



Etude et projection d'un régime de santé au premier euro pour les expatriés

Emmanuelle GAUD

Mémoire d'actuaire

15 Mai 2018



Résumé

Mots clés : *Organisme assureur, santé à l'international, expatriés, transposition, Sécurité sociale, projections, construction de lois, arbres de régression*

Ce mémoire se divise en deux grandes parties indépendantes, traitant de problématiques différentes, mais ayant toutes deux un objectif opérationnel essentiel pour l'organisme assureur dont les données proviennent.

Cet organisme assureur a la particularité de ne proposer une couverture Santé qu'aux Français expatriés, afin que ces derniers puissent bénéficier d'une couverture équivalente au régime général de la Sécurité sociale en France.

La première partie répond à un enjeu de ré-aménagement d'un barème de remboursement pour le poste hospitalisation dans un premier temps. Celui-ci est actuellement basé sur celui de la Sécurité sociale. L'objectif est de passer d'un barème jugé trop complexe du fait du nombre important de bases de remboursement existantes, à une prise en charge en fonction des frais réels. Le souhait de l'organisme est de mettre en place différentes zones en fonction du coût des soins et que chaque zone ait alors son propre taux de prise en charge, en conservant sa charge actuelle : le résultat ne doit pas être impacté par ce changement. Des méthodes de classification, en particulier l'analyse en composantes principales, et des vérifications de modèles par séries temporelles seront utilisées dans cette partie afin d'obtenir le découpage et les taux de prises en charge demandés par l'organisme.

La seconde partie, indépendante de la première, a pour objectif la projection du résultat de l'organisme assureur sur une période de dix ans, en intégrant au modèle des estimations d'évolution de tendances de souscription. Pour ce faire, plusieurs étapes sont nécessaires. L'évolution démographique du portefeuille doit être modélisée par plusieurs lois permettant de faire entrer, sortir ou changer de catégorie les différents profils d'adhérents que compte l'organisme assureur, en se basant sur trois années d'observation. Afin d'obtenir des lois plus robustes et donc plus fiables, les différents profils d'assurés sont regroupés en fonction de leurs caractéristiques à l'aide d'une étude basée sur les arbres de régression. Enfin, différents paramètres de l'étude seront modifiés afin d'en mesurer la sensibilité et voir quel impact ils ont sur le résultat. Cela permet aussi de mettre en avant le fait qu'il est très difficile de calibrer des paramètres sur une durée de projection aussi longue au regard de l'historique disponible, puisque ces derniers peuvent évoluer et avoir une influence importante à long-terme.

Abstract

Key words : *Health care insurer, international health care, expatriate, transposition, Social Security, projections, distribution build, regression trees*

This memoir is structured into two independent parts, dealing with different issues. Both parts have an operational purpose for the health care insurer with whom we have worked closely.

The distinguishing feature of this health care insurance company is the fact that they only propose a health care insurance to French expatriates, in order to allow these people to benefit from the same cover than the general social Security system in France.

The first part meets one of the major challenges facing the company, which is the restructuration of the reimbursement scale for the hospitalisation item. Today, this one is based on the pricing model of the social Security. The target is to adapt a complex reimbursement scale, due to a broad number of basis of reimbursement, to bear the compensation according to real expenses. The insurer wishes to set up different areas, according to their medical treatment real costs. Each area would have its own reimbursement rate, conserving the current charge : the insurer accounting result must not be impacted by the change. Classification methods, in particular the principle component analysis method, and model audit using time series tools will be used too in this part in order to obtain the breakdown and reimbursement rates asked by the insurer.

The second part, which is independent of the first part, aims to the projection of the insurer result over the ten next years, taking into account estimated evolution of underwriting trends. To that end, several steps are needed. The portfolio demographic changes have to be modelled by distributions based on three years of observation. They are used to illustrate new entrances, leaves and internal changes. In order to obtain more reliable distributions, participants profiles are gathered according to their characteristics using regression trees. Finally, different working parameters will be modified in order to quantify how they impact the result of the study. These sensibility tests highlight the fact that it is very difficult to calibrate model parameters over a long period of projection because of the few available data. Indeed, parameters can evolve and affect the study in a long-term perspective.

Synthèse

Ce mémoire répond à des enjeux opérationnels auxquels doivent faire face les organismes assureurs dans le domaine de la santé. Dans le cadre de cette étude, deux problématiques sont mises en avant : d'une part, une restructuration du barème de prise en charge des soins, appliquée au poste Hospitalisation ; et d'autre part, une projection des résultats de l'organisme assureur en tenant compte de l'évolution démographique probable de son portefeuille.

Les données utilisées pour ces études sont extraites de l'historique d'un organisme assureur en santé, dont la particularité est de couvrir uniquement les Français expatriés. Cette entité leur propose une protection sociale équivalente à celle du régime général de la Sécurité sociale en France.

- La première problématique abordée au cours de ce mémoire est l'accompagnement de l'organisme assureur dans la refonte de son barème de prise en charge des soins hospitaliers de ses adhérents. En effet, proposant la même couverture santé à l'étranger que la Sécurité sociale en France, les bases de remboursement sont identiques, c'est-à-dire nombreuses et complexes. Cette multitude de bases distinctes complique fortement la prise en charge et le remboursement de la part de l'organisme, en engendrant un traitement chronophage des demandes.

Afin de simplifier la gestion des remboursements, l'idée est alors de prendre en charge une part proportionnelle au coût réel des soins prodigués. Un simple pourcentage serait alors à appliquer à la facture reçue pour connaître le montant du remboursement. La complexité de ce remaniement de barème est portée par le risque de dépassement d'honoraire, bien présent dans certaines parties du globe. En effet, l'organisme assureur n'aura plus de protection contre les médecins pratiquant des tarifs prohibitifs, puisque le coût du soin ne sera plus rapporté à un pourcentage de la base de remboursement y afférent mais bien au coût lui-même. Suite à cela, le projet est de former des zones géographiques présentant une homogénéité dans les dépassements d'honoraires pratiqués, afin d'appliquer des taux de prise en charge différents.

Pour juger de l'homogénéité des zones suivant ce critère de dépassement d'honoraire des praticiens, des méthodes de classification ainsi qu'une analyse en composantes principales sont utilisées sur les pays regroupant le plus de données en termes de nombre d'actes et de montants de prestation et conduisent à l'obtention de cinq groupes de pays. Une fois ces groupes définis, les pays présentant moins d'information disponible sont rattachés à ces groupes suivant le critère de minimisation de la distance au centre de gravité de la zone.

Lorsque les groupes définitifs sont formés, des taux bruts de prise en charge sont établis suivant le ratio *somme des remboursements* sur *somme des frais réels*, mais il convient d'y soustraire une marge de sécurité, ayant pour objectif de protéger le résultat de l'organisme. En effet, ce dernier sera désormais très sensible à l'inflation médicale dans le monde.

Afin d'attirer l'attention de l'assureur sur ce risque, des séries temporelles ont été utilisées pour prévoir l'évolution du coût des soins. En dépit du faible historique - composé de trois années d'observation -, une tendance et une saisonnalité du coût réel des soins ont été déterminées. Pour cela, le nombre de soins ainsi que le coût réel moyen d'un acte ont fait l'objet de deux études distinctes avant d'être rapprochés. Cette étude conduit à montrer que la zone où les soins sont les plus onéreux est aussi celle qui subit la plus forte inflation médicale, du moins au regard des données disponibles. Il convient par conséquent d'être d'autant plus prudent sur la détermination du taux de prise en charge dans cette zone, et de revoir ce taux régulièrement. Cela montre l'une des limites de cette étude.

Les différentes étapes énoncées sont reprises dans le schéma ci-après, permettant de suivre le déroulement du mémoire en appréhendant les différents obstacles auxquels l'étude a été confrontée.

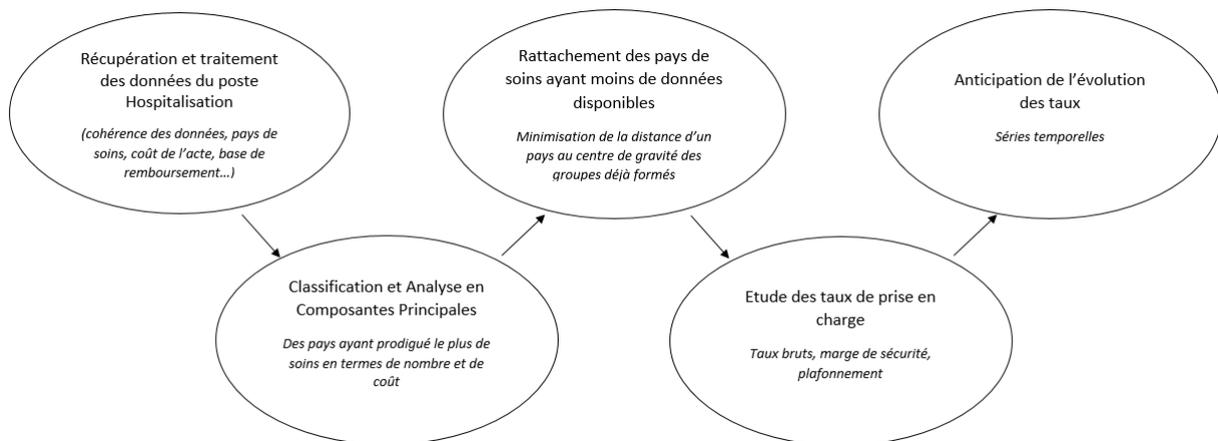


FIGURE 1 – Évolution du raisonnement pour la transposition du barème de prise en charge

- Le second axe de l'étude, indépendant du premier explicité ci-dessus, vise la projection du résultat de l'organisme assureur sur une période de dix ans. Cela prend en considération la refonte du barème des cotisations de l'organisme (objet d'une précédente mission non abordée ici), ainsi qu'une politique de communication plus importante, cherchant à augmenter fortement les effectifs. Plusieurs problématiques sont alors sous-jacentes à cet objectif.

1. Présentation du portefeuille

Le portefeuille de l'organisme assureur est principalement composé de deux segments : d'une part les assurés dits collectifs, qui adhèrent via leur entreprise, et les assurés dits individuels, qui prennent cette assurance santé à titre personnel. Le barème de cotisation avant l'intervention du cabinet ne tenait pas compte de la situation familiale des adhérents, ce que fait le nouveau barème, ce qui engendre par conséquent des variations relativement fortes pour certains ménages. La refonte de la grille tarifaire n'a touché que le segment des individuels.

2. Changements dans le barème des cotisations

Du fait de la modification des grilles tarifaires de l'organisme, les effectifs présents au 31/12/2016 voient leur cotisation évoluer, et pour certains, augmenter fortement. Une période transitoire a donc été mise en place afin de pallier une hausse trop importante de la cotisation. Les nouveaux adhérents à partir du 01/01/2017 paieront la nouvelle cotisation directement.

Un autre changement dans le barème tarifaire est la prise en compte de l'ancienneté de l'affilié dans le portefeuille, donnant alors droit à un abaissement de la cotisation afin de récompenser sa fidélité. Un recalcul de la prime doit alors être effectué chaque année. De plus, en fonction de leurs revenus, certains adhérents peuvent avoir droit à une cotisation abattue. Enfin, un nouveau produit - le produit France - est créé, visant les assurés qui reviennent en France pour se faire soigner. La cotisation est donc inférieure mais la couverture l'est également puisque les adhérents à cette option ne peuvent être remboursés que pour les soins ayant eu lieu en France.

3. Evolution démographique du portefeuille, et la consommation y afférent

Des lois modélisant l'entrée et la sortie des adhérents sont calibrées sur la base des mouvements de portefeuille des trois années d'observation afin de permettre l'évolution démographique au cours de la période de projection. D'autre part, la consommation de chaque profil d'assuré est également modélisée. Afin que ces différentes lois soient érigées de façon robuste et fiable, les différents profils d'adhérents sont regroupés en catégories homogènes à l'aide d'un algorithme utilisant les arbres CART. Une fois établies, ces lois sont lissées en ayant recours à la méthode de Whittaker-Henderson, puis des tests sont effectués afin de valider la cohérence du lissage. Enfin, une loi de mobilité interne est mise au point afin de modéliser les changements de situation familiale ou professionnelle possibles.

4. Projection du résultat à isoparamètres

Lorsque les lois citées précédemment sont validées, il suffit de faire évoluer d'une part le stock des adhérents déjà présents au 31/12/2016, et d'autre part de faire entrer des nouveaux affiliés chaque année puis de les faire évoluer dans le portefeuille en tant que nouveau stock. Plusieurs vérifications sont effectuées, notamment la cohérence entre l'évolution du stock d'effectif et l'évolution des nouveaux entrants. Cette étape est indispensable pour valider le modèle mis au point, avant d'en faire varier les différents paramètres.

5. Sensibilité du résultat à différents paramètres

Cette partie permet d'une part de mesurer les impacts des différents paramètres choisis sur le résultat de l'organisme assureur afin de prévenir ce dernier des conséquences potentielles si les hypothèses retenues se révèlent non adaptées à la réalité des comportements, mais aussi d'apprécier les influences des différents scénarios souhaités par l'organisme. Cette partie permet de mettre en avant les limites d'une telle étude, en particulier lorsque l'historique d'observation est limité au regard de la durée de projection souhaitée.

Dans ce dernier pan, l'impact du plafonnement des cotisations durant la période transitoire est mesuré, ainsi que l'évolution de la catégorie bénéficiant d'une cotisation plus faible. A la demande de l'organisme, une augmentation du nombre de nouvelles adhésions a également été modélisée. En effet, l'organisme a défini un objectif de souscription plus important motivé par une nouvelle communication et un barème plus adapté et progressif. Enfin, différentes sensibilités sur le niveau des prestations sont étudiées, notamment sur les courbes de consommation mises au point pour les adhérents ayant opté pour le produit France et sur la possibilité d'une hausse plus importante de l'inflation médicale par rapport à l'inflation, donc à l'augmentation des cotisations. Pour chaque paramètre étudié, les ratios P/C des différents profils d'assurés sont étudiés afin de comprendre les mécanismes de gains et pertes de l'organisme.

Cela permet entre autre de cibler plus précisément le type d'adhérents permettant d'augmenter la rentabilité du portefeuille, ou de mettre en exergue les points de vigilance à apporter quant à l'évolution du barème de cotisation.

Les différents points énoncés ci-dessus sont repris dans le schéma suivant afin d'illustrer les étapes importantes de la démarche entreprise.

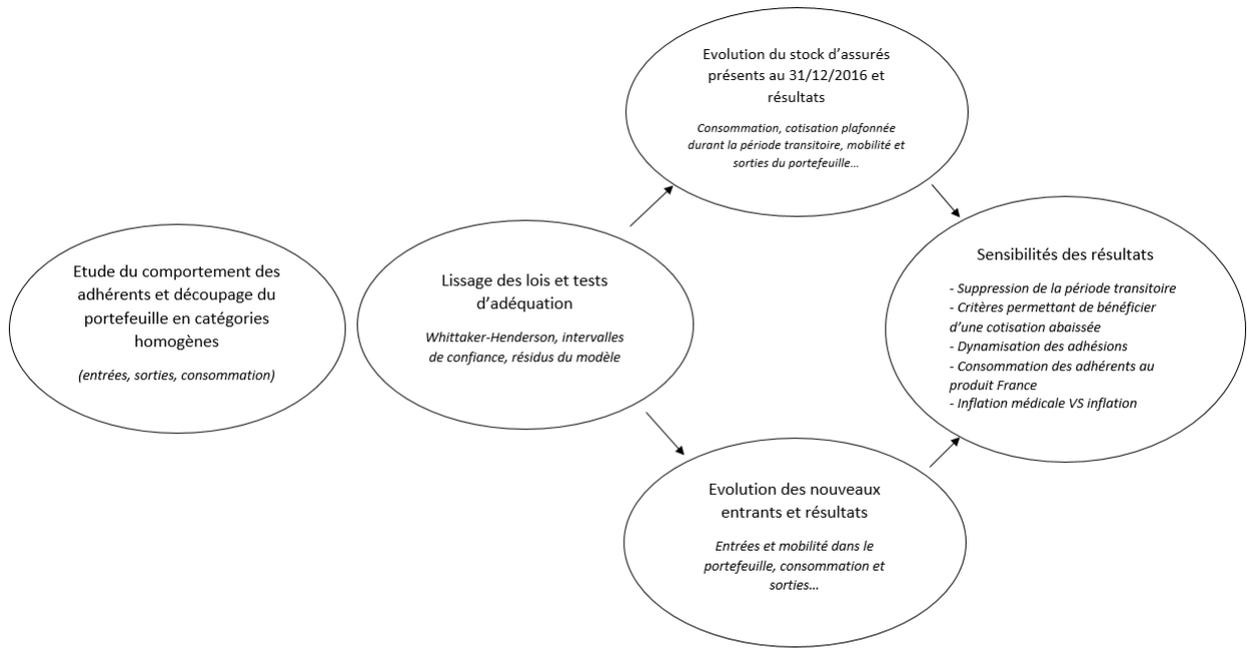


FIGURE 2 – Processus de projection des résultats

Remerciements

Je tiens à remercier l'équipe entière du cabinet SPAC Actuaires, qui m'a tout d'abord accueillie avec une bonne humeur à toute épreuve, et qui m'a permis de rédiger ce mémoire dans des conditions privilégiées.

Merci à vous en particulier, Louis et Xavier, pour le temps que vous m'avez consacré, pour vos explications sur de nombreux sujets, vos connaissances dont vous m'avez fait profiter, pour vos idées, vos lectures et relectures ainsi que vos propositions, toujours nombreuses et pleines d'intérêt, mais aussi et surtout pour votre patience et votre gentillesse.

Brigitte, je t'adresse également un grand merci. Tout d'abord pour m'avoir faite entrer dans ce cabinet, dans cette famille, dans ces bureaux dans lesquels gravite une atmosphère joyeuse et pleine de vie. Ensuite pour m'avoir donné le temps nécessaire à la rédaction de ce mémoire ; et enfin pour l'aide et les commentaires que tu m'as apportés en le relisant.

Je n'oublie pas dans cette aventure mon tuteur académique, Didier RULLIERE, pour l'ensemble de ses remarques constructives et sa réactivité lorsque je le sollicitais.

J'adresse pour finir mes derniers remerciements, mais non des moindres, à tous ceux qui ont été présents lors de cette année de rédaction, et particulièrement à toi, Jean, que ce soit pour relire mes travaux ou au contraire ne plus m'y faire penser : merci à toi de m'avoir attendue souvent, supportée parfois, soutenue toujours.

Table des matières

1	Introduction	1
2	Contexte et enjeu	3
2.1	La santé en France et dans le Monde	3
2.1.1	La santé en France	3
2.1.2	La santé dans le Monde	4
2.2	Et pour les Français à l'étranger?	5
2.2.1	Différentes appellations	5
2.2.2	Couvertures existantes	6
2.3	Contexte de ce mémoire	8
2.3.1	Objectifs	8
2.3.2	Hypothèses	9
2.3.3	Résultats attendus	11
3	Présentation des données	12
3.1	Les données brutes	12
3.1.1	Les effectifs	12
3.1.2	Les cotisations	13
3.1.3	Les prestations	14
3.2	Travail préliminaire	15
3.3	Qualité des données	16
4	Transposition du barème de prise en charge du poste hospitalisation	17
4.1	Objectif	17
4.2	Classification	18
4.2.1	Démarche	18
4.2.2	Analyse en Composantes Principales	19
4.2.3	Détermination du nombre de classes	20
4.2.4	Résultats	23
4.3	Détermination des taux de prise en charge par zones	26

4.3.1	Taux bruts	26
4.3.2	Taux avec marge de sécurité et plafonnement	26
4.3.3	Prédiction à l'aide de séries temporelles	29
4.4	Adaptation de la méthode au poste pharmacie	38
4.4.1	Regroupement des pays par taux de prise en charge	38
4.4.2	Utilisation du poste Hospitalisation	40
4.4.3	Regroupement des pays par répartition des frais réels	41
5	Constructions des lois	44
5.1	Objectifs	44
5.1.1	Les entrées	44
5.1.2	Les sorties	45
5.1.3	La consommation moyenne	45
5.2	Création de groupes homogènes	46
5.2.1	Théorie des arbres CART et forêts aléatoires	46
5.2.2	Application aux lois de sortie	47
5.2.3	Application à la consommation moyenne	50
5.3	Lissage de Whittaker Henderson	53
5.3.1	Théorie du lissage	53
5.3.2	Méthodes de validation du lissage	55
5.4	Résultats	57
5.4.1	Lois d'entrée	57
5.4.2	Lois de sortie	60
5.4.3	Consommation	62
6	Projection du résultat de l'organisme assureur	66
6.1	Objectifs et méthode de projection	66
6.1.1	Objectifs et démarche des projections	66
6.1.2	Projection des effectifs présents au 31/12/2016	67
6.1.3	Projection des nouveaux entrants	68
6.2	Résultats préliminaires	70
6.2.1	Evolution des effectifs	71
6.2.2	Résultats pour les effectifs présents au 31/12/2016	72
6.2.3	Résultats pour les nouvelles entrées	74
6.2.4	Résultats globaux	75
6.3	Scénarios, sensibilités et impacts	76

6.3.1	Plafonnement des cotisations	77
6.3.2	Evolution de la catégorie bénéficiant d'une cotisation abattue	78
6.3.3	Dynamisation des entrées	79
6.3.4	Calibrage des courbes de consommation	81
6.3.5	Différentiel d'inflation entre les prestations et les cotisations	82
6.3.6	Conclusion	83

7	Annexes	85
----------	----------------	-----------

Chapitre 1

Introduction

La protection sociale en France est un droit auquel les Français sont particulièrement attachés. Cette appellation désigne l'ensemble des mécanismes qui permettent aux individus de faire face aux conséquences financières liées aux risques sociaux.

Cette protection sociale est développée de façon très hétérogène dans tous les pays du monde. Les Français qui font le choix de partir vivre à l'étranger, temporairement ou de manière plus durable, peuvent être surpris par cette différence d'assistance par l'Etat d'expatriation, en particulier en matière de santé. Ce fait est d'autant plus avéré que le véritable coût des soins en France est souvent masqué, suite aux remboursements de la Sécurité sociale et du tiers payant, notamment en pharmacie, où l'assuré n'a pas à avancer tout ou partie des frais. Il convient donc de trouver des solutions appropriées et adaptées à chaque pays en fonction du niveau du coût des soins et de la prise en charge proposée en premier pilier par l'Etat, afin d'éviter les mauvaises surprises.

Notre étude est ciblée sur le coût des soins à l'étranger pour les Français expatriés. Il apparaît que les frais de santé sont souvent plus élevés que le coût de la vie dans le pays d'accueil : par exemple, il est possible que les soins dans les pays pauvres soient fictivement augmentés pour les étrangers, afin de pouvoir proposer des tarifs plus abordables pour la population locale, souvent moins fortunée. En outre, afin de simplifier la compréhension des échanges, les expatriés peuvent préférer une clinique privée où les médecins parlent français ou anglais, mais les soins y sont souvent plus onéreux.

Ce mémoire sera articulé en plusieurs sections, composant deux pans indépendants. Dans un premier temps, les objectifs et enjeux du travail, réalisé dans le cadre d'une mission de conseil et d'accompagnement pour le compte d'un organisme assureur, seront explicités. Les mécanismes de prise en charge des frais de santé à destination des expatriés y seront développés. La qualité et la fiabilité des données fournies seront étudiées lors d'un second chapitre. Par la suite, une étude sera effectuée en utilisant des méthodes d'analyses de données dans le but d'obtenir un regroupement des pays en fonction du montant des frais réels observés. Ce travail servira à établir différentes zones de coût des soins et en déduire des taux de prise en charge en fonction de ces zones. Il n'interviendra que dans le cadre du poste d'hospitalisation. Un modèle permettant d'estimer une projection des frais réels futurs sera mis au point à l'aide de séries temporelles, dans le but de déceler une possible inflation médicale.

D'autre part, le second pan se composera de deux parties, permettant d'aboutir à la projection du résultat de l'assureur. Les différentes lois nécessaires à la projection, comprenant les lois d'entrée et de sortie des effectifs,

ainsi que des courbes de consommation, seront estimées et lissées. Enfin la dernière partie permettra d'obtenir une estimation de l'évolution du ratio des prestations sur cotisations (P/C) grâce à la projection du résultat de l'assureur, passant par la projection des effectifs et l'attribution des cotisations et prestations. Cette section comprendra un certain nombre de sensibilités afin d'estimer les impacts des différents paramètres sur les résultats obtenus, et d'en mesurer ainsi la fiabilité.

Chapitre 2

Contexte et enjeu

2.1 La santé en France et dans le Monde

2.1.1 La santé en France

Créée en 1945, la Sécurité sociale est le pilier de la protection sociale en France et est devenue indispensable dans la vie des Français. Elle prend en charge les branches suivantes : la maladie (qui recouvre les risques maladie, maternité, invalidité, décès), les accidents du travail/maladies professionnelles, la branche famille et la branche vieillesse. Le régime dit général couvre 89% de la population française. Il existent des régimes spéciaux, tels que celui des indépendants, des agents de la SNCF ou encore de la Comédie Française. Ce mémoire porte sur l'équivalence du régime général pour les Français à l'étranger.

L'essentiel des recettes permettant de financer l'Assurance maladie provient des cotisations sociales (48% des recettes totales) et de la contribution sociale généralisée (CSG, 36%). Les taxes sur les assurances complémentaires santé font aussi partie des ressources de Sécurité sociale, notamment avec la Taxe Spéciale sur les Conventions d'Assurance s'élevant à 7% pour les contrats dits responsables et 14% sinon. Cette dernière taxe est destinée à réduire le déficit de la branche Maladie, prévu à 2,6 milliards d'euros en 2017 [4]. En France, l'Assurance Maladie représente un poste très important de la Sécurité sociale, et aussi le poste le plus déficitaire (seul poste déficitaire en prévision 2017 d'après le Ministère de la Santé).

En 2015, la consommation des soins et biens médicaux (CSBM) a été évaluée à 194,6 Md €, représentant 8,9% du PIB [2]. La CSBM est composée des soins hospitaliers et des soins de ville qui concourent au traitement d'une perturbation provisoire de l'état de santé ; les soins dus aux affections longue durée en sont donc exclus. Cela représente une dépense annuelle d'environ 2 930 € par habitant. La CSBM est comptabilisée pour tous les acteurs médicaux : Sécurité sociale (77%), Etat (environ 1,5%), organismes complémentaires (près de 13%) et ménages (8%). La part de prise en charge par la Sécurité sociale s'est considérablement développée de sa création jusqu'au milieu des années 80, notamment du fait de la montée en charge du système de soins [6]. A partir de 1985, la progression des dépenses de santé est nettement ralentie en raison des mesures d'économie telles que la limitation du ticket modérateur (plan Seguin : les exonérations pour cause d'affection longue durée sont limitées à cette seule affection) et le déremboursement de certains médicaments. La première loi de financement de la Sécurité sociale est rédigée pour l'année 1997 et fixe pour la première fois des objectifs de dépense nationale (création de l'ONDAM).

La législation en matière de santé et de sécurité sociale est en perpétuelle évolution. La PUMA (Protection Universelle Maladie), mise en application depuis le 1^{er} Janvier 2016, remplace la CMU (Couverture Maladie Universelle) de base, en place depuis 1999. L'objectif de cette transition est de garantir la continuité de la protection sociale des Français lors de changement de situation familiale ou professionnelle en facilitant les démarches administratives. La nouveauté de cette réforme est la suppression du statut d'ayant droit majeur (enfant majeur ou conjoint).

2.1.2 La santé dans le Monde

Une étude sortie en mai 2017 propose un classement des pays suivant l'indice HAQ (Healthcare Access and Quality), basé sur les taux de mortalité de 32 maladies pour lesquelles les décès peuvent en théorie être évités, sous condition d'un accès rapide à des soins efficaces¹. Les pays sont notés de 0 à 100, 100 étant la meilleure note. La France est placée 15^e avec une note de 88, sur les 195 pays étudiés [9].

Voici la carte montrant les résultats de l'étude :

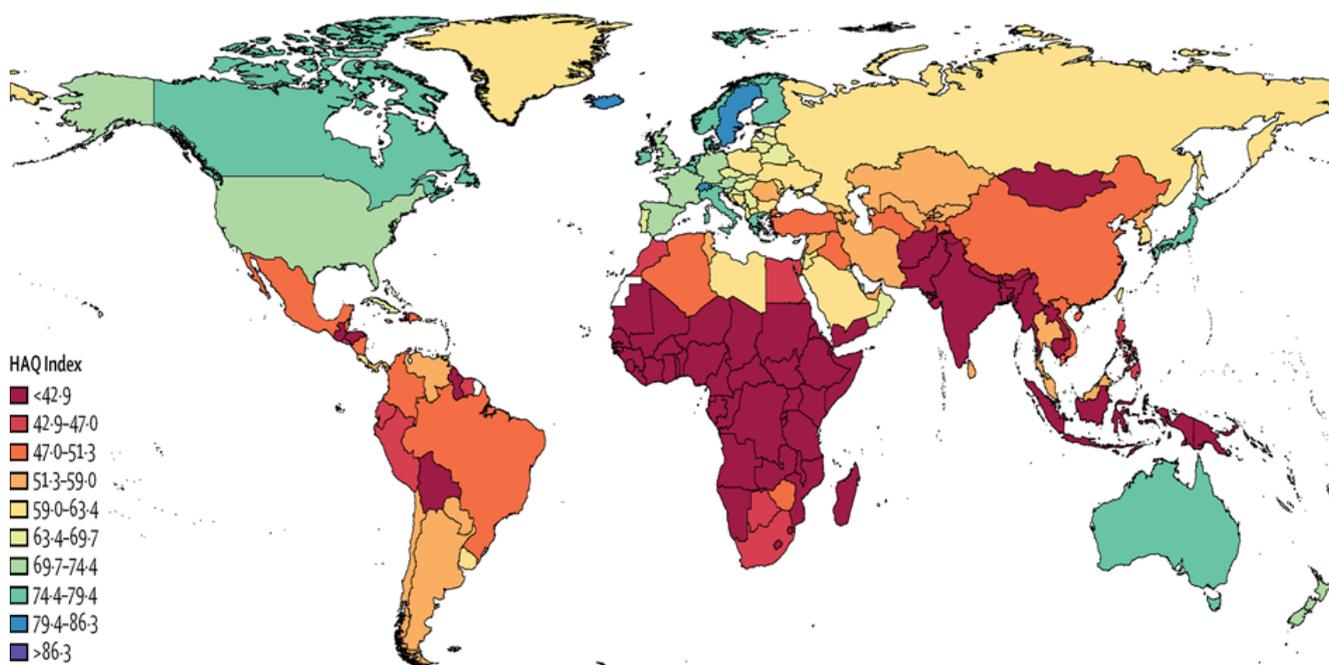


FIGURE 2.1 – Carte des indices HAQ

Un extrait du tableau représentant les résultats des différents pays est disponible en annexe.

Cette étude montre par exemple que les Etats-Unis ne figurent pas en bonne position dans ce classement (35^e avec une note de 81), étant donné leur niveau de développement. Cela est dû à la difficulté d'avoir rapidement accès à des soins de qualité, au vu de leur coût. Une assurance santé est donc nécessaire lors d'une expatriation dans les pays ayant les mêmes caractéristiques.

