est représenté à la table 2.17.

Actes nouvelle nomenclature	Actes ancienne nomenclature associée	Part de l'ancien acte associée aux nouveaux actes
Verre simple sphérique : sphère comprise entre -2 et +2	Verre simple sphérique adultes : sphère comprise entre -6 et +6	1/3
Verre simple sphérique : sphère entre [-4;-2[ou]2;4]	Verre simple sphérique adultes : sphère comprise entre -6 et +6	1/3
Verre simple sphérique : sphère entre [-6;-4[ou]4;6]	Verre simple sphérique adultes : sphère comprise entre -6 et +6	1/3

TABLE 2.17: Exemple de passage entre l'ancienne et la nouvelle nomenclature

Nouvelles prestations

Une fois la table de passage ainsi créée, une jointure entre celle-ci et les bases de données contenant les prestations sur chaque gamme est effectuée. Le nouveau coût des prestations concernées par la réforme du 100 % Santé peut être calculé.

Le panier A, qui correspond au panier sans reste à charge pour l'assuré, prend en considération deux éléments : la nouvelle base de remboursement de la Sécurité sociale et un prix limite de vente (PLV) par l'opticien définis par l'arrêté du 13 décembre 2018. Le nouveau coût des prestations pour la mutuelle sur ce panier est noté $Cost_A$ et est obtenu par la formule suivante :

$$Cost_A = \max(\min(FR; PLV) - 60\% \times BRSS; 0)$$

Où PLV correspond au prix limite de vente de la monture ou du verre consommé, FR représente les frais réels et $BRSS$ est la base de remboursement de la Sécurité sociale associée à l'acte.

Le panier B correspond au panier proposant des tarifs libres et où le niveau de garantie pour les verres et les montures respectent les planchers et plafonds des contrats responsables. C'est déjà le cas des garanties proposées par la mutuelle puisque sa mise en œuvre a fait l'objet de la partie 2.2. L'arrêté du 13 décembre 2018 a cependant changé un point : la base de remboursement de la Sécurité sociale. Cette dernière est égale au montant de cinq centimes sur toutes les prestations du panier. Ainsi, le coût de la mutuelle sur ce panier, noté $Coût_B$, est donnée par :

$$Coût_B = \max(\min(FR; GR) - 60\% \times 0,05; 0)$$

Où GR est le montant de la garantie responsable remboursé par la mutuelle à l'assuré.

Le panier C correspond au panier mixte, c'est-à-dire le cas où l'assuré a choisi une monture du panier A et des verres du panier B ou inversement. Pour calculer le nouveau coût sur ce panier, l'hypothèse utilisée est la suivante : pour les personnes ayant consommé un équipement complet composé d'une monture et deux verres, la moitié d'entre eux a été considérée comme choisissant la monture du panier A et les verres du panier B et l'inverse a été appliqué sur la seconde moitié.

La table 2.18 présente le nouveau coût moyen d'un acte sur le poste Optique pour chacun des paniers et sur chacune des gammes.

	Entrée de gamme	Milieu de gamme	Haut de gamme
Coût moyen panier A	32,10 €	38,35 €	44,69 €
Coût moyen panier B	30,55 €	64,60 €	90,80 €
Coût moyen panier C	31,53 €	51,49 €	67,82 €

TABLE 2.18: Coûts moyens de chaque panier Optique

Le coût moyen du panier A sur la première gamme est supérieur aux deux autres paniers. En effet, les garanties, qui respectent aussi le cahier des charges des contrats responsables sur cette gamme, sont inférieures aux niveaux de remboursement offerts par le panier A. Les assurés de la première gamme auront donc plus intérêt à se tourner vers le panier A pour lequel il n'y a aucun reste à charge. Les garanties de la deuxième et dernière gamme sont au-dessus de celles proposées par le panier A. C'est pourquoi le coût moyen du panier B où les tarifs des produits sont libres est plus élevé que celui du panier A. Les assurés de ces gammes, recherchant des produits de qualité, se tourneront probablement moins vers le panier 100 % Santé s'ils sont prêts en contrepartie à assumer un reste à charge.

2.3.2 Nouvelle sinistralité relative à chaque panier

Les prestations du poste Optique ainsi que leurs trois coûts possibles pour la mutuelle (Coût A, Coût B et Coût C) sont intégrés au reste des prestations. De cette base complète des remboursements sont déduits les nouveaux coûts sur la consommation de tous les postes de dépense confondus de chaque assuré. Trois nouveaux coûts globaux subsistent : le premier correspond à l'hypothèse où l'assuré a consommé des prestations optiques du panier A, le second fait l'hypothèse que l'assuré choisit des prestations optiques du panier B et le dernier fait l'hypothèse que l'assuré choisit des prestations optiques du panier C.

Ainsi des nouvelles primes pures à partir de ces trois coûts sont calculées. Elles représentent la sinistralité espérée sur chaque tranche d'âge pour chaque type d'assuré : adhérent, ayant-droit adulte et ayant-droit enfant. Elles utilisent pour chacune des gammes les modèles utilisés à la partie 2.2.3. La table 2.19 correspond à la sinistralité espérée pour la première gamme, la table 2.20 à celle de la deuxième gamme et enfin la table 2.21 à celle de la dernière gamme. Par effet de mutualisation et selon des hypothèses sur le comportement de consommation des assurés à travers les trois paniers optiques à définir, les primes pures finales seront obtenues à partir des coûts espérés ci-dessous.

Ce chapitre a montré en détail le processus de tarification du produit : tout d'abord le choix des garanties, puis le choix du modèle de tarification le plus adapté pour finalement déterminer la prime pure. Nous pouvons maintenant nous questionner sur la suffisance de la prime face à la sinistralité engendrée par le comportement de consommation des assurés. Ainsi, une étude de rentabilité par la mise en place d'un Business Plan fera l'objet de la suite de l'étude.

	Tranche d'âge	Coût intégrant le panier A	Coût intégrant le panier B	Coût intégrant le panier C
Adhérent	18-25 ans	16,25 €	16,05 €	16,15 €
	26-30 ans	20,65 €	20,49 €	20,57 €
	31-35 ans	22,22 €	22,14 €	22,18 €
	36-40 ans	24,61 €	24,68 €	24,64 €
	41-45 ans	27,11 €	27,30 €	27,20 €
	46-50 ans	30,36 €	30,72 €	30,52 €
	51-55 ans	34,75 €	35,35 €	35,03 €
	56-60 ans	40,50 €	41,38 €	40,91 €
	61-65 ans	46,57 €	47,80 €	47,14 €
	66-70 ans	54,53 €	56,18 €	55,28 €
	71-75 ans	60,88 €	63,00 €	61,85 €
	76-80 ans	70,11 €	72,63 €	71,33 €
	81 ans et plus	69,62 €	72,54 €	71,06 €
Ayant-droit adulte	18-25 ans	18,65 €	18,39 €	18,52 €
	26-30 ans	20,65 €	20,49 €	20,57 €
	31-35 ans	22,22 €	22,14 €	22,18 €
	36-40 ans	24,61 €	24,68 €	24,64 €
	41-45 ans	27,11 €	27,30 €	27,20 €
	46-50 ans	30,36 €	30,72 €	30,52 €
	51-55 ans	34,75 €	35,35 €	35,03 €
	56-60 ans	40,50 €	41,38 €	40,91 €
	61-65 ans	46,57 €	47,80 €	47,14 €
	66-70 ans	54,53 €	56,18 €	55,28 €
	71-75 ans	60,88 €	63,00 €	61,85 €
	76-80 ans	70,11 €	72,63 €	71,33 €
	81 ans et plus	83,17 €	86,28 €	84,52 €
Ayant-droit enfant	0-5 ans	13,81 €	13,75 €	13,79 €
	6-10 ans	13,92 €	13,87 €	13,90 €
	11-15 ans	13,98 €	13,94 €	13,96 €
	16-20 ans	14,07 €	14,03 €	14,04 €
	21-25 ans	14,13 €	14,10 €	14,11 €

TABLE 2.19: Primes pures de la première gamme

	Tranche d'âge	Coût intégrant le panier A	Coût intégrant le panier B	Coût intégrant le panier C
Adhérent	18-25 ans	23,02 €	28,34 €	27,13 €
	26-30 ans	24,53 €	30,18 €	28,89 €
	31-35 ans	26,41 €	32,54 €	31,15 €
	36-40 ans	27,73 €	34,15 €	32,70 €
	41-45 ans	29,84 €	36,69 €	35,13 €
	46-50 ans	33,02 €	40,61 €	38,87 €
	51-55 ans	37,22 €	45,66 €	43,71 €
	56-60 ans	42,24 €	51,86 €	49,65 €
	61-65 ans	49,16 €	59,96 €	57,40 €
	66-70 ans	53,71 €	65,71 €	62,91 €
	71-75 ans	63,10 €	76,50 €	73,25 €
	76-80 ans	76,87 €	93,73 €	89,70 €
	81 ans et plus	100,12 €	121,46 €	116,27 €
Ayant-droit adulte	18-25 ans	27,25 €	33,52 €	32,08 €
	26-30 ans	28,94 €	35,61 €	34,09 €
	31-35 ans	31,16 €	38,40 €	36,76 €
	36-40 ans	32,72 €	40,30 €	38,58 €
	41-45 ans	35,21 €	43,30 €	41,45 €
	46-50 ans	38,96 €	47,91 €	45,87 €
	51-55 ans	43,92 €	53,88 €	51,58 €
	56-60 ans	49,85 €	61,20 €	58,58 €
	61-65 ans	58,00 €	70,75 €	67,73 €
	66-70 ans	63,37 €	77,54 €	74,23 €
	71-75 ans	74,46 €	90,27 €	86,44 €
	76-80 ans	90,71 €	110,60 €	105,84 €
	81 ans et plus	110,17 €	133,74 €	128,02 €
Ayant-droit enfant	0-5 ans	14,47 €	14,63 €	14,57 €
	6-10 ans	16,38 €	16,30 €	16,35 €
	11-15 ans	17,92 €	17,65 €	17,80 €
	16-20 ans	19,30 €	18,86 €	19,09 €
	21-25 ans	20,30 €	19,74 €	20,03 €

TABLE 2.20: Primes pures de la deuxième gamme

	Tranche d'âge	Coût intégrant le panier A	Coût intégrant le panier B	Coût intégrant le panier C
Adhérent	18-25 ans	42,23 €	52,80 €	49,41 €
	26-30 ans	43,99 €	54,25 €	50,82 €
	31-35 ans	47,36 €	58,34 €	54,76 €
	36-40 ans	50,71 €	62,92 €	59,09 €
	41-45 ans	54,50 €	67,78 €	63,80 €
	46-50 ans	58,91 €	73,21 €	69,06 €
	51-55 ans	65,13 €	80,44 €	76,05 €
	56-60 ans	73,47 €	89,48 €	84,77 €
	61-65 ans	82,05 €	98,90 €	94,06 €
	66-70 ans	91,97 €	109,75 €	104,67 €
	71-75 ans	100,77 €	119,02 €	113,95 €
	76-80 ans	110,40 €	129,09 €	124,17 €
	81 ans et plus	125,22 €	144,36 €	139,63 €
Ayant-droit adulte	18-25 ans	49,90 €	62,37 €	58,37 €
	26-30 ans	51,91 €	64,02 €	59,97 €
	31-35 ans	55,88 €	68,85 €	64,62 €
	36-40 ans	59,84 €	74,24 €	69,72 €
	41-45 ans	64,32 €	79,98 €	75,29 €
	46-50 ans	69,52 €	86,38 €	81,49 €
	51-55 ans	76,86 €	94,92 €	89,74 €
	56-60 ans	86,69 €	105,59 €	100,02 €
	61-65 ans	96,82 €	116,71 €	110,99 €
	66-70 ans	108,53 €	129,50 €	123,51 €
	71-75 ans	118,91 €	140,44 €	134,46 €
	76-80 ans	130,27 €	152,33 €	146,52 €
	81 ans et plus	144,67 €	167,24 €	161,57 €
Ayant-droit enfant	0-5 ans	24,11 €	27,23 €	26,31 €
	6-10 ans	28,40 €	32,08 €	30,71 €
	11-15 ans	32,02 €	36,85 €	35,00 €
	16-20 ans	35,79 €	42,01 €	39,60 €
	21-25 ans	39,99 €	47,97 €	44,87 €

TABLE 2.21: Primes pures de la dernière gamme

Chapitre 3

Étude de rentabilité du nouveau régime

L'étape finale dans la conception d'un produit est sa commercialisation. Ce chapitre a ainsi pour objectif de mettre en place un Business Plan comme outil de suivi de rentabilité permettant un pilotage des risques en vue de la commercialisation du produit à partir de l'année 2021.

3.1 Mise en place du Business Plan

La conception d'un Business Plan (BP) est une étape importante lors de la création d'un produit. Ce Business Plan contient la stratégie et les moyens mis en œuvre dans la commercialisation du produit et permet d'avoir un aperçu sur son évolution future.

Le Business Plan se construit sur la base d'hypothèses économiques et non économiques. Ces hypothèses peuvent aussi bien être d'ordre démographique, comme le vieillissement du portefeuille, l'ajout de nouveaux assurés, la rupture de certains contrats ou encore des flux d'assurés entre les diverses gammes ; que d'ordre financier, comme notamment des hypothèses intervenant dans la détermination du tarif commercial, ainsi que celles de revalorisation des prestations et des cotisations. Toutes ces hypothèses permettent de projeter l'évolution du portefeuille d'assurés, des prestations et des cotisations à un certain horizon à définir. Dans ce mémoire, l'horizon étudié s'étend de 2021 à 2026 Le Business Plan créé fait l'objet d'un outil Excel.

3.1.1 Définition des hypothèses démographiques

Les premières hypothèses définies concernent les éléments démographiques. Elles permettent de modéliser l'évolution de l'effectif du portefeuille d'assurés. Elles prennent en compte leur vieillissement naturel, l'adhésion de nouveaux individus, la résiliation de contrats, mais aussi la fluctuation entre les différentes gammes du nouveau régime. Pour l'année 2021, le postulat retenu sur le portefeuille de départ est qu'il se compose du même portefeuille que celui utilisé dans le cadre de la tarification pour chacune des gammes. Autrement dit, les assurés n'ont pas changé de formules modulo la mise en conformité relative au 100 % Santé. Les hypothèses mentionnées ci-dessous sont définies en entrée du modèle BP.

Nouveaux entrants et résiliations

À intégrer également dans le modèle BP comme hypothèses démographiques, les nouvelles adhésions et les résiliations de contrats du portefeuille.

Les hypothèses considérées sont décrites dans la table 3.1 et sont appliquées à la démographie de chacune des gammes. Il est considéré en première année un taux d'entrées plus élevé qui se justifie par la mise en place d'une bonne stratégie de communication et d'une attractivité tarifaire au moment de la commercialisation du produit ayant pour objectif d'attirer de nouveaux assurés. Par la suite ce taux devient dégressif sur les années de projection suivantes. De même, il est supposé que la proportion de résiliations atteint son niveau maximal en 2021. Ceci se justifie via l'hypothèse que les garanties ainsi que les tarifs appliqués pourraient ne plus convenir à certains assurés et ceux-ci décideraient de rompre leurs contrats. Le taux de résiliations décroît sur les années de projection.

Année	Taux d'entrées	Taux de résiliations
2021	10 %	8 %
2022	8 %	6 %
2023	7 %	5 %
2024	5 %	2,5 %
2025	2,5 %	1,5 %
2026	2,5 %	0 %

TABLE 3.1: Taux d'entrées et de résiliations

Ainsi, le nombre de nouveaux assurés d'âge x l'année N est décrit par :

$$\text{entrées}_{x,N} = \text{effectif initial}_{x,N} \times \text{taux entrées}_N$$

Où taux entrées_N correspond au taux d'entrées de l'année N présenté à la table 3.1 et $\text{effectif initial}_{x,N}$ est égal à la somme des expositions des individus d'âge x composant le portefeuille au début de l'année N .

De même, le nombre de résiliations est donné par :

$$\text{résiliations}_{x,N} = \text{effectif initial}_{x,N} \times \text{taux résiliations}_N$$

Où $\text{taux résiliations}_N$ est le taux de résiliations pour l'année N défini dans la table 3.1.

Ces calculs ont été effectués sur chaque gamme en séparant les adhérents principaux des différents types d'ayants-droit.

Viellissement de la population

Sur chaque année de projection, le portefeuille est composé des individus présents initialement auxquels sont ajoutés de nouveaux entrants et retirés les contrats résiliés. Ce portefeuille vieillit par un phénomène naturel et certains assurés décèdent au cours de l'année. Une estimation du nombre de

décès est alors nécessaire afin de tenir compte ces contrats perdus dans la construction du Business Plan.

Des tables de mortalité réglementaires permettent d'estimer la probabilité de décès de chaque individu selon son âge. Par mesure de prudence, la table utilisée ici sera la table TF 00-02 considérant ainsi une population exclusivement féminine. En effet, l'espérance de vie des femmes est plus élevée que celle des hommes. Les données de cette table s'appuient sur une étude de l'INSEE entre les années 2000 et 2002.

La durée de vie d'un individu d'âge x peut être modélisée par la variable aléatoire réelle positive T_x . La probabilité de survie de cet individu au-delà d'une durée t s'écrit :

$${}_t p_x = \mathbb{P}(T_x > t) = \frac{l_{x+t}}{l_x}$$

Où l_x représente le nombre d'individus vivants d'âge x et l_{x+t} le nombre d'individus vivants d'âge $x + t$. Ces deux éléments constituent des données de la table de mortalité.

La probabilité de décès d'un individu âgé de x années avant la durée t se déduit de la première formule comme étant :

$${}_t q_x = \mathbb{P}(T_x \leq t) = 1 - {}_t p_x = \frac{l_x - l_{x+t}}{l_x}$$

Ici, la probabilité d'intérêt est celle de décès au cours de l'année. En effet, à chaque nouvelle année d'étude du Business Plan, un nouvel effectif sera affecté au portefeuille considérant en moins les décès survenus au cours de l'année précédente.

Le nombre de décès sur l'effectif des personnes d'âge x survenus au cours de l'année N est donné par :

$$\text{décès}_{x,N} = (\text{effectif initial}_{x,N} + \text{entrées}_{x,N} - \text{résiliations}_{x,N}) \times \frac{l_x - l_{x+1}}{l_x}$$

Où *effectif initial* $_{x,N}$ est égal à la somme des expositions des individus d'âge x au début de l'année N qui constituent le portefeuille, *entrées* $_{x,N}$ et *résiliations* $_{x,N}$ le nombre de contrats ajoutés et résiliés définis précédemment. Ce calcul a été répété sur le portefeuille de chacune des gammes pour chaque année entre 2021 et 2025. De plus, le portefeuille de chaque gamme a été segmenté entre les adhérents principaux, les ayants-droit adultes et les enfants.

Ainsi, l'effectif, en termes d'exposition de chaque portefeuille à la fin d'une année N pour chaque âge x est obtenu par la formule suivante :

$$\text{effectif final}_{x,N} = \text{effectif initial}_{x,N} + \text{entrées}_{x,N} - \text{résiliations}_{x,N} - \text{décès}_{x,N}$$

De plus, l'effectif initial de l'année $N+1$ est égal à l'effectif final de l'année N .

Migration des flux d'assurés entre les gammes

Une hypothèse démographique supplémentaire qui a été envisagée et modélisée est les flux inter-gammes. En effet, les besoins des assurés peuvent évoluer au cours des années pour différentes raisons que ce soit leur âge, une augmentation de leur revenu, la constitution d'une famille ou l'envie d'un meilleur confort en termes de couverture de frais de santé. Ces raisons diverses peuvent les pousser à changer de gamme parmi celles proposées.

À la fin de la partie 1.3.2, un graphique présentait les effectifs par âge au sein des différentes formules. Il a été constaté que chaque gamme attirait des types de populations spécifiques. La première correspond aux jeunes assurés sans conjoint ni enfant, tandis que la seconde gamme est choisie par de jeunes couples avec enfants, et enfin la dernière gamme est retenue par des familles plus âgées.

Les hypothèses de fluctuation entre les gammes retenues sur chaque année de projection sont décrites dans la table 3.2. Il est considéré qu'aucun flux n'a lieu entre les trois gammes pendant l'année 2021. Les flux débutent à partir de l'année 2022.

2022	Gamme d'arrivée	Entrée de gamme	Milieu de gamme	Haut de gamme
Gamme de départ	Entrée de gamme	87,6 %	10,4 %	2 %
	Milieu de gamme	0 %	92,2 %	7,8 %
	Haut de gamme	0 %	5,8 %	94,2 %
2023	Gamme d'arrivée	Entrée de gamme	Milieu de gamme	Haut de gamme
Gamme de départ	Entrée de gamme	92 %	7 %	1 %
	Milieu de gamme	0 %	94 %	6 %
	Haut de gamme	0 %	3 %	97 %
2024	Gamme d'arrivée	Entrée de gamme	Milieu de gamme	Haut de gamme
Gamme de départ	Entrée de gamme	95 %	5 %	0 %
	Milieu de gamme	0 %	97 %	3 %
	Haut de gamme	0 %	0 %	100 %
2025	Gamme d'arrivée	Entrée de gamme	Milieu de gamme	Haut de gamme
Gamme de départ	Entrée de gamme	98 %	2 %	0 %
	Milieu de gamme	0 %	99 %	1 %
	Haut de gamme	0 %	0 %	100 %
2026	Gamme d'arrivée	Entrée de gamme	Milieu de gamme	Haut de gamme
Gamme de départ	Entrée de gamme	100 %	0 %	0 %
	Milieu de gamme	0 %	100 %	0 %
	Haut de gamme	0 %	0 %	100 %

TABLE 3.2: Hypothèses de flux d'assurés

L'élément se situant au niveau de la première ligne et de la deuxième colonne se lit de la façon suivante : 10,4 % de l'effectif de la première gamme migre vers la seconde gamme. Les éléments de ce tableau ont été déterminés à partir des postulats suivants :

- La seconde gamme attirant majoritairement les jeunes couples âgés entre 31 et 35 ans, il a été décidé de fixer le taux de migration des autres gammes vers celle-ci comme étant la proportion d'individus âgés entre 31 et 35 ans de chacune des gammes à la fin de l'année 2021 ;
- La dernière gamme attire en majorité des assurés âgés de 51 à 55 ans. Ainsi le taux de fluctuation vers cette gamme est égal à la proportion d'assurés sur cette tranche d'âge dans chacune des deux autres gammes à la fin de l'année 2021 ;
- La première gamme ne compte pas de nouvelles personnes venant d'une autre gamme. En effet, il s'agit de la formule entrée de gamme, nous pouvons alors prendre l'hypothèse qu'aucun assuré n'acceptera de baisser autant ses garanties.

3.1.2 Définition des hypothèses économiques

Des hypothèses relatives aux coûts de gestion et de commercialisation du nouveau régime, d'autres financières telles que les niveaux de revalorisation des cotisations et des prestations et d'autres économiques comme la modélisation du comportement de consommation des assurés vis-à-vis des paniers proposés par la réforme sont également définies en entrée de l'outil créé. Ici, aucun postulat concernant l'activité d'investissement de la mutuelle ne sera considéré. Seule la rentabilité purement liée au produit fait l'intérêt de ce chapitre.

Chargements et taxes

L'objectif du chapitre précédent est le calcul de la prime pure qui est l'estimation du risque pur porté par la mutuelle. Cette prime ne correspond pas au montant réellement réglé par les assurés qui est la prime commerciale.