D'autre part, l'étude illustre les disparités entre les pays, qui se sont creusées entre 1990 et 2015². Ainsi,

1. Ces maladies sont par exemple la tuberculose, le cancer du sein, la leucémie, ainsi que certaines maladies cardiovasculaires...
 2. Historique sur lequel est basée l'étude.

pour partir à l'étranger, il faut savoir que dans certains pays, notamment en Afrique, l'accès aux soins est bien plus réduit qu'en France, et par extension, leur qualité.

Ces inégalités d'accès aux soins sont aussi visibles dans les bases de données de l'Organisation Mondiale de la Santé, qui propose un document contenant la densité de praticiens par tranche de 1000 habitants pour différentes spécialités, pour 193 pays [11]. Parmi les pays où l'offre de soins est la moins développée, sont présents surtout des pays d'Afrique, ce qui corrobore les résultats de l'étude montrée plus haut.

2.2 Et pour les Français à l'étranger ?

D'après le Ministère des Affaires Étrangères, 1 782 188 Français étaient inscrits au registre des Français tenu par les consulats au 31 décembre 2016. Toutefois, le nombre de Français à l'étranger est estimé entre 2 et 2,5 millions. La moitié des expatriés ont entre 25 et 60 ans, il s'agit donc d'une population active. Les retraités représentent environ 15% des expatriations. Une fois à l'étranger, ces expatriés ne peuvent en général plus prétendre à la Sécurité sociale³ et se retrouvent ainsi avec une protection amoindrie. Différentes solutions sont possibles, comme par exemple souscrire à une assurance individuelle.

Les Français de l'étranger sont en règle générale plus responsables et plus économes en matière de santé que les Français de métropole. Cela vient du fait que pour la plupart, ils vivent dans des pays où la protection sociale est inférieure à celle fournie en France[3]. Suivant ce constat, le Sénat a accepté que les Français de l'étranger puissent déroger à la loi du 13 août 2004, concernant notamment l'obligation d'avoir un médecin traitant, ainsi que la participation forfaitaire due par les assurés⁴. Cette décision est aussi la conséquence d'une impossibilité pratique d'imposer un médecin traitant vis-à-vis des médecins étrangers.

Il est possible de rester bénéficiaire de la Sécurité sociale française sous certaines conditions. En effet, il existe différentes dénominations pour qualifier les départs à l'étranger, en fonction de la nature de la situation.

2.2.1 Différentes appellations

Les principaux statuts lors de départ à l'étranger sont "détaché" ou "expatrié".

Un travailleur détaché peut rester affilié à la Sécurité sociale. Un français entre dans ce cadre s'il respecte les conditions suivantes[1] :

- ▶ Il a été recruté et perçoit un salaire en France,
- ▶ son employeur a son siège social en France,
- ▶ la période à l'étranger a une durée déterminée (inférieure à 2 ans en Europe, et de manière générale inférieure à 3 ans),
- ▶ il paie des cotisations sociales en France.

Par exemple, s'il réside dans l'Union Européenne, un travailleur détaché restera affilié à l'Assurance maladie et n'aura pas besoin d'adhérer à un autre régime ou de prendre une assurance spécifique⁵. Il pourra notamment

3. Les expatriés qui ne sont plus censés être couverts par la Sécurité sociale doivent détruire leur carte vitale. Évidemment, ceux qui suivent réellement cette indication sont peu nombreux, souvent par manque d'information.

4. Notamment 1 € pour une consultation, 0,50 € par médicament, dans la limite de 50 € par an.

5. Sauf une assurance complémentaire comme il le ferait s'il restait en France.

obtenir la Carte Européenne d'Assurance Maladie.

Un travailleur expatrié, à l'inverse, a un poste à l'étranger dont les conditions ne lui permettent pas d'être détaché, ou son contrat a une durée supérieure à celles mentionnées ci-dessus, ou il a été embauché par une entreprise étrangère ou une filiale étrangère d'une société française. A noter qu'en cas d'expatriation, il faut s'affilier au régime local du pays d'accueil choisi, et l'expatrié quitte alors le cadre administratif français. Certains pays imposent en effet une affiliation à leur système de santé (par exemple en prélevant un impôt), et les expatriés sont alors couverts selon les règles du pays d'accueil. Il faut toutefois rester attentif au fait que les soins dans certains pays sont bien plus onéreux qu'en France et la prise en charge peut être faible en comparaison, laissant un reste à charge important. Dans le cas où le pays d'accueil propose une couverture similaire à celle de la Sécurité sociale française, il peut être possible de se passer de complémentaire santé, mais dans nombre de pays, le système ne propose pas d'assurance maladie, et une couverture au premier euro devient nécessaire.

Les retraités expatriés représentent un cas particulier : en effet, ils sont exonérés des taxes CSG et CRDS si leur domicile fiscal se situe à l'étranger, mais continuent à payer la cotisation maladie sur les régimes de base et complémentaire. Il convient de noter que cette cotisation maladie a été progressivement basculée vers la CSG⁶ pour les retraités restés en France, ainsi les expatriés sont les seuls à payer cette cotisation. Ce prélèvement est issu de la loi Boulin de 1980 afin de financer, déjà à l'époque, l'équilibre de la Sécurité sociale. Cette cotisation payée leur permet de conserver leurs droits au remboursement de frais de santé en France et nombre d'entre eux rentrent se faire soigner lors de soins programmés.

2.2.2 Couvertures existantes

Différentes possibilités de couverture pour les Français à l'étranger sont disponibles. De nombreux assureurs proposent une couverture complémentaire ou "au premier euro", au choix de l'assuré en fonction de son pays de séjour. Il est également courant de souscrire une assurance rapatriement afin de pouvoir se faire soigner en France en cas de problème majeur.

Il existe un organisme assureur, qui est au cœur de l'étude de ce mémoire, qui présente la particularité d'avoir pour vocation d'offrir aux Français de l'étranger la même protection sociale qu'en France. Cet organisme est régi par l'Etat. C'est un organisme privé chargé d'un service public, dont le financement est autonome. Il propose une couverture au premier euro, et assure la continuité des droits lors du retour en France⁷. Il permet aussi la validation des trimestres cotisés et les cotisations sont portées au compte pour l'établissement des droits à la retraite. Pour y adhérer, il faut être de nationalité française ou ressortissant de l'Union Européenne précédemment affilié au régime de la Sécurité sociale français, et résider à l'étranger⁸. Comme en France, il est conseillé de prendre une assurance complémentaire puisque les remboursements au niveau du barème de la Sécurité sociale sont parfois insuffisants, et il est important de se renseigner et s'adapter au niveau médical de son pays d'accueil afin d'éviter les déconvenues.

Il est possible que les pays signent des accords, appelés conventions bilatérales de Sécurité sociale, permettant de coordonner les législations de Sécurité sociale entre les deux Etats afin de garantir les droits sociaux des personnes en mobilité transnationale. La France a signé 39 conventions internationales de Sécurité sociale dont

6. Ce basculement a été amorcé en 1998 avec la loi de financement de la Sécurité sociale.

7. A leur retour en France, les expatriés s'étant couverts auprès de cet organisme voient leurs droits à la Sécurité sociale réouverts immédiatement.

8. Les frontaliers sont exclus.

la portée reste très inégale, car les conventions signées sont extrêmement diverses : le risque maladie n'est pas mentionné dans neuf conventions, et lorsqu'il l'est, il existe d'importantes variations de prise en charge. Le niveau de protection accordé dépend en premier lieu du statut de l'affilié : les conventions internationales s'appliquent en priorité au travailleur et à ses ayants droit, et ne mentionnent que rarement les pensionnés et leur famille. Le niveau de protection dépend aussi fortement du pays avec lequel la convention est signée : la convention entre la France et les États-Unis prévoit une protection minimale (uniquement la portabilité des droits pour les prestations invalidité et vieillesse), tandis que celles avec le Maroc ou l'Algérie incluent les prestations maladie, invalidité, vieillesse...[3]

Les conventions bilatérales de Sécurité sociale offrent une protection très hétérogène aux expatriés, particulièrement pour le risque maladie, et une adhésion auprès de l'organisme assureur étudié complète utilement le système de convention internationale, bien que cela ne permette pas de se substituer à une adhésion au régime local. En effet, l'intérêt d'une adhésion dans les pays avec lesquels la France n'a pas signé de convention est incontestable, car cela permet de ne pas se voir imposer un délai de carence souvent en vigueur lors d'affiliation au régime local du pays d'accueil [10].

Cas particulier de l'Europe

Le système de coordination européen offre des garanties de couverture pour les soins reçus dans l'État d'expatriation (qui devient, dans le cadre des conventions, l'État d'affiliation de l'assuré) ainsi que pour les soins reçus à l'occasion de courts séjours en France. Pour les soins dans le pays d'expatriation, les personnes sont assurées dans les mêmes conditions que les ressortissants de cet État. Les pays les plus attractifs pour les expatriés ayant un système de soins semblable au système de soins français, prendre une couverture au premier euro n'est pas très utile puisque les restes à charge après remboursement du régime de base sont très proches de ceux constatés en France. Pour les soins reçus en France, qui est donc un État étranger au regard de l'État d'affiliation de l'assuré, les règlements de coordination permettent une prise en charge des soins exposés à l'étranger selon les conditions du pays où les soins ont été réalisés, que ces soins soient inopinés ou programmés (sous condition d'autorisation). Les patients seront donc pris en charge par le régime de la Sécurité sociale de leur État d'expatriation, mais selon les conditions de remboursement de la Sécurité sociale française.

Les étudiants et les pensionnés, qui peuvent rester affiliés au régime de Sécurité sociale français, sont particulièrement protégés par les règlements européens. Les étudiants résidant moins d'un an dans un autre pays de l'EEE-Suisse⁹, qui demeurent affiliés au régime général de la Sécurité sociale français, se voient délivrer gratuitement la carte européenne d'assurance maladie. Dans ce cas, les dépenses de santé dans le pays de résidence étranger seront prises en charge dans les mêmes conditions que celles du régime local, sans que l'étudiant ait à cotiser. Les soins de santé réalisés en France seront pris en charge dans les mêmes conditions que celles du régime général. Ces notions restent toutefois peu connues des assurés, qui souscrivent souvent à une double protection.

Le règlement de 2004 a également introduit un système de coordination spécifique pour les pensionnés. Les pensionnés d'un régime obligatoire français continuent à cotiser pour le risque maladie par le biais de la contribution sociale généralisée (CSG) pour les résidents en France ou de la Cotisation d'assurance maladie (Cotam) pour les non résidents en France. Le système de coordination prévoit que la France prenne en charge les soins de santé en France des Français titulaires d'une pension d'un régime obligatoire français, ainsi que

9. La circulaire DSS/DACI/2010/363 précise les relations avec la Suisse.

les soins réalisés à l'étranger, sur la base de la réglementation applicable dans leur état de résidence. Les soins exposés à l'étranger sont pris en charge soit par un remboursement des dépenses sur la base des frais réels, soit par le paiement d'un forfait¹⁰ à l'état de résidence (qui est bien défini ici comme l'état d'expatriation).

2.3 Contexte de ce mémoire

2.3.1 Objectifs

Ce mémoire a deux objectifs distincts et indépendants.

D'une part, un organisme assureur, proposant aux français expatriés une couverture santé "au premier euro", a souhaité réviser sa grille de remboursement dans le but d'en améliorer la lecture, et aussi d'en simplifier la gestion. Cette remodulation de prise en charge n'aura lieu dans un premier temps que pour le poste hospitalisation, afin d'en mesurer les effets.

D'autre part, ce même organisme a décidé de créer un nouveau produit, appelé *produit France* à destination du segment individuel du portefeuille¹¹, proposant aux adhérents ne souhaitant se faire soigner qu'en France de payer une cotisation moindre. Les adhérents qui choisissent de rester couverts dans le monde entier souscrivent au *produit Monde*, le produit de base déjà existant. Tous les travaux effectués par la suite se fondent uniquement sur le secteur individuel, puisque le secteur collectif ne connaît que très peu de changements.

De plus, afin de fidéliser les adhérents, l'organisme a souhaité mettre en place un rabais de la cotisation en fonction de l'ancienneté pour les adhérents âgés de 30 ans à 60 ans, avec un taux multiplicatif de $F\%$ par année d'ancienneté. Cette baisse de cotisation pour fidélité n'est pas possible pour les adhérents en collectif. En effet, lorsqu'un assuré souscrit par le biais de son entreprise, il profite déjà d'un taux négocié (la prime appelée est dégressive avec la taille de l'entreprise). Ce système de fidélisation débutera pour tous à compter de la première année de mise en place¹². Pour les adhérents de moins de 30 ans, l'ancienneté commence à être comptabilisée mais ne donne droit à une diminution de la cotisation qu'à partir de leur 30^e anniversaire. Pour les adhérents atteignant l'âge de 60 ans, leur compte fidélité se bloque au niveau atteint : ils ne perdent pas les droits acquis mais ne peuvent plus en acquérir. Cette fidélisation peut être comptabilisée au maximum 10 ans, autrement dit le rabais maximal sur la cotisation est de $(1 - F\%)^{10}$ à partir de la onzième année d'adhésion.

Lors d'une précédente mission, qui ne sera pas abordée ici, une refonte du barème tarifaire a été effectuée, dans l'optique de le simplifier. Les principaux changements ont eu lieu notamment pour les contrats individuels¹³ : la tranche de salaire ne sera désormais plus prise en considération (cette information étant difficilement vérifiable) et la cotisation tiendra compte de la situation familiale (passage d'un tarif unique à un tarif Isolé/Famille). Pour les collectifs, le barème change très peu, la cotisation en fonction du niveau de revenu est conservée ainsi que la mutualisation complète entre les isolés et les familles (tarif unique). Les adhérents individuels présents à ce jour auront donc une modification de leur cotisation selon le nouveau barème. Toutefois, afin d'éviter une trop forte hausse des cotisations, une période transitoire sera mise en place, d'une durée de 10 ans, pendant laquelle l'augmentation de la cotisation d'un adhérent sera plafonnée, à hauteur de 5% par an. La cotisation de l'année

10. C'est le cas par exemple pour les pays tels que le Royaume-Uni, l'Espagne, l'Italie...

11. Par opposition au segment collectif.

12. Un adhérent déjà présent depuis quelques années verra tout de même son ancienneté à 0.

13. Les adhérents à ces contrats seront désormais dénommés par l'appellation "les individuels".

$N + x$ sera donc :

$$Cotisation_{N+x}^{age} = \min(AC_{N+x}^{age} * (1 + x * 5\%), NC_{N+x}^{age} * (1 - F\%)^x)$$

avec AC le montant de l'ancienne cotisation, NC le montant de la nouvelle cotisation et N la dernière année avant le changement de barème. Le plafonnement commence donc à $N + 1$. $F\%$ vaut 4% pour le produit Monde et 2,5% pour le produit France.

Remarque : Le plafonnement est en taux simple tandis que la fidélisation est en taux composé.

Un nouvel assuré paiera directement le prix de la nouvelle cotisation.

Enfin, l'organisme assureur voudrait modifier les conditions d'entrée dans la catégorie bénéficiant d'un abattement de cotisation. Cette catégorie permet à ce jour aux adhérents ayant de faibles ressources de ne payer qu'un tiers de leur cotisation et n'est ouverte qu'au seul segment des individuels actifs. Cet abattement matérialise une solidarité entre assurés, permettant aux Français aux revenus modestes résidant à l'étranger de disposer d'une couverture équivalente à celle du régime général. La volonté de l'organisme est d'étendre les conditions d'attribution de cette aide à une plus grande partie du portefeuille, et d'y inclure notamment une partie des retraités¹⁴.

Cet organisme voudrait alors une estimation des impacts que ces changements auraient dans le temps. Il a donc demandé des projections à horizon dix ans - jusqu'à disparition de la période transitoire - des effectifs, et du ratio des prestations sur les cotisations.

Plusieurs hypothèses ainsi que de nombreux paramètres sont à prendre en compte.

2.3.2 Hypothèses

Définition du taux d'adhésion au produit France

N'ayant aucune donnée concernant ce choix, il a été considéré qu'un assuré actuellement couvert allait adhérer au produit France s'il remplissait plusieurs conditions. D'une part, il doit avoir fait plus d'une certaine proportion de ses soins en France, proportion comptabilisée en termes de prestations versées par l'organisme. Afin de prendre en compte les actes d'hospitalisation généralement imprévisibles et lourds en coûts, le poste hospitalisation a été séparé des autres actes. Ainsi, l'adhérent doit avoir fait plus de $x\%$ de ses soins courants en France, ainsi que plus de $y\%$ de ses soins hospitaliers. De plus, il doit avoir effectué moins de m € de ses soins dans le monde, sinon il préférera sans doute garder une couverture lui permettant d'être soigné partout. Enfin, pour tous les adhérents, la cotisation du produit France sera comparée à la nouvelle cotisation plafonnée : si cette dernière est plus faible, alors l'adhérent n'aurait pas d'intérêt à changer de contrat puisqu'il sera moins bien couvert pour une prime plus élevée. D'autre part, si cette dernière condition est respectée, il a été considéré que les adhérents ayant très peu consommé pourraient aussi être tentés par ce nouveau produit : un palier de z € est fixé.

14. Dans l'ancien barème, les retraités étaient différenciés en deux catégories, permettant aux retraités à faibles ressources de payer une cotisation moindre. Cette distinction a disparu avec la mise en place de la nouvelle grille tarifaire.

Un taux moyen d'adhésion à ce produit par pays de séjour a été établi sur les adhérents ayant consommé afin d'être affecté aux adhérents n'ayant pas fait usage de leurs droits durant leur période de couverture (environ 8% des effectifs en 2016). Les nouveaux entrants se verront attribuer un taux d'adhésion au produit France égal au taux moyen d'adhésion hypothétique observé sur les trois années d'étude dans un premier temps, puis un taux d'adhésion majoré du fait de la création du nouveau produit.

Il a été considéré qu'une fois qu'un assuré avait choisi le produit Monde ou le produit France, il n'en changeait pas.

Remarques :

- x , y , m et z sont des paramètres qui ont été discutés avec l'organisme assureur et ont fait l'objet de tests de sensibilité. Dans cette étude, les taux retenus pour x et y valent tous deux 80%, m vaut 300 € et z vaut 200 €.
- Les retraités ont une cotisation particulière. Ils perçoivent une pension du régime de Sécurité sociale français, donc leurs droits à la Sécurité sociale restent ouverts au titre de leurs cotisations passées et de la cotisation maladie prélevée sur leur pension. Ils sont donc automatiquement couverts par l'Assurance maladie en France et rentrent potentiellement se faire soigner lorsqu'ils ont des soins importants à faire. De ce fait, il a été considéré que les retraités ne souhaiteraient pas adhérer au produit France, et le tarif du produit Monde prend cela en considération.

Les lois de mobilité

Trois lois de mobilité sont à estimer : une loi d'entrée, une loi de mobilité interne (notamment pour les changements de situation familiale ou de catégorie socio-professionnelle) et une loi de sortie. Ces lois seront estimées en fonction de l'historique disponible puis lissées à l'aide de la méthode de Whittaker-Henderson. Comme il existe des populations très distinctes (en fonction des catégories socio-professionnelles, du statut familial ou encore du pays de séjour), une séparation de ces populations en catégories homogènes aura lieu en amont à l'aide d'arbres CART de classification. Plusieurs lois seront ainsi obtenues.

Remarque : Le plafonnement des cotisations et la fidélisation auront certainement un impact sur ces lois, mais comme cela n'a pas encore été mis en place, il n'est pas possible de le quantifier. Les lois déterminées grâce à l'historique seront donc conservées. De même, l'ancienneté du contrat, bien que non prise en compte ici, impacte inmanquablement les décisions de sortie.

Les effectifs d'entrée

Dans un premier temps, le nombre d'entrées est égal à l'observé, puis sera adapté au besoin de l'organisme afin d'établir des objectifs de recrutement. Les attentes en termes de nouvelles adhésions de l'établissement seront également prises en considération. En effet, le changement de grille tarifaire ainsi que la création d'un nouveau produit devraient dynamiser le nombre de nouveaux adhérents.

Les lois de consommation

Des lois de consommation moyenne par âge seront à estimer. De nombreux paramètres entrent dans le calibrage des courbes. De la même façon que pour les lois de mobilité, les arbres CART seront utilisés, suivi d'un lissage par Whittaker Henderson.

Une hypothèse sous jacente a été établie selon laquelle les nouveaux arrivants intéressés par le produit France auraient une consommation moindre que celle des adhérents du stock puisque par construction, ces derniers représentent majoritairement des mauvais risques.

A ce stade de l'étude, les projections sont réalisées en euros constants. Une sensibilité au différentiel d'inflation entre cotisations et prestations sera présentée en fin de mémoire.

2.3.3 Résultats attendus

L'objectif est d'estimer, en fonction des données observées, quel sera le nombre d'adhérents dans les prochaines années, ainsi que les ressources et dépenses de l'organisme assureur durant le même laps de temps. L'enjeu final de ces travaux est de pouvoir appuyer les décisions politiques et économiques prises par les dirigeants de cet organisme, notamment en termes de cible d'affiliés dans la communication, ou le calibrage du montant de la cotisation du produit France.

De nombreuses questions sont abordées, en particulier à la fin de ce mémoire, concernant les différents impacts des paramètres sur le résultat de l'organisme. L'enjeu du plafonnement des cotisations durant la période transitoire est notamment étudié, ainsi que le coût du mécanisme de fidélisation à la fin de la montée en charge. D'autre part, la charge de l'organisme assureur vis-à-vis de la catégorie bénéficiant d'une cotisation abaissée est aussi évaluée, en fonction des possibilités d'accès à cette solidarité.

Chapitre 3

Présentation des données

3.1 Les données brutes

Les données fournies correspondent à l'historique de l'organisme de 2014 à 2016. Elles comprennent un ligne à ligne des effectifs présents à la fin de chaque mois, un ligne à ligne des cotisations versées pour la période de couverture de 2014 à 2016 et les prestations payées, il s'agit donc des prestations comptables. L'organisme assureur a également fait parvenir au cabinet les décomptes des prestations du premier semestre 2017 en juillet. Seules les prestations de survenance entre 2014 et 2016 sont conservées. Ces données, reçues tardivement, seront utilisées uniquement dans le cadre du second objectif de l'étude, c'est-à-dire celle de la consommation moyenne.

Plus de 200 pays sont représentés dans les données, soit en pays de séjour, soit en pays de soins (tous les pays de séjour n'ont pas accueilli de soins).

3.1.1 Les effectifs

Le fichier des effectifs reçu comporte 6 723 575 lignes. Il s'agit des images du portefeuille à chaque fin de mois. Dans l'optique de simplifier l'étude, seules les images des 31 décembre de chaque année seront conservées, afin d'étudier la mobilité d'une année à l'autre. Cette méthode ne permet pas de considérer les assurés ayant souscrit après le premier janvier et ayant résilié leur contrat avant le 31 décembre de la même année. Toutefois, un adhérent qui reste très peu de temps consomme de manière générale assez peu, cette simplification ne devrait donc pas, ou très peu, impacter le résultat de l'assureur.

Le portefeuille est constitué de près de 90 000 adhérents par an, pour un total de plus de 180 000 bénéficiaires. Les variables de ce fichier sont :

- La date de l'image (mois correspondant)
- Un identifiant d'adhérent
- Un numéro de contrat
- Les dates de début et fin de validité
- La date de naissance de l'adhérent et son sexe

- Un identifiant de bénéficiaire
- La date de naissance du bénéficiaire et son sexe
- Le type de bénéficiaire (Adhérent ou Ayant droit)
- Le lien de parenté (Enfant ou Conjoint, vide pour un adhérent)
- La catégorie socio-professionnelle de l'adhérent ainsi que sa tranche de salaire
- Si le contrat est collectif
- Le produit auquel l'adhérent a souscrit (Assurance Santé, Retraite, Prévoyance)
- Si l'adhérent fait partie de la catégorie aidée
- Le code et le nom du pays de séjour
- La taille de l'entreprise
- Le numéro de contrat de la société, ainsi que sa raison sociale
- Le numéro de contrat du groupe, ainsi que sa raison sociale
- Le nombre de bénéficiaires

3.1.2 Les cotisations

Le fichier des cotisations reçu comprend 1 670 395 lignes. Pour chaque année, un adhérent apparaît 4 fois puisque la cotisation est due trimestriellement.

Les variables disponibles sont :

- Un identifiant d'adhérent
- Un numéro de contrat
- Les dates de début et fin de validité
- La date de naissance de l'adhérent et son sexe
- La catégorie socio-professionnelle de l'adhérent ainsi que sa tranche de salaire
- Si le contrat est collectif
- Le produit auquel l'adhérent a souscrit (Assurance Santé, Retraite, Prévoyance)
- Si l'adhérent fait partie de la catégorie aidée
- Le code et le nom du pays de séjour
- La taille de l'entreprise
- Le numéro de contrat de la société, ainsi que sa raison sociale
- Le numéro de contrat du groupe, ainsi que sa raison sociale
- Le trimestre de référence pour le paiement de la cotisation
- Le montant reçu de la cotisation

Les barèmes de cotisations sont très différents entre les segments individuel et collectif. La cotisation d'un travailleur salarié adhérent par le biais de son entreprise dépend de sa tranche de salaire et de son âge (seulement trois tranches d'âge), mais pas de sa situation familiale. A l'inverse, avec le nouveau barème de cotisations, la prime d'un adhérent individuel tient compte du nombre d'ayants droit et est segmentée en fonction de davantage de tranches d'âge.

3.1.3 Les prestations

Le fichier des prestations de 2014 à 2016 contient 6 773 073 lignes. Les données reçues en juillet 2017 rajoutent 463 638 observations.

Les variables disponibles sont :

- Un identifiant d'adhérent
- Un numéro de contrat
- Les dates de début et fin de validité
- La date de naissance de l'adhérent et son sexe
- La catégorie socio-professionnelle de l'adhérent ainsi que sa tranche de salaire
- Si le contrat est collectif
- Le produit auquel l'adhérent a souscrit (Assurance Santé, Retraite, Prévoyance)
- Si l'adhérent fait partie de la catégorie aidée
- Les noms des pays de séjour et de soins
- La taille de l'entreprise
- Le numéro de contrat de la société, ainsi que sa raison sociale
- Le numéro de contrat du groupe, ainsi que sa raison sociale
- La date de survenance et la date comptable
- Le type de risque, de prestation et sa nature (Ex : Risque Maladie, prestations Actes de ville, nature Pharmacie)
- Un code acte, que l'on retrouve dans les nomenclatures de l'Assurance Maladie
- Un numéro de séquence¹
- Le montant des frais réels engagés par l'assuré
- Le montant de la base de remboursement correspondant à l'acte pratiqué
- Le montant du remboursement effectué

Ici, seuls les décomptes maladie seront pris en considération, le détail des prestations en espèces (les indemnités journalières en cas d'arrêt de travail) ne fait pas partie du périmètre de l'étude.

1. Ce numéro permet de regrouper les actes présents sur une même facture.

3.2 Travail préliminaire

En raison du très grand nombre de lignes des fichiers fournis, il n'était pas possible de travailler sous Excel. Un autre logiciel, PGADMIN, en langage PostgreSQL (variante du langage SQL) a donc été utilisé pour faire un premier traitement des données. Il a notamment fallu importer les informations contenues dans le fichier des effectifs, telles que la taille de l'entreprise pour les collectifs, les catégories de salaire, ou la variable Isolé / Famille². L'importation de ces informations était d'autant plus difficile que ces dernières pouvaient changer tous les mois.

Il était en effet indispensable que ces informations soient présentes dans les fichiers de prestations et cotisations pour les études menées ci-après, puisque les critères notamment pris en compte pour les sorties, les entrées et la consommation sont :

Les situations professionnelles : elles ont été regroupées en 4 catégories, individuels (travailleurs salariés ou indépendants, affiliés au régime à titre personnel), collectifs (travailleurs salariés affiliés au régime par le biais de leur entreprise), retraités et autres (composés majoritairement des étudiants et des catégories "visa vacances travail"). Ces catégories ont chacune des caractéristiques distinctes, notamment la composition familiale et l'âge moyen.

Les catégories de salaire : les salaires sont classés en trois tranches, les salaires les plus hauts se trouvant dans la catégorie 1. On ne connaît cette information que pour les individuels et les collectifs. Les nouveaux tarifs tiennent encore compte de ces tranches pour les collectifs mais ce n'est plus le cas pour les individuels. Afin de ne pas laisser cette variable vide pour les retraités et les catégories autres, la modalité 0 leur est attribuée.

La taille des entreprises : les entreprises sont regroupées en quatre tailles différentes :

- Moins de 10 salariés : tranche 0
- Entre 10 et 99 salariés : tranche 1
- Entre 100 et 399 salariés : tranche 2
- Plus de 400 salariés : tranche 3

Cette variable ne touche par définition que les collectifs. Afin de ne pas la laisser vide dans l'étude, les autres adhérents se verront attribuer la tranche fictive 4.

Le statut familial : Isolé ou Famille. Par manque de données, la situation professionnelle "Autre" a un statut familial unique, considéré comme isolé, car les familles n'y étaient pas assez représentées³.

2. Cette variable, non fournie à l'origine, a été créée sous le logiciel en fonction du nombre de bénéficiaires pour chaque adhérent dans le fichier des effectifs.

3. Cette catégorie est principalement composée d'étudiants ou de personnes ayant un Visa Vacances Travail, autrement dit c'est une population très jeune, ce qui explique la quasi-inexistence du statut famille.

3.3 Qualité des données

Bien que les données fournies soient de qualité très correcte, elles nécessitaient toutefois quelques ajustements.

Les effectifs comportaient un certain nombre de données manquantes, en particulier la taille de l'entreprise qui était parfois vide pour le segment collectif. En s'aidant du fichier des cotisations, il est apparu que les adhérents dont la taille de l'entreprise n'était pas renseignée payait la même prime que les travailleurs salariés d'une petite entreprise, il a donc été considéré que les champs vides de cette variable correspondaient à la tranche 0.

Ensuite, pour le fichier des prestations, la vérification de la qualité et de l'exhaustivité des données a particulièrement concerné le poste hospitalisation, puisque c'est ce dernier qui a été étudié plus en détail pour la transposition du barème de prise en charge. Les hôpitaux ou établissements de soins ne donnant pas toujours le détail du coût des soins prodigués, l'organisme assureur reçoit très régulièrement une facture avec le montant global des soins mentionnés, et non le détail du coût des soins. Ainsi, les données mises à disposition ne montraient qu'un montant en frais réels d'une séquence d'actes (regroupement d'actes présents sur la même facture) et les dépenses réelles ont dû être étudiées par séquence d'actes et non par acte, bien que le montant de la base de la Sécurité sociale ainsi que le remboursement effectué soient bien renseignés par acte. Il est à noter que ce regroupement implique la prise en compte des actes non remboursés par la Sécurité sociale.

Pour le poste hospitalisation, la base de remboursement et le remboursement effectué par l'organisme sont tout à fait cohérents : seuls 92 actes sur 106 260 ont un taux de remboursement différent de 0% (les actes non remboursés), 80% ou 100%. Une fois le regroupement par séquence effectué, les données sont constituées de 44 660 séquences d'actes (106 260 actes). Dans la partie III, les séquences d'actes dont le pays de soins est la France ont été retirées de l'étude⁴, de même que celles dont le pays de soins était non renseigné. De plus, 8 séquences d'actes ont été censurées (i.e. retirées de l'étude), leur montant de frais réels étant manifestement erroné.

Pour tous les autres postes, seuls les montants des prestations remboursées sont utiles à l'étude (pour calibrer les courbes de consommation) et aucun montant aberrant n'a été détecté.

D'autre part, le fichier des cotisations ne semblait comporter aucune anomalie particulière, les données fournies étaient tout à fait cohérentes avec le barème de cotisation en vigueur.