En effet, la mise en vente d'un produit génère des frais qui doivent être ajoutés à la prime pure. Ces frais sont les suivants :

- Des **frais d'acquisition** qui correspondent à la rémunération des équipes marketing et des campagnes de communication dans le but d'attirer de nouveaux adhérents. Ils sont payés par l'assureur au début du contrat ;
- Des **frais de gestion des sinistres** qui correspondent aux coûts engendrés pour traiter les sinistres et effectuer leur remboursement auprès des adhérents ;
- Des **frais d'administration** qui correspondent aux autres charges relatives à la gestion de la relation adhérent ainsi que les coûts engendrés par la mise en conformité due aux exigences réglementaires.

La somme de tous ces éléments réfère aux chargements. Les différents frais retenus pour cette mutuelle sont décrits à la table 3.3. Les mêmes valeurs sont appliquées à chaque formule et sont constants au cours du temps.

Frais d'acquisition	6 %
Frais de gestion des sinistres	4 %
Frais d'administration	9 %
Total	19 %

TABLE 3.3: Hypothèses de chargements

Rappelons que les contrats créés dans le cadre de ce mémoire sont dits responsables et solidaires. Ce type de contrat présente un avantage fiscal pour la mutuelle. En effet, la taxe de solidarité additionnelle (TSA) est égale à 13,27 % pour les contrats responsables et solidaires contre 20,27 % pour les autres contrats. Ainsi, le niveau de taxe appliqué à chacun des contrats est 13,27 %.

Finalement, la prime commerciale est donnée par la formule suivante :

$$prime\ commerciale = \frac{prime\ pure}{(1 - chargements)} \times (1 + taxes) \times (1 + marge)$$

Où *marge* est un nombre supérieur à 1 représentant la marge envisagée par l'assureur.

Revalorisation des cotisations et prestations

À chaque année de projection, le montant des cotisations et des prestations sera réévalué. En effet, un indicateur de revalorisation des prestations santé est voté par le Parlement au travers de la Loi de financement de la Sécurité sociale (LFSS). Il s'agit du taux de progression de l'ONDAM. Le taux de revalorisation des prestations retenu correspond à la moyenne des taux de progression votés par l'ONDAM sur les années 2018, 2019 et 2020. Le taux de progression voté pour 2018 est de +2,30 % et celui pour 2019 est de +2,50 %. Le contexte actuel de la crise sanitaire engendré par l'épidémie du COVID-19 a considérablement augmenté les dépenses en santé dans le domaine hospitalier notamment. Cependant, d'autres postes comme l'Optique et le Dentaire ont connu un énorme frein de la consommation pendant le confinement sur la période de mars à mai. Ainsi, ces deux effets jouant en sens inverse dans les dépenses de la mutuelle, le taux de progression de 2020 initialement voté par le Parlement est retenu : il est de l'ordre de +2,30 %. Finalement, le taux de revalorisation des prestations appliqué à chaque année de projection est de +2,37 %. Le même niveau de revalorisation est appliqué au montant des cotisations.

Le comportement de consommation des assurés

La mise en application complète de la réforme 100 % Santé sur le poste Optique depuis le 1^{er} janvier 2020, permet aux assurés de choisir des prestations entre les paniers A, B et C. Le comportement des assurés au travers de ces paniers est susceptible d'impacter la sinistralité. C'est pourquoi il est nécessaire et primordial de modéliser cet impact via le Business Plan.

La question qui en découle est la suivante : quelles hypothèses permettent d'estimer au mieux ce phénomène ?

[Santéclair](#), une plateforme d'orientation en ligne dans le domaine de la santé, a publié un rapport

d'étude sur le parcours de soins en Optique le 7 juillet 2020. Au cours de cette étude, 1 554 personnes ont été interrogées sur la période du 26 mai au 3 juin 2020. Ce rapport contient des questions relatives à la réforme 100 % Santé en Optique. Il en ressort que 75 % des personnes interrogées ont une idée claire de la composition des trois paniers et sur ces mêmes personnes 78 % considèrent les paniers satisfaisants. Selon l'étude, les intentions de consommation parmi les porteurs de lunettes sur chacun des paniers sont les suivantes :

- 40 % des personnes se tourneraient vers le panier A ;
- 25 % des personnes se tourneraient vers le panier B ;
- 35 % des personnes se tourneraient vers le panier C.

Mais ces chiffres sont en décalage avec la réalité observée. En effet, depuis le 1^{er} janvier 2020, 6 % de la consommation correspond au panier A, 88 % au panier B et enfin 6 % au panier C.

Ainsi, deux scénarios pour la répartition de la consommation des assurés sur chacun des paniers seront considérés. Ils sont résumés à la table 3.4.

		Panier A	Panier B	Panier C
Scénario 1	Entrée de gamme	80 %	10 %	10 %
	Milieu de gamme	40 %	25 %	35 %
	Haut de gamme	10 %	80 %	10 %
Scénario 2	Entrée de gamme	15 %	40 %	45 %
	Milieu de gamme	6 %	88 %	6 %
	Haut de gamme	0 %	90 %	10 %

TABLE 3.4: Scénarios du comportement de consommation des assurés

La première gamme étant celle disposant des niveaux de garanties les plus bas, il est fort probable que les assurés ayant souscrits ce contrat se tournent davantage vers le panier A où le reste à charge de l'assuré est nul. C'est ce qu'envisage le scénario 1. Pour le second scénario, le comportement modélisé serait en décalage avec le premier scénario et correspondrait à l'observation d'une consommation, non plus portée sur le panier A, mais entre les paniers B et C.

Pour la seconde gamme, les deux scénarios envisagés sont ceux décrits par l'étude précédente [Santéclair](#). La dernière gamme propose de hauts niveaux de garanties, supérieurs à ceux proposés par le panier A de la réforme 100 % Santé. Il est donc peu probable que des personnes ayant choisies cette gamme se tournent vers le panier A. En effet, les équipements proposés y sont probablement de moins bonne qualité que pour ceux dont le choix est libre. Le premier scénario considère une légère consommation sur le panier sans reste à charge et le panier mixte, et concentre la majorité de la consommation sur le panier aux tarifs libres. Le second scénario sur cette gamme fait l'hypothèse qu'aucun assuré ne consomme des équipements du panier A.

Ces différentes répartitions de consommation sont fixes au cours du temps, c'est-à-dire que seuls les scénarios 1 et 2 sont considérés à chaque année de projection.

3.1.3 Projection à horizon cinq ans

Les hypothèses d'entrée du modèle étant définies, il est maintenant possible de projeter la population, les cotisations et la sinistralité sur chacune des gammes du nouveau régime.

Au sein du modèle, la projection des effectifs d'assurés sur chacune des gammes est ventilée par âge. Cette étape est nécessaire pour la suite, notamment pour le calcul des projections des prestations et des cotisations.

Pour chacun des deux scénarios définis précédemment, des niveaux de cotisations au début de l'année 2020 sont déterminés. À la partie 2.3.2 du chapitre 2, ont été obtenues les prestations globales espérées pour une période d'une année par individu selon la tranche d'âge à laquelle il appartient et le panier 100 % Santé optique qu'il choisira de consommer. Par effet de mutualisation, la prime pure à chaque tranche d'âge t est égale à :

$$prime\ pure_t = \%A \times coût_{t,A} + \%B \times coût_{t,B} + \%C \times coût_{t,C}$$

Où $\%A$, $\%B$, $\%C$ sont respectivement les pourcentages des assurés consommant sur les paniers A, B ou C définis à la table 3.4. $coût_{t,A}$, $coût_{t,B}$, $coût_{t,C}$ sont les coûts globaux espérés pour la tranche d'âge t selon qu'ils choisissent de consommer à travers les paniers A, B ou C de la réforme.

Une fois les primes pures associées à chacun des deux scénarios énoncés précédemment calculées, elles doivent être évaluées à chaque année de projection. Le montant des cotisations pures projetées à l'année N et associées aux assurés d'âge x est égal à :

$$cotisations\ pures_{x,N} = prime\ pure_{x \in t} \times effectif\ final_{x,N} \times (1 + taux\ revalorisation)^{N-2021}$$

Où $taux\ revalorisation$ est égal à 2,37 % d'après les hypothèses mentionnées précédemment.

En partant de l'hypothèse que les montants de primes pour l'année 2021 sont à l'équilibre, le montant des prestations pour cette année sont égales au montant des primes. Les prestations projetées à partir de l'année 2022 et pour les années ultérieures associées à chaque âge x sont obtenues par la formule suivante :

$$prestations_{x,N+1} = effectif\ final_{x,N+1} \times \frac{prestations_{x,N}}{effectif\ final_{x,N}} \times (1 + taux\ revalorisation)^{N+1-2021}$$

Où $taux\ revalorisation$ est égal à 2,37 % d'après les hypothèses mentionnées précédemment.

Ces calculs sont répétés afin de projeter la sinistralité et les cotisations à toutes les années de projection du Business Plan sur chacune des trois formules et de façon séparée sur chaque portefeuille composé des différents types d'assurés : adhérents, ayants-droit adultes et enfants.

3.2 Analyse du ratio de sinistralité

L'indicateur de rentabilité étudié dans ce Business Plan est le ratio de sinistralité. Il sera déterminé pour chaque année de projection.

Il correspond au rapport entre la charge de sinistres et les primes perçues. Cet indicateur est d'autant plus important que la loi n° 2019-733 du 14 juillet 2019 relative à la résiliation sans frais de contrats

de complémentaires santé dont la mise en application est prévue au plus tard pour le 1er décembre 2020, impose par l'article 5 la transparence des complémentaires santé envers leurs assurés quant à leurs ratios de sinistralité.

3.2.1 Ratios de sinistralité avant choc

Les ratios de sinistralité ont été calculés à des mailles différentes. Tout d'abord, ceux par type de bénéficiaires sur chacune des gammes. En effet, il permet d'avoir une idée plus précise des phénomènes qui agiraient sur la rentabilité du produit. Un ratio de sinistralité à 100 % signifie que les primes pures couvrent totalement le risque encouru par le portefeuille. Un ratio supérieur à 100 % rend le produit déficitaire tandis qu'à l'inverse il serait bénéficiaire, ou autrement dit rentable. Le produit proposé ne sera pas référencé par le Ministère des Armées, ainsi les assurés ne bénéficieront pas d'une prise en charge partielle de leurs cotisations. Il a alors été décidé, par une stratégie commerciale de réduire la prime pure des adhérents de -5 % afin d'attirer la clientèle de militaires. Le ratio de sinistralité des adhérents est alors à hauteur de 105 % en 2021.

Entrée de gamme

Concernant la première gamme, le ratio de sinistralité des adhérents atteint un niveau supérieur à 100 % les quatre premières années allant de 105 % en 2021, jusqu'à atteindre en 2024 100,37 % pour le scénario 1 et 100,25 % pour le scénario 2. À partir de 2025, le ratio de sinistralité passe à un niveau inférieur à 100 % entre 98,74 % et 96,91 % sur chacun des deux scénarios. Ainsi pour les adhérents, le ratio de sinistralité moyen sur la période de projection étudiée est de 101,14 % dans le cadre du scénario 1 et de 101,04 % pour le second. Le produit ne serait pas encore rentable sur le portefeuille d'adhérents au bout de cinq ans.

Pour les portefeuilles d'ayants-droit, le ratio de sinistralité pour la première année est égal à 100 % puisqu'il a été décidé de tarifier à l'équilibre. Les ratios passent les années de projections suivantes à un niveau inférieur à 100 % quel que soit le scénario de consommation des assurés. Le ratio moyen sur la période de projection est égal à 94,98 % dans le cadre du scénario 1 contre 94,90 % dans le second scénario pour les ayants-droit adultes, et égal à 99,72 % et 99,66 % dans le cadre des scénarios 1 et 2 du portefeuille d'ayants-droit enfants. Le produit serait rentable sur les portefeuilles d'ayants-droit au bout de cinq ans. À noter aussi qu'entre les deux scénarios, les écarts absolus de ratios de sinistralité sont relativement faibles sur tous les portefeuilles d'assurés, le plus grand étant en valeur absolue est de 0,20 %. De plus, le ratio de sinistralité est plus élevé dans le cas du scénario 1 sur toutes les années de projection. En effet, rappelons que ce scénario correspond à une forte proportion de la consommation sur le panier sans reste à charge et son coût est plus important en moyenne pour la mutuelle que dans le cas où l'assuré choisi un équipement du panier aux tarifs libres.