4. La France est retirée de l'étude car les expatriés revenant se faire soigner en France bénéficient de la télétransmission, le barème n'a donc pas besoin d'être simplifié.

Chapitre 4

Transposition du barème de prise en charge du poste hospitalisation

4.1 Objectif

L'organisme assureur étudié propose actuellement une couverture aux Français expatriés basée sur le barème de prise en charge de la Sécurité sociale. Afin d'alléger ses coûts fixes, il envisage de faire appel à un gestionnaire externe. Pour ce faire, il lui est nécessaire de simplifier les modalités de remboursements, établies sur les bases de remboursement de la Sécurité sociale française, trop nombreuses et variées. C'est pourquoi cette entité souhaite mettre en place une transposition de l'expression de ses garanties actuelles à l'étranger, vers un taux de prise en charge des frais réels, tout en conservant une neutralité des dépenses par rapport à la prise en charge actuelle. Le cabinet SPAC Actulaires a donc été mandaté par cette société pour définir quel sera ce taux et sa modulation suivant différentes zones géographiques à déterminer. De plus, les risques encourus en changeant ainsi de méthode de prise en charge seront évalués. L'étude a été demandée uniquement pour le poste Hospitalisation. Si les résultats sont satisfaisants, cette méthode pourra être adaptée aux autres postes. Une étude rapide a aussi été menée sur le poste Pharmacie pour voir s'il était possible de lui appliquer la méthode du poste hospitalisation.

Remarques préliminaires :

- Les données étudiées sont celles de la survenance 2014, 2015 et 2016. Les données sont arrêtées au 31/12/2016, c'est pourquoi l'année 2016 ne sera pas tout à fait complète, compte tenu de l'écoulement des paiements dû aux délais de prise de connaissance du sinistre et de traitement.
- Dans toute la suite, le taux de prise en charge est défini comme étant le ratio (remboursement) sur (frais réels) et le taux de remboursement comme le ratio (remboursement) sur (base de remboursement SS).

L'étude est réalisée sur tous les actes d'hospitalisation confondus.

4.2 Classification

4.2.1 Démarche

Dans un premier temps, la définition des zones se fait par classification sur les pays les plus représentatifs en termes de soins donnés. Les pays choisis sont ceux ayant le plus de séquences d'actes et les montants totaux de prestations versées les plus élevés. Ces classements ne sont pas identiques : les pays plus développés reçoivent des patients demandant des soins qui nécessitent une technicité accrue et les coûts sont par conséquent plus onéreux. Ces pays ont donc une fréquence de soins au coût élevé plus importante que les autres pays, ce qui les fait remonter dans le classement prenant en considération les prestations versées. Un arbitrage a été réalisé afin de garder les principaux pays, qui seront alors au nombre de vingt-trois :

Pays de soins	Rang en fonction du nombre de soins	Rang en fonction des prestations versées
MAROC	1	3
LIBAN	2	2
THAÏLANDE	3	1
SENEGAL	4	5
MAURICE	5	7
TUNISIE	6	11
U.S.A.	7	4
CHINE	8	8
VIET-NAM	9	14
COTE D'IVOIRE	10	16
CHILI	11	15
SUISSE	12	12
MEXIQUE	13	9
AFRIQUE DU SUD	14	17
SINGAPOUR	15	6
HONG KONG	16	10
INDE	17	29
EMIRATS ARABES UNIS	18	22
BELGIQUE	19	21
BRESIL	20	13
ALLEMAGNE	21	19
ESPAGNE	22	18
ROYAUME-UNI	23	20

FIGURE 4.1 – Deux classements des pays

Ces vingt-trois pays, parmi les cent-soixante-douze ayant accueilli des soins hospitaliers, représentent 78% du nombre de séquences d'actes total et 80% du montant total des prestations versées.

Le regroupement des pays principaux s'effectue par Analyse en Composantes Principales (ACP).

4.2.2 Analyse en Composantes Principales

Une Analyse en Composantes Principales (ACP) s'applique sur un tableau à double entrée, comprenant N individus (en lignes) et p variables (en colonnes). Les individus appartiennent donc à un espace à p dimensions, appelé *espace des individus*. L'ACP permet d'effectuer un changement de base pour représenter les éléments dans un espace de dimension réduite, tout en conservant au mieux les distances entre les individus, afin de déformer le moins possible la réalité. La projection se fait de manière générale sur un plan, appelé plan factoriel, donnant ainsi des résultats illustrés.

Dans cette étude, les individus sont les pays, et l'objectif est de les regrouper en fonction de la fréquence et de la sévérité de leurs dépassements d'honoraires. Chaque pays a pour coordonnées dans l'espace des individus un découpage de ses frais réels allant de 100% de la base de remboursement de la Sécurité sociale (donc pas de dépassements) à plus de 500% (forts dépassements d'honoraires). La somme des coordonnées de chaque pays vaut donc 1. Le tableau pris en argument par l'ACP est le suivant :

	100% ↕	100%–200%	200%–300%	300%–400% ↕	400%–500% ↕	> 500% ↕
AFRIQUE DU SUD	0.36731107	0.5430580	0.05975395	0.015817223	0.0087873462	0.0052724077
ALLEMAGNE	0.22928177	0.6795580	0.04696133	0.016574586	0.0110497238	0.0165745856
BELGIQUE	0.28048780	0.5658537	0.07317073	0.043902439	0.0121951220	0.0243902439
BRESIL	0.26673866	0.3336933	0.14146868	0.066954644	0.0431965443	0.1479481641
CHILI	0.29943503	0.4048964	0.12241055	0.056497175	0.0357815443	0.0809792844
CHINE	0.19003831	0.2911877	0.18620690	0.124137931	0.0712643678	0.1371647510
COTE D'IVOIRE	0.36937648	0.4822415	0.11049724	0.026835043	0.0055248619	0.0055248619
EMIRATS ARABES UNIS	0.11806798	0.3273703	0.22898032	0.116279070	0.0644007156	0.1449016100
ESPAGNE	0.29941292	0.3600783	0.17416830	0.078277886	0.0410958904	0.0469667319
HONG KONG	0.06353591	0.1869245	0.17403315	0.163904236	0.0985267035	0.3130755064
INDE	0.49806202	0.4670543	0.03100775	0.001937984	0.0000000000	0.0019379845
LIBAN	0.33281638	0.5347395	0.05303970	0.026674938	0.0148883375	0.0378411911
MAROC	0.41398689	0.5142054	0.04527006	0.016390884	0.0043709023	0.0057758352
MAURICE	0.44055609	0.4990412	0.03691275	0.013422819	0.0043144775	0.0057526366
MEXIQUE	0.25216554	0.4003850	0.12704524	0.090471607	0.0394610202	0.0904716073
ROYAUME-UNI	0.02953586	0.2257384	0.12658228	0.143459916	0.1223628692	0.3523206751
SENEGAL	0.52699959	0.4539180	0.01380430	0.004466098	0.0004060089	0.0004060089
SINGAPOUR	0.09491733	0.3343539	0.21616656	0.115737906	0.0661359461	0.1726883037
SUISSE	0.10752688	0.3333333	0.16129032	0.139784946	0.0838709677	0.1741935484
THAILANDE	0.32444444	0.4858480	0.10596491	0.042807018	0.0147368421	0.0261988304
TUNISIE	0.47034972	0.4718702	0.04105423	0.010643690	0.0030410542	0.0030410542
U.S.A.	0.13912076	0.2487479	0.12687813	0.092376183	0.0784641068	0.3144129104
VIET-NAM	0.48799232	0.3928915	0.06532181	0.019212296	0.0115273775	0.0230547550

FIGURE 4.2 – Tableau sur lequel est effectuée l'ACP

Le but de ce découpage n'est pas de rembourser une part plus faible à ceux qui ont souvent des soins, ou à ceux dont les soins sont plus onéreux de manière justifiée (hospitalisation, technicité), mais bien de tenir compte dans le remboursement du coût du soin selon la Sécurité sociale, et du tarif pratiqué. C'est pourquoi la variable représentant la répartition des dépassements d'honoraires a été retenue dans cette étude, et non pas la fréquence et le coût par exemple.

L'ACP permet une projection des pays sur le premier plan vectoriel, et renvoie un cercle de corrélation, afin d'interpréter les directions prises par les pays.

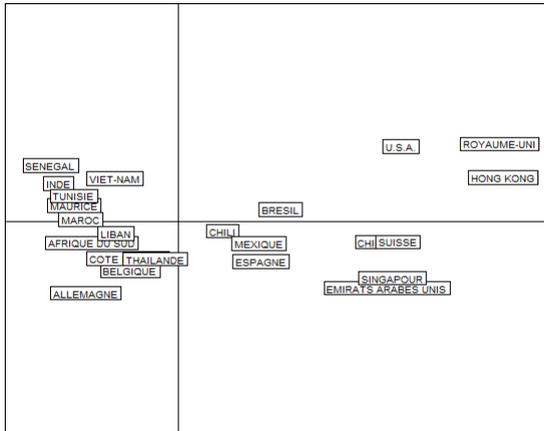


FIGURE 4.3 – ACP

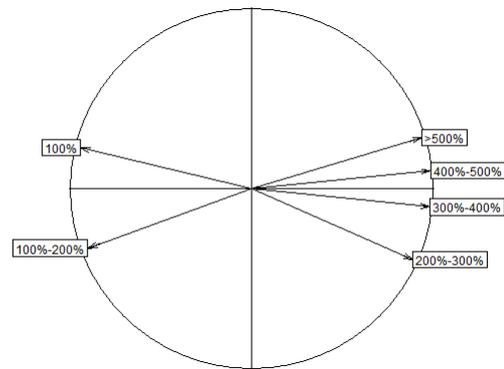


FIGURE 4.4 – Cercle des corrélations

Les pays ayant peu de dépassements d'honoraires se retrouvent à gauche sur le graphique, tandis que ceux ayant de plus forts dépassements sont à droite, comme l'indique le cercle des corrélations. Les variables discriminantes sont significatives puisqu'elles atteignent toutes le bord du cercle des corrélations.

4.2.3 Détermination du nombre de classes

La méthode de Ward a été utilisée pour la formation des groupes de pays. Cette méthode consiste à agréger les individus entre eux en maximisant l'inertie interclasse ou en minimisant l'inertie intraclasse (cela revient dans une certaine mesure au même puisque lorsque l'une des deux inerties diminue, l'autre augmente). En pratique, il faut, à chaque itération, chercher un minimum local pour l'inertie intraclasse ou un maximum local pour l'inertie interclasse.

$$\text{Inertie intraclasse} = \sum_{i=1}^n d^2(x_i, c(x_i))$$

$$\text{Inertie interclasse} = \sum_{i=1}^k p_i d^2(c_i, c)$$

où d est la fonction distance euclidienne

x_i représente le pays x qui appartient à la classe i

$c(x_i)$ est le centre de la classe de l'élément x_i

c_i est le centre de la i^e classe

c est le centre de gravité de toutes les données

p_i est le poids de la i^e classe

Cela permet aux classes formées d'être les plus homogènes possibles tout en étant les plus distinctes possibles entre elles. Cette méthode est considérée comme étant l'une des meilleures pour la classification hiérarchique sur des données euclidiennes, puisqu'elle est basée sur un objectif de minimisation de l'inertie intra-classe, ce qui rend l'algorithme et les résultats interprétables.

Le nombre de groupes est déterminé à l'aide des critères de Calinski-Harabasz (C-H) et du gain d'inertie. Ces deux critères sont à maximiser, il faut donc choisir le nombre de classes pour lequel ces critères sont les plus élevés.

Critère de Calinski-Harabasz

Le critère de Calinski-Harabasz s'écrit :

$$C - H = \frac{(n - k) \cdot B}{(k - 1) \cdot W}$$

où n est le nombre d'individus à classer : ici les pays

k est le nombre de classes

B est l'inertie interclasse

W est l'inertie intraclasse

En voici la représentation graphique :

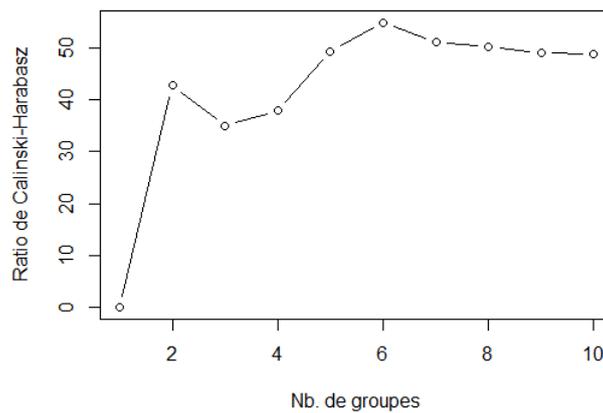


FIGURE 4.5 – Evolution du ratio de C-H

Gain d'inertie

L'inertie totale est la somme des inerties intraclasse et interclasse. L'inertie expliquée est égale au ratio de l'inertie interclasse sur l'inertie totale :

$$\text{Inertie expliquée} = \frac{B}{B + W} = 1 - \frac{W}{W + B}$$

Le gain d'inertie, pour k classes, est la différence entre l'inertie expliquée pour k classes et l'inertie expliquée pour $k - 1$ classes.

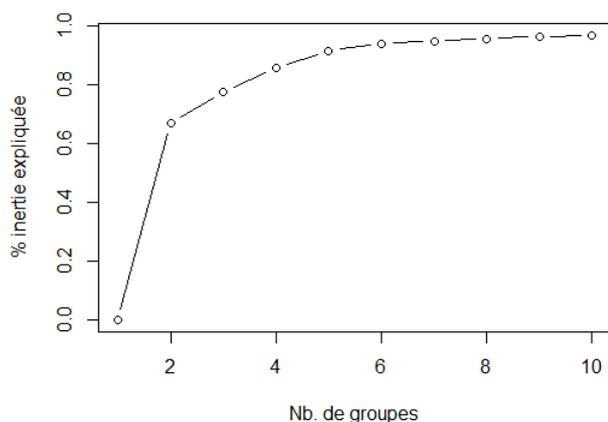


FIGURE 4.6 – Evolution de l'inertie expliquée

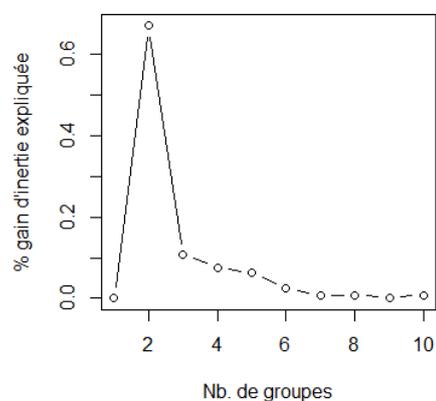


FIGURE 4.7 – Evolution du gain d'inertie expliquée

L'évolution du ratio de Calinski-Harabasz propose de choisir six classes, mais le gain d'inertie est quasi nul pour ce nombre de groupes et il est souvent plus intéressant de rester parcimonieux face à des choix tels que celui-ci, autrement dit d'économiser autant que faire se peut la quantité de classes. Le choix de leur nombre se portera donc sur cinq.

4.2.4 Résultats

Suivant la méthode de Ward, voici la classification descendante hiérarchique à cinq groupes :

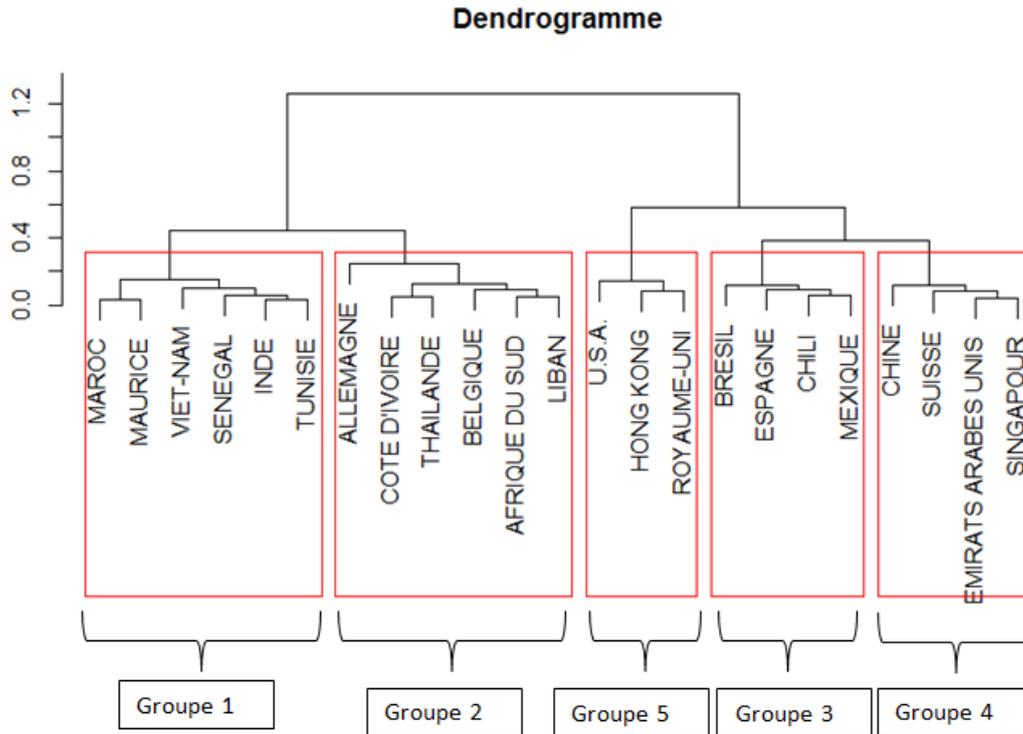


FIGURE 4.8 – Classification descendante hiérarchique

Les pays sont regroupés deux à deux au fur et à mesure. Plus les noeuds sont hauts dans l'arbre, plus les groupes sont différents. L'échelle à gauche du graphique représente l'indice de dissimilarité, égal à la perte de l'inertie interclasse due au regroupement de deux individus.

Les groupes formés se distinguent par couleur :

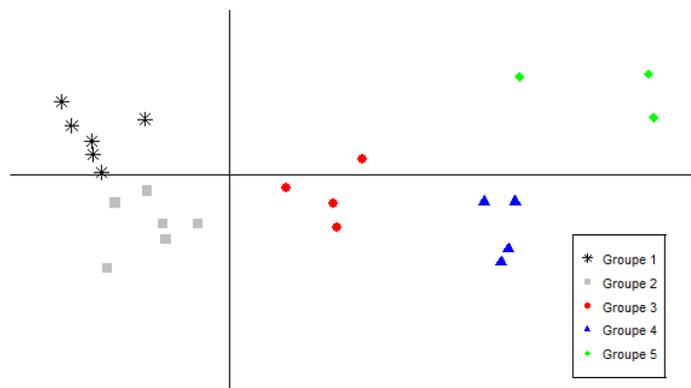


FIGURE 4.9 – Regroupement des pays

Le détail des groupes est disponible en annexe. Une cartographie a été réalisée afin de visualiser où se

trouvaient les pays dans lesquels les soins étaient plus ou moins chers.

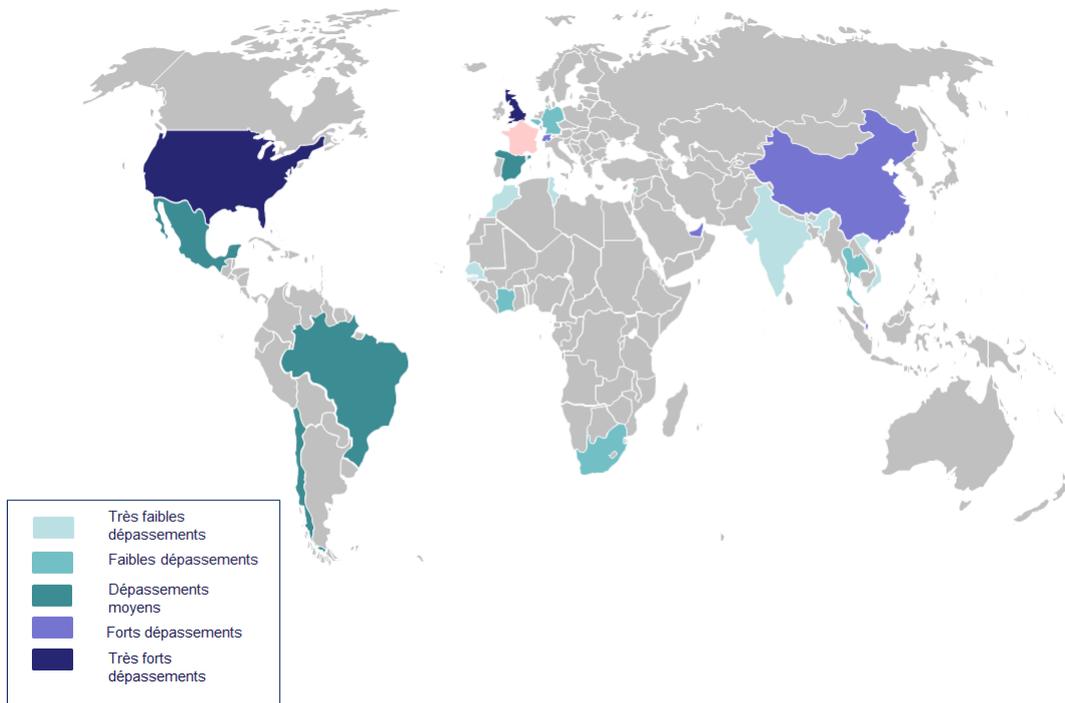


FIGURE 4.10 – Groupes des pays principaux

Une fois les groupes déterminés avec les pays prépondérants, les autres pays, moins présents en termes de soins, sont agrégés suivant le critère de minimisation de la distance au centre de gravité de la zone. Le pays x appartient à la zone $n^o K$ avec :

$$K = \operatorname{argmin}_{k=1..5} \left(\sum_{i=1}^p d^2(c_i^k, x_i) \right)$$

où p est le nombre de variables (nombre de coordonnées)

c^k est le centre de gravité de la zone k

Suite à l'agrégation des pays plus petits, plusieurs vérifications ont été effectuées. D'une part, une ACP a été réalisée sur tous les pays, et pas seulement sur les pays prépondérants. Il apparaît que la séparation n'est pas satisfaisante, tout du moins elle se fait moins bien que lorsque seuls les pays principaux sont conservés. Cela est notamment dû aux pays "à la marge", qui ont très peu de soins effectués et affectent les résultats : un pays atypique constitue un groupe à lui tout seul, et les autres pays restent rassemblés. Cela encourage à passer par cette première étape basant l'étude uniquement sur les pays ayant un nombre suffisant de soins, avant d'agréger les autres pays. D'autre part, le centre de gravité de chaque zone a été recalculé suite à l'affiliation des petits pays afin de voir si les groupes évoluaient. Huit pays changent de zone, mais il s'agit de pays dans lesquels peu de soins ont été effectués, ils n'impactent donc pas l'étude. Les zones deviennent stables au terme d'une seule itération.

Voici la cartographie des pays après leur rattachement :

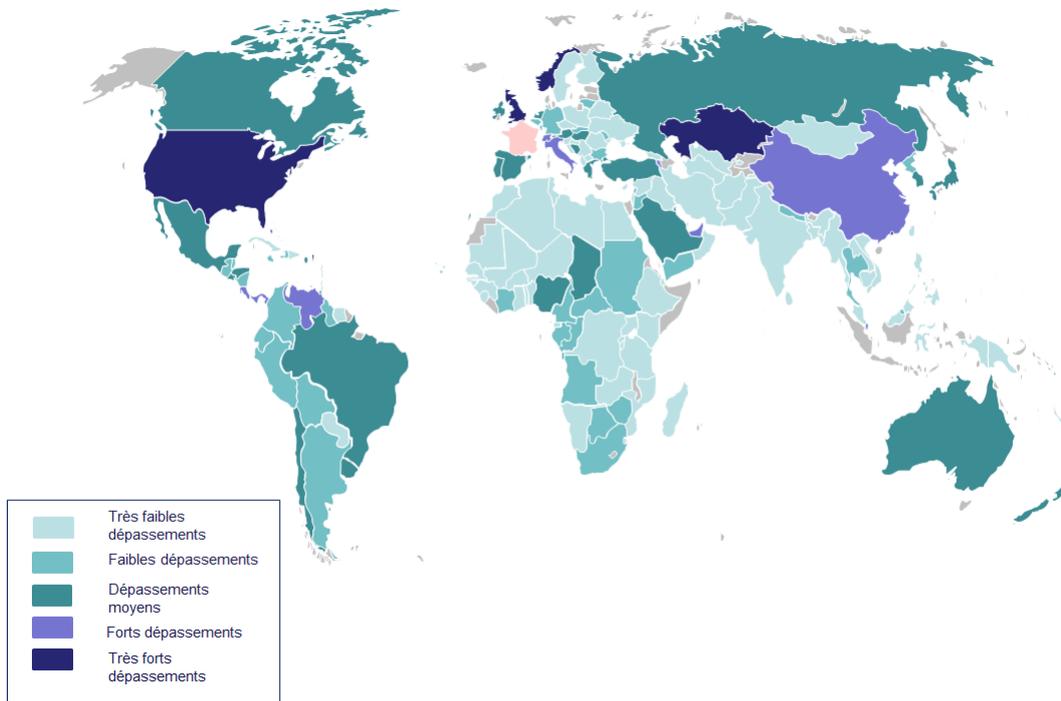


FIGURE 4.11 – Carte du monde représentant la répartition des pays

Certains pays, restés en gris, ne sont pas représentés dans nos données car ils n'ont accueilli aucun soin. Malgré quelques écarts, il est possible de remarquer que les groupes formés suite à l'ACP semblent cohérents géographiquement : les pays d'une même zone géographique appartiennent pour la plupart à la même zone de dépassement.

Certains pays peuvent toutefois être mal classés à cause du manque de données entraînant une appréhension non représentative du réel coût des soins du pays.

4.3 Détermination des taux de prise en charge par zones

4.3.1 Taux bruts

Dans un premier temps, les taux bruts de prise en charge sont étudiés, en observant le rapport entre la somme des remboursements et la somme des frais réels pour chacun des groupes déterminés. Afin de suivre l'évolution de ces taux, ils ont aussi été calculés par année. Les résultats sont récapitulés dans le tableau suivant :

Année	Groupe1	Groupe2	Groupe3	Groupe4	Groupe5
2014	80,26%	74,38%	48,41%	35,09%	27,12%
2015	77,40%	70,42%	47,14%	31,41%	21,00%
2016	79,12%	68,17%	46,18%	30,61%	19,40%
Total	78,92%	71,17%	47,32%	32,67%	22,82%

FIGURE 4.12 – Taux observés de prise en charge

Ce tableau illustre une forte diminution globale des taux de prise en charge au cours de ces trois années. Cela s'explique par une augmentation plus rapide du coût des soins, par rapport aux remboursements qui restent stables. Ce point représente un risque réel pour l'organisme assureur : aujourd'hui, sa prise en charge est plafonnée à la base de remboursement de la Sécurité sociale, tandis que demain elle sera directement proportionnelle aux frais réels, donc très sensible à l'inflation médicale dans le monde. Il convient alors de prendre une marge de sécurité pour ces taux, et l'organisme assureur est fortement encouragé à effectuer une révision de ces taux de prise en charge régulièrement.

D'autre part, il semble plus prudent d'instaurer un plafonnement des remboursements afin d'éviter d'éventuels excès et de préserver le résultat de l'assureur.

4.3.2 Taux avec marge de sécurité et plafonnement

Marge de sécurité

La détermination d'une marge de sécurité a été faite en plusieurs étapes.

Tout d'abord, pour chaque groupe de pays et chaque année de survenance, la loi des frais réels a été approchée par une loi connue : il y a donc 15 approximations. S'agissant de lois a priori à queue fine, les lois exponentielle, gamma, normale, lognormale et Weibull ont été testées. Sous le logiciel **R**, la statistique de Kolmogorov-Smirnov tend à affirmer que l'approximation la meilleure est la loi lognormale, dont les paramètres sont déterminés pour chaque loi à l'aide de la fonction *fitdist*.

Pour chacune des lois, autant de simulations des frais réels suivant la loi déterminée que d'actes observés sont effectuées, afin de comparer leur somme. Le taux de marge de sécurité obtenu est égal au ratio :

$$\text{Taux de marge de sécurité} = \max \left(1, \frac{\sum \text{Frais réels simulés}}{\sum \text{Frais réels observés}} \right)$$

4.3. DÉTERMINATION DES TAUX DE PRISE EN CHARGE PAR ZONES

Ainsi, si les simulations sont inférieures aux montants observés, il n'y a pas de marge mais la prise en charge n'est pas augmentée, tandis que si les simulations sont supérieures, la prise en charge est diminuée. Cette opération est réalisée 10 000 fois. Le taux de sécurité final est la moyenne de ces 10 000 taux de marge de sécurité obtenus.

Le taux de prise en charge final est donc :

$$\text{Taux de prise en charge final} = \frac{\text{Taux réel de prise en charge}}{\text{Taux de sécurité final}}$$

Pour chacun des cinq groupes et pour les trois années d'observation, les marges de sécurité sont :

Année	Groupe1	Groupe2	Groupe3	Groupe4	Groupe5
2014	100,73%	101,45%	101,48%	101,42%	101,83%
2015	101,03%	101,64%	101,43%	101,49%	101,54%
2016	100,95%	101,35%	101,40%	101,65%	102,40%
Total	100,90%	101,49%	101,44%	101,50%	101,87%

FIGURE 4.13 – Marge de sécurité

Finalement, les taux de prise en charge par groupe deviennent :

Année	Groupe1	Groupe2	Groupe3	Groupe4	Groupe5
2014	79,68%	73,31%	47,71%	34,60%	26,64%
2015	76,61%	69,29%	46,47%	30,95%	20,69%
2016	78,38%	67,26%	45,54%	30,11%	18,94%
Total	78,22%	70,13%	46,65%	32,19%	22,41%

FIGURE 4.14 – Taux de prise en charge finaux

Remarque : Cette méthode est inspirée du calcul de la Provision pour Dépréciation Durable. Elle utilise des techniques numériques, en particulier la méthode de Monte Carlo.

Plafonnement

Le principe du plafonnement n'est pas de priver les assurés de leur droit au remboursement, mais simplement de protéger l'organisme assureur de potentiels excès et abus. En effet, le fait de passer d'un remboursement fixe, fonction de la base de remboursement, à une prise en charge des frais réels, expose l'assureur à un risque de biais comportemental, appelé *aléa moral*. Ce risque est toutefois limité puisque cette transposition vers une prise en charge des frais réels n'aura lieu que dans le cadre du poste hospitalisation. Il pourrait avoir plus d'impact si l'optique était inclus par exemple, avec notamment la possibilité que l'assuré choisisse des montures plus coûteuses.

L'aléa moral a été défini par le philosophe Adam Smith¹ au XVIIIème siècle comme "la maximisation de l'intérêt individuel sans prise en compte des conséquences défavorables de la décision sur l'utilité collective". Ici, le comportement d'aléa moral désigne la possibilité pour un assuré de consommer plus de soins, ou de choisir des établissements ou praticiens plus onéreux, dès lors qu'il n'a pas à assumer, du fait du changement des modalités de prise en charge, l'intégralité des conséquences négatives de ses actes.

Ce plafond, appliqué sur les remboursements, sera unique : il ne dépendra pas des zones géographiques déterminées précédemment. De plus, toujours dans l'objectif de simplifier la gestion des dossiers, il sera mis en place par acte (ou ici séquence d'actes, comme expliqué plus haut), et non par bénéficiaire. Il convient toutefois de prendre en compte le risque de biais dû à l'aléa moral que cela peut engendrer.