Milieu de gamme

Le ratio de sinistralité des adhérents suit un schéma similaire de celui de la première gamme : celui-ci est dégradé pour les trois premières années de projection débutant au niveau de 105 % et diminuant jusqu'à 100,91 % pour le scénario 1 et 100,93 % pour le scénario 2 en 2023, et enfin il revient à un niveau inférieur à 100 % dès 2024 allant jusqu'à 94,88 % dans le scénario 1 et 94,92 % dans le scénario 2. Finalement, sur la période de projection étudiée, le produit est rentable pour le portefeuille d'adhérents de cette gamme avec un ratio moyen égal à 99,91 % dans le cadre du scénario 1 et 99,93 % dans le scénario 2.

Les ratios de sinistralité des ayants-droit débutent au niveau de 100 % en 2021 puisque le choix de tarification retenu est celui à l'équilibre. Concernant les ayants-droit adultes, le ratio devient déficitaire à partir l'année 2022 et jusqu'à 2023 d'après la projection. Cela est dû au phénomène d'antisélection. Mais cette perte sera compensée les années suivantes avec un retour des ratios de sinistralité à un niveau inférieur à 100 % avec un ratio moyen sur l'horizon de projection de 99,29 % dans le cadre du scénario 1 et 99,31 % pour le scénario 2. Pour les ayants-droit enfants, la prime pure est suffisante pour couvrir le risque à chaque année de projection.

De plus, l'écart absolu entre les ratios de sinistralité des deux scénarios sur chacun des portefeuilles est relativement faible puisque le plus grand écart en valeur absolu est de 0,41 %. De manière générale, le scénario 2, qui représente celui où 88 % des assurés choisissent le panier B, affecte à la hausse le ratio. Cela s'explique par le fait que les garanties proposées sur cette gamme ont un coût plus élevé que les garanties des paniers A et C.

Haut de gamme

Le ratio de sinistralité des adhérents suit un schéma similaire de ceux des deux autres gammes : celui-ci est dégradé pour les quatre premières années de projection débutant au niveau de 105 % et diminuant jusqu'à 100,03 % pour le scénario 1 et 100,06 % pour le scénario 2 en 2024, et enfin il revient à un niveau inférieur à 100 % dès 2024 allant jusqu'à 96,91 % dans le scénario 1 et 96,96 % dans le scénario 2. Finalement, sur la période de projection étudiée, le produit est n'est pas rentable pour le portefeuille d'adhérents de cette gamme avec un ratio moyen égal à 100,90 % dans le cadre du scénario 1 et 100,93 % dans le scénario 2.

De même que pour la seconde gamme, le portefeuille d'ayants-droit adultes sur la dernière gamme est sujet au phénomène d'antisélection à partir l'année de projection 2022 jusqu'à 2025. Cet effet deviendra de plus en plus faible jusqu'à un retour à un niveau bénéficiaire du ratio de sinistralité en 2026. Le ratio moyen sur la période de projection pour les ayants-droit adultes est de l'ordre de 100,73 % pour le scénario 1 et 100,77 % pour le second. Pour les ayants-droit enfants, la prime pure est suffisante pour couvrir le risque à chaque année de projection.

Encore une fois, le ratio de sinistralité évolue peu entre les deux scénarios, l'écart absolu maximal est égal à 0,13 %. Les ratios du second scénario sont supérieurs à ceux du premier de manière générale. En effet, ce scénario transfère les assurés du premier scénario qui avaient choisi le panier A sur le panier aux tarifs libres dont le coût est plus important à supporter pour la mutuelle.

Les ratios de sinistralité globaux, c'est-à-dire tous types de bénéficiaires confondus, par gamme sont présentés à table 3.5. Ils sont déficitaires sur les trois premières années de projection pour ensuite devenir bénéficiaires dès 2024. Les projections pour la première et la dernière gamme prévoient des ratios de sinistralité moyens sur l'horizon de projection déficitaires compris entre 100,47 % et 100,13 % selon les scénarios. Tandis que pour la seconde gamme, le produit est bénéficiaire avec un ratio de sinistralité moyen égal à 99,11 % sur le scénario 1 et 99,22 % sur le scénario 2. Les autres ratios sont tous inférieurs à 100 % et diminuent à chaque année de projection, le produit est donc rentable dans les deux scénarios. De plus, la valeur des ratios varie peu entre les deux scénarios comme cela a été vu sur les ratios par type de bénéficiaires. À noter que les cotisations de la seconde gamme représentent en moyenne 67 % du montant total de cotisations sur l'horizon de projection contre 4 % pour la première gamme et 29 % pour la dernière. Relativement à cette répartition et l'horizon de projection étudié, le ratio de sinistralité global considérant le portefeuille total d'assurés est à 99,46 % dans le cadre du scénario 1 contre 99,54 % dans celui du scénario 2.

Néanmoins, les résultats obtenus dépendent des hypothèses retenues pour la construction du Business Plan et sont alors critiquables. Dans le cas où ses hypothèses se réaliseraient, une décision quant à la

revalorisation des cotisations ou la stratégie commerciale pour les adhérents seraient à envisager pour la première et la dernière gamme s'il est souhaité d'obtenir une rentabilité avant les cinq années de projection sur ces deux gammes.

	S/P global	Scénario 1	Scénario 2
Entrée de gamme	2021	104,23%	104,17%
	2022	102,84%	102,75%
	2023	101,35%	101,23%
	2024	99,72%	99,56%
	2025	98,14%	97,94%
	2026	96,55%	96,32%
Milieu de gamme	2021	102,65%	102,77%
	2022	102,38%	102,47%
	2023	100,38%	100,48%
	2024	98,39%	98,50%
	2025	96,40%	96,53%
	2026	94,44%	94,58%
Haut de gamme	2021	102,91%	102,91%
	2022	102,77%	102,78%
	2023	101,02%	101,04%
	2024	99,35%	99,38%
	2025	98,25%	98,29%
	2026	96,49%	96,65%

TABLE 3.5: Ratios de sinistralité projetés tous types de bénéficiaires confondus

3.2.2 Test de sensibilité

Sur la base des scénarios 1 et 2 définis précédemment, il a été décidé d'ajouter un test de sensibilité sur les ratios de sinistralité.

En effet, la réforme 100 % Santé a pour objectif d'améliorer l'accès aux soins car certains Français par faute de moyens renonçaient d'investir dans un équipement Optique. Au deuxième chapitre, la table 2.8 présentait la part de consommateurs d'équipements optiques dans chacune des gammes et révélait une proportion de la consommation allant de 7,22 % pour première gamme jusqu'à 22,12 % pour la dernière gamme. Ainsi, la mise en application de la réforme pourrait avoir un effet à la hausse sur ces proportions et donc sur la fréquence de consommation de prestations optiques. Cet effet sera testé à travers un test de sensibilité.

Le test effectué considère un choc à la hausse sur la fréquence de consommation des actes optiques ne relevant que de la réforme, c'est-à-dire seulement les actes relatifs à l'achat de verres et de montures. Dix-huit chocs sont simulés allant de +2,50 % à +45 %, représentant un choc extrême, avec un pas

de 2,50 %. Les ratios de sinistralité étudiés dans ce cas sont calculés au global et non différenciés par type de bénéficiaire.

La table 3.6 présente un extrait des résultats du test de sensibilité. Elle contient les ratios de sinistralité moyens sur la période de projection. La totalité du test se trouve à l'annexe A.3.

Choc fréquence		+2,50 %	+5 %	+7,50 %	+10 %	+12,5 %	+15 %	+17,5 %	+20 %
Entrée de gamme	Scénario 1	100,62%	100,77%	100,93%	101,08%	101,23%	101,38%	101,53%	101,68%
	Scénario 2	100,48%	100,63%	100,78%	100,93%	101,08%	101,23%	101,38%	101,53%
Milieu de gamme	Scénario 1	99,35%	99,60%	99,85%	100,10%	100,35%	100,59%	100,84%	101,09%
	Scénario 2	99,47%	99,72%	99,97%	100,21%	100,46%	100,71%	100,96%	101,21%
Haut de gamme	Scénario 1	100,33%	100,53%	100,73%	100,93%	101,13%	101,33%	101,53%	101,73%
	Scénario 2	100,37%	100,58%	100,78%	100,98%	101,18%	101,38%	101,58%	101,78%

TABLE 3.6: Extrait du test de sensibilité : ratios de sinistralité moyens sur l'horizon projeté

Ces résultats montrent que pour la première et dernière gamme, le produit est déficitaire dès le premier choc à la hausse sur la fréquence de consommation d'actes optiques.

Pour chacun des scénarios de répartition de la consommation des assurés au travers des paniers et chacun des chocs de fréquence, le ratio de sinistralité de la première gamme varie entre 100,48 % à 103,19 % dans le cas le plus extrême et ceux de la dernière gamme entre 100,33 % et 103,78 %. Cette dégradation est notamment due à la décision commerciale d'une remise de 5 % sur les cotisations des adhérents. Une solution pour espérer une meilleure rentabilité pourrait être de revoir ce niveau de remise à la baisse ou une revalorisation des cotisations sur les années ultérieures dont le niveau serait à définir selon le scénario de consommation et de hausse de la fréquence réalisé. Un niveau de remise à -4 % au lieu de -5 % conduit à de meilleurs résultats sur la rentabilité globale pour les portefeuilles de la première et la dernière gamme qui deviennent ainsi rentables.

Pour la deuxième gamme, la table 3.6 montre un ratio de sinistralité bénéficiaire sur chacun des scénarios pour des chocs de la fréquence de consommation allant de +2,50 % à +7,50 %. Il devient ensuite déficitaire pour des chocs supérieurs et atteint le niveau maximal de 103,69 %. De même que pour les deux autres gammes, une solution pour palier à cette perte serait de revoir la stratégie commerciale ou revaloriser ultérieurement les cotisations. Le changement du niveau de remise commerciale à -4 % conduit à de meilleurs résultats sur la rentabilité globale des portefeuilles de la première et la dernière gamme qui deviennent bénéficiaires jusqu'à des chocs de +5 % de fréquence.

3.2.3 Conclusion sur la rentabilité du produit

La mise en place en Business Plan a pour objectif de suivre la rentabilité du produit sur un horizon donné à partir d'hypothèses prédéfinies et de conclure sur sa possible commercialisation. L'indicateur de rentabilité étudié est le ratio de sinistralité. Cet outil peut être également utilisé comme un indicateur de suivi, en remplaçant les hypothèses de départ par la réalité observée.

Deux scénarios sur le comportement de consommation des assurés face aux trois paniers de la réforme 100 % Santé ont été étudiés et un choix est à faire pour retenir le plus réaliste et le plus prudent. Pour cela, de nouveaux ratios de sinistralité à partir des primes et des prestations globales croisées des deux

scénarios et non différenciées par type de bénéficiaires sont déterminés. Ils sont représentés à la table 3.7. P1 et P2 réfèrent aux montants des primes définies respectivement dans les scénarios 1 et 2, et S1 et S2 réfèrent aux montants des prestations définies respectivement dans les scénarios 1 et 2. Ces résultats montrent que le scénario le plus prudent à considérer est le scénario 2. En effet, les primes seraient suffisantes pour couvrir les prestations générées par les deux scénarios. Et enfin, le scénario le plus réaliste au vu de la répartition de la consommation réalisée depuis la mise en application de la réforme en janvier 2020 est également le scénario 2. En effet, le panier 100 % Santé a très peu de succès. Finalement, le scénario 2 est retenu.

	Entrée de gamme		Milieu de gamme		Haut de gamme	
	S2/P1	S1/P2	S2/P1	S1/P2	S2/P1	S1/P2
2021	105,46%	102,96%	106,08%	99,44%	104,64%	101,20%
2022	104,04%	101,58%	105,81%	99,15%	104,50%	101,07%
2023	102,47%	100,13%	103,72%	97,24%	102,72%	99,36%
2024	100,76%	98,53%	101,66%	95,33%	101,03%	97,74%
2025	99,14%	96,95%	99,62%	93,41%	99,91%	96,66%
2026	97,51%	95,37%	97,62%	91,50%	100,05%	95,05%
S/P moyen	101,56%	99,25%	102,42%	96,01%	102,14%	98,51%

TABLE 3.7: Ratios de sinistralité croisés des scénarios 1 et 2

Qu'un choc sur la fréquence de consommation d'actes optiques soit observé ou non sur les portefeuilles de la première et la dernière gamme, la conclusion quant à la rentabilité sur produit reste la même : il est déficitaire pour ces deux gammes. Ainsi, une révision de la stratégie commerciale à un niveau inférieur, comme -4 %, ou une revalorisation future des cotisations seraient à envisager. Cependant, la deuxième gamme, qui représente 67 % des primes totales, obtient de bons résultats et une rentabilité assurée jusqu'à un choc de +7,50 % de la fréquence de consommation d'actes optiques. De plus, la hausse de consommation serait notamment liée à la mise en place du panier 100 % Santé. Son faible succès depuis le début de la réforme en janvier 2020 laisse penser qu'une hausse de la consommation observée ne serait probablement pas à un niveau très élevé. Aussi, l'étude du ratio de sinistralité à une maille plus précise met en garde quant au phénomène d'antisélection généré par les ayants-droit adultes. Une certaine vigilance est recommandée quant au comportement de ces assurés, avec un suivi régulier du ratio de sinistralité pour ces derniers.

Enfin, les résultats obtenus sont critiquables. En effet, les hypothèses de départ jouent un rôle important dans la construction du Business Plan. Le choix d'autres hypothèses pourraient éventuellement mener à d'autres conclusions sur la rentabilité du produit. De plus, seule la part de la réforme 100 % Santé liée à l'Optique a été considérée. Afin d'obtenir de vraies conclusions sur la rentabilité du produit, l'intégration de la réforme sur les postes Dentaire et Audiologie serait nécessaire.

Conclusion

Dans ce mémoire, nous avons suivi la création d'un produit en santé collective responsable et solidaire, se déclinant en trois gammes. Il est destiné aux militaires ainsi que leurs ayants-droit, et celui n'est pas référencé par le Ministère des Armées. La création s'étend depuis le choix des garanties proposées aux assurés jusqu'à la conception d'un outil de suivi en vue de sa commercialisation. Aussi, la mise en place récente de la réforme 100 % Santé ajoute une difficulté supplémentaire pour les complémentaires santé dans l'appréciation du risque porté par leurs portefeuilles. En effet, le comportement de consommation des assurés face aux paniers proposés par la réforme n'est pas aisément anticipable.

Tout d'abord, les prestations sur lesquelles s'appuyaient la création du nouveau régime n'étaient pas conformes au cahier des charges que doivent respecter les contrats responsables et solidaires. Ainsi, une révision des garanties de base était nécessaire, notamment sur les prestations relatives au poste Optique et aux dépassements d'honoraires des médecins. Cette mise en conformité a impacté à la hausse les dépenses de la mutuelle avec un effet allant de +0,22 % sur la dernière gamme jusqu'à +1,32 % sur la première gamme.

Dans un second temps, des méthodes de tarification ont été étudiées afin de déterminer les primes pures associées aux nouvelles garanties. Sur la base d'une approche Coût x Fréquence, différents modèles tels que des modèles linéaires généralisés, des arbres CART ou encore des forêts aléatoires ont été testés pour chaque portefeuille de bénéficiaires et séparément par gamme dans le but de sélectionner la meilleure modélisation. Les modèles retenus diffèrent sur chacune des gammes, aucune modélisation uniforme n'est ressortie de ces travaux.

Puis, une mise en conformité relative à la réforme 100 % Santé a été appliquée. Dans le cadre de ce mémoire, seuls les changements relatifs au poste Optique ont été considérés. Une nouvelle nomenclature des verres et des montures est imposée par la réforme, modifiant ainsi les tarifs conventionnels de la Sécurité sociale. De plus, la notion de prix limite de vente (PLV) est introduite sur les prestations associées au panier sans reste à charge. En considérant ces modifications, la nouvelle sinistralité espérée relative à la consommation sur chacun des paniers créés par la réforme est calculée.

Le dernier chapitre présente la mise en place d'un Business Plan. Celui-ci, sur la base d'hypothèses démographiques et économiques, évalue la rentabilité du produit projetée sur un horizon de cinq ans. Deux comportements de consommation, plutôt contradictoires, autour des trois paniers ont été envisagés à la suite d'une étude parue en juillet 2020. À partir de ces deux scénarios, ont été calculées les projections de cotisations et de sinistralité. Une première analyse de la rentabilité à partir du ratio de sinistralité sur chacun des deux scénarios a été obtenue et a montré que la deuxième gamme est rentable sur l'horizon de projection étudié. Concernant les deux autres gammes, la rentabilité sur cette période de projection n'est pas atteinte. La stratégie commerciale de remise de -5 % sur la prime des nouveaux adhérents est remise en cause par ce fait. La perte qu'elle engendre sur les premières années

n'est pas compensée au bout de cinq années de commercialisation. Cette remise avait pour objectif d'attirer une clientèle qui peut bénéficier d'un partage des cotisations avec le Ministère des Armées sur les produits référencés. De cette première étude, a également résulté qu'une certaine attention doit être portée sur le risque d'antisélection qui subsiste chez les ayants-droit adultes. Ensuite des chocs à la hausse sur la fréquence de consommation relative au poste Optique ont été appliqués, faisant l'objet d'un test de sensibilité sur la rentabilité. En effet, la réforme 100 % Santé vise à une non-renonciation aux soins, c'est pourquoi une augmentation de la fréquence de consommation est attendue. Ce test a finalement montré une stabilité de la rentabilité pour la deuxième gamme qui conserve une faible rentabilité jusqu'à des chocs de +7,50 % sur les cinq années de projection. Les premiers chiffres parus sur la consommation du panier 100 % Santé depuis janvier 2020 laissent penser que la hausse sur la fréquence n'atteindra probablement pas des niveaux élevés. Cependant, la conclusion du test de sensibilité sur la première et la dernière gamme montre qu'une hausse de la fréquence de consommation rend la rentabilité d'autant plus difficile à atteindre. Une révision du niveau de remise sur les portefeuilles d'adhérents ou une revalorisation des cotisations sur les années ultérieures sont des solutions qui pourraient être envisagées pour obtenir une rentabilité plus rapide du nouveau produit.

Cependant, ces résultats sont à nuancer. En effet, les résultats du Business Plan sont dépendants des hypothèses définies en entrées. Ces dernières sont elles-mêmes critiquables. De plus, la réforme 100 % Santé est aussi impliquée dans les postes Dentaire et Audiologie qui n'ont pas été pris en considération dans le cadre de ce mémoire. Ainsi, une prolongation des travaux, par l'ajout des paniers relatifs à ces deux postes, serait à envisager afin de réellement conclure quant à la rentabilité du régime dans l'environnement actuel. Aussi, les tarifs obtenus s'appliquent seulement à une population d'individus dont la répartition des hommes et des femmes et les âges moyens sont ceux de la population utilisée pour cette étude. Dans le cas contraire, des coefficients d'ajustement des tarifs devraient être appliqués afin que ceux proposés soient conformes à cette nouvelle population.

Bibliographie

- BERTRAND, P. (2020). Notes de cours : Machine Learning. Université Paris-Dauphine.
- DONNET, S. (2018). Modèles linéaires. Notes de cours. Université Paris-Dauphine.
- FÉDÉRATION FRANÇAISE DE L'ASSURANCE (2019). Le marché de la santé et de la prévoyance progresse de 2,8 % en 2018. <https://www.ffa-assurance.fr/etudes-et-chiffres-cles/le-marche-de-la-sante-et-de-la-prevoyance-progresse-de-28-en-2018>.
- JAMES, G., WITTEN, D., HASTIE, T. et TIBSHIRANI, R. (2013). An Introduction to Statistical Learning with Applications in R. Sous la dir. de SPRINGER.
- JORF (1945). Ordonnance n° 45-2250 du 4 octobre 1945 portant organisation de la sécurité sociale. 0235, 6 octobre 1945.
- JORF (1989). Loi n° 89-1009 du 31 décembre 1989 renforçant les garanties offertes aux personnes assurées contre certains risques. 0001, 2 janvier 1990.
- JORF (2014). Décret n° 2014-1374 du 18 novembre 2014 relatif au contenu des contrats d'assurance maladie complémentaire bénéficiant d'aides fiscales et sociales. 0267, 18 novembre 2014.
- JORF (2018). Avis de projet de fixation de tarifs et de prix limites de vente au public (PLV) en optique médicale de la liste prévue à l'article L. 165-1 du code de la Sécurité sociale. 0141, 12 juin 2018.
- JORF (2019). Décret n° 2019-21 du 11 janvier 2019 visant à garantir un accès sans reste à charge à certains équipements d'optique, aides auditives et soins prothétiques dentaires. 0010, 12 janvier 2019.
- LAVAL, E. (2020). Impact de la réforme 100% Santé sur les contrats de frais de santé par un modèle de crédibilité. Mém. de mast. Université Paris-Dauphine.
- SANTÉCLAIR (2020). Observatoire des parcours de soins : résultats du cinquième volet sur l'optique. https://www.santeclair.fr/fr/sites/default/files/2020-07/200707_ObservatoireParcoursSoins-VoletOptique_Santeclair_DossierPresse.pdf. Page consultée le 3 août 2020.
- SÉCURITÉ SOCIALE (2020). Les Régimes. <https://www.securite-sociale.fr/la-secu-cest-quoi/organisation/les-regimes>. Page consultée le 9 juin 2020.