Le plafond sera fixé au montant correspondant à la $Var_{99\%}$ de la loi estimée pour les montants des remboursements. Comme pour les montants des frais réels, la loi se rapprochant le plus des données est une loi lognormale, dont les paramètres ont été déterminés par la fonction *fitdist*. Le plafond des remboursements s'élève alors à 14 128 €. Cela correspond à des plafonds de frais réels différents en fonction des zones :

$$\text{Plafond de la zone } k = \frac{\text{Plafond des remboursements}}{\text{Taux final de la zone } k}$$

Ils sont reconstitués dans le tableau suivant :

Groupe1	Groupe2	Groupe3	Groupe4	Groupe5
18 062	20 146	30 284	43 893	63 053

FIGURE 4.15 – Plafonds sur les frais réels en fonction des zones

Etant donné qu'ils apparaîtront au contrat de l'assuré, et dans une optique de lisibilité, ces plafonds deviennent :

Groupe1	Groupe2	Groupe3	Groupe4	Groupe5
20 000	20 000	30 000	40 000	60 000

FIGURE 4.16 – Plafonds lissés en fonction des zones

D'après les données, environ 300 actes auraient été tronqués sur les trois années d'observation. Les plafonds obtenus restent très élevés et respectent ainsi la volonté de l'organisme assureur de fournir une prise en charge de qualité auprès de ses adhérents.

Risques subsidiaires

Le risque présenté par le vieillissement de la population n'est pas un risque inhérent à la transposition du barème de prise en charge : si la fréquence des soins augmente avec l'âge, l'assureur verra ses dépenses s'accroître que la méthode de remboursement change ou non. En revanche, l'organisme s'expose au risque qu'il devienne plus intéressant pour les retraités expatriés de se faire soigner dans leur pays d'accueil plutôt que de

1. Philosophe et économiste écossais des Lumières.

rentre se faire soigner en France comme c'est le cas aujourd'hui². Ce fait est appuyé par la récente création de la PUMA : les soins concernant les ayants droit des retraités seront désormais pris en charge par l'organisme assureur. Ce risque ne sera pas traité dans cette partie.

4.3.3 Prédiction à l'aide de séries temporelles

En prenant en charge une proportion des frais réels, l'assureur s'expose pleinement au risque d'inflation médicale, laquelle est en général deux fois supérieure à l'inflation [7]. Toutefois, une rapide étude a montré que les données mises à disposition ne suffisent pas à déterminer une corrélation entre l'évolution du coût des soins et l'inflation dans le pays concerné.

Aussi, afin de prévenir l'assureur des potentielles augmentations futures des frais réels, une application de séries temporelles a été mise en oeuvre dans le but de prévoir l'évolution de ces montants. Malgré le faible historique, une tendance et une saisonnalité dans le coût des frais réels ont été déterminées.

L'étude des séries temporelles correspond à une analyse statistique d'observations régulièrement espacées dans le temps, représentant l'évolution d'une quantité spécifique. Elles ont été utilisées relativement tôt en astronomie (au début du XXe siècle), météorologie, ou encore économie. Ici, la théorie des séries temporelles sera utilisée sur le nombre de soins effectués par mois durant les trois années d'observation, après l'application de la méthode de provisionnement Chain Ladder sur ces données, afin de les avoir les plus complètes possibles. Cette variable est dite variable de niveau ou d'état, par opposition aux variables de flux. Les objectifs de l'étude sont de décomposer la série en tendance, saisonnalité et bruit afin d'isoler les propriétés importantes et de prévoir l'évolution des données jusqu'à un horizon h .

Le faible historique a conduit à séquencer les frais réels par mois, bien qu'une inflation médicale - ou toute autre inflation - s'observe en général par année.

L'idée est d'étudier les frais réels moyens pour chaque groupe de pays. La séparation de l'étude du nombre de soins de celle des frais réels moyens facilite la distinction d'une hausse particulière du coût des soins par rapport à une augmentation de leur fréquence, tout en conservant l'information du coût total. De plus, une forte hausse du nombre de soins, pour un portefeuille constant, pourrait alerter l'assureur quant à un risque d'excès de la part de ses adhérents. Les deux études seront menées en parallèle, puis rapprochées afin d'obtenir l'information voulue, ici le coût futur des soins à la charge de l'organisme assureur.

L'étude est réalisée sous le logiciel **R**, en s'aidant des packages *tseries* et *forecast*. Une méthode par régression est employée ici : il s'agit de la méthode de Buys-Ballot, permettant d'ajuster un modèle déterministe. Pour chaque groupe, pour les études du nombre de soins et des montants moyens des frais réels, les différentes étapes suivantes sont réalisées :

1. Transformation des données en série temporelle à l'aide de la commande *as.ts*³ puis indication du début et de la fin de la série, et de la fréquence, ici respectivement janvier 2014, juin 2016 et une fréquence de

2. Les retraités percevant une pension du régime de Sécurité sociale français restent couverts en France, même s'ils résident à l'étranger, au titre de leurs cotisations sociales payées lors de leur vie active et de la cotisation maladie qui est prélevée sur leur pension. Ils rentrent donc se faire soigner en France lorsqu'ils ont des soins importants prévus et les remboursements sont alors à la charge de la Sécurité sociale française et non de l'organisme assureur.

3. Cette fonction permet d'affecter à chaque valeur son emplacement dans le temps, pour ainsi créer une série temporelle. Attention toutefois au fait que cela ne permet pas d'affiner l'étude en fonction du nombre de jours dans le mois.

12⁴ avec la commande ts ,

2. Application d'une régression linéaire en fonction du temps sur cette série, afin d'en déterminer la tendance,
3. Réalisation d'une seconde régression linéaire sur les résidus, mais cette fois en fonction du numéro du mois de l'année, afin d'extraire la saisonnalité de la série,
4. Validation de l'étude en effectuant des tests sur les résidus de cette deuxième régression afin d'accepter ou rejeter le modèle.

Les tests pris en considération sont les tests *KPSS* (Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin), de Box-Pierce et Shapiro. Ces tests vérifient respectivement la stationnarité de la série, l'indépendance et la normalité des résidus. Le test de Box-Pierce permet d'identifier les processus de bruit blanc, c'est-à-dire des processus aléatoires de moyenne nulle, de variance constante et non autocorrélés : il vérifie que les coefficients d'autocorrélation sont nuls. Le test de Ljung-Box est une variante de Box-Pierce, avec un coefficient supplémentaire dans sa statistique. Des études ont montré que le test plus élaboré de Ljung-Box était meilleur que celui de Box-Pierce quelle que soit la taille de l'échantillon testé.

Dans le cadre de ces tests, l'hypothèse zéro est l'absence de corrélation des résidus :

$$H_0 : \rho_\varepsilon(1) = \rho_\varepsilon(2) = \dots = \rho_\varepsilon(m) = 0$$

$$\text{Contre : } H_1 : \exists i / \rho_\varepsilon(i) \neq 0$$

La statistique de Box-Pierce est donnée par :

$$Q_m = T \cdot \sum_{k=1}^m \hat{\rho}_\varepsilon^2(k)$$

avec $\hat{\rho}_\varepsilon$ l'estimateur de ρ_ε .

Cette statistique peut être corrigée par la statistique de Ljung-Box :

$$Q_m = T \cdot (T + 2) \cdot \sum_{k=1}^m (T - m)^{-1} \hat{\rho}_\varepsilon^2(k)$$

Le choix de m a un impact sur les résultats de ces tests. Il est courant de choisir $m = \ln(T)$ avec T le nombre d'observations (la longueur de la série).

4. Un cycle comprend douze valeurs.

Le nombre de soins

La méthode de Chain Ladder a été appliquée sur le nombre de soins pour essayer de rendre utilisables les derniers mois de l'année 2016. Chaque groupe de pays a fait l'objet d'une étude à part entière puisque les taux de Chain Ladder montrent une variation en fonction des groupes de pays. Voici les taux PSAP (Provision pour Sinistres A Payer) obtenus pour 2015 et 2016 :

	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5
Taux PSAP 12 mois	71,53%	71,33%	65,99%	70,53%	65,99%
Taux PSAP 24 mois	98,73%	98,25%	97,43%	98,06%	96,99%

FIGURE 4.17 – Taux PSAP pour les différents groupes de pays

Les courbes représentant le nombre de soins par zone de pays et par mois après application des taux PSAP sont visibles dans le graphique ci dessous :

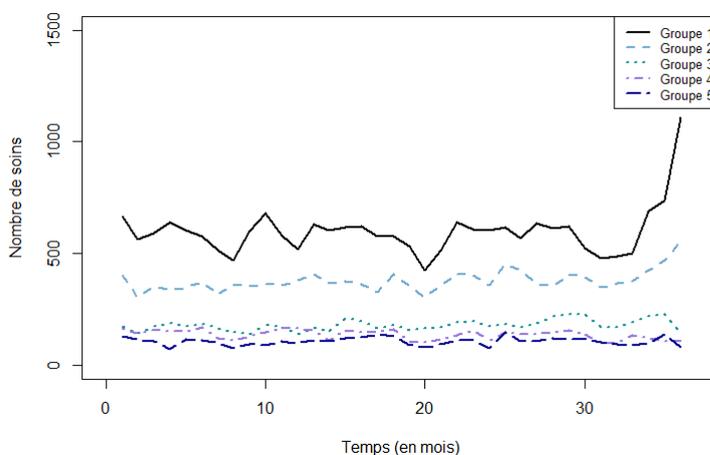


FIGURE 4.18 – Nombre de soins par mois

Au vu de ces courbes, le nombre de soins projetés au dernier semestre est manifestement erroné, en particulier pour les groupes un et deux, qui présentent une très forte augmentation, peu plausible, du nombre de soins dans les derniers mois de l'historique. Ce phénomène est expliqué par le fait que ces groupes accueillent beaucoup de soins mais les factures peuvent mettre du temps à être transmises puis prises en compte par l'organisme assureur, ce qui augmente les provisions de façon démesurée.

Face à l'importance de ce manque de données en fin d'année, il reste tout de même préférable de ne pas

considérer le 2e semestre 2016. L'étude sera donc effectuée sur 30 mois :

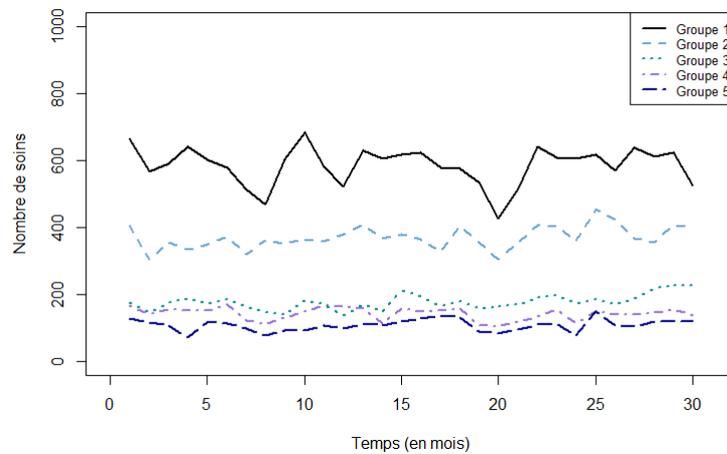


FIGURE 4.19 – Nombre de soins par mois

Remarque : La stabilité du nombre de soins au cours du temps semblent évoluer à l'inverse de la masse de soins : les groupes un et deux qui accueillent le plus d'actes sont aussi les zones où la série du nombre de soins fluctue beaucoup. Ce fait est contre-intuitif, bien qu'il soit possible de trouver une explication à ce phénomène dans le fait que moins les soins sont chers, et moins les assurés hésitent à se faire soigner, alors que dans les pays plus chers, seuls les soins indispensables sont pris. D'autre part, les soins non urgents sont programmés après les vacances, ce qui entraîne une saisonnalité des soins peu coûteux.

4.3. DÉTERMINATION DES TAUX DE PRISE EN CHARGE PAR ZONES

Les quatre étapes énoncées plus haut sont appliquées à cette série. Les approximations du nombre de soins par méthode de régression donnent les projections suivantes :

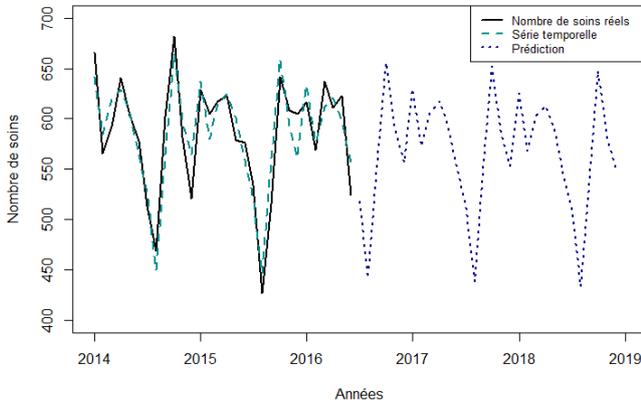


FIGURE 4.20 – Nombre de soins dans la zone 1

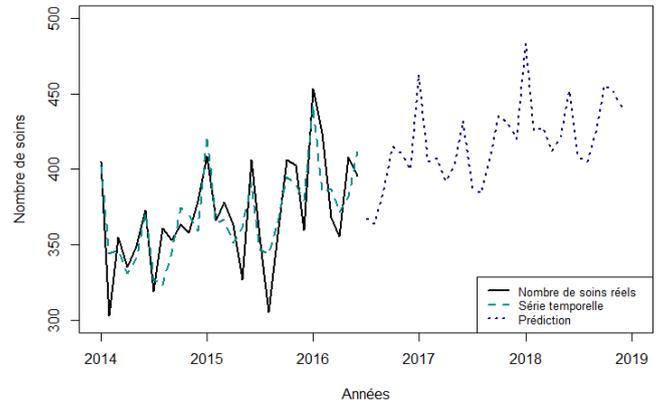


FIGURE 4.21 – Nombre de soins dans la zone 2

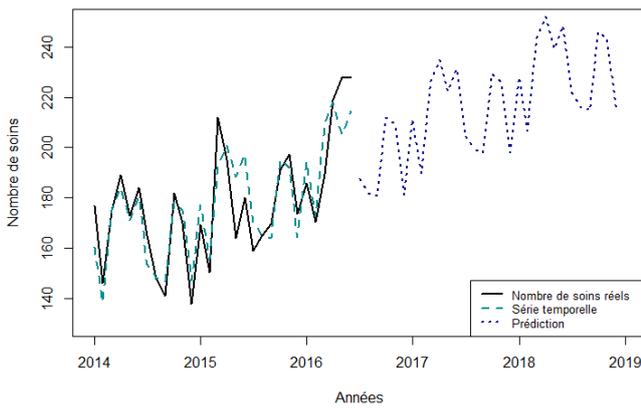


FIGURE 4.22 – Nombre de soins dans la zone 3

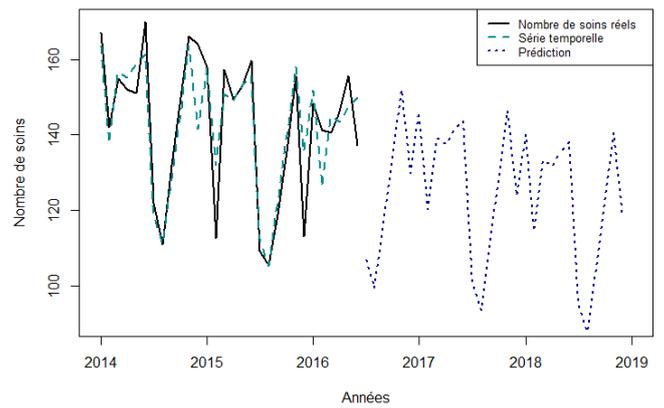


FIGURE 4.23 – Nombre de soins dans la zone 4

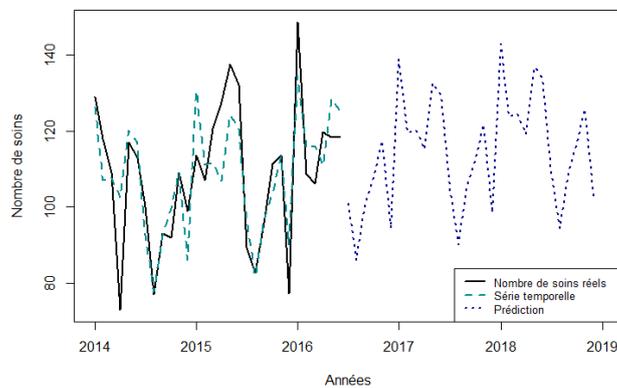


FIGURE 4.24 – Nombre de soins dans la zone 5

CHAPITRE 4. TRANSPOSITION DU BARÈME DE PRISE EN CHARGE DU POSTE HOSPITALISATION

Ces graphiques montrent à la fois l'approximation du modèle sur les données et la prédiction effectuée. Cela permet de vérifier que le modèle reste relativement proche des données de façon visuelle. Les tests effectués par la suite serviront à appuyer la première impression perçue quant à la qualité de l'ajustement.

Bien qu'ici la tendance importe plus que la saisonnalité, il reste tout de même intéressant de noter que les habitudes de consommation de soins en hospitalisation respectent un calendrier particulier dans l'année : le nombre de soins chute en été. Cela peut être expliqué par le fait que tous les soins prévus ne sont pas programmés pendant les vacances des assurés, ne subsistent donc que les accidents.

Une fois les tests appliqués sur les résidus des estimations des données, les résultats suivants sont obtenus :

	Groupe1 ↕	Groupe2 ↕	Groupe3 ↕	Groupe4 ↕	Groupe5 ↕
kps.test	0.1000000	0.1000000	0.1000000	0.1000000	0.1000000
Test de Box-Pierce	0.7453783	0.1794874	0.07955888	0.76210227	0.8871501
Test de Ljung-Box	0.7330110	0.1585226	0.06551826	0.75048947	0.8814977
Test de Shapiro	0.5286084	0.4079651	0.98119526	0.06151267	0.6168874

FIGURE 4.25 – Tests d'adéquation

Toutes les *p-value* sont supérieures à 5%, l'hypothèse nulle n'est pas rejetée. De plus, les résidus sont de moyenne nulle, comme souhaité. Le simple modèle représenté par les données est donc considéré comme étant suffisant. Dans cette étude, il n'est pas nécessaire de trouver un modèle plus poussé pour les résidus.

Les frais réels moyens

Les frais réels moyens sont également étudiés sur 30 mois : le deuxième semestre 2016 est censuré. Ce choix a été motivé d'une part par le fait que les résultats sont d'autant plus volatiles que le nombre de soins effectués est faible, ce qui est le cas en fin d'année, et d'autre part pour rester cohérent avec l'étude du nombre de soins réalisée précédemment.

Le graphique suivant montre l'évolution des frais réels moyens par mois en fonction de la zone de soins.

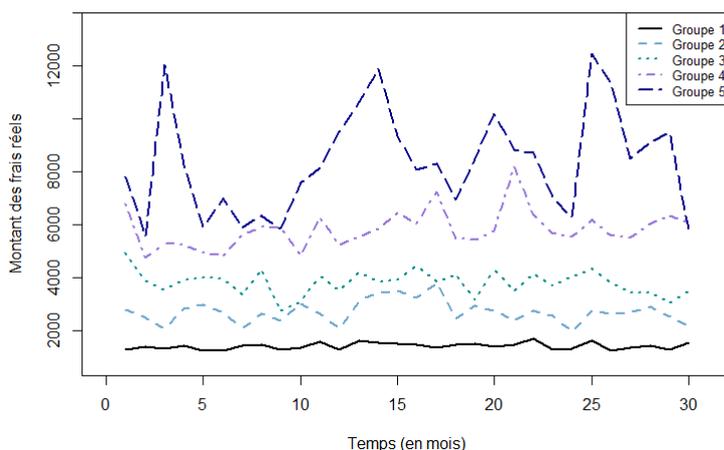


FIGURE 4.26 – Evolution des frais réels moyens

Ce graphique permet d'apporter une vérification quant au regroupement des pays en zone de soins : en effet, il est bien visible que les frais réels moyens sont croissants avec la zone. D'autre part, il convient de noter que les frais réels pour les zones quatre et cinq sont beaucoup plus volatiles que ceux des trois premières zones. Ceci s'explique simplement par le fait que ces deux zones regroupent moins de pays, et ont donc accueilli moins de soins. Les hypothèses de la loi de grands nombres sont ici moins respectées que pour les autres zones. Les approximations par méthode de régression donnent les projections suivantes :

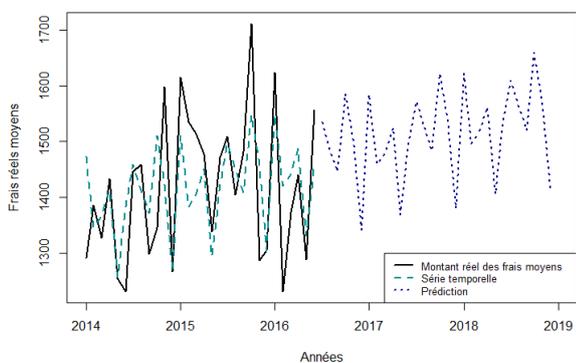


FIGURE 4.27 – Montant des frais réels moyens de la zone 1

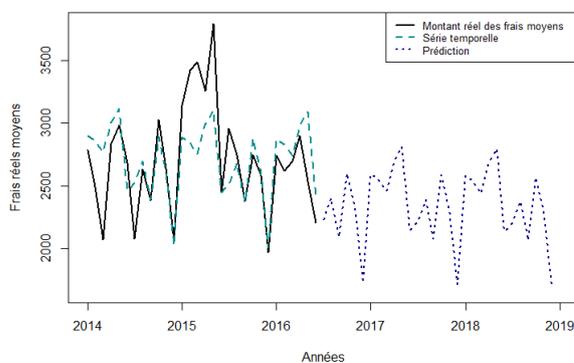


FIGURE 4.28 – Montant des frais réels moyens de la zone 2

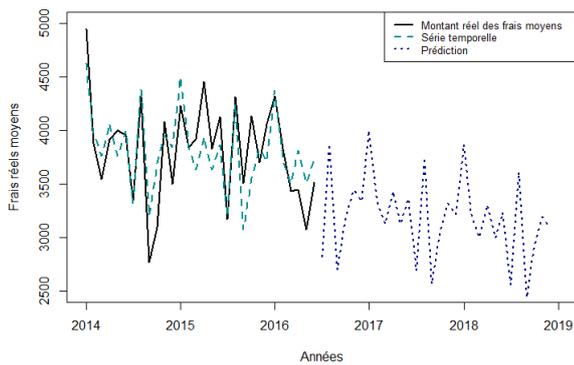


FIGURE 4.29 – Montant des frais réels moyens de la zone 3

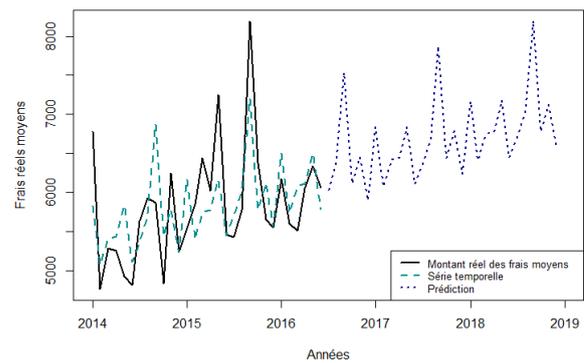


FIGURE 4.30 – Montant des frais réels moyens de la zone 4

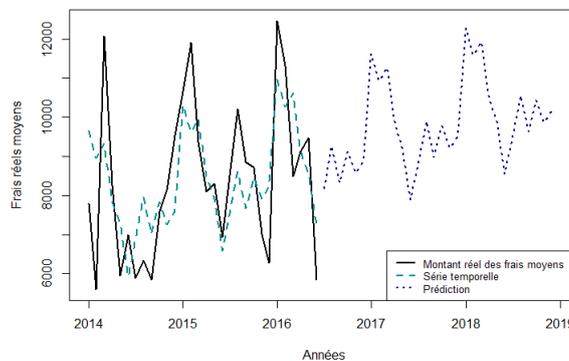


FIGURE 4.31 – Montant des frais réels moyens de la zone 5

Ces graphiques montrent que pour un nombre de soins équivalent, l'organisme assureur verra sa charge augmenter notamment pour les groupes un, quatre et cinq. Si les tendances ont l'air relativement similaires entre ces trois groupes, il faut toutefois être attentif au fait que l'échelle prise n'est pas la même : la pente de la tendance du groupe cinq est nettement plus forte que celle du groupe quatre, elle-même bien supérieure à celle du groupe un. Ce sont les zones où les soins sont déjà les plus coûteux qui sont les plus sujettes à l'inflation médicale. La tendance par mois pour chaque groupe est précisée dans le tableau suivant :

	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5
Tendance (par mois)	3,11	-1,12	-10,74	27,86	54,52
Coefficient directeur de la tendance	37,34	-13,46	-128,93	334,38	654,24

FIGURE 4.32 – Tendance des frais réels moyens des soins

Ces résultats montrent que les frais réels moyens des groupes quatre et cinq augmentent extrêmement

4.3. DÉTERMINATION DES TAUX DE PRISE EN CHARGE PAR ZONES

rapidement tous les mois, ce qui corrobore les conclusions des graphiques vus précédemment.

Les mêmes tests que pour le nombre de soins sont réalisés et obtiennent les résultats suivants :

	Groupe1	Groupe2	Groupe3	Groupe4	Groupe5
kpsstest	0.1000000	0.100000000	0.10000000	0.1000000	0.1000000
Test de Box-Pierce	0.8666759	0.005762846	0.03920378	0.4935105	0.8859515
Test de Ljung-Box	0.8600173	0.003728367	0.03030549	0.4719672	0.8802399
Test de Shapiro	0.2755974	0.177709558	0.96828352	0.6019037	0.9130789

FIGURE 4.33 – Tests d'adéquation

Les tests de Box-Pierce et Ljung-Box sont rejetés pour les groupes 2 et 3. Toutefois, les tests vérifiant la stationnarité des résidus et leur normalité sont acceptés. S'agissant simplement d'une indication quant à la tendance que pourraient suivre les frais réels moyens à donner à l'organisme assureur, ce modèle est considéré comme suffisant malgré le reste d'information subsistant dans les résidus des zones deux et trois. Il faudra par conséquent se montrer prudent quant aux conclusions à tirer des résultats obtenus.

Rapprochement des deux études

L'approximation du coût total de l'organisme assureur est obtenue en multipliant le modèle des frais moyens par celui du nombre de soins effectués.

Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5
Frais réels actuels	24 878 289	30 043 112	20 303 359	24 903 413	27 518 659
Modèle	24 903 559	30 061 963	20 302 237	24 925 724	27 501 632
Ratio Modèle/Frais réels actuels	100,10%	100,06%	99,99%	100,09%	99,94%
Prédiction	25 756 299	29 328 972	20 734 213	24 944 546	33 859 370

FIGURE 4.34 – Tests d'adéquation

Le ratio des montants totaux de frais réels approchés par le modèle sur les frais réellement payés par l'organisme est très proche de 1 pour toutes les zones, ce qui montre que les modèles sont acceptables puisque relativement proches de la réalité. La prédiction peut alors être considérée comme étant un bon indicateur de la tendance des coûts. L'assureur doit être prudent et ne pas oublier de prendre en considération ce risque lors du changement de barème, puisque cela peut entraîner une augmentation de son budget. Il s'avère que l'augmentation pour la zone cinq, donc la zone dans laquelle les soins sont les plus onéreux, semble très importante, à près de 20%. Ce point sera à surveiller avec attention lors de la mise en place de la transposition.

4.4 Adaptation de la méthode au poste pharmacie

Une étude devant mener à la transposition des soins du poste pharmacie a également été initiée. Toutefois, la méthode appliquée pour le poste hospitalisation ne peut pas être réutilisée en raison des faibles écarts de prix entre les frais réels observés sur les actes de pharmacie et les bases de remboursement associées. En réalité, l'explication de ce phénomène (les prix des médicaments dans le monde ne sont certainement pas basés sur la base de remboursement française, et inversement) réside dans le fait que la multitude des molécules existantes ne permet pas de retrouver de manière simple l'équivalent dans le barème de la Sécurité sociale française. Face à cette difficulté, les gestionnaires ont considéré la base de remboursement égale aux frais réels pour la quasi-totalité des actes. Les médicaments sont ensuite remboursés pour la plupart à 65% ou 100%⁵. Les taux de remboursement à 15% et 30% apparaissent de façon anecdotique, ce qui corrobore le fait que les molécules ne sont pas reconnaissables et les médicaments à service médical rendu (SMR) moyen ou faible ne sont donc pas identifiés. Plusieurs solutions alternatives ont été proposées à l'organisme assureur.

Comme pour le poste hospitalisation, l'étude porte en premier lieu sur les pays les plus représentatifs du poste pharmacie, comprenant les mêmes critères que dans la partie précédente. Ici, ils mènent à vingt-deux pays.

S'agissant d'une étude préliminaire, seuls les taux bruts ont été déterminés.

4.4.1 Regroupement des pays par taux de prise en charge

La première solution mise en oeuvre utilise la distribution discrète des taux de prise en charge (rapport remboursement sur frais réels) comme variable de l'ACP. La distribution est divisée en quatre modalités : > 90%, entre 70% et 90%, entre 50% et 70% et < 50%. Chaque pays est repéré par ses caractéristiques dans l'espace des individus à quatre dimensions. Voici le tableau à double entrée pris en argument par l'ACP :

	>90% ◊	70%-90% ◊	50%-70% ◊	<50% ◊
AFRIQUE DU SUD	0.09899804	0.0003267262	0.8993683	0.0013069048
BRESIL	0.10026715	0.0014210197	0.8962656	0.0020462684
CHILI	0.16053197	0.0022837184	0.8342289	0.0029554003

FIGURE 4.35 – Tableau utilisé pour l'ACP

5. Certaines molécules sont toutefois reconnues comme étant non remboursables, il existe donc des taux de remboursement à 0%.

4.4. ADAPTATION DE LA MÉTHODE AU POSTE PHARMACIE

L'ACP renvoie cette cartographie ainsi que ce cercle des corrélations :

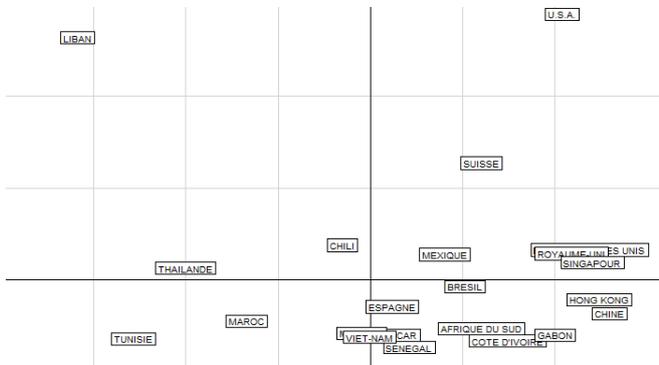


FIGURE 4.36 – ACP

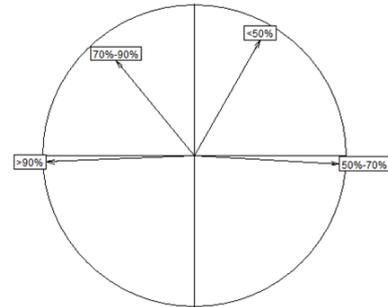


FIGURE 4.37 – Cercle des corrélations

Ces graphiques illustrent le fait que les Etats-Unis ont une prise en charge faible par rapport à tous les autres pays, et sont suivis par la Suisse. Ceci n'est pas très surprenant, il est de notoriété publique que ces deux Etats sont très onéreux en matière de santé et les mises en garde sont nombreuses pour les Français souhaitant s'expatrier dans ces pays, notamment de la part du gouvernement et de Europe Assistance. A l'inverse, les médicaments au Liban, en Thaïlande, en Tunisie et au Maroc sont très bien remboursés.

Le critère de Calinski-Harabasz et le gain d'inertie indiquent que quatre groupes se distinguent :

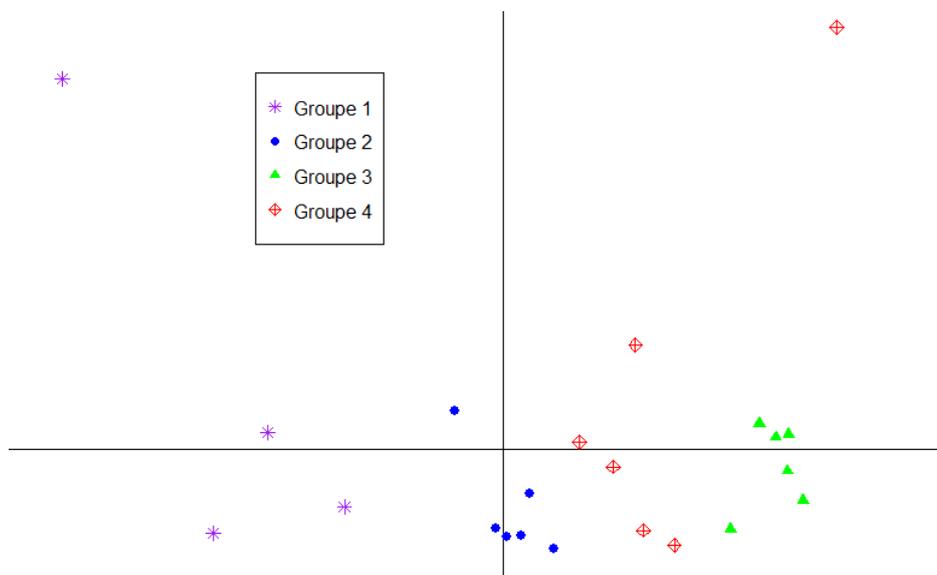


FIGURE 4.38 – Répartition graphique des pays

Suivant ce découpage, les taux bruts de prise en charge observés sont les suivants :

Année	Groupe1	Groupe2	Groupe3	Groupe4
2014	78,30%	75,60%	66,60%	67,90%
2015	77,60%	75,30%	66,30%	64,30%
2016	79,00%	75,70%	65,50%	64,50%
TOTAL	78,20%	75,50%	66,20%	65,60%

FIGURE 4.39 – Taux de prise en charge observés

Ces taux de prise en charge n'ont visiblement pas la même tendance à la baisse que ceux du poste hospitalisation.

4.4.2 Utilisation du poste Hospitalisation

Les données en pharmacie sont bien moins hétérogènes que celles du poste hospitalisation, rendant la séparation géographique peu stable et moins cohérente que pour l'hospitalisation. La seconde méthode proposée consiste à faire une unique carte mondiale de prise en charge, afin de gagner en robustesse de modélisation des taux et en lisibilité pour les assurés. Les groupes retenus seront ceux déduits de l'étude du poste hospitalisation.

Les taux de prise en charge sont alors :

Année	Groupe1	Groupe2	Groupe3	Groupe4	Groupe5
2014	77,10%	75,00%	71,00%	66,20%	64,00%
2015	76,00%	75,10%	71,30%	65,90%	57,60%
2016	77,30%	75,60%	72,60%	65,10%	55,90%
TOTAL	76,80%	75,20%	71,60%	65,80%	59,30%

FIGURE 4.40 – Taux de prise en charge observés

L'ensemble reste cohérent puisque les taux de prise en charge diminuent lorsque l'on passe dans une zone où les coûts sont considérés comme plus élevés en hospitalisation. Il convient tout de même de noter que les écarts de prise en charge sont moins marqués que pour le poste hospitalisation.

Remarque : Les groupes formés initialement par l'étude du poste pharmacie sont très différents de ceux retenus pour le poste hospitalisation, mais il convient de noter que ce découpage forcé n'a qu'un impact modéré sur les taux : ces derniers ne varient à nouveau que très peu d'un groupe à l'autre et gardent les mêmes ordres de grandeur que pour les groupes initiaux.

4.4.3 Regroupement des pays par répartition des frais réels

La dernière méthode consiste à baser l'Analyse en Composantes Principales (ACP) sur la répartition des frais réels appliqués dans les pays étudiés (pays prépondérants dans un premier temps), puis à fixer le taux de prise en charge dans ces zones en fonction d'un remboursement cible qui serait le même pour tous⁶. En effet, comme il s'agit vraisemblablement des mêmes médicaments, si les frais réels sont plus importants dans un pays, cela signifie que ce dernier applique des tarifs élevés. Une nouvelle ACP a donc été réalisée en prenant également en compte, en plus de la proportion de dépassements effectués, le montant des frais réels moyens et la proportion des frais réels supérieurs respectivement à tous les déciles de la loi des frais réels du poste pharmacie.

Pays	Pas De Dép.	Décile1	Décile2	Décile3	Décile4	Décile5	Décile6	Décile7	Décile8	Décile9	FRmoyens
AFRIQUE DU SUD	99,72%	91,59%	82,26%	72,04%	60,26%	47,18%	33,63%	21,85%	10,39%	3,58%	54,70 €
BRESIL	99,44%	94,01%	86,84%	78,93%	70,65%	61,27%	50,54%	37,38%	24,21%	10,48%	90,21 €
CHILI	98,93%	96,02%	92,24%	87,35%	80,49%	72,23%	61,54%	48,17%	32,75%	15,17%	112,72 €

FIGURE 4.41 – Tableau sur lequel est appliquée l'ACP

L'ACP renvoie ces résultats :

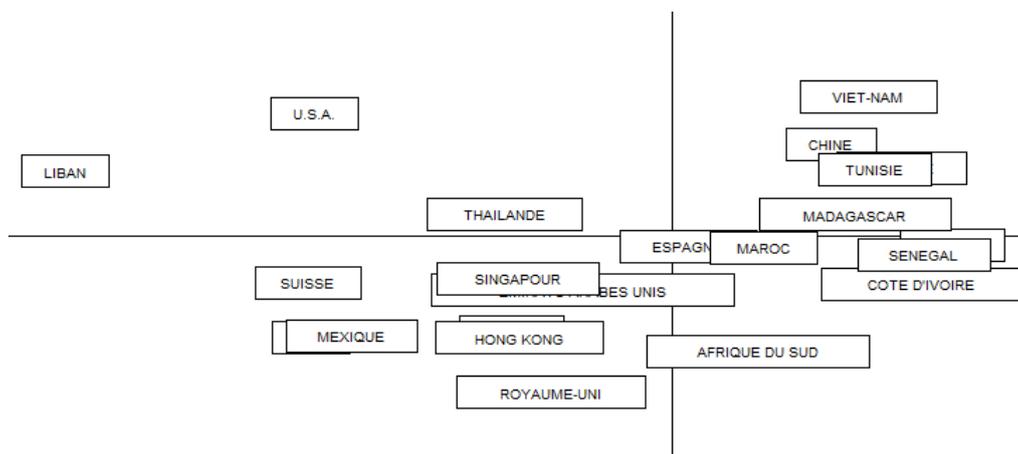


FIGURE 4.42 – ACP

6. Ce remboursement cible est donc égal à la moyenne de tous les remboursements effectués au cours des trois années d'observation, tous pays confondus.

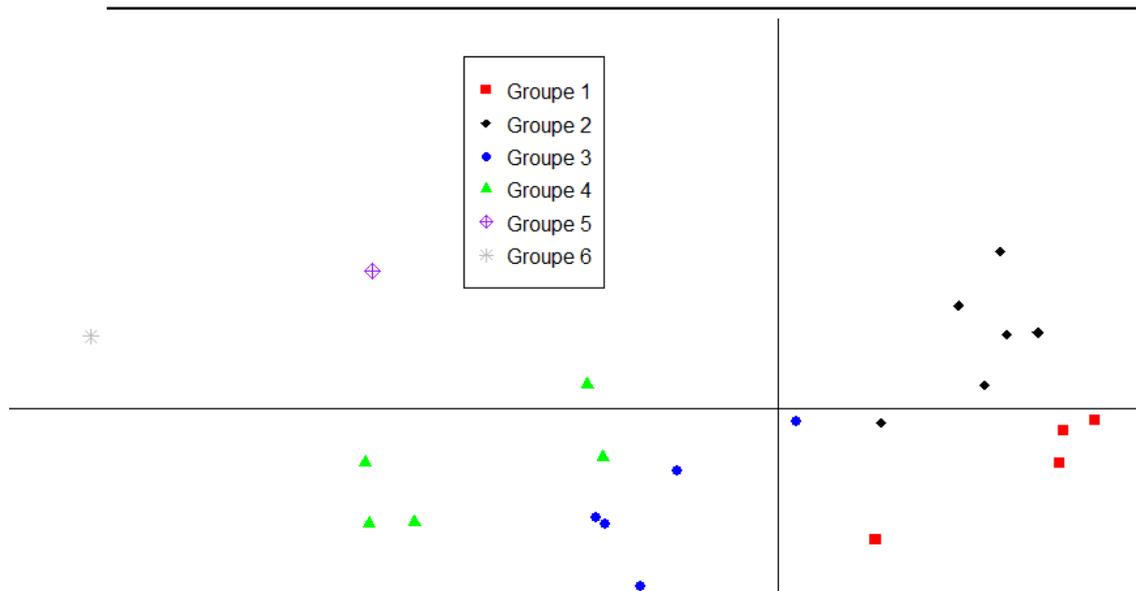


FIGURE 4.43 – Zones

L'étude permet de définir 6 zones, composées respectivement de 108, 36, 20, 22, 4 et 7 pays⁷, avec les taux de prise en charge suivants :

Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6
136,80%	88,90%	68,35%	52,04%	34,54%	27,79%

FIGURE 4.44 – Taux de prise en charge observés

La zone 1, étant bien en dessous des remboursements moyens, a une prise en charge supérieure à 100%, qui sera plafonnée. En effet, il est contraire au principe d'assurance de pouvoir s'enrichir lors d'un sinistre.

Ce gain résultant du passage du taux de prise en charge de la zone 1 à 100% permet par exemple à l'assureur d'augmenter le taux de prise en charge des zones cinq et six afin de proposer des garanties plus intéressantes.

Il est intéressant de remarquer que la zone six est, avant agrégation des pays ne faisant pas partie des pays prépondérants, composée uniquement du Liban. Or, ce dernier est considéré comme l'un des États où la prise en charge médicamenteuse est la plus importante. Cela montre que la première méthode avait un biais : elle avantagait les pays où les taux de prise en charge étaient plus élevés, au détriment du coût réel des médicaments. Il est possible que la conclusion liée au Liban soit corrélée avec le fait que les expatriés français présents dans ce pays sont pour la plupart des retraités, qui nécessitent peut-être des traitements lourds et par conséquent remboursés intégralement. Il n'est toutefois pas possible de confirmer cette intuition avec les données à disposition.

En échangeant régulièrement avec l'organisme assureur, afin notamment de bénéficier de sa connaissance pratique, il est apparu que cette dernière méthode semble la plus souhaitable du fait de son caractère éthique, puisque les pays peu coûteux seraient alors les mieux remboursés. De plus, le découpage est visiblement en accord avec les tarifs appliqués que les gestionnaires peuvent observer.

7. Le détail des groupes se trouve en annexe.

Enfin, cette étude conduit à l'obtention d'un nouveau barème dont la mise en place devra faire l'objet d'une communication de la part de l'organisme auprès de ses assurés comme du corps hospitalier. L'organisme est par ailleurs en réflexion pour appliquer cette méthode de prise en charge aux autres spécificités médicales. Toutefois, cette comptabilisation n'étant pas encore mise en place, la suite de l'étude, comprenant la projection du résultat de l'organisme, ne considérera que l'ancien (actuel) barème.

Chapitre 5

Constructions des lois

5.1 Objectifs

L'objectif de cette partie est la construction de différentes lois qui permettront d'effectuer une projection du portefeuille d'assurés de l'organisme assureur. Les phénomènes à modéliser sont les entrées, les sorties et les lois de consommation.

Les populations composant le portefeuille ont des caractéristiques très différentes, ce qui implique qu'elles n'ont pas le même comportement face aux décisions de résiliation ou les mêmes habitudes de consommation par exemple. Il est donc nécessaire d'établir des lois par type de population. Cependant, au vu des nombreuses caractéristiques distinctes présentes au sein de la population couverte, établir des lois par âge pour chacune d'entre elles mènerait à un résultat très volatile et par conséquent peu fiable. L'enjeu ici est de minimiser le nombre de lois en déterminant les points communs de certaines catégories afin de les réunir, tout en conservant les distinctions entre les populations afin de garder un niveau important de précision et de gagner en robustesse.

5.1.1 Les entrées

Le nombre d'entrées a lieu au choix de l'utilisateur, en fonction des populations, du statut familial et de la taille de l'entreprise pour les collectifs. La loi d'entrée permettra alors de distribuer ce nombre en fonction de l'âge : il s'agit d'une loi de répartition.

Le pays de séjour n'est pas pris en compte pour les entrées : il sera montré plus loin qu'il n'impacte pas les lois de sortie, ni celles de consommation. Par conséquent, il n'est pas utile de faire entrer des adhérents par pays, puisque leur comportement sera modélisé de la même façon. Le salaire sera également mis à l'écart au début : il ne sera pas pris en argument dans les entrées mais les adhérents du collectif se répartissent entre les trois tranches de salaire suivant la répartition observée sur le portefeuille une fois qu'ils sont entrés par âge.

5.1.2 Les sorties

La loi de sortie, pour une catégorie donnée, attribue à chaque âge un taux de *turnover* :

$$Sortie_x = 1 - \frac{\text{Effectif de l'âge } x+1 \text{ en } N+1}{\text{Effectif de l'âge } x \text{ en } N}$$

Il est considéré ici que le choix d'adhérer au produit France ou au produit monde n'a pas d'impact sur la sortie des assurés. Les variables explicatives sont la catégorie socio-professionnelle, l'âge, la situation familiale, le salaire et la taille de l'entreprise pour les collectifs. Cela fait donc trente-trois lois différentes par âge à déterminer si aucun regroupement n'est effectué.

L'ancienneté n'est pas prise en considération ici, bien que cette variable soit certainement un facteur non négligeable pour la sortie des individus. Les données mises à disposition ne permettaient pas d'étudier de manière fiable cette variable. D'autre part, l'augmentation des cotisations pour certains assurés, même si elle est plafonnée, peut conduire à un taux de sortie plus élevé que celui observé entre 2014 et 2016, notamment pour les familles. Cette déformation comportementale ne sera pas non plus incluse dans le modèle de sortie.

5.1.3 La consommation moyenne

L'étude porte ici sur les niveaux de remboursement. La consommation moyenne représente le coût d'un individu pour l'organisme assureur en termes de remboursement des soins.

Différents paramètres sont à prendre en compte pour modéliser la consommation moyenne. D'une part, l'âge de l'assuré est une variable qui influe incontestablement sur le niveau de consommation, en particulier en fréquence. D'autre part, il est assez intuitif de penser que la situation familiale est aussi un facteur d'influence sur la consommation. En effet, une personne seule consomme en moyenne moins qu'une famille avec enfants. Il est nécessaire de mesurer aussi l'impact que peuvent avoir les variables telles que la catégorie socio-professionnelle, le salaire ou la situation géographique du pays de séjour. Sans rassemblement de certaines variables, quarante lois de consommation par âge devraient être établies.

Pour pouvoir comparer les consommations des différentes populations, seuls les adhérents présents sur une année complète ont été conservés dans cette partie de l'étude. L'établissement des lois exploite ainsi 85% des prestations, et il n'y a pas de biais introduit. En effet, en termes de consommation de frais de santé, la dépense n'est généralement pas très régulière au cours d'une année, donc considérer qu'un adhérent présent un tiers de l'année aurait consommé trois fois plus s'il avait été présent à 100% ne semble pas correct, de même que considérer qu'un individu n'ayant pas consommé durant sa présence partielle ne consommera pas durant l'année entière.

Remarque : Une provision pour sinistres à payer a été calculée pour les prestations arrêtées au 30 Juin 2017 à l'aide de la méthode de Chain Ladder. L'hypothèse considérée dans l'étude est que la charge ultime est atteinte au terme de deux ans et demi, c'est-à-dire que toute la survenance 2014 est supposée connue fin juin 2017. Les taux PSAP obtenus valent 0,4% pour 2015 et 3,9% pour 2016. Ces taux n'ont pas été déterminés par catégorie ni par zone géographique. En effet, quelques tests ont été effectués et les variations de taux en fonction des catégories ne sont pas significatives.

5.2 Création de groupes homogènes

Au vu du nombre de populations différentes pour chaque loi, il semble nécessaire de créer en amont des catégories homogènes d'assurés, en fonction de leurs caractéristiques, dans le but de réduire le nombre de classes. L'objectif est de garder suffisamment d'adhérents dans chaque groupe et ainsi pouvoir déterminer des lois de sortie et de consommation moyenne par âge robustes. La variable *Age* n'est pas prise en considération dans un premier temps, afin que les populations homogènes n'en dépendent pas. En effet, les courbes voulues doivent être continues et non par paliers ¹.

5.2.1 Théorie des arbres CART et forêts aléatoires

Nous allons ici chercher à estimer une variable réponse Y d'un individu (pouvant être la consommation ou la décision de sortie) comportant différentes caractéristiques. Pour rappel, il y a jusqu'à quarante catégories différentes pour les adhérents. Ces catégories tiennent compte de la catégorie socio-professionnelle, du salaire, de la taille de l'entreprise pour les collectifs, du statut familial et du choix d'adhésion ou non au produit France. Ces cinq critères sont des variables explicatives, que nous appellerons X .

Il faut donc trouver une fonction $\Phi : \mathbb{R}^5 \rightarrow \mathbb{R}$.

Le Φ optimal sera obtenu grâce à la minimisation de la somme des erreurs quadratiques :

$$\hat{\Phi} = \operatorname{argmin}_{\Phi} \mathbb{E}((Y - \Phi(X))^2)$$

Les données seront divisées en deux parties, afin d'obtenir un échantillon d'apprentissage, contenant les 3/4 des données, et un échantillon de validation sur lequel sera testé le découpage obtenu. La qualité de l'estimation des différents modèles sera comparée grâce au ratio de la somme des prestations réelles sur la somme des prestations prédites par le modèle.

Il existe des algorithmes utilisant les arbres CART, sous le logiciel **R**, permettant d'obtenir ce découpage en différentes catégories. CART est l'acronyme de "Classification And Regression Trees". C'est une méthode de décision par arbre binaire créée en 1984 par Leo Breiman [8]. L'objectif de ces algorithmes est de créer des classes homogènes d'une population face à une variable réponse. Ils renvoient des arbres de classification ou de régression ², composés chacun d'une racine, de branches, de noeuds et de feuilles. Ils segmentent le portefeuille en fonction des variables discriminantes : chaque noeud correspond à une question sur une variable explicative ³ et divise alors la population en deux sous-populations en fonction de la réponse. Cette étape est répétée sur chaque noeud, jusqu'à atteindre un critère d'arrêt choisi au préalable, afin de décider si un noeud est terminal ou non. Ici, ce critère sera en deux parties. D'une part, le nombre minimum de personnes présentes

1. Si la variable *Age* faisait partie des caractéristiques des classes, elle serait transformée en variable catégorielle : $< 30ans$, entre 30 et 45 ans, etc. Les lois ne seraient alors pas définies de manière continue par âge.

2. Les arbres de classification permettent de prédire des variables qualitatives tandis que les arbres de régression prédisent les variables quantitatives. Ici, ce sont les seconds qui seront utilisés dans l'étude des lois de sorties et de la consommation moyenne par individu.

3. Cette variable peut être quantitative, la réponse sera alors inférieure ou supérieure à la modalité choisie, ou qualitative, la réponse sera alors l'appartenance ou non à la classe désignée. Ici, toutes les variables sont catégorielles.

dans chaque noeud de l'arbre sera pris en considération, fixé à N^4 . D'autre part, chaque séparation d'un noeud en deux branches doit apporter une information minimale. Ici, le R^2 doit être augmenté d'un certain niveau à chaque itération, sinon le noeud est considéré comme terminal. Une fois l'arbre maximal obtenu en respectant les critères énoncés ci-dessus, une étape appelée "élagage" de l'arbre est effectuée, afin d'obtenir l'arbre optimal, c'est à dire l'arbre pour lequel l'erreur quadratique (relativement à l'erreur de l'arbre maximal) est la plus faible. Cet élagage suit une méthode de validation croisée à p blocs : l'échantillon d'apprentissage est divisé en p sous-échantillons. Les $p - 1$ premiers servent d'échantillons d'apprentissage sur lesquels tous les sous arbres possibles sont testés, et le dernier sert d'échantillon de validation.

Les arbres CART présentent de nombreux avantages : ils ne nécessitent pas d'hypothèses de distribution sur les variables, ces dernières peuvent être numériques ou catégorielles, et l'algorithme illustre les combinaisons de variables discriminantes permettant d'obtenir les classes homogènes. Dans le cas de variables quantitatives, seul le rang des observations importe, ce qui évite à l'algorithme d'être perturbé par des valeurs atypiques ou aberrantes. De plus, la procédure de sélection des variables est intégrée à l'algorithme construisant l'arbre, ce qui engendre la prise en compte implicite des interactions. Toutefois, cette méthode montre aussi quelques faiblesses, notamment un manque de robustesse. En effet, lorsque l'échantillon d'apprentissage change, il est possible que la structure de l'arbre soit également modifiée, ce qui illustre une certaine instabilité face aux fluctuations d'échantillonnage. De plus, il est difficile de classer les variables par ordre d'importance puisqu'elles peuvent apparaître au même niveau dans différentes branches de l'arbre.

Pour pallier ces inconvénients, il est possible d'utiliser des forêts aléatoires. Elles sont plus robustes que les arbres de classification seuls, puisqu'elles sont composées d'un nombre d'arbres défini. Elles renvoient la moyenne de tous les arbres obtenus.

Dans une forêt aléatoire, chaque arbre prend en entrée un échantillon bootstrap (tirage avec remise) à partir de l'échantillon d'apprentissage d'origine. La particularité de la construction des arbres de la forêt aléatoire est la méthode de division optimale : à chaque noeud, la question posée pour séparer la population ne peut porter que sur m variables tirées aléatoirement parmi les variables présentes, et non sur toutes. Ici, m a été choisi comme égal au nombre de variables discriminantes moins une.

Elles permettent également d'obtenir un classement par ordre d'importance des variables discriminantes : pour cela, des gains d'homogénéité résultant d'une division selon chaque variable sont calculés pour chaque arbre de la forêt, et ces montants sont ensuite sommés.

5.2.2 Application aux lois de sortie

Impact du pays de séjour

Dans un premier temps, une ACP a été réalisée afin de regrouper les pays de séjour et voir s'ils avaient une importance dans les sorties des assurés. Le regroupement préalable était nécessaire car les arbres ne peuvent pas prendre en compte une variable avec autant de modalités. L'ACP prend en argument un tableau représentant la répartition de la population par pays, les taux moyens d'entrée et de sortie observés entre 2014 et 2015 et entre 2015 et 2016. Ces variables discriminantes ont été choisies dans le but de ne pas perturber l'ACP à cause des populations qui diffèrent beaucoup en fonction des pays. Par exemple, le taux de sortie moyen au Canada est très

4. Cela signifie qu'un noeud peut être divisé tant qu'il contient plus de N personnes, sinon il devient une feuille finale de l'arbre.

élevé car de nombreux étudiants y sont présents, alors que le taux de sortie des seuls collectifs au Canada n'est finalement pas plus élevé que dans d'autres pays.

Critère de Calinski-Harabasz

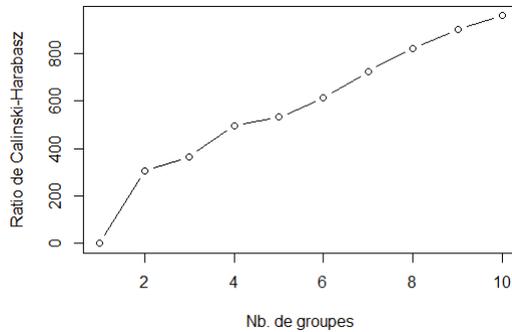


FIGURE 5.1 – Evolution du ratio de C-H

Gain d'inertie

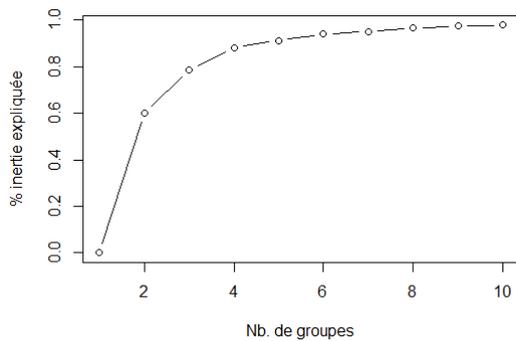


FIGURE 5.2 – Evolution de l'inertie expliquée

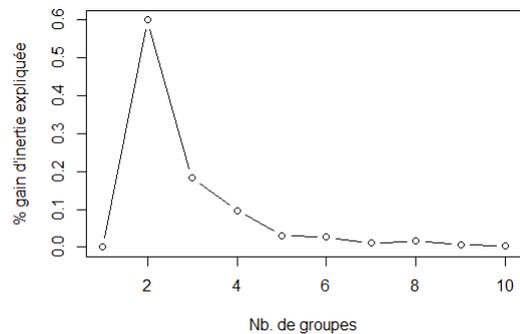


FIGURE 5.3 – Evolution du gain d'inertie expliquée

Le nombre de classes indiqué par le ratio de Calinski-Harabasz n'est pas très explicite puisque ce dernier ne cesse d'augmenter lentement. Le nombre de classes est choisi tel qu'il permette d'obtenir une inertie supérieure à 90%. Le choix se porte alors sur cinq classes.

A la suite de plusieurs tests de corrélation effectués, notamment les tests de corrélation de Pearson et Spearman, il s'avère que la variable *Zone* reste fortement corrélée aux autres variables, notamment la catégorie socio-professionnelle. Cette variable n'apporte donc pas d'information supplémentaire dans notre modèle et ne sera par conséquent pas utilisée.

L'algorithme CART prend alors en entrée les effectifs 2014 et 2015, essayant de prédire qui part et qui reste en fonction de la CSP, du statut familial, du salaire et de la taille de l'entreprise pour les collectifs. L'âge n'est pas considéré à ce stade de l'étude. Cette dernière variable sera prise en compte dans les courbes de sortie par âge qui seront déterminées par la suite.

Arbres de régression

Les critères d'arrêt choisis sont :

- Le nombre minimum de personnes pour chaque noeud est fixé à 10 000. Ce chiffre permet de conserver une certaine robustesse lorsque les taux seront calculés par âge,
- Le gain minimum d'information est de 0,1%.

Une fois l'élagage effectué sur l'arbre maximal, l'arbre optimal est obtenu. Il s'avère que l'arbre optimal correspond ici à l'arbre maximal. En effet, étant donné les critères définis, le nombre de feuilles est d'ores et déjà suffisamment réduit pour éviter le sur-apprentissage.

L'arbre résultant de l'étude est le suivant :

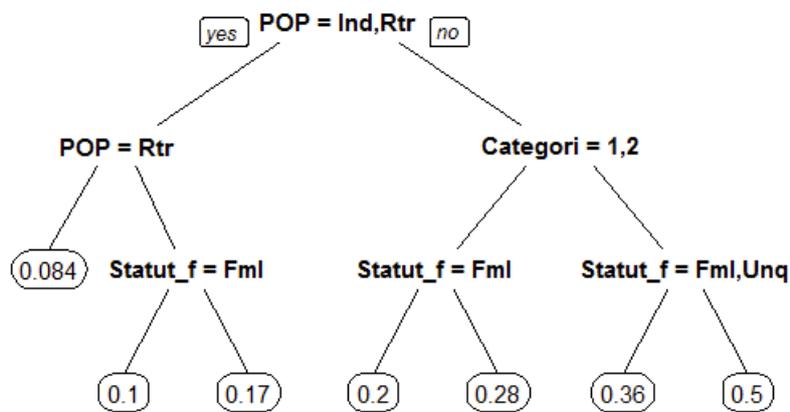


FIGURE 5.4 – Arbre CART pour les lois de sortie

Les algorithmes par arbre de classification CART aboutissent à la création de sept catégories. La variable qui sépare le mieux la population est la catégorie socio-professionnelle en distinguant les individuels et retraités d'une part (partie gauche de l'arbre), et les collectifs et catégorie Autre d'autre part (partie droite). La taille de l'entreprise n'apparaît pas sur l'arbre : visiblement cette variable n'est pas significative pour la loi de sortie. Ces résultats corroborent aussi les intuitions concernant les habitudes des assurés : en effet, les collectifs de catégories de salaire 3 sont pour la plupart relativement jeunes. Il paraît donc cohérent qu'ils aient le même comportement face au turn over que les étudiants ou la catégorie Visa Vacances Travail.

Le tableau suivant montre l'importance des différentes variables :

POP	54.816900
Statut_fam	11.831963
Categorie_salaire	29.904760
Mod_tranche	3.446377

FIGURE 5.5 – Importance des variables pour les lois de sortie

Cela illustre bien le fait que la taille de l'entreprise n'a que très peu d'impact sur la mobilité, c'est-à-dire la

décision de résiliation du contrat. A l'inverse, la catégorie socio-professionnelle est une variable prépondérante. Il paraît en effet assez naturel de penser que les étudiants, ou les jeunes de manière plus générale, partent à l'étranger de façon temporaire, tandis que les retraités expatriés s'installent de façon plus durable. Ces intuitions sont d'ailleurs confirmées par les résultats de l'arbre de régression : le taux de sortie moyen des retraités est de 8,4%, tandis que pour les jeunes il s'élève à 50%.

Taux de sortie bruts

La matrice de sortie est déterminée à l'aide d'une macro VBA. Elle donne les taux de sortie par âge et par catégorie, basés sur les observations entre 2014 et 2015 et entre 2015 et 2016.

Etant donné les faibles effectifs disponibles aux âges avancés, et en prenant l'hypothèse que le turnover, à partir d'un certain âge, ne résulte que de la mortalité, les taux de sortie seront remplacés par les taux de mortalité donnés par la table de mortalité INSEE 2012-2014. Nous avons utilisé une table de mortalité française, bien qu'elle soit appliquée sur des français résidant à l'étranger. Il a été considéré que la santé des Français à l'étranger était comparable à celle des Français résidant en France.

5.2.3 Application à la consommation moyenne

Impact du pays de séjour

Suivant toute logique, la situation géographique des soins ne devrait avoir aucun impact sur le montant du remboursement, puisque tous les frais réels observés sont supérieurs à la base de remboursement de la Sécurité sociale. Ce postulat doit tout de même être vérifié. Pour ce faire, une ACP a été réalisée sur les différents pays de séjour, en prenant en considération la consommation moyenne de toutes les populations répertoriées ci-dessus. Cela permet de ne pas influencer les résultats de l'étude avec la composition particulière des pays.