Annexe A

Annexes

A.1 Contexte de l'étude

Poste	Minimum	Maximum
Soins de ville	Ticket modérateur	Médecins non OPTAM: plafonné 200 % Médecin OPTAM : pas de plafonnement (majoration de 20% minimum de la BR par rapport à la prise en charge du médecin hors OPTAM)
Hospitalisation	Ticket modérateur	Médecins non OPTAM: plafonné 200 % Médecin OPTAM : pas de plafonnement (majoration de 20% minimum de la BR par rapport à la prise en charge du médecin hors OPTAM)
Pharmacie	Ticket modérateur pour les médicaments remboursés à hauteur de 65 % par la Sécurité sociale	-
Dentaire (prothèses et orthodontie remboursées)	Ticket modérateur	Pas de plafond
Optique		Limité à un équipement (2 verres + 1 monture) tous les deux ans (sauf mineurs ou évolution de la vue)
Monture	Pas de minimum	100 € intégrés au forfait
Équipement 2 verres unifocaux simples	50 €	420 € (monture comprise)
Équipement verre unifocal simple + verre unifocal forte correction ou verre multifocal/progressif simple	125 €	560 € (monture comprise)
Équipement 2 verres parmi unifocaux fortes corrections ou multifocaux/progressif simples	200 €	700 € (monture comprise)
Équipement verre unifocal simple + verre multifocal/progressif forte correction	125 €	610 € (monture comprise)
Équipement verre parmi unifocal forte correction ou multifocal/progressif simple + verre multifocal/progressif forte correction	200 €	750 € (monture comprise)
Équipement 2 verres multifocaux/progressifs fortes corrections	200 €	800 € (monture comprise)

TABLE A.1: Tableau récapitulatif du cahier des charges des contrats responsables et solidaires

A.2 Refonte et tarification du régime actuel

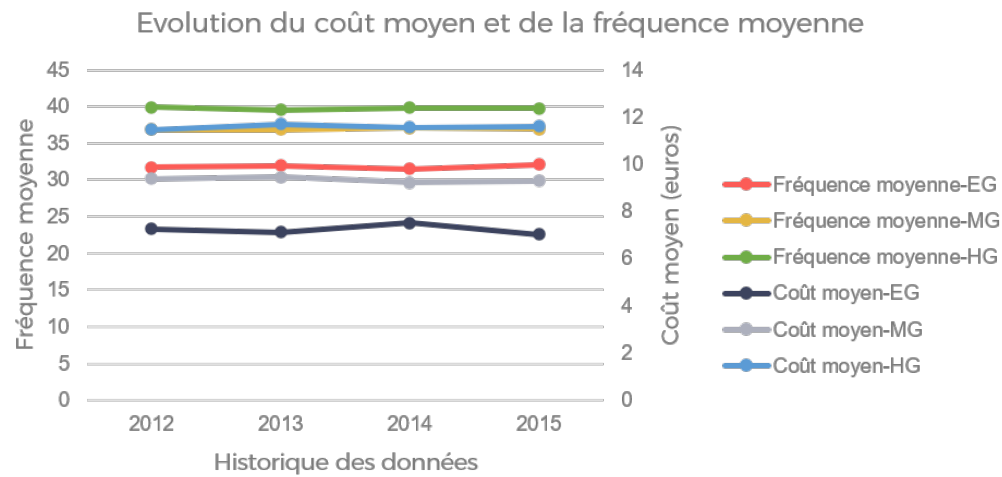
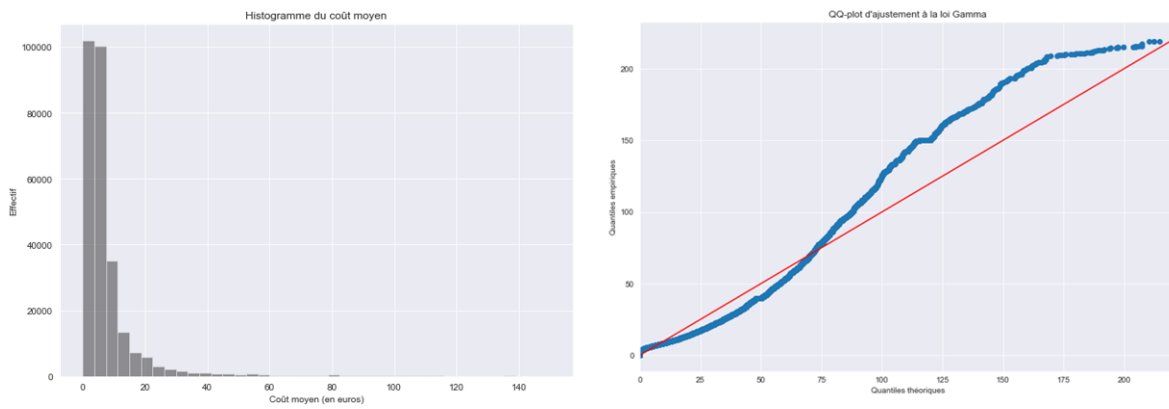


FIGURE A.1: Evolution du coût moyen et de la fréquence moyenne entre 2012 et 2015

	Prestations	1 ^{ère} gamme	2 ^{ème} gamme	3 ^{ème} gamme	4 ^{ème} gamme
Non adhérents au CAS	Dépassement consultation généraliste	0 % × BRSS	35 % × BRSS	50 % × BRSS	65 % × BRSS
	Dépassement consultation spécialiste	0 % × BRSS	35 % × BRSS	50 % × BRSS	65 % × BRSS
	Dépassement consultation neuropsychiatre	0 % × BRSS	35 % × BRSS	50 % × BRSS	65 % × BRSS
	Dépassement consultation spécialiste cardiovasculaire	0 % × BRSS	35 % × BRSS	50 % × BRSS	65 % × BRSS
	Dépassement ATM	0 % × BRSS	35 % × BRSS	50 % × BRSS	65 % × BRSS
	Dépassement honoraires auxiliaires médicaux	0 % × BRSS	35 % × BRSS	50 % × BRSS	65 % × BRSS
	Dépassement honoraires chirurgie, obstétrique, réanimation	50 % × BRSS	50 % × BRSS	50 % × BRSS	65 % × BRSS
Adhérents au CAS	Dépassement consultation généraliste	20 % × BRSS	55 % × BRSS	70 % × BRSS	85 % × BRSS
	Dépassement consultation spécialiste	20 % × BRSS	55 % × BRSS	70 % × BRSS	85 % × BRSS
	Dépassement consultation neuropsychiatre	20 % × BRSS	55 % × BRSS	70 % × BRSS	85 % × BRSS
	Dépassement consultation spécialiste cardiovasculaire	20 % × BRSS	55 % × BRSS	70 % × BRSS	85 % × BRSS
	Dépassement ATM	20 % × BRSS	55 % × BRSS	70 % × BRSS	85 % × BRSS
	Dépassement honoraires auxiliaires médicaux	20 % × BRSS	55 % × BRSS	70 % × BRSS	85 % × BRSS
	Dépassement honoraires chirurgie, obstétrique, réanimation	70 % × BRSS	70 % × BRSS	70 % × BRSS	85 % × BRSS

TABLE A.2: Nouvelles garanties pour les dépassements d'honoraires

Milieu de gamme



Haut de gamme

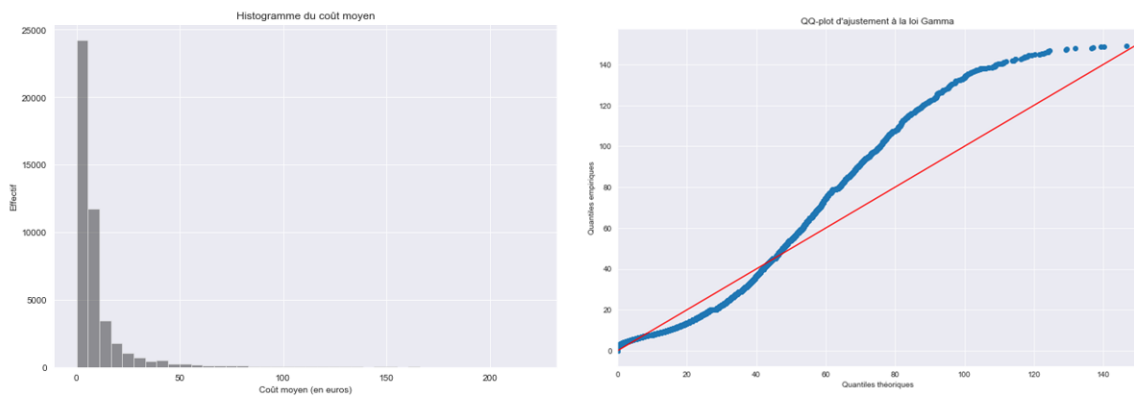
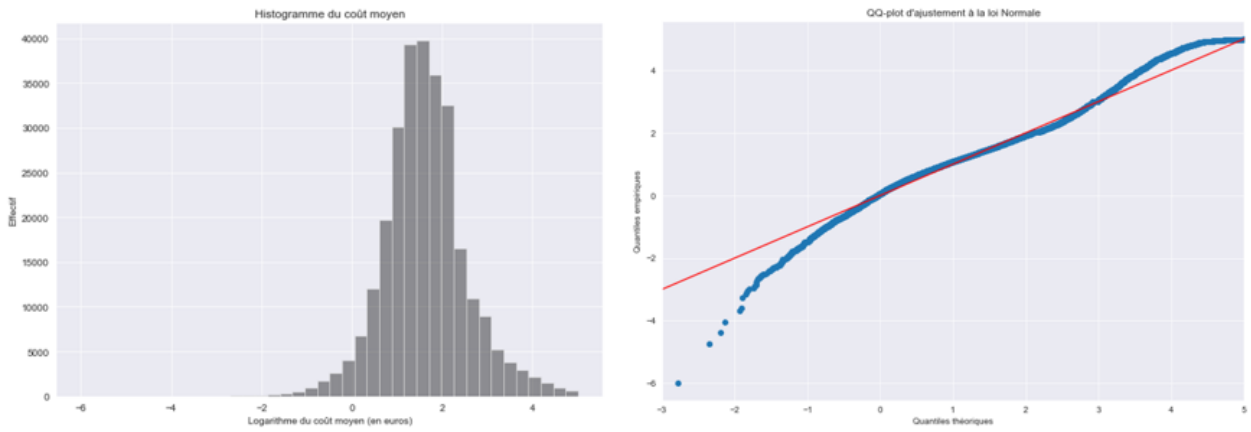


FIGURE A.2: Histogrammes et QQ-plots d'ajustement du coût moyen à la loi Gamma

Milieu de gamme



Haut de gamme

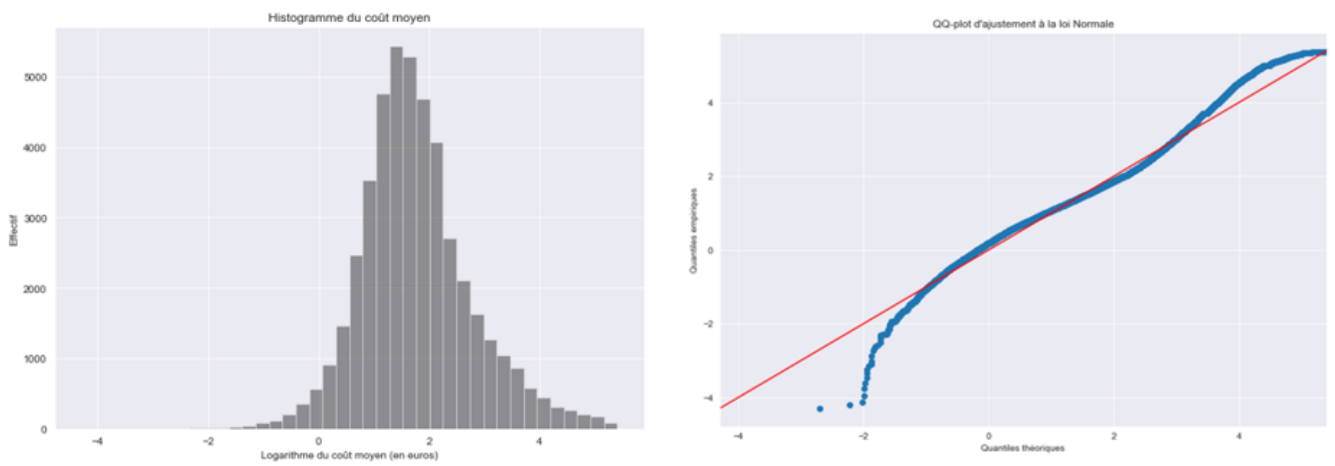


FIGURE A.3: Histogrammes et QQ-plots d'ajustement du coût moyen à la loi Log-Normale