Une fois l'ACP réalisée, les pays restent très groupés : aucune tendance n'est repérée par l'analyse. En effet, même en augmentant le nombre de classes, tous les pays restent majoritairement dans un groupe et les autres classes sont quant à elles composées d'un ou deux pays à la marge, ayant reçu trop peu de soins pour faire des statistiques robustes. Cela montre une très forte homogénéité des remboursements suivant les pays. Cette variable sera donc considérée comme non influente dans l'étude de la consommation moyenne, corroborant notre première impression.

Arbres de régression

Les variables restantes sont alors la catégorie socio-professionnelle, le statut familial, le salaire, le choix du produit et la taille de l'entreprise pour les collectifs.

Les critères retenus pour la construction de l'arbre sont les mêmes que ceux utilisés lors de l'étude sur les lois de sortie.

Les algorithmes de forêts aléatoires renvoient le classement des variables suivant :

POP	19.368292
Statut_fam	33.952671
Option_FR	35.741383
Salaire	7.592553
Mod_tranche	3.345102

FIGURE 5.6 – Importance des variables pour les lois de consommation

La situation familiale a, intuitivement, un rôle prépondérant dans la consommation des adhérents. Le choix de l'option France joue lui aussi un rôle très important. Nous voyons ici que la taille de l'entreprise, représentée par la variable "Module tranche" (*Mod_tran*) n'a que très peu d'importance dans la consommation moyenne, de même que le salaire. Plusieurs arbres sont alors testés, afin de vérifier l'importance de ces variables et leur apport au modèle dans la prédiction de la consommation.

L'arbre obtenu en laissant toutes les variables explicatives est le suivant :

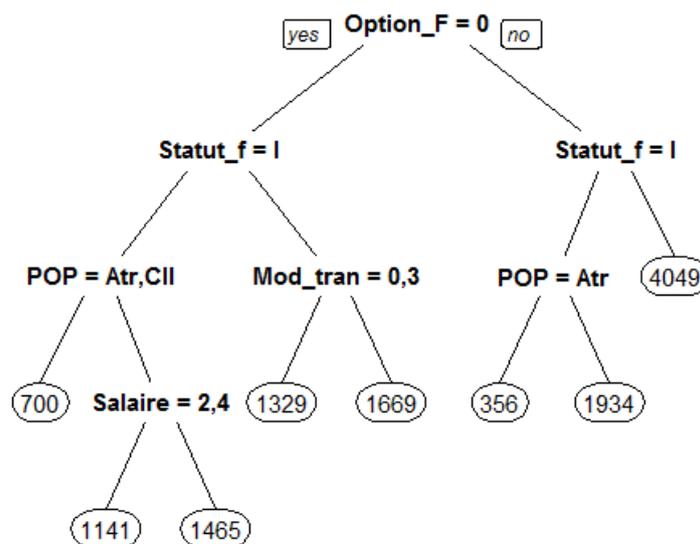


FIGURE 5.7 – Arbre CART pour le regroupement des catégories de consommateurs

Cet arbre sépare les catégories de salaire 2 des catégories 1 et 3⁵, ce qui est contre-intuitif : pourquoi les tranches de salaires hautes et basses consommeraient-elles de la même façon, et la tranche de salaire moyenne serait à part ? Un élément de réponse pourrait être apporté par le fait que pour les catégories aisées, ce sont les coûts moyens qui sont élevés, tandis que pour les catégories dont le salaire est plus faible, c'est la fréquence supérieure qui entraîne un coût total important. Toutefois, au vu de nombreuses études (certes en France) montrant le renoncement aux soins des assurés en difficulté financière, le phénomène ne semble pas être expliqué par cette hypothèse. D'autre part, le fait de grouper d'un côté les petites et très grandes entreprises et de l'autre

5. Pour rappel, la catégorie de salaire 4 est la catégorie fictive associée aux retraités et aux autres pour ne pas laisser de modalité vide.

les entreprises de taille modérée avec les individuels et les retraités semble peu naturel. Le fait que ces deux variables n'interviennent que dans les dernières feuilles de l'arbre illustre bien leur importance modérée : elles ne séparent pas de façon optimale la population.

Afin de déterminer l'apport des variables "Taille de l'entreprise" et "Tranche de salaire" dans le modèle, quatre arbres ont été calculés, pour deux cents échantillons aléatoires différents :

Arbre 1 : Contient toutes les variables explicatives,

Arbre 2 : Contient toutes les variables explicatives sauf la taille de l'entreprise,

Arbre 3 : Contient toutes les variables explicatives sauf la tranche de salaire,

Arbre 4 : Ne contient ni la taille de l'entreprise, ni la tranche de salaire.

Le tableau suivant montre les résultats obtenus par ces arbres. La première colonne contient la proportion où l'arbre a fait une meilleure approximation que les autres, et la seconde contient la moyenne des ratios consommation observée sur consommation attendue pour les deux cents simulations.

	Meilleure approximation	Ratio O/A moyen
Arbre 1	24,5%	100,191%
Arbre 2	26,5%	100,193%
Arbre 3	23,5%	100,190%
Arbre 4	25,5%	100,193%

FIGURE 5.8 – Comparaison des arbres de décision

Ces ratios illustrent bien ce que l'étude de l'importance des variables avait avancé : la taille de l'entreprise ainsi que le salaire ne permettent pas de fournir une amélioration significative du modèle, par conséquent ces caractéristiques sont retirées du modèle. Le gain de simplicité du modèle en retirant ces deux variables était bien plus important que la précision gagnée en les intégrant.

L'arbre final obtenu se compose de huit feuilles :

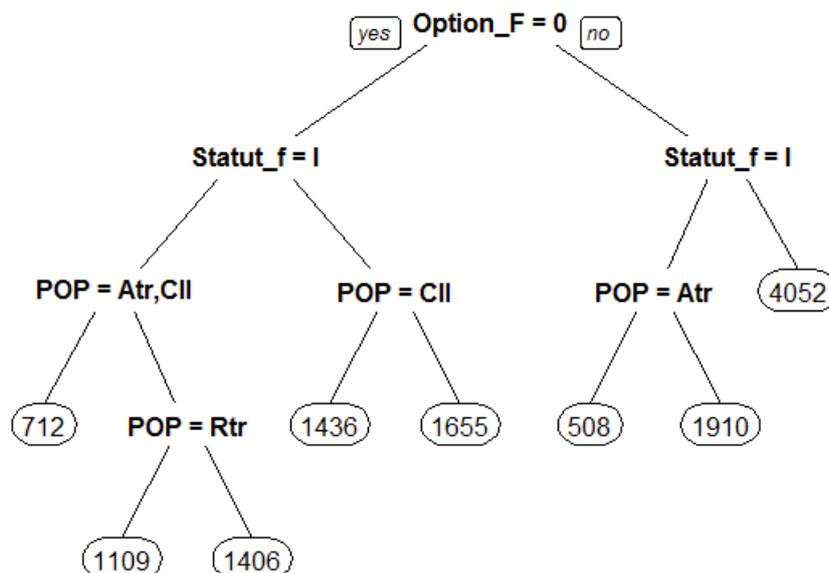


FIGURE 5.9 – Arbre CART pour le regroupement des catégories de consommateurs

Il faut toutefois noter que l'algorithme propose de réunir les individuels et les retraités pour les familles. Or, ces deux populations restent très différentes, en particulier par leur âge (qui n'est pas pris en considération dans l'étude, comme expliqué plus haut). Il a donc été décidé de séparer ces deux populations et de passer ainsi à neuf le nombre de courbes de consommation à établir. Un test de prédiction a été effectué sur l'échantillon de validation en tenant compte de la nouvelle catégorisation. Il se trouve que les résultats de ce test ne concluent pas à une nette amélioration de la prévision avec ce modèle, mais lorsque sont comparées les masses de prestations observées sur le portefeuille en 2015 par exemple⁶ et celles projetées, en se rapportant à la même masse d'effectifs, les résultats sont significativement meilleurs. C'est donc ce dernier qui est conservé. De plus, il a comme avantage de présenter des résultats plus lisibles.

5.3 Lissage de Whittaker Henderson

Les courbes obtenues dans un premier temps comportent de nombreuses irrégularités et pics. Ce phénomène provient certainement plus de la taille limitée de l'échantillon d'observation que de la transcription d'un réel comportement des assurés : l'étude est sujette à des fluctuations d'échantillonnage. Pour pallier cet effet et obtenir des courbes plus réalistes, il est nécessaire de les lisser et, pour ce faire, la méthode employée est celle de Whittaker-Henderson [12]. Une validation de ce lissage par différentes méthodes sera effectuée par la suite.

5.3.1 Théorie du lissage

Cette méthode est non paramétrique. Elle permet de favoriser, selon le choix de l'utilisateur, la fidélité aux courbes obtenues ou le lissage souhaité.

Pour chaque groupe, les taux bruts ne dépendent que de l'âge, le lissage s'effectue donc en dimension 1.

Le critère de fidélité est :

$$F = \sum_{i=1}^p w_i \cdot (q_i - \hat{q}_i)^2$$

et le critère de régularité est :

$$S = \sum_{i=1}^{p-z} (\Delta^z q_i)^2$$

avec q_i les taux ou montants lissés

\hat{q}_i les taux ou montants bruts obtenus (à lisser)

z un paramètre du modèle

h le poids donné par l'utilisateur au lissage

w_i les poids des taux ou montants

p le nombre de taux ou montants à lisser

Δ est un opérateur de différence avant : Pour toute fonction f , $\Delta f(x) = f(x+1) - f(x)$

6. L'année 2015 est choisie car elle est plus complète que l'année 2016.

Ainsi, la différence avant d'ordre n est : $\Delta^n f(x) = \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} (-1)^{n-j} f(x+j)$

Il faut minimiser la somme suivante : $M = F + h \cdot S$

Il faut alors résoudre ces p équations : $\frac{\delta M}{\delta q_i}$

Les formes matricielles permettent d'aboutir à la résolution de ce système d'équations. En effet, F et S peuvent s'exprimer sous les formes :

$$F = (q - \hat{q})' \cdot W \cdot (q - \hat{q})$$

$$S = (\Delta^z q_i)' (\Delta^z q_i)$$

avec $q = (q_i)_{1 \leq i \leq p}$ et $\hat{q} = (\hat{q}_i)_{1 \leq i \leq p}$ et $W = \text{diag}(w_i)_{1 \leq i \leq p}$.

Il est possible d'exprimer $\Delta^z q_i$ sous une forme plus malléable et donc plus pratique d'utilisation :

$$\Delta^z q_i = K_z \cdot q$$

avec K_z une matrice de taille $(p-z, p)$ composée des coefficients binomiaux d'ordre z , dont les signes alternent et le premier est positif pour z pair. Ainsi, pour $p=5$ et $z=3$, $K_3 =$

$$\begin{pmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 3 & -3 & 1 \end{pmatrix}$$

Finalement, l'expression de M prend la forme suivante :

$$M = (q - \hat{q})' \cdot W \cdot (q - \hat{q}) + h \cdot q' \cdot K_z' \cdot K_z \cdot q$$

D'où :

$$\frac{\delta M}{\delta q} = 2 \cdot W \cdot q - 2 \cdot W \cdot \hat{q} + 2 \cdot h \cdot K_z' \cdot K_z \cdot q$$

Le résultat s'obtient en résolvant $\frac{\delta M}{\delta q} = 0$:

$$q^* = (W + h \cdot K_z' \cdot K_z)^{-1} \cdot W \cdot \hat{q}$$

Il faut toutefois veiller à ce que h ne soit pas trop grand, au risque de ne pas pouvoir inverser $W + h \cdot K_z' \cdot K_z$. Il est possible d'influer sur le lissage en choisissant une matrice de poids W particulière, par exemple $w_i = \frac{\text{Nombre d'individus de l'âge } i}{\text{Nombre d'individus}}$. Ce ne sera pas le cas ici, où W est la matrice identité.

5.3.2 Méthodes de validation du lissage

Une fois les données lissées obtenues, il convient de vérifier qu'elles ne sont pas trop éloignées des données initiales afin de respecter les comportements observés. Pour cela, plusieurs méthodes sont employées.

Intervalles de confiance

La première méthode consiste à utiliser le ratio du nombre de sorties observées sur la prédiction, autrement appelé SMR (Standardized Mortality Ratio) :

$$SMR = \frac{D}{E} = \frac{\sum_{i=1}^p S_i}{\sum_{i=1}^p n_i \cdot q_i}$$

avec n_i le nombre de personnes de l'âge i .

Dans cette expression, E est le nombre de sorties prédit, donc une constante, et D est une variable aléatoire binomiale qui peut être approchée par une loi de Poisson.

Cette approximation permet alors d'établir un intervalle de confiance pour le SMR :

$$\frac{D}{E} \left(1 - \frac{1}{9 \cdot D} - \frac{u_{1-\frac{\alpha}{2}}}{3 \cdot \sqrt{D}}\right)^3 \leq SMR \leq \frac{D+1}{E} \left(1 - \frac{1}{9 \cdot (D+1)} + \frac{u_{1-\frac{\alpha}{2}}}{3 \cdot \sqrt{D+1}}\right)^3$$

Pour $\alpha = 5\%$, $u_{1-\frac{\alpha}{2}}$ vaut 1,96 (quantile d'une loi normale).

Dans ce cas, l'intervalle de confiance est créé autour des taux bruts, et la validation du test consiste à vérifier que les taux lissés appartiennent bien à ces intervalles. Il est tout à fait possible d'effectuer la validation en sens inverse, autrement dit de calculer l'intervalle de confiance autour des taux lissés puis de vérifier que les taux observés appartiennent à cet intervalle. Les deux méthodes aboutissent en théorie aux mêmes conclusions.

Ce test peut être utilisé sur les lissages des lois d'entrées et de sorties. Pour la consommation, la variable réponse n'étant pas 0 ou 1, il n'est pas possible de considérer que cette variable suit une loi binomiale et ce test ne fonctionne pas. La validation du lissage sera donc effectuée en utilisant d'autres tests.

Résidus du modèle

Les résidus peuvent aussi être utilisés afin de vérifier l'adéquation du modèle aux données. Si le lissage est effectué correctement, il doit avoir utilisé tous les renseignements disponibles dans les données brutes, et il ne doit donc plus rester d'information dans les résidus.

$$\text{Résidu}_i = \text{Valeur réelle à l'âge } i - \text{Valeur lissée à l'âge } i$$

Ils doivent suivre une loi normale, donc être centrés et ressembler à un bruit blanc. Pour vérifier ces différents points, ces résidus ont subi quatre tests différents sous le logiciel R : *kpss*, Box-Pierce, Ljung-Box et Shapiro.

Comme dans le cadre des séries temporelles vues plus haut, ces tests permettent de vérifier la stationnarité, l'indépendance et la normalité des données.

Changements de signe La différence entre les consommations brutes et les consommations lissées doit suivre une loi normale puisque les résidus sont présumés indépendants, donc cette différence a la même probabilité d'être positive ou négative, égale à 1/2. Ainsi, avec les p points lissés considérés, le nombre de changements de signe devrait suivre une loi binomiale de paramètre $(p-1, 1/2)$ en tant que somme de lois de Bernoulli indépendantes, d'espérance $\frac{p-1}{2}$. Le test consistera à vérifier que le nombre de changements de signe ne s'éloigne pas trop de cette moyenne.

Dans certains cas, le lissage peut volontairement surestimer quelques taux pour s'approcher des pics. Le test sera alors inutile pour juger de la qualité du lissage.

Test des changements de signes de Wilcoxon Le test des rangs signés de Wilcoxon a pour but de mesurer la symétrie d'une loi par rapport à l'origine[5]. A chacune des n représentations des résidus (x_1, \dots, x_n) , une variable aléatoire r_i est attribuée, correspondant au rang de la valeur absolue de x_i .

La variable aléatoire W_n est la somme des rangs des résidus positifs :

$$W_n = \sum_{i=1}^n r_i \mathbb{1}(x_i > 0)$$

Par le théorème central limite, pour n grand, la statistique W_n suit approximativement une loi normale et la statistique du test est :

$$Z_n = \frac{2 \cdot W_n + 1 - \frac{n(n+1)}{2}}{\sqrt{\frac{n}{6}(n+1)(2n+1)}}$$

Ce test permet d'aller plus loin que le test des changements de signe qui ne prend pas en considération la grandeur des différences.

5.4 Résultats

Cette section présente les résultats des études pour les différentes lois, les lissages des données et leur validation. Les courbes présentées ci-après seront celles utilisées dans la dernière partie dans le cadre des projections à effectuer sur le portefeuille de l'assureur.

5.4.1 Lois d'entrée

Les lois d'entrées lissées sont représentées ci-dessous, avec l'âge représenté en abscisses et les taux d'entrée lissés en ordonnées :

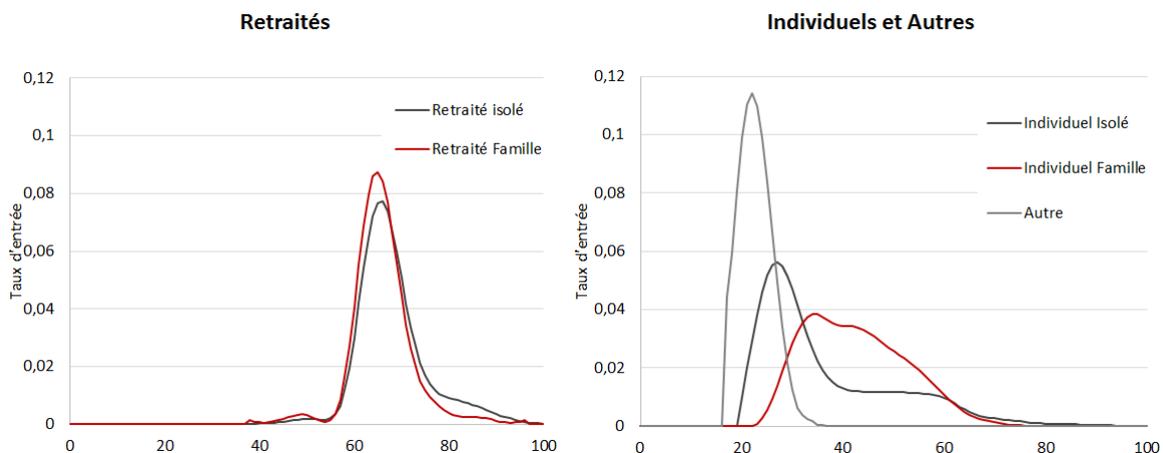


FIGURE 5.10 – Lois d'entrée des individuels et des retraités

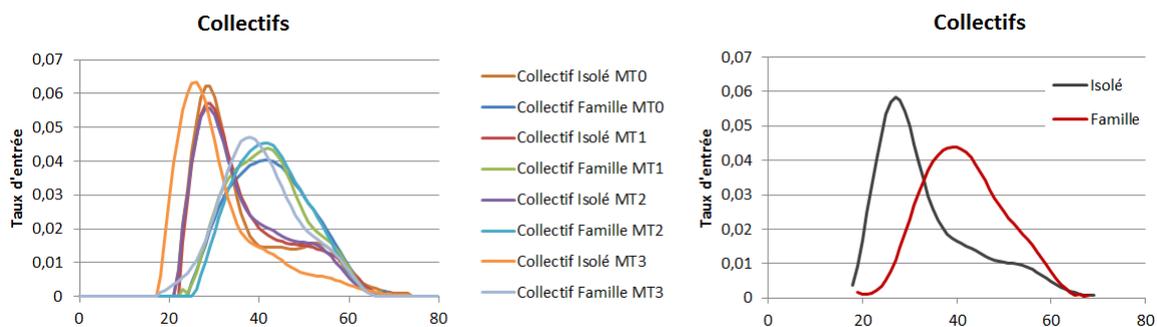


FIGURE 5.11 – Lois d'entrée des collectifs

L'appellation *MT* représente la variable de la taille de l'entreprise, appelée "Module Tranche". Aucune étude n'avait été faite sous le logiciel **R** concernant un possible rapprochement de variables. L'analyse graphique montre une homogénéité globale de la répartition des entrées quelle que soit la taille de l'entreprise. Ce constat a conduit à regrouper le collectif sur le seul critère de la situation familiale.

Afin de valider le lissage effectué par la méthode de Whittaker-Henderson, des intervalles de confiance ont été tracés autour des taux bruts pour chacune des populations. Le graphique suivant illustre les résultats pour les familles de collectifs, les autres catégories apparaissent en annexes.

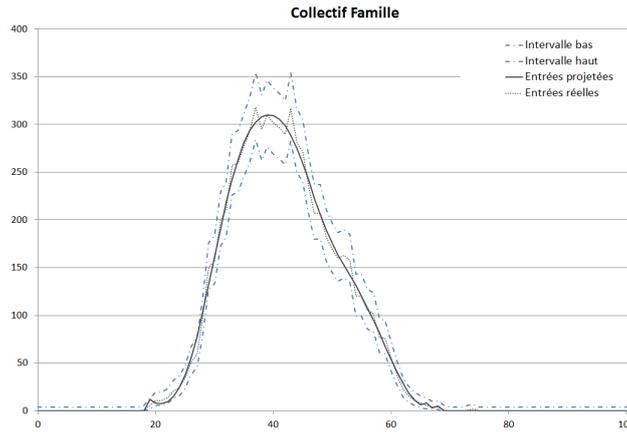


FIGURE 5.12 – Intervalles de confiance de la loi d’entrée des collectifs familles

L’analyse graphique semble valider le lissage effectué, toutefois, pour plus de rigueur, les différents tests énoncés dans la partie précédente ont été exécutés sur les modèles des différentes lois et leurs résidus. Les résultats de ces tests sont résumés dans le tableau suivant :

Test	Loi 1	Loi 2	Loi 3	Loi 4	Loi 5	Loi 6	Loi 7
Sortie de l'intervalle de confiance 1	9	7	26	9	6	11	5
Sortie de l'intervalle de confiance 2	11	6	12	11	7	6	1
Changement de signe	50,00%	47,69%	32,35%	49,18%	50,85%	48,28%	55,56%
Moyenne des résidus	-6,58E-11	-1,43E-11	-1,59E-10	4,72E-11	2,59E-11	-2,25E-12	1,85E-12
Wilcoxon (test de rang)	77,38%	79,88%	59,58%	85,75%	69,19%	100,00%	55,82%

FIGURE 5.13 – Tests sur le lissage des lois d’entrée

La première ligne de ce tableau représente le nombre de sorties des taux lissés de l’intervalle de confiance autour des taux bruts, comme le représente le graphique ci-dessus. La deuxième montre le nombre de sorties de l’intervalle de confiance cette fois basé sur les taux lissés. Dans les deux cas, le lissage est considéré comme satisfaisant, bien que les résultats de la première méthode soient plus avantageux. Les autres tests effectués appuient les conclusions tirées des intervalles de confiance et corroborent la validation du modèle. Pour finir, la *p-value* du test de Wilcoxon est très élevée pour toutes les lois.

A l’inverse, les tests effectués sous le logiciel **R** sur les résidus n’aboutissent pas à la même déduction : si les résidus semblent tous stationnaires, un certain nombre d’entre eux ne valident pas les trois autres tests :

Test	Loi 1	Loi 2	Loi 3	Loi 4	Loi 5	Loi 6	Loi 7
Test de KPSS	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%
Test de Box-Pierce	0,94%	1,99%	54,10%	79,91%	99,32%	0,00%	37,30%
Test de Ljung-Box	0,85%	1,84%	53,59%	79,66%	99,31%	0,00%	36,70%
Test de Shapiro	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Test de KPSS	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%
Test de Box-Pierce	3,79%	8,54%	74,02%	85,54%	99,52%	0,42%	55,26%
Test de Ljung-Box	3,43%	7,84%	72,94%	85,19%	99,51%	0,33%	54,12%
Test de Shapiro	0,00%	0,18%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	6,42%

Les tests de Box-Pierce, Ljung-Box et Shapiro sont regroupés sous 'VERSION 1' pour les premières quatre lignes et 'VERSION 2' pour les dernières quatre lignes.

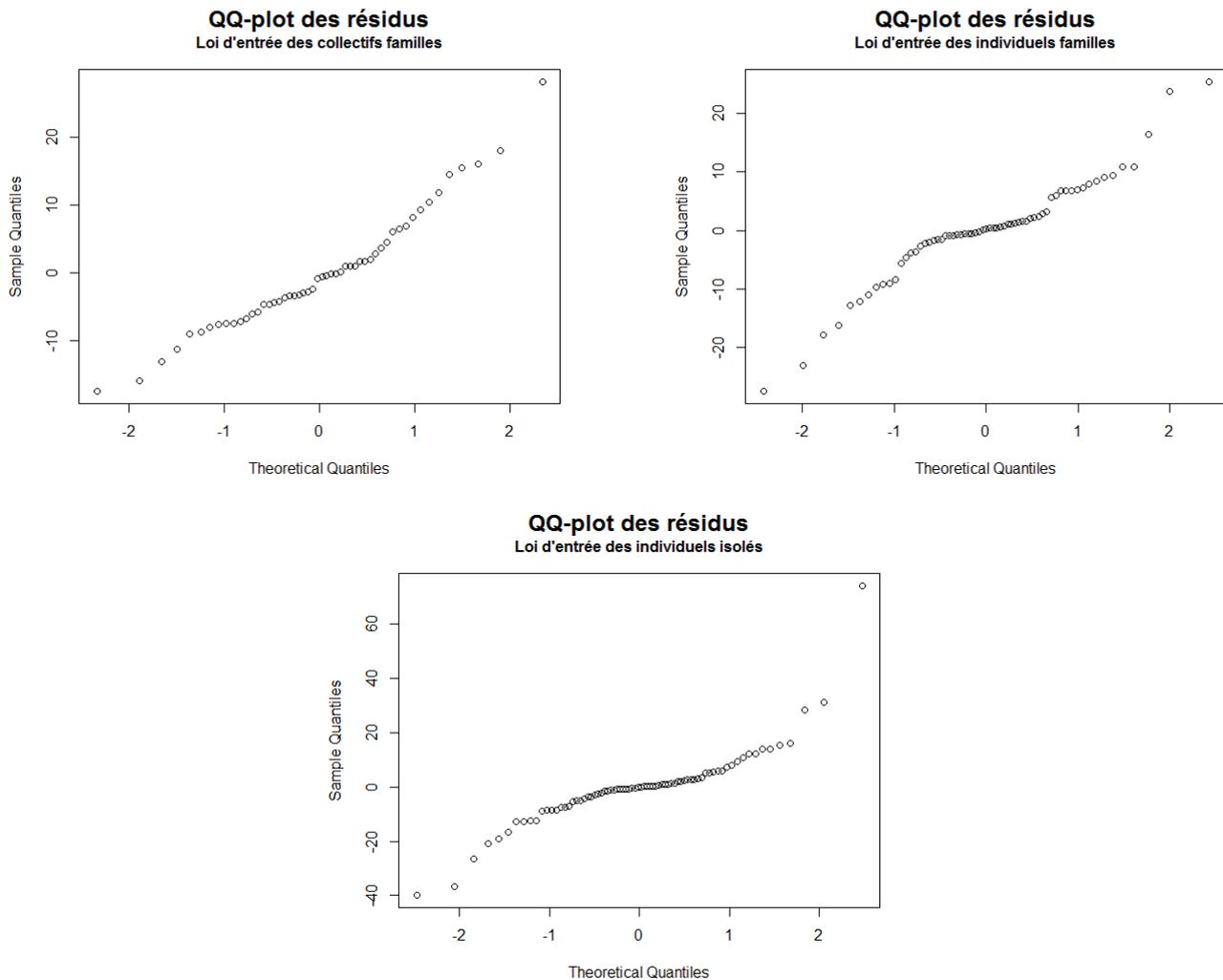
FIGURE 5.14 – Tests sur les résidus des lois d’entrée lissées

Dans la première version des tests, le vecteur pris en argument par les fonctions est le vecteur allant des âges

5.4. RÉSULTATS

0 à 110. Dans la deuxième version, le vecteur pris en argument s'adapte à la taille des données : par exemple, pour la catégorie "Retraité", il n'y a personne avant quarante ans, les tests sont donc effectués à partir de cet âge. Cette modification ne suffit pas à ce que tous les tests soient validés, mais les *p-value* s'en trouvent quand même augmentées.

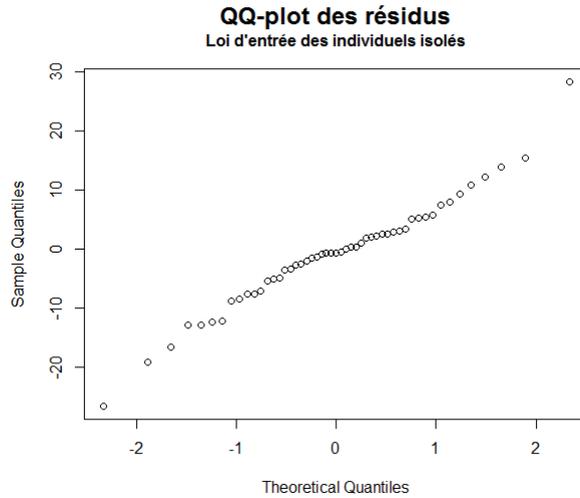
Les deux tiers des tests sous le logiciel **R** sont validés. Le problème majeur semble être la normalité des résidus. Les diagrammes *Quantiles-Quantiles* (*qq-plot*) ont été tracés afin d'avoir un appui visuel sur cette absence de normalité :



Le premier *qq-plot* est celui de la loi sept, donc valide le test de Shapiro : cette loi est la seule qui ne rejette pas ce test. Le deuxième diagramme est celui de la loi deux, pour laquelle la *p-value* du test de Shapiro est inférieure à 5%, et pour le troisième (loi une) la *p-value* apparaît nulle. Ces graphiques permettent de voir que les valeurs extrêmes empêchent les résidus d'être normaux, cette conclusion est particulièrement flagrante sur le dernier graphique.

En ne basant le test de Shapiro que sur les âges avec suffisamment de personnes présentes, la *p-value* s'élève

alors à 26,1% et le diagramme *Quantiles-Quantiles* devient :



En réitérant les tests de cette manière sur les données, les résultats apparaissent finalement concluants.

5.4.2 Lois de sortie

Les lois de sorties lissées sont représentées ci-dessous, avec l'âge représenté en abscisses et les taux de sortie lissés en ordonnées :

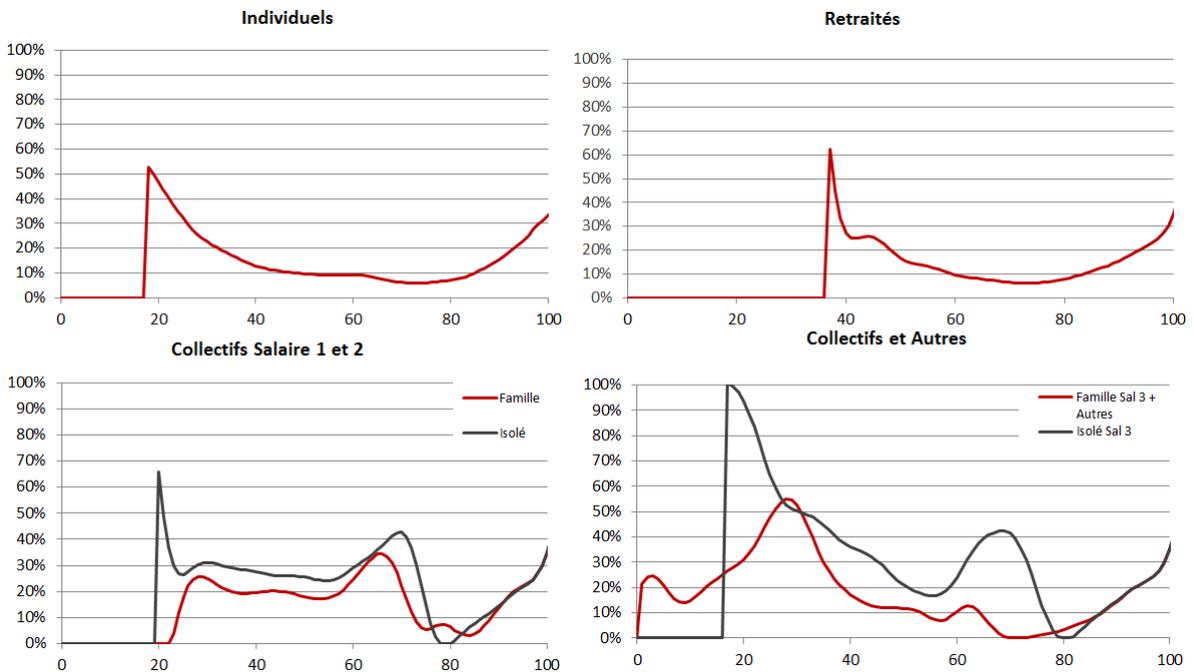


FIGURE 5.15 – Lois de sortie des différentes populations

Il convient de remarquer que les courbes sont toutes semblables au-delà de quatre-vingt-dix ans : c'est l'âge à partir duquel les taux de mortalité de la table INSEE remplacent les taux observés sur le portefeuille de

l'organisme assureur. De plus, la bosse chez les collectifs (correspondant au moment du passage à la retraite) n'est pas retrouvée chez les individuels. L'explication réside dans le fait qu'un certain nombre d'individuels ne se déclarent pas comme retraité auprès de l'organisme, qui les considère alors toujours comme actifs. Les valeurs nulles du début apparaissent lorsqu'il n'y a pas d'assuré observé dans le portefeuille : les adhérents souscrivent généralement à partir de vingt ans, sauf pour les retraités qui arrivent au-delà de quarante ans (les plus jeunes sont les pensionnés militaires).

De la même façon que pour les entrées, des intervalles de confiance ont été calculés. Les résultats pour les familles d'individuels sont représentés dans le graphique ci-dessous :

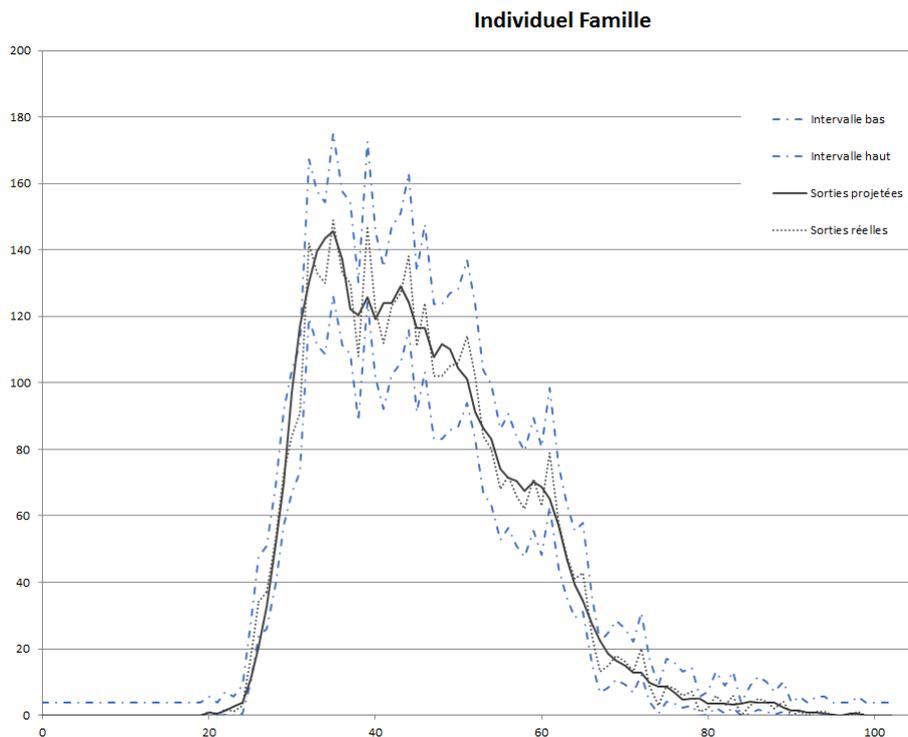


FIGURE 5.16 – Intervalles de confiance pour les taux de sortie lissés

Les courbes représentant les résultats des autres populations sont disponibles en annexes.

Les tests réalisés dans le cadre de la validation du lissage sont strictement les mêmes que pour les entrées, à la différence près que le ratio du nombre de sorties prédit sur le nombre réel de sortie a été ajouté.

Test	Loi 1	Loi 2	Loi 3	Loi 4	Loi 5	Loi 6	Loi 7
Sortie de l'intervalle de confiance 1	3	3	1	1	0	2	2
Sortie de l'intervalle de confiance 2	4	8	4	1	2	8	3
Changement de signe	43,94%	48,72%	50,00%	58,06%	44,83%	58,90%	46,15%
Moyenne des résidus	0,35946	-0,10368	-0,10395	-0,03928	0,22907	-1,11571	-0,23369
Sorties prédites / Sorties réelles	98,42%	100,27%	100,19%	100,05%	99,56%	102,10%	100,65%
Wilcoxon (test de rang)	18,61%	80,72%	95,21%	84,44%	58,78%	65,61%	98,67%

FIGURE 5.17 – Tests sur le lissage des lois de sortie

Le fait que la moyenne des résidus ne soit pas tout à fait nulle, bien qu'elle s'en approche fortement, s'explique par le remplacement des taux de sortie observés par les taux de mortalité aux âges élevés et par la

faible longueur du vecteur de données⁷. Le ratio du nombre de sorties prédit⁸ sur le nombre réel de sorties est très proche de 100%, ce qui montre que le modèle est performant⁹.

Les tests sur les résidus aboutissent à ces *p-value* :

Test	Loi 1	Loi 2	Loi 3	Loi 4	Loi 5	Loi 6	Loi 7	
Test de KPSS	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	VERSION 1
Test de Box-Pierce	0,00%	58,65%	8,11%	0,45%	23,24%	0,11%	0,21%	
Test de Ljung-Box	0,00%	58,10%	7,68%	0,40%	22,56%	0,09%	0,18%	
Test de Shapiro	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
Test de KPSS	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	VERSION 2
Test de Box-Pierce	0,00%	63,30%	11,94%	2,53%	37,35%	0,47%	1,58%	
Test de Ljung-Box	0,00%	62,65%	11,28%	2,20%	36,12%	0,40%	1,35%	
Test de Shapiro	0,00%	0,04%	0,21%	0,03%	1,64%	0,00%	0,00%	

FIGURE 5.18 – Tests sur les résidus des lois de sortie lissées

De nouveau, il est très possible que ce rejet des tests soit dû à la modification des taux aux âges avancés. Malgré ces résultats négatifs, ces taux de sortie lissés sont conservés puisqu'ils valident un nombre suffisant de tests, en particulier celui des intervalles de confiance.

Comme pour les lois d'entrées, les tests sont réalisés de nouveau en ne considérant que les âges où les effectifs sont conséquents. Les *p-value* sont alors pour la plupart supérieures à 5% et permettent de valider l'ajustement.

5.4.3 Consommation

Une fois les groupes déterminés, tous les consommateurs sont de nouveau inclus dans l'étude¹⁰, ainsi que tous les adhérents n'ayant pas consommé. Les prestations totales (séparées en catégories déterminées plus haut) sont donc divisées par les présences totales¹¹ (séparées en mêmes catégories) et par âge. Il est à noter que les données disponibles ne recensent que les effectifs présents en fin d'année, les prestations prises en considération dans l'établissement des courbes de consommation ne sont donc que celles pouvant être rattachées à un assuré connu l'année de survenance du sinistre. Par exemple, si un assuré, présent depuis 2014, résilie son contrat en milieu d'année 2016, ses prestations au titre de la survenance 2015 sont comptabilisées mais pas celles au titre de la survenance 2016, puisque cet adhérent n'est plus compté dans les effectifs au 31 décembre. Dans le cas contraire, les prestations ne seraient pas rapportées à la bonne masse d'effectifs.

7. La moyenne d'une simulation de cent lois normales centrées réduites s'approche fortement de zéro mais n'est pas nulle.

8. Cette valeur a été obtenue en appliquant les taux de sortie lissés aux effectifs du portefeuille.

9. Ce ratio n'a pas été calculé pour les lois d'entrée puisqu'elles représentent des lois de répartition par âge, ce ratio vaut donc toujours 1.

10. Pour rappel, seuls les consommateurs présents une année entière avaient été conservés lors de la détermination des catégories homogènes.

11. Les 90 000 adhérents représentent environ 82 000 personnes en équivalent temps plein en 2016

La consommation moyenne par âge lissée obtenue en premier lieu est la suivante :

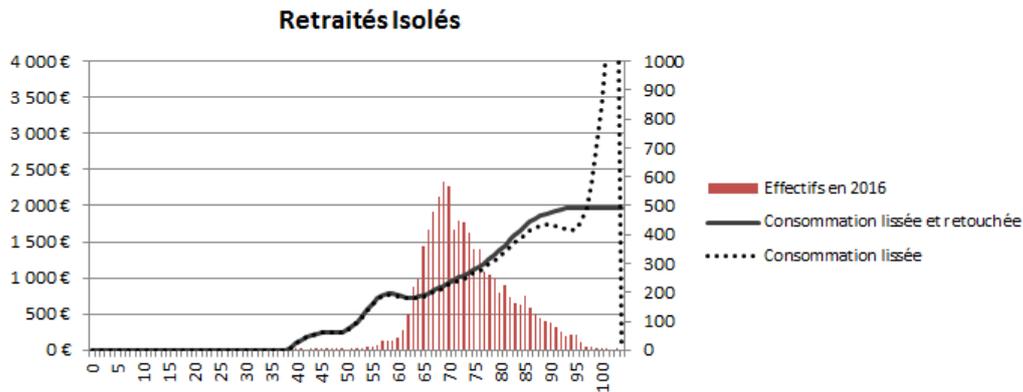


FIGURE 5.19 – Consommation des Retraités Isolés

Les courbes montrent qu'une consommation anormalement élevée aux âges avancés s'explique par un manque important de données. La mutualisation est très faible, et la consommation moyenne, même lissée, devient volatile. C'est pourquoi le montant de la consommation moyenne est modélisé par un palier à partir d'un certain âge, correspondant au moment où la masse d'effectifs devient insuffisante. Ce modèle pourrait être amélioré en ayant recours à une source extérieure ou à un second modèle spécifique pour ces âges, mais cette étude n'a pas été faite ici.

Comme mentionné au début de ce mémoire, la consommation des nouveaux arrivants choisissant l'option France a été abattue par rapport à celle des adhérents déjà présents sur lesquels est basée l'étude.

Les courbes de consommation du produit France sont représentées en tirets sur les courbes ci-dessous :

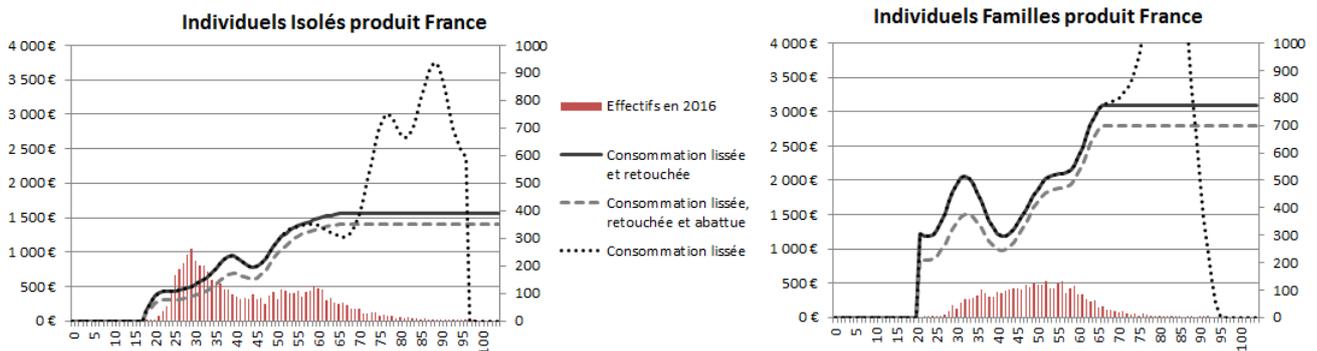


FIGURE 5.20 – Consommation des individus ayant choisi le produit France

La consommation des familles comporte une bosse dans la tranche d'âge 30-35 ans, correspondant à la maternité. Le taux moyen d'abattement est de 15%. Des tests de sensibilité à cette hypothèse sont effectués dans la dernière partie de ce mémoire.

Les courbes de consommation des autres populations sont disponibles en annexe.

Les résultats des tests effectués sur le lissage sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Test	Loi 1	Loi 2	Loi 3	Loi 4	Loi 5	Loi 6	Loi 7	Loi 8	Loi 9
Changement de signe	60,98%	53,85%	54,88%	56,92%	62,82%	66,67%	56,96%	52,63%	57,14%
Moyenne des résidus	5,33E-10	3,44E-09	1,29E-09	-2,98E-06	1,12E-08	1,30E-10	3,84E-09	2,18E-06	7,12E-09
Consommation prédite / Consommation réelle	100,20%	99,55%	100,29%	100,05%	100,05%	86,27%	100,37%	100,03%	99,91%
Wilcoxon (test de rang)	25,74%	31,74%	38,48%	25,01%	12,38%	16,19%	21,54%	66,55%	15,95%

FIGURE 5.21 – Tests sur le lissage de la consommation moyenne

Le test du changement de signe est satisfaisant, appuyé par le fait que la moyenne des résidus soit nulle pour chacune des neuf lois. Le ratio de la consommation prédite sur la consommation réelle laisse en revanche supposer que le lissage fait perdre de nombreuses informations à la courbe d'origine pour la loi six puisque le modèle n'est pas capable de restituer une masse équivalente de prestations.

Le graphique suivant va permettre de comparer les données brutes au lissage :

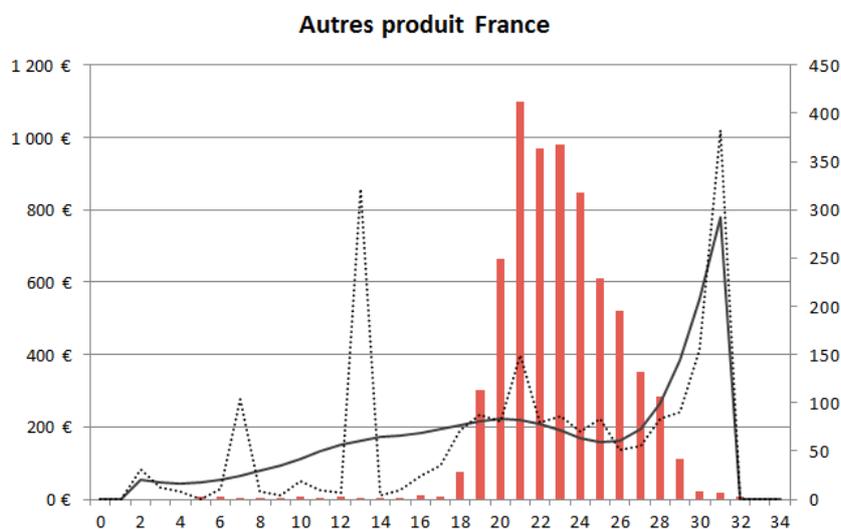


FIGURE 5.22 – Courbe de consommation de la catégorie autre avec option France

Un écart important entre le lissage et les données brutes apparaît là où il y a le plus d'effectifs. Si le ratio de consommation prédite sur consommation réelle est recalculé en retirant la valeur à vingt-deux ans, il vaut alors 96,6%. C'est donc bien aux alentours de cet âge que le lissage n'est pas fidèle à l'observé. Cet écart est compréhensible puisque la priorité a été donnée à la régularité de la courbe plutôt qu'à la fidélité de la consommation réelle, cette dernière étant peu robuste du fait du manque de données.

5.4. RÉSULTATS

Les tests effectués sous le logiciel **R** renvoient les *p-value* suivantes :

Test	Loi 1	Loi 2	Loi 3	Loi 4	Loi 5	Loi 6	Loi 7	Loi 8	Loi 9	
Test de KPSS	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	VERSION 1
Test de Box-Pierce	33,32%	0,67%	20,01%	0,00%	52,77%	7,61%	2,77%	0,00%	1,60%	
Test de Ljung-Box	32,62%	0,60%	19,36%	0,00%	52,17%	7,19%	2,55%	0,00%	1,45%	
Test de Shapiro	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
Test de KPSS	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	VERSION 2
Test de Box-Pierce	38,79%	3,13%	25,30%	0,09%	58,26%	33,85%	5,38%	0,02%	5,96%	
Test de Ljung-Box	37,93%	2,76%	24,44%	0,07%	57,54%	31,47%	4,94%	0,02%	5,38%	
Test de Shapiro	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	

FIGURE 5.23 – Tests sur les résidus des lois de consommation moyenne

Comme pour les deux autres lissages, ces tests ne permettent pas de valider le modèle. Les *p-value* sont supérieures à 5% dans un peu plus de la moitié des tests mais ce n'est pas suffisant. De la même façon que précédemment, ces tests sont réitérés en prenant en argument uniquement les âges où les effectifs présents sont suffisants, et ils permettent alors de valider les lissages.

Une fois toutes les lois nécessaires à l'étude validées, c'est à dire calibrées, lissées et fiables selon les critères déterminés et les différents tests effectués, les évolutions du portefeuille d'assurés de l'organisme peuvent être projetées, et par conséquent son résultat, ce qui reste l'objectif du second pan de ce mémoire.

Chapitre 6

Projection du résultat de l'organisme assureur

6.1 Objectifs et méthode de projection

6.1.1 Objectifs et démarche des projections

L'organisme assureur a demandé une projection de son résultat sur une période de dix ans. Cette étude a pour but de l'aider dans les décisions qu'il doit prendre en termes de stratégie commerciale.

Ce travail est effectué en plusieurs étapes : le stock d'adhérents, déjà présents au 31 décembre 2016, est traité de façon différente des nouveaux entrants. Toutefois, les paramètres pris en considération restent les mêmes :

- Les lois construites dans la partie précédente :
 - ◇ La loi de sortie par catégorie,
 - ◇ La loi de consommation par catégorie.
- Les taux de fidélisation pour les produits France et monde,
- La population bénéficiant d'un abattement de cotisation par année de projection,
- Les taux de revalorisation des cotisations et prestations par année de projection.

Les taux de revalorisation permettent de modéliser les hausses des cotisations qui suivent, notamment pour le segment collectif, l'évolution du plafond de la Sécurité sociale, ainsi que les dérives de consommation afin de tenir compte de l'inflation médicale.

Les lois définies précédemment sont toutes les trois sous forme de matrice de dimension deux et de taille [âge maximum - âge minimum, nombre de groupes]. Dans toute la suite, elles sont appelées *Entree*, *Sortie* et *Conso*.

Plusieurs scénarios sont projetés pour mesurer les impacts de la population bénéficiant d'un abattement de cotisation.

Remarque : Les prestations sont projetées en fonction des observations suivant les courbes déterminées précédemment, c'est-à-dire sans prendre en considération le nouveau barème de prise en charge de l'hospitalisation. Les risques évoqués en partie III ne seront donc pas abordés. Toutefois, comme la transposition a été faite de telle sorte que la neutralité des dépenses soit respectée, le résultat serait le même.

Dans la suite, dans une optique de confidentialité, tous les résultats ont été modifiés en subissant une homothétie.

6.1.2 Projection des effectifs présents au 31/12/2016

Dans un premier temps, les effectifs ayant déjà souscrit un contrat auprès de l'organisme assureur au 31 décembre 2016 - représentant le stock - sont projetés ligne à ligne avec une probabilité de présence chaque année en fonction des lois de sortie déterminées précédemment.

Pour ces effectifs, la mobilité interne n'est pas considérée, hormis le passage à la retraite pour les collectifs et les individuels à un âge défini. Il convient néanmoins de noter que les adhérents de ces catégories ayant dépassé cet âge mais n'ayant pas été basculés vers les retraités sont considérés comme n'ayant pas encore fait les démarches auprès l'organisme pour se déclarer pensionnés. Il a alors été considéré qu'ils ne le feraient plus. Toutefois, ces adhérents ne représentent que 2,2% du portefeuille.

Une comparaison entre leur ancienne cotisation plafonnée et leur nouvelle cotisation après application de la fidélité sera effectuée chaque année afin de retenir la moins élevée des deux. Il faut rester vigilant au fait que la nouvelle cotisation fidélisée d'un adhérent peut devenir dans un premier temps inférieure à l'ancienne cotisation plafonnée pour une tranche d'âge, puis être de nouveau supérieure à la suivante. Pour autant, une transition vers le nouveau barème est considérée comme définitive, il faut donc conserver l'information du barème appliqué afin d'éviter les "aller-retours" entre les deux. Il suffit ensuite de probabiliser le montant de cette cotisation en fonction du taux de présence déterminé précédemment.

Les paramètres inhérents au traitement du stock, en plus des paramètres généraux, sont les suivants :

- Le taux de plafonnement et sa durée,
- L'âge à partir duquel le passage à la retraite a lieu.

Pour rappel, l'adhésion à l'option France se fait sur la base des critères suivants :

- La proportion des prestations versées pour des soins hospitaliers effectués en France est supérieure à 80%,
- La proportion des prestations versées pour des soins non hospitaliers (actes de villes par exemple) effectués en France est supérieure à 80%,
- La somme des prestations versées pour des soins (tous soins confondus) effectués hors de France est inférieure à 300 €,
- La cotisation France doit être inférieure à l'ancienne cotisation plafonnée.

De plus, si ce dernier point est vérifié et si les prestations versées à l'adhérent sont inférieures à 200 €, il est considéré comme adhérent au produit France.

En ce qui concerne la population bénéficiant de la solidarité (payant une cotisation abattue), les adhérents

qui étaient déjà bénéficiaires gardent cette ristourne, et l'augmentation du nombre d'allocataires est réalisée en fonction de la cible visée par l'organisme.

6.1.3 Projection des nouveaux entrants

Dans un second temps, de nouveaux entrants sont projetés suivant les paramètres généraux, ainsi que des paramètres propres à cette partie :

- La loi d'entrée par catégorie
- Le nombre d'entrées souhaité par catégorie
- La proportion d'adhérents au produit France
- La proportion d'individuels en catégorie aidée

Ces nouvelles entrées sont projetées en masse. L'utilisateur pourra choisir de garder les entrées correspondant à l'observé, mais aussi de modifier le nombre d'entrées sur certaines catégories, pour tenir compte du changement des comportements générés par la réforme des cotisations. Par exemple, les tarifs des entreprises de moins de dix salariés ayant changé, il est possible que cela conduise à plus d'entrées que par le passé. D'autre part, le prix très concurrentiel du nouveau produit France peut accroître l'attractivité et la visibilité de l'organisme (c'est d'ailleurs l'effet escompté).

Une loi de mobilité interne est également prise en considération. Cette loi permet de modéliser les changements de situation familiale (un nombre important d'isolés basculent en familles aux alentours des trente-cinq ans par exemple) ou les changements de situation professionnelle. En revanche, le changement de pays de séjour n'est pas pris en compte du fait que le critère géographique importe peu en comparaison des autres critères et n'influe pas sur les différentes lois¹. L'enjeu ici est de reproduire les comportements des assurés au plus proche de la réalité, sans remplacer les anciens contrats par de nouveaux afin que les assurés puissent conserver leur ancienneté et bénéficier de la fidélisation. Par exemple, un individuel qui devient retraité a droit à une cotisation abattue en fonction de son ancienneté, il ne doit pas payer une cotisation pleine.

Pour répondre à ces attentes, un outil a été conçu sous VBA afin de pouvoir prendre en considération toutes les hypothèses nécessaires, et que les paramètres puissent évoluer en fonction des besoins de l'étude. Les projections ont été faites par génération : les effectifs évoluent par âge, tout en conservant l'information de leur ancienneté, indispensable dans le mécanisme de la fidélisation.

Hypothèses d'entrée

Etape 1 : Dans le cadre d'une première étude permettant la vérification de l'outil, le nombre d'entrées est choisi comme égal à l'observé, sans prendre en considération les potentielles augmentations attendues par l'assureur. Les paramètres sont calibrés de sorte à rester fidèle aux caractéristiques du stock, il n'y a donc pas de déformation du portefeuille.

Etape 2 : Ensuite, les entrées sont fortement augmentées, conformément aux attentes de l'organisme, notamment pour la catégorie des individuels qui devraient être attirés par le nouveau produit France, ainsi que pour la catégorie des collectifs des petites entreprises (Module tranche 0) qui voient leur cotisation minorée par rapport

1. Comme vu dans la partie précédente.

6.1. OBJECTIFS ET MÉTHODE DE PROJECTION

à la situation actuelle. Comme il reste difficile de mesurer les impacts que cette nouvelle attractivité pourrait avoir, une sensibilité à ces hypothèses a été établie.

Le taux d'adhésion au produit France est dans un premier temps égal à l'observé théorique, c'est-à-dire 30%. Par la suite, il évoluera afin de modéliser le dynamisme apporté par sa création.

La loi de mobilité interne

La loi de mobilité interne est représentée par une matrice de passage à trois dimensions : l'âge, la catégorie de l'année N-1 et la catégorie de l'année N. Les chiffres sont basés sur l'historique observé.

$Mobilite(j, k, m)$ = Nombre d'adhérents d'âge j, appartenant au groupe k l'année N-1 et au groupe m l'année N

La mobilité interne s'applique après la loi de sortie. Elle doit permettre de retrouver le même nombre total d'adhérents, mais avec les effectifs par catégorie légèrement modifiés.

Evolution des effectifs

Soit la matrice *Projections*, à quatre dimensions, définie par :

$Projections(i, j, k, m)$ = Nombre d'adhérents entrés l'année i, d'âge j, appartenant au groupe k,
après m-1 années de projection

Cette matrice est de taille [durée de la projection, âge maximum - âge minimum, nombre de groupes, durée de la projection]. Elle permet de faire évoluer les adhérents au fil du temps, en appliquant les équations suivantes :

Pour $m = 1$:

$Projections(i, j, k, 1)$ = Nombre d'entrées souhaité l'année i dans le groupe k · $Entrees(j, k)$

Puis, pour $m > 1$:

$Projections(i, j - 1, k, m - 1) = Projections(i, j - 1, v, m - 1) \cdot Sortie(j - 1, k)$

$Projections(i, j, k, m) = \sum_{v=1}^{40} Projections(i, j - 1, v, m - 1) \cdot Mobilite(j, v, k)$

Groupes

Dès le début du programme, le nombre de groupes est fixé à quarante puisque les différentes cotisations ainsi que les groupes de consommateurs nécessitent ces informations. Deux groupes ayant les mêmes caractéristiques de sortie ou de consommation se verront simplement appliquer la même loi.

Les quarante populations sont obtenues en séparant ces différents critères :

Individuels : 12 catégories

- Le statut familial (2)

- La catégorie de salaire (3)
- Le choix du produit Monde ou France (2)

Retraités : 2 catégories

- Le statut familial (2)

Autres : 2 catégories

- Le choix du produit Monde ou France (2)

Collectifs : 24 catégories

- Le statut familial (2)
- La catégorie de salaire (3)
- La taille de l'entreprise (4)

Une fois le nombre d'effectifs par âge et par catégorie déterminé, il suffit d'attribuer à chacun les cotisations et prestations adaptées. Comme pour le stock, les cotisations tiennent compte de la fidélisation, mais il n'y a pas besoin ici d'un plafonnement de cotisation.

L'évolution des effectifs peut être résumée par le schéma suivant :

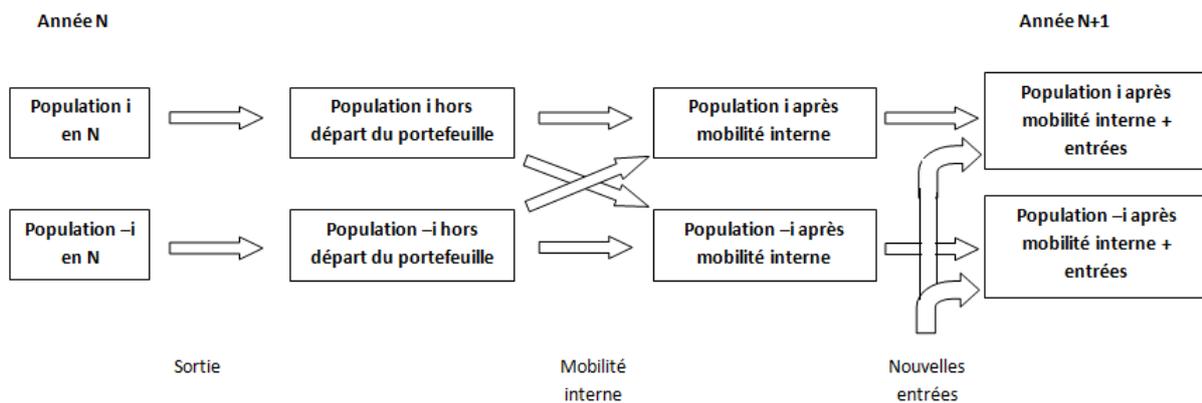


FIGURE 6.1 – Evolution des effectifs

La population $-i$ représente toutes les populations autres que la population i .

6.2 Résultats préliminaires

Ces premiers résultats sont obtenus en suivant les hypothèses basées sur l'historique des trois années d'observation. Cette phase préliminaire doit permettre une validation de l'outil créé.

Ils tiennent compte des paramètres suivants :

- Le nombre d'entrées est égal au nombre moyen observé
- Les taux de revalorisation des cotisations et des prestations sont actuellement nuls,

6.2. RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

- La durée de la période transitoire, pendant laquelle la cotisation des adhérents déjà présents évolue de façon limitée, est fixée à dix ans et le taux de plafonnement vaut 5%.
- Le produit France est étudié en deux phases :
 1. Dans un premier temps, le produit est considéré comme inexistant, il n'y a donc pas d'adhésion,
 2. Ensuite, le taux d'adhésion est de 30% (comme observé s'il y avait été créé et que les critères donnés étaient vérifiés). Il est uniforme quelles que soient l'année de projection ou la catégorie.
- La proportion des catégories aidées est de 10% chez les individuels entrants et les retraités.

La proportion des catégories aidées pour les nouvelles entrées en individuel a été choisie égale à celle observée sur le stock. Ce rapport est conservé pour les retraités afin d'homogénéiser les bénéficiaires.

En considérant par la suite que le produit France existe (et que le taux d'adhésion est de 30%, phase 2 ci-dessus), les hypothèses sus-énoncées représentent le scénario d'origine, à partir duquel toutes les comparaisons seront effectuées.