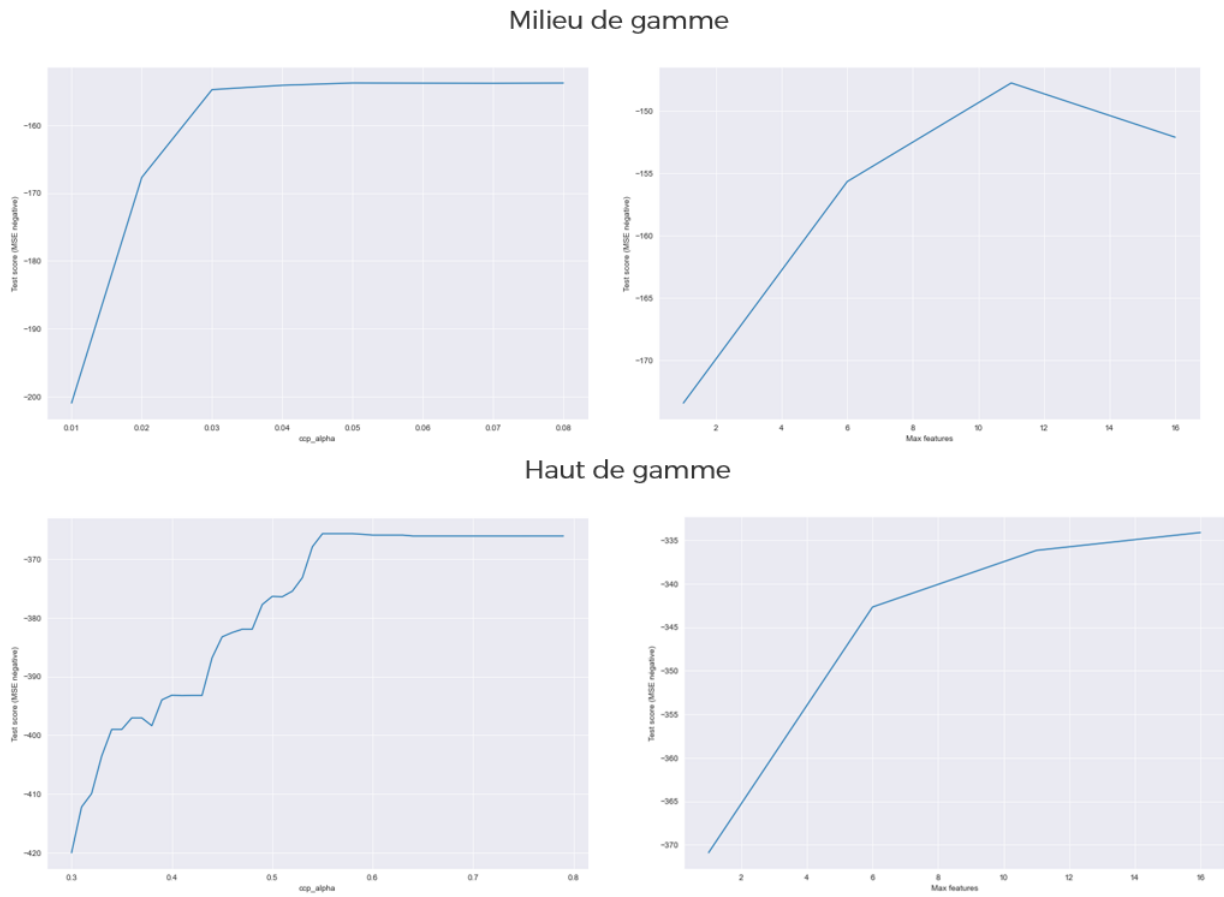
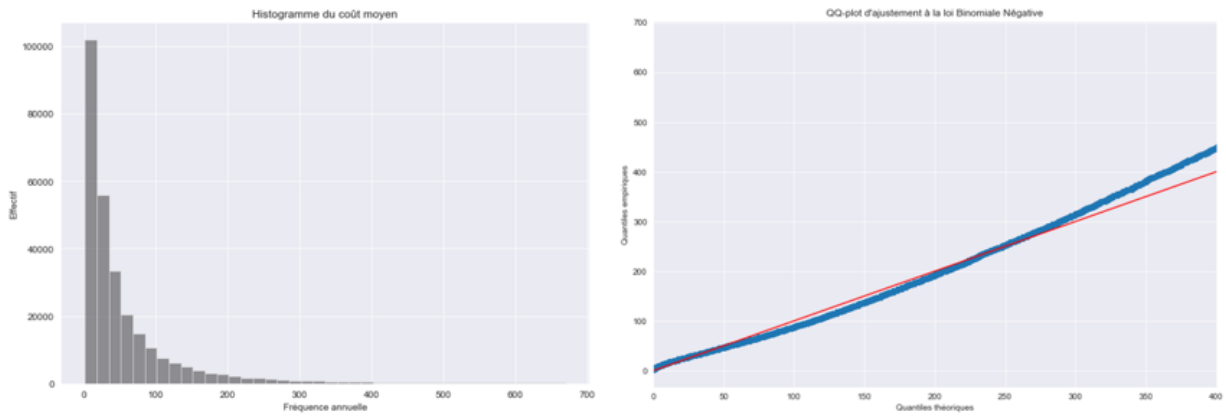


FIGURE A.4: Choix du paramètre alpha (à gauche) et du nombre de variables dans la forêt aléatoire (à droite)

Milieu de gamme



Haut de gamme

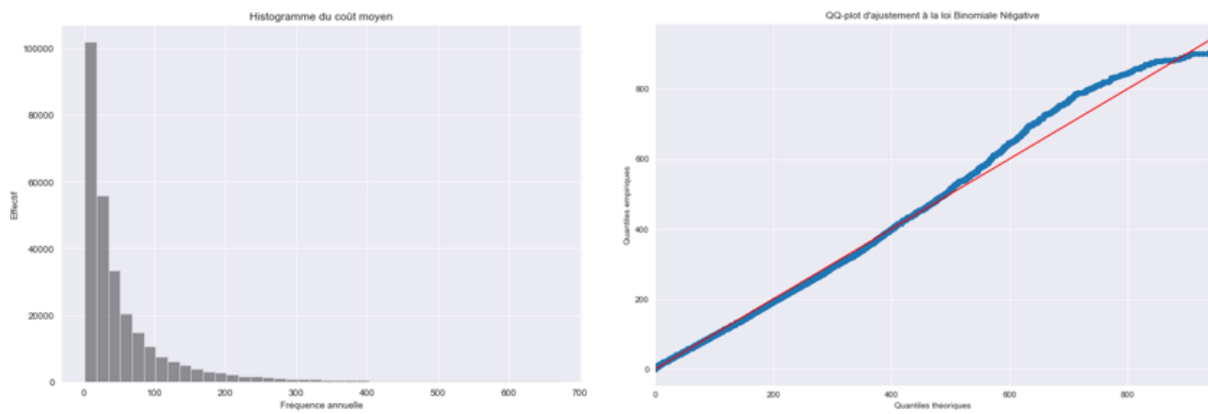


FIGURE A.5: Histogrammes et QQ-plots d'ajustement de la fréquence moyenne à la loi Binomiale Négative

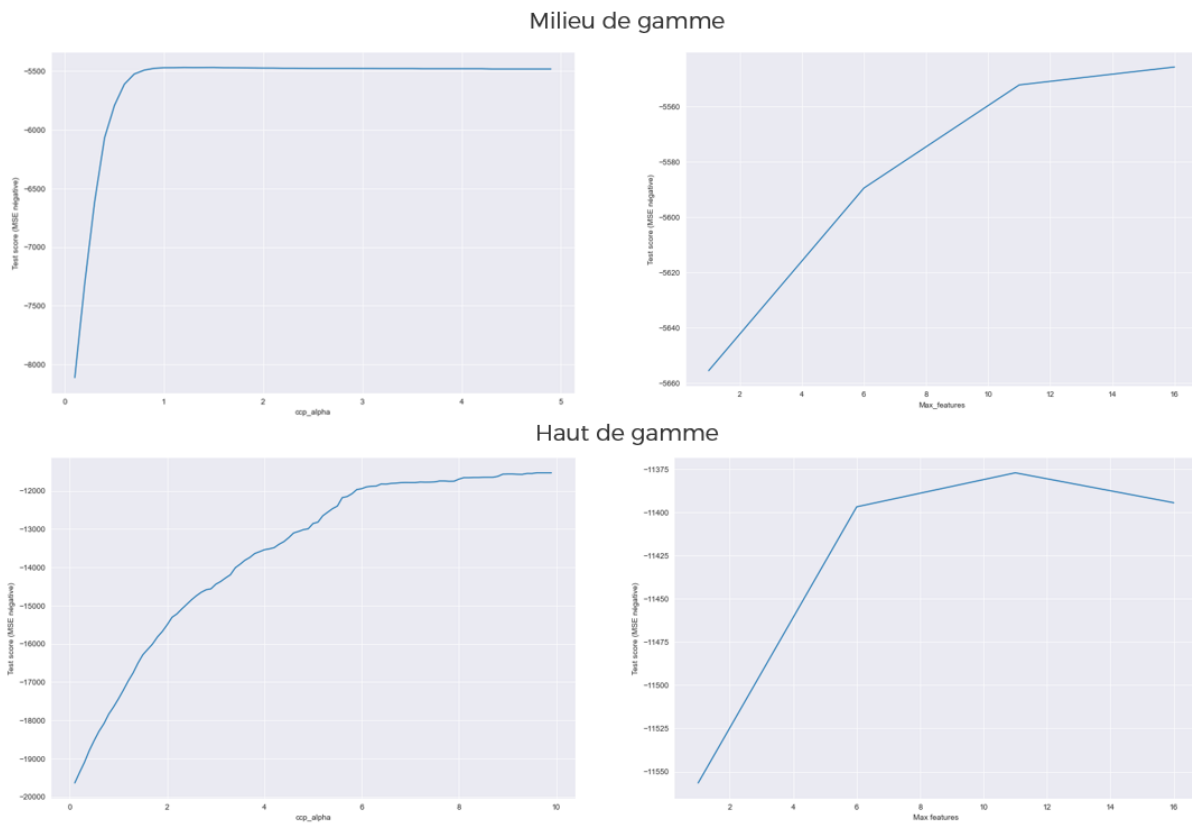


FIGURE A.6: Choix du paramètre alpha (à gauche) et du nombre de variables dans la forêt aléatoire (à droite)

Variables	Coefficients
Intercept	2,7296
ID_SEXE	0,5046
DUREE_ACTIVITE	0,0009
ID_HANDICAP	0,1022
AGE	0,0232
ID_CMU	0,2309
LIB_REGION_Bourgogne-Franche-Comté	0,0851
LIB_REGION_Bretagne	0,0777
LIB_REGION_Grand Est	0,0952
LIB_REGION_Hauts-de-France	0,1525
LIB_REGION_Normandie	0,1015
LIB_REGION_Nouvelle-Aquitaine	0,0903
LIB_REGION_Occitanie	0,0876
LIB_REGION_Provence-Alpes-Côte d'Azur	0,0858
LIB_TYPE_ARMEE_C,N,M,S,S.	-0,2219
LIB_TYPE_ARMEE_Ministère de la Défense	0,4204
LIB_TYPE_ARMEE_Service de santé	0,1927
LIB_TYPE_ARMEE_Services Communs	-0,0818
LIB_TYPE_ARMEE_Terre	-0,0711
LIB_GRADE_Sous Officier	-0,1520
LIB_GRADE_Officier	-0,0983
LIB_SITUATION_FAMILIALE_Pacsé(e)	0,1238
LIB_SITUATION_FAMILIALE_Séparé(e)	-0,0534
LIB_SITUATION_FAMILIALE_Veuf(ve)	-0,0648

TABLE A.3: Coefficients GLM Binomiale Négative : milieu de gamme

Variables	Coefficients
Intercept	3,0004
ID_SEXE	0,4159
ID_HANDICAP	0,0899
AGE	0,0223
LIB_REGION_Bourgogne-Franche-Comté	0,1216
LIB_REGION_Bretagne	0,1487
LIB_REGION_Grand Est	0,1789
LIB_REGION_Hauts-de-France	0,2648
LIB_REGION_Normandie	0,0549
LIB_REGION_Nouvelle-Aquitaine	0,1792
LIB_REGION_Occitanie	0,0920
LIB_REGION_Pays de la Loire	0,0895
LIB_REGION_Provence-Alpes-Côte d'Azur	0,1409
LIB_TYPE_ARMEE_Gendarmerie	0,0631
LIB_GRADE_Sous Officier	-0,1164
LIB_GRADE_Militaire du rang	-0,1801
LIB_GRADE_Officier	-0,1081
LIB_SITUATION_FAMILIALE_Célibataire	-0,0474
LIB_SITUATION_FAMILIALE_Divorcé(e)	-0,0683
LIB_SITUATION_FAMILIALE_Veuf(ve)	-0,0656

TABLE A.4: Coefficients GLM Binomiale Négative : haut de gamme

A.3 Étude de rentabilité du nouveau régime

Entrée de gamme	Augmentation fréquence																		
	2,50%	5%	7,50%	10%	12,50%	15%	17,50%	20%	22,50%	25%	27,50%	30%	32,50%	35%	37,50%	40%	42,50%	45%	
Scénario 1																			
2021	104,35%	104,54%	104,70%	104,86%	105,07%	105,17%	105,33%	105,48%	105,64%	105,79%	105,95%	106,11%	106,26%	106,42%	106,58%	106,73%	106,89%	107,05%	
2022	103,00%	103,15%	103,31%	103,46%	103,62%	103,77%	103,92%	104,08%	104,23%	104,39%	104,54%	104,70%	104,85%	105,00%	105,16%	105,31%	105,47%	105,62%	
2023	101,51%	101,66%	101,81%	101,96%	102,11%	102,27%	102,42%	102,57%	102,72%	102,87%	103,03%	103,18%	103,33%	103,48%	103,63%	103,79%	103,94%	104,09%	
2024	99,71%	99,86%	99,99%	100,11%	100,24%	100,37%	100,50%	100,63%	100,76%	100,89%	101,02%	101,15%	101,28%	101,41%	101,54%	101,67%	101,80%	101,93%	
2025	98,20%	98,41%	98,58%	98,73%	98,88%	99,02%	99,17%	99,32%	99,47%	99,61%	99,75%	99,91%	100,06%	100,20%	100,35%	100,50%	100,64%	100,79%	
2026	96,63%	96,84%	96,99%	97,13%	97,27%	97,42%	97,56%	97,71%	97,85%	98,00%	98,14%	98,29%	98,43%	98,58%	98,72%	98,86%	99,01%	99,15%	
Scénario 2																			
2021	104,33%	104,48%	104,64%	104,80%	104,95%	105,11%	105,27%	105,42%	105,58%	105,73%	105,89%	106,05%	106,20%	106,36%	106,52%	106,67%	106,83%	106,98%	
2022	102,91%	103,06%	103,22%	103,37%	103,52%	103,68%	103,83%	103,99%	104,14%	104,30%	104,45%	104,60%	104,76%	104,91%	105,07%	105,22%	105,37%	105,53%	
2023	101,36%	101,53%	101,68%	101,84%	101,99%	102,14%	102,29%	102,44%	102,60%	102,75%	102,90%	103,05%	103,20%	103,36%	103,51%	103,66%	103,81%	103,96%	
2024	99,71%	99,86%	100,01%	100,16%	100,30%	100,45%	100,60%	100,75%	100,90%	101,05%	101,20%	101,35%	101,50%	101,65%	101,80%	101,95%	102,10%	102,25%	
2025	98,05%	98,24%	98,39%	98,53%	98,68%	98,83%	98,97%	99,12%	99,27%	99,41%	99,56%	99,71%	99,85%	100,00%	100,15%	100,30%	100,44%	100,59%	
2026	96,45%	96,61%	96,75%	96,90%	97,04%	97,19%	97,33%	97,47%	97,62%	97,76%	97,91%	98,05%	98,20%	98,34%	98,49%	98,63%	98,77%	98,92%	
Moyenne 1	100,62%	100,77%	100,93%	101,08%	101,23%	101,38%	101,53%	101,68%	101,83%	101,98%	102,13%	102,28%	102,43%	102,58%	102,73%	102,88%	103,04%	103,19%	
Moyenne 2	100,46%	100,63%	100,78%	100,93%	101,08%	101,23%	101,38%	101,53%	101,68%	101,83%	101,98%	102,13%	102,28%	102,44%	102,59%	102,74%	102,89%	103,04%	

FIGURE A.7: Résultats du test de sensibilité : entrée de gamme

Milieu de gamme Scénario 1	Augmentation fréquence																	
	2-50%	5%	7,50%	10%	12,50%	15%	17,50%	20%	22-50%	25%	27,50%	30%	32-50%	35%	37-50%	40%	42-50%	45%
2021	102,90%	103,16%	103,41%	103,67%	103,93%	104,18%	104,44%	104,70%	104,95%	105,21%	105,47%	105,72%	105,98%	106,24%	106,49%	106,75%	107,01%	107,26%
2022	102,91%	103,17%	103,42%	103,68%	103,94%	104,19%	104,45%	104,71%	104,96%	105,22%	105,48%	105,74%	106,00%	106,26%	106,52%	106,78%	107,04%	107,30%
2023	100,63%	100,89%	101,15%	101,41%	101,67%	101,93%	102,19%	102,45%	102,71%	102,97%	103,23%	103,49%	103,75%	104,01%	104,27%	104,53%	104,79%	105,05%
2024	99,64%	99,89%	100,15%	100,41%	100,67%	100,93%	101,19%	101,45%	101,71%	101,97%	102,23%	102,49%	102,75%	103,01%	103,27%	103,53%	103,79%	104,05%
2025	96,65%	96,89%	97,13%	97,37%	97,61%	97,85%	98,09%	98,33%	98,57%	98,81%	99,05%	99,29%	99,53%	99,77%	100,01%	100,25%	100,49%	100,73%
2026	94,68%	94,92%	95,15%	95,39%	95,62%	95,85%	96,08%	96,32%	96,55%	96,78%	97,01%	97,24%	97,47%	97,70%	97,93%	98,16%	98,39%	98,62%
2021	103,03%	103,29%	103,54%	103,80%	104,06%	104,31%	104,57%	104,83%	105,09%	105,34%	105,60%	105,86%	106,11%	106,37%	106,63%	106,88%	107,14%	107,40%
2022	102,73%	102,98%	103,24%	103,50%	103,76%	104,01%	104,26%	104,52%	104,78%	105,03%	105,29%	105,54%	105,80%	106,06%	106,31%	106,57%	106,83%	107,08%
2023	100,73%	100,98%	101,23%	101,49%	101,74%	101,99%	102,24%	102,49%	102,74%	102,99%	103,24%	103,50%	103,75%	104,00%	104,25%	104,50%	104,75%	105,00%
2024	98,75%	98,99%	99,24%	99,49%	99,73%	99,98%	100,22%	100,47%	100,72%	100,96%	101,21%	101,46%	101,70%	101,95%	102,19%	102,44%	102,69%	102,93%
2025	96,77%	97,01%	97,25%	97,49%	97,73%	97,98%	98,22%	98,46%	98,70%	98,94%	99,18%	99,42%	99,66%	99,90%	100,14%	100,38%	100,62%	100,86%
2026	94,82%	95,05%	95,29%	95,53%	95,76%	96,00%	96,23%	96,47%	96,71%	96,94%	97,18%	97,42%	97,65%	97,89%	98,13%	98,36%	98,60%	98,84%
Moyenne 1	98,35%	98,60%	98,85%	99,10%	99,35%	99,60%	99,84%	100,08%	100,32%	100,56%	100,80%	101,04%	101,28%	101,52%	101,76%	102,00%	102,24%	102,48%
Moyenne 2	99,47%	99,72%	99,97%	100,21%	100,46%	100,71%	100,95%	101,19%	101,43%	101,67%	101,91%	102,15%	102,39%	102,63%	102,87%	103,11%	103,35%	103,59%

FIGURE A.8: Résultats du test de sensibilité : milieu de gamme

Augmentation franchises	Haut de gamme																			
	2,50%	5%	7,50%	10%	12,50%	15%	17,50%	20%	22,50%	25%	27,50%	30%	32,50%	35%	37,50%	40%	42,50%	45%		
Scénario 1																				
2021	103,11%	103,32%	103,52%	103,73%	103,93%	104,14%	104,35%	104,55%	104,76%	104,96%	105,17%	105,38%	105,58%	105,79%	105,99%	106,20%	106,40%	106,61%	106,82%	
2022	102,97%	103,18%	103,38%	103,59%	103,79%	104,00%	104,20%	104,41%	104,62%	104,82%	105,03%	105,23%	105,44%	105,64%	105,85%	106,05%	106,26%	106,46%	106,67%	106,87%
2023	101,22%	101,42%	101,63%	101,83%	102,03%	102,23%	102,43%	102,64%	102,84%	103,04%	103,24%	103,44%	103,65%	103,85%	104,05%	104,25%	104,45%	104,65%	104,86%	105,06%
2024	99,55%	99,75%	99,95%	100,15%	100,35%	100,55%	100,75%	100,94%	101,14%	101,34%	101,54%	101,74%	101,94%	102,14%	102,34%	102,53%	102,73%	102,93%	103,13%	103,33%
2025	98,45%	98,65%	98,84%	99,04%	99,23%	99,43%	99,63%	99,82%	100,02%	100,22%	100,41%	100,61%	100,81%	101,00%	101,20%	101,40%	101,60%	101,80%	102,00%	102,20%
2026	96,69%	96,88%	97,07%	97,27%	97,46%	97,65%	97,84%	98,04%	98,23%	98,42%	98,62%	98,81%	99,00%	99,20%	99,39%	99,58%	99,77%	99,97%	100,16%	100,36%
Moyenne 1	103,11%	103,32%	103,52%	103,73%	103,94%	104,14%	104,35%	104,55%	104,76%	104,97%	105,17%	105,38%	105,58%	105,79%	105,99%	106,20%	106,41%	106,61%	106,82%	107,03%
Scénario 2																				
2021	102,98%	103,19%	103,39%	103,60%	103,80%	104,00%	104,20%	104,42%	104,63%	104,83%	105,04%	105,24%	105,45%	105,65%	105,85%	106,06%	106,27%	106,47%	106,68%	106,88%
2022	102,84%	103,04%	103,24%	103,44%	103,64%	103,84%	104,04%	104,24%	104,44%	104,64%	104,84%	105,04%	105,24%	105,44%	105,64%	105,84%	106,04%	106,24%	106,44%	106,64%
2023	101,09%	101,29%	101,49%	101,69%	101,89%	102,09%	102,29%	102,49%	102,69%	102,89%	103,09%	103,29%	103,49%	103,69%	103,89%	104,09%	104,29%	104,49%	104,69%	104,89%
2024	99,42%	99,62%	99,82%	100,02%	100,22%	100,42%	100,62%	100,82%	101,02%	101,22%	101,42%	101,62%	101,82%	102,02%	102,22%	102,42%	102,62%	102,82%	103,02%	103,22%
2025	98,14%	98,34%	98,54%	98,74%	98,94%	99,14%	99,34%	99,54%	99,74%	99,94%	100,14%	100,34%	100,54%	100,74%	100,94%	101,14%	101,34%	101,54%	101,74%	101,94%
2026	96,85%	97,04%	97,23%	97,43%	97,62%	97,82%	98,01%	98,20%	98,39%	98,59%	98,78%	98,97%	99,17%	99,36%	99,55%	99,75%	99,94%	100,14%	100,33%	100,53%
Moyenne 2	100,33%	100,53%	100,73%	100,93%	101,13%	101,33%	101,53%	101,73%	101,93%	102,13%	102,33%	102,54%	102,74%	102,94%	103,14%	103,34%	103,54%	103,74%	103,94%	104,14%
Moyenne 2	100,37%	100,58%	100,78%	100,98%	101,18%	101,38%	101,58%	101,78%	101,98%	102,18%	102,38%	102,58%	102,78%	102,98%	103,18%	103,38%	103,58%	103,78%	103,98%	104,18%

FIGURE A.9: Résultats du test de sensibilité : haut de gamme