6.2.1 Evolution des effectifs

L'évolution des effectifs présents en N et de ceux entrés en N+1 est représentée par les graphiques suivants :

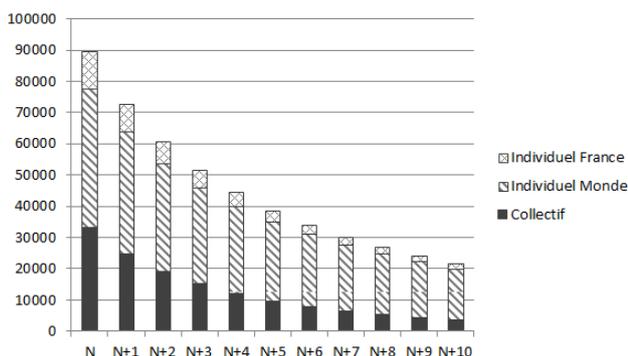


FIGURE 6.2 – Evolution des effectifs du stock

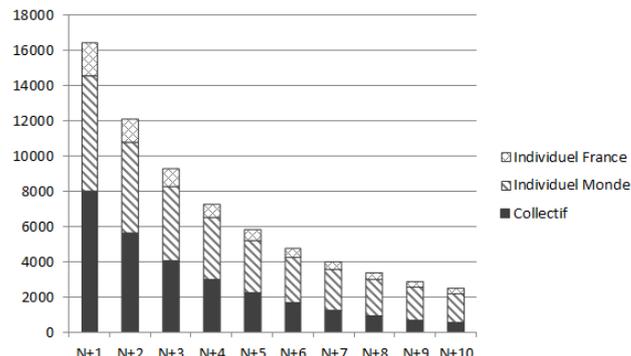


FIGURE 6.3 – Evolution des effectifs entrés en N+1

Si le cas considéré est celui où le produit France n'est pas créé, alors il suffit simplement de sommer les effectifs des produits France et Monde sur ces graphiques, puisque dans cette partie, les entrées ne sont pas dynamisées.

La décroissance observée est la même dans les deux cas. Cela permet de renforcer la vérification du modèle de projection.

Il convient de noter que le fait que la proportion de collectifs soit plus importante chez les nouveaux entrants vient de la mobilité plus élevée chez cette population : en effet, chaque année, les entrées sont composées de près de 50% de collectifs, mais ces derniers ne restent que peu de temps. Le deuxième graphique illustre bien le déséquilibre qui se crée au fur et à mesure pour rejoindre les proportions montrées par le premier graphique.

6.2.2 Résultats pour les effectifs présents au 31/12/2016

Dans les graphiques suivants, l'échelle a volontairement été omise dans le but de conserver la confidentialité de ces résultats.

Les ratios des prestations sur les cotisations sont représentés pour différentes catégories sur les graphiques ci-après. Dans un premier temps, les différentes catégories sont illustrées en l'absence de création de l'option France, puis les individuels seront séparés en fonction du produit souscrit.

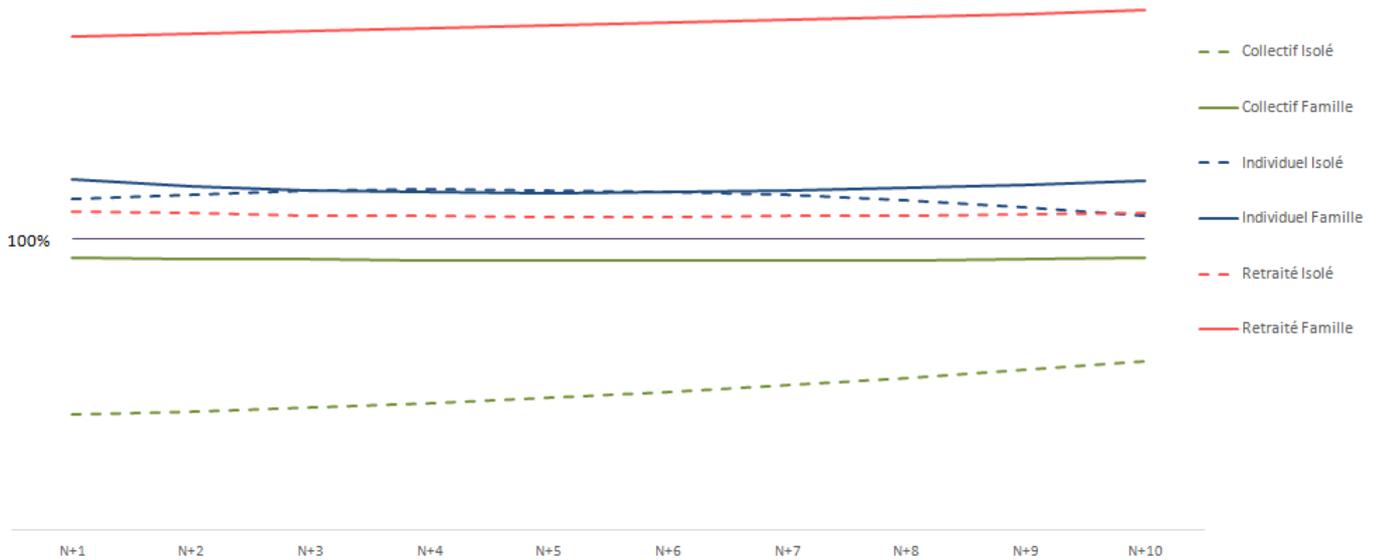


FIGURE 6.4 – Ratio P/C du stock sans le produit France

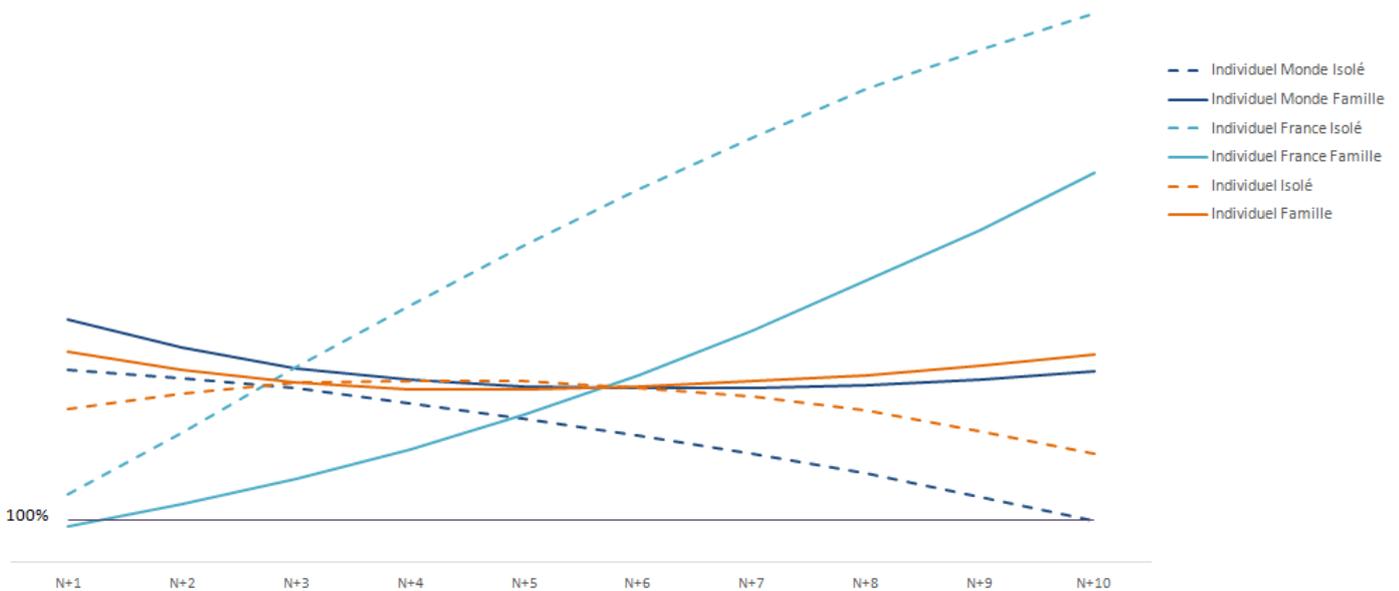


FIGURE 6.5 – Détail des ratios P/C des individuels du stock en fonction du produit choisi

Ces résultats illustrent la mutualisation existante entre les collectifs, excédentaires, et le reste du portefeuille (individuels et retraités) qui est déficitaire. Plusieurs points sont à relever. Tout d'abord, les retraités famille sont déficitaires et leur ratio se dégrade au fil du temps². Cela s'explique par le plafonnement des cotisations : dans l'ancien barème, le statut familial n'était pas pris en compte, la nouvelle tarification est par conséquent très défavorable aux familles, qui gardent alors leur cotisation plafonnée pendant toute la période transitoire : l'organisme n'a jamais les pleines ressources sur ce segment du portefeuille, tandis que cette population vieillissante consomme de plus en plus. Ensuite, la modélisation du basculement des individuels et collectifs vers les retraités aggrave encore le résultat en faisant augmenter le nombre de catégories aidées, qui payent une cotisation minorée.

Le principe du plafonnement impacte de la même façon les individuels famille qui choisissent de conserver le produit Monde, et l'augmentation progressive de ce plafond explique que leur ratio s'améliore : les cotisations augmentent peu à peu. Ce segment reste malgré tout déficitaire.

Le second graphique montre que la rentabilité du produit France ne cesse de se détériorer : bien que les adhérents paient d'emblée la nouvelle cotisation, la fidélisation joue et le résultat de l'organisme en est impacté (hausse du P/C de 50%). En l'absence de nouvelles entrées pour compenser ce manque à gagner, un déséquilibre se crée inévitablement. Pour finir, il faut noter que le P/C des collectifs isolés augmente peu à peu. Cela traduit une forte diminution du nombre des jeunes adhérents : la plupart a quitté le portefeuille en raison des taux de sortie élevés, et ceux qui sont restés sont passés dans la tranche d'âge supérieure. Cela étant, l'organisme assureur reste malgré tout bénéficiaire sur ce segment du portefeuille.

Le graphique illustre également le fait que les familles du stock sont très peu nombreuses à choisir le produit France : elles bénéficient du plafonnement des cotisations en conservant le produit Monde. C'est pour cette raison que le ratio P/C des familles dans le scénario où il n'y aurait pas de produit France est très proche du P/C du produit Monde.

Différents impacts, en particulier sur le niveau des cotisations, sont engendrés par la création du produit France, ayant des effets contraires. Les impacts sur les cotisations vont dans les deux sens : d'une part, la cotisation Monde est plus élevée que la cotisation France, ce qui entraîne des ressources plus importantes pour l'organisme assureur. Toutefois, la fidélisation est de 4% pour le produit Monde contre 2,5% pour le produit France, lesdites ressources vont donc diminuer plus rapidement. D'autre part, tous les individuels du stock bénéficieront du plafonnement, ce qui engendre un manque à gagner très important pour l'organisme.

La création du produit France ne doit pas significativement modifier le niveau des prestations. En effet, les critères d'adhésion au produit France ont été construits tels que ceux qui le choisissent effectuent une partie prépondérante de leurs soins en France. Les seules prestations en moins sont donc relatives aux soins dans le monde de ceux ayant souscrit au produit France, ce qui ne représente qu'une très faible part.

2. L'échelle du graphique ne permet pas de constater cette évolution, mais le ratio se dégrade de près de 6%.

6.2.3 Résultats pour les nouvelles entrées

De la même façon que pour le stock, les ratios P/C sont résumés sur les graphiques suivants :

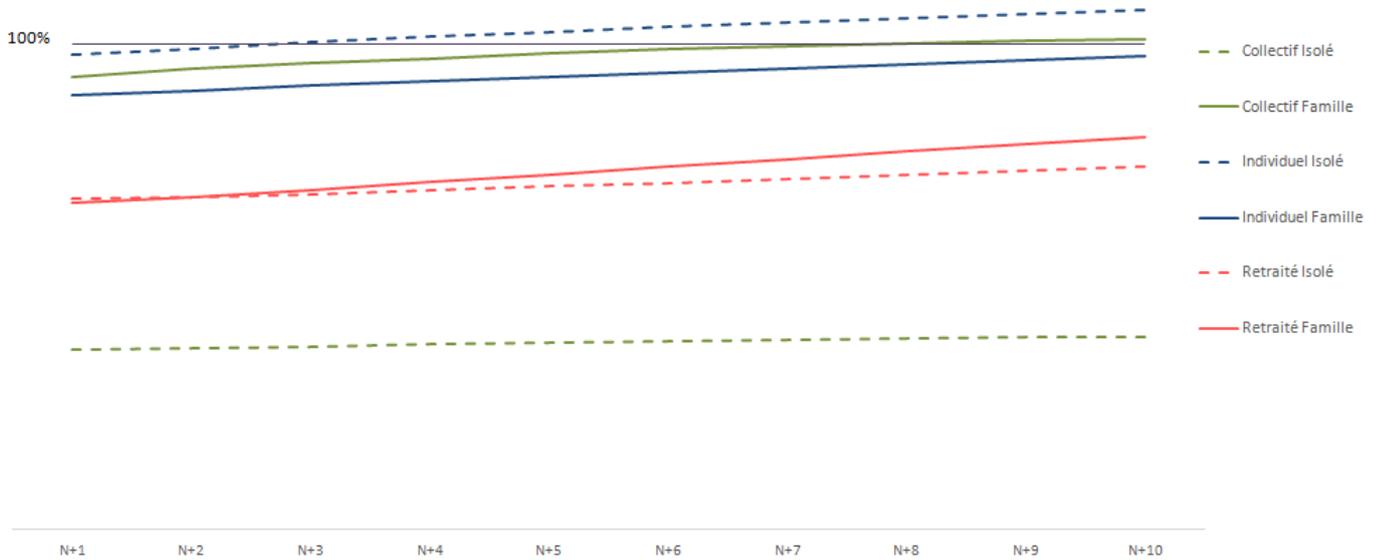


FIGURE 6.6 – Ratio P/C des entrées sans le produit France

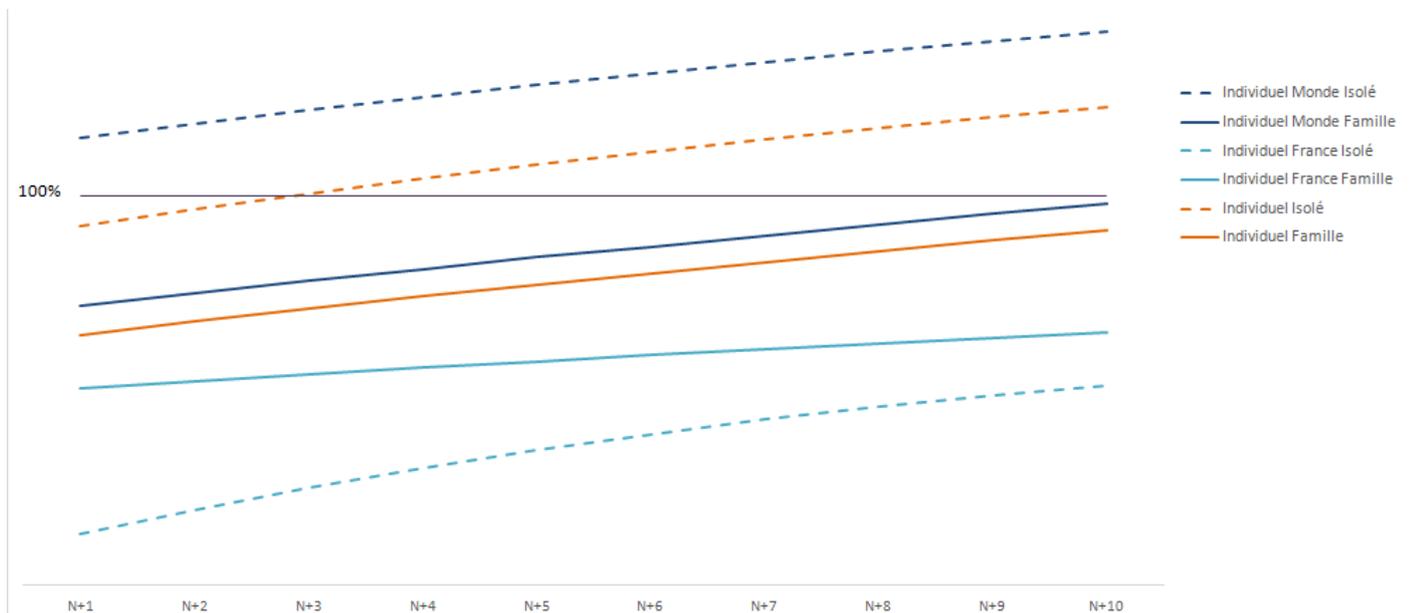


FIGURE 6.7 – Détail des ratios P/C des nouveaux individuels en fonction du produit choisi

Les ratios des catégories d'individuels (produit Monde et France) et retraités isolés ont une tendance à la hausse, expliquée par la fidélisation, qui abaisse les ressources de l'organisme. Cette augmentation est plus forte chez les individuels Monde puisque le taux d'abattement est de 4%, suivi par les individuels du produit France, dont le taux d'abattement est de 2,5%. Cette tendance est encore moins prononcée chez les retraités puisque le compte de la fidélisation s'arrête au niveau atteint à l'âge de 60 ans.

Le premier graphique illustre aussi une dégradation du taux pour les collectifs familles alors que celui des isolés reste stable. Cela vient principalement du fait que la mobilité est moins élevée pour les familles que sur les isolés et donc le portefeuille vieillit. Or la cotisation des collectifs ne tient compte que de trois tranches d'âge et arrête d'évoluer dès trente-cinq ans, tandis que leurs prestations, elles, continuent naturellement d'augmenter.

6.2.4 Résultats globaux

Dans toute la suite, les retraités sont inclus dans la population des individuels Monde, par opposition au segment collectif. Ce rapprochement est dû notamment à la similarité du barème de cotisations, ainsi qu'à la possibilité de bénéficier de la fidélisation et de la catégorie aidée, qui sont fermées aux collectifs.

En conservant les entrées observées sur les données historiques, la masse d'effectifs évolue de la façon suivante :

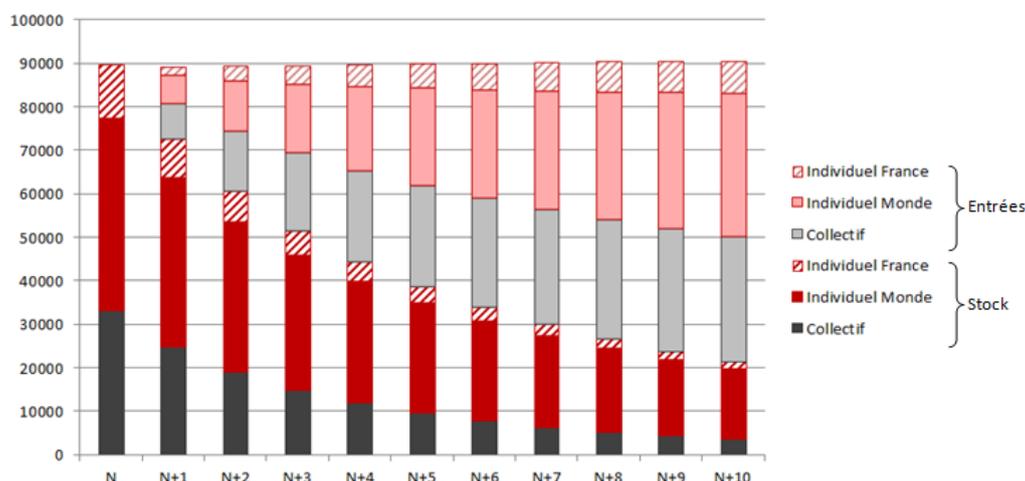


FIGURE 6.8 – Effectifs totaux

Ce graphique permet de constater que les effectifs ainsi modélisés restent extrêmement stables, ce qui contribue à la validation des lois de mobilité employées, qui reproduisent l'observation effectuée sur l'historique mis à disposition par l'organisme. Il illustre aussi la forte mobilité que subit le portefeuille : dès $N + 4$, la moitié du portefeuille est renouvelée. L'ancienneté moyenne du portefeuille est affichée dans le tableau suivant :

Année	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5	N+6	N+7	N+8	N+9	N+10
Stock	5,37	6,71	7,98	9,20	10,39	11,54	12,66	13,75	14,83	15,89	16,93
Entrées	-	1,00	1,42	1,81	2,17	2,49	2,80	3,08	3,35	3,60	3,84
Total	5,37	5,66	5,88	6,07	6,24	6,39	6,53	6,65	6,76	6,86	6,96

FIGURE 6.9 – Ancienneté du portefeuille

L'ancienneté du stock augmente de plus d'une année par an. Cela est expliqué par le fait que les jeunes, ayant une ancienneté faible, partent plus massivement du portefeuille. Plus les adhérents ont un âge avancé, avec une ancienneté élevée en moyenne, plus leur taux de sortie est faible, ce qui tire d'autant plus rapidement vers le haut l'ancienneté moyenne. L'ancienneté globale du portefeuille augmente quant à elle très légèrement chaque année.

Finalement, les P/C globaux, sans différencier les populations, sont les suivants :

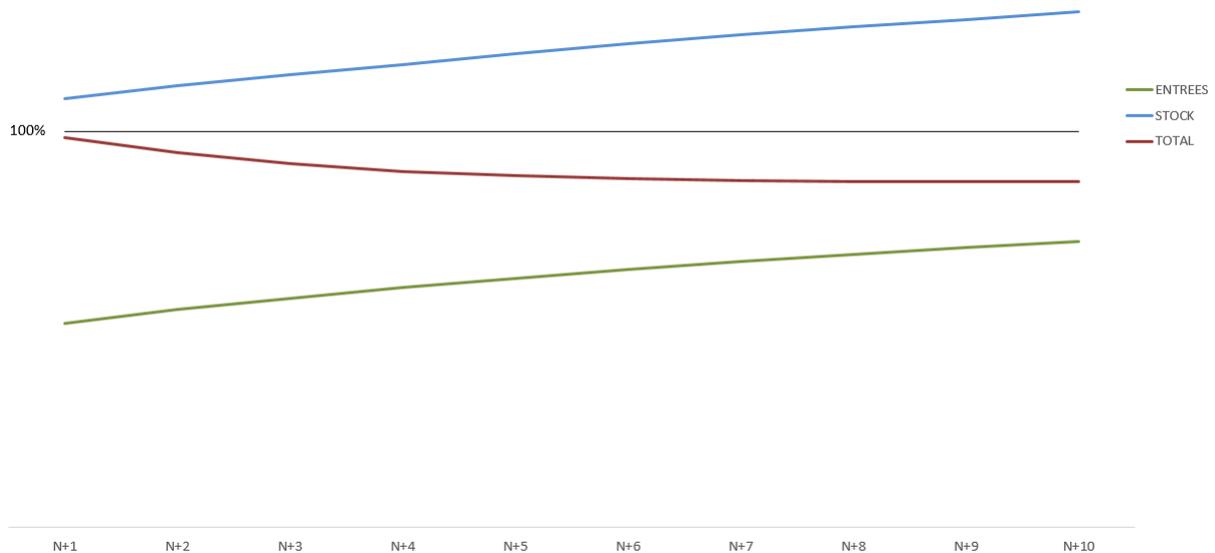


FIGURE 6.10 – Ratio P/C

Le graphique montre que le stock et les nouveaux entrants voient leur ratio P/C augmenter. Le poids des nouveaux entrants s'accroît au fur et à mesure dans le portefeuille, le résultat global reste positif et se stabilise à partir de l'année $N + 5$. Toutefois, si les tendances restent inchangées, les entrées ne resteront pas excédentaires et ne suffiront plus à compenser le déficit créé par le stock.

Le graphique ci-dessus est celui considérant que le produit France existe et que le taux d'adhésion à ce produit est de 30%, comme suggéré par la phase 2 en haut de cette partie. Le même graphique sans le produit France affichait des caractéristiques tout à fait semblables, il ne paraissait alors pas nécessaire de l'inclure dans ce mémoire, puisqu'aucune autre conclusion n'en aurait été tirée.

Remarque : Les nouveaux entrants de l'année $N + 1$ sont toujours étudiés dans la partie *ENTREES* malgré le fait que dès $N + 2$, ces adhérents font partie du stock.

6.3 Scénarios, sensibilités et impacts

Une part importante d'inconnu subsiste dans cette étude, compte tenu du manque d'information relatif au comportement des assurés vis-à-vis de la création du produit France. Des sensibilités aux paramètres choisis ont donc été effectuées afin de mesurer leur impact.

Les sous-parties suivantes sont indépendantes : pour chaque paramètre testé, les autres paramètres sont inchangés.

Rappel : Comme évoqué au début de cette partie, le scénario initial prend en considération la création du produit France avec un taux d'adhésion à 30%. Le scénario illustrant l'absence du produit France avait pour seul but de valider les projections par rapport à l'existant.

6.3.1 Plafonnement des cotisations

Le plafonnement des cotisations touche uniquement les adhérents ayant souscrit leur contrat avant le 31 décembre de l'année N . La mise en place de ce mécanisme, destiné à empêcher une hausse brutale des cotisations pour le stock, impacte fortement le résultat de l'assureur.

Les différents scénarios étudiés ici sont les suivants :

Scénario 1 : Le taux de plafonnement est de 5% par an sur une durée de dix ans. Ce scénario est le scénario d'origine, celui étudié dans le reste de ce mémoire.

Scénario 2 : Le taux de plafonnement est de 10% par an sur une durée de cinq ans. Cette hypothèse avait été évoquée avec l'organisme assureur au début de l'étude, c'est pourquoi elle a aussi été considérée dans l'étude de la sensibilité au plafonnement.

Scénario 3 : Le mécanisme de plafonnement de la prime n'est pas mis en place. Ce dernier scénario permet de représenter le coût de ce dispositif.

Le graphique suivant montre les évolutions des ratios P/C pour les différentes hypothèses. Comme le plafonnement n'impacte pas les collectifs, seuls les résultats se rapportant aux individuels et retraités sont pris en compte :

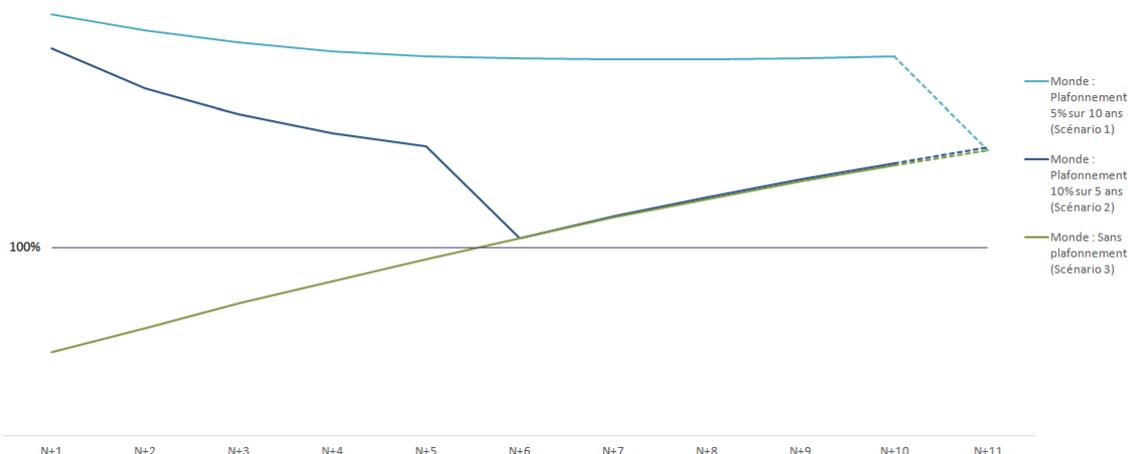


FIGURE 6.11 – P/C présentant les impacts du plafonnement

Les ratios P/C du produit France pour les différents scénarios ne sont pas affichés sur ce graphique. En effet, le plafonnement a uniquement un impact sur le choix d'adhésion au produit³ et non sur le mode de calcul des cotisations. L'enjeu est donc négligeable.

Le point important concerne ici le produit Monde. Hors plafonnement, l'organisme assureur recueille dès $N+1$ l'intégralité de ses ressources. Le ratio est alors inférieur à 1, et augmente progressivement, avec la montée en charge du mécanisme de fidélisation et le vieillissement du portefeuille (puisque'il n'y a pas de nouveaux entrants). Il est rejoint en $N+6$ par le ratio du scénario 2, puisque la période de plafonnement arrive à son terme. Le ratio du scénario d'origine, quant à lui, est très élevé en $N+1$, et diminue progressivement en raison de la

3. Pour rappel, l'une des conditions du modèle consiste à comparer les cotisations France et Monde en $N+1$. Sans plafonnement, la cotisation France est toujours inférieure.

hausse du plafond chaque année. La onzième année de projection n'apparaît ici qu'en pointillé afin de donner un ordre d'idée, mais les trois scénarios se rejoignent puisque la période transitoire prend fin cette année-là. Le P/C du scénario d'origine affiche alors un décrochage comme dans le cas du scénario 2 en $N + 6$.

6.3.2 Evolution de la catégorie bénéficiant d'une cotisation abattue

L'organisme assureur souhaite développer la solidarité au sein de ses affiliés. Différents scénarios concernant cette catégorie ont été modélisés :

Scénario 1 : 10% des retraités du stock deviennent bénéficiaires de cette solidarité, ainsi que 10% des nouveaux entrants individuels et retraités. Ce scénario est celui étudié dans le reste de ce mémoire.

Scénario 2 : Les bénéficiaires individuels gardent la même proportion, mais les retraités sont désormais 25% dans cette catégorie bénéficiant d'un abattement de cotisation.

Scénario 3 : Aucune baisse de cotisation n'est mise en place. Ce dernier scénario permet de représenter le coût de l'effort financier à fournir pour maintenir voire développer cette solidarité.

Cette contribution n'est pas accessible aux salariés du collectif, ce segment du portefeuille reste donc inchangé. Les P/C totaux (le stock et les entrées) du portefeuille hors collectifs sont représentés pour les trois scénarios dans le graphique suivant :

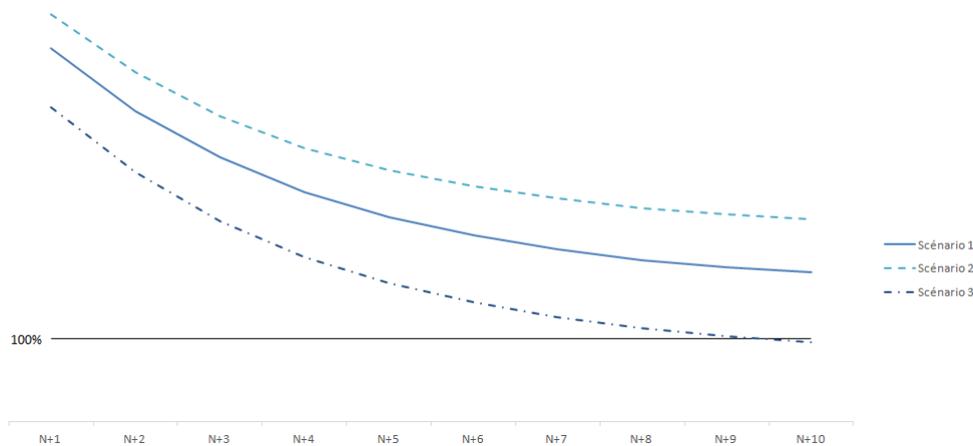


FIGURE 6.12 – P/C présentant l'impact de la solidarité sur le segment individuel

Ces courbes illustrent les pertes induites par le prolongement de cette aide. Il est à noter que l'écart entre les P/C des différents scénarios s'accroît au cours de la projection : le nombre de bénéficiaires de cette solidarité augmente. Cette représentation graphique permet aussi de constater que même sans une baisse des cotisations, le segment individuel est déficitaire, au moins jusqu'en $N + 9$. Ce déséquilibre est souhaité par l'organisme, qui a inclus une mutualisation entre les individuels et les collectifs lors de la tarification.

Par conséquent, les P/C globaux, incluant le collectif, sont nécessaires pour savoir si l'extension de cet allègement de cotisation aux retraités met en danger le résultat de l'organisme. Ils sont tracés sur la figure suivante :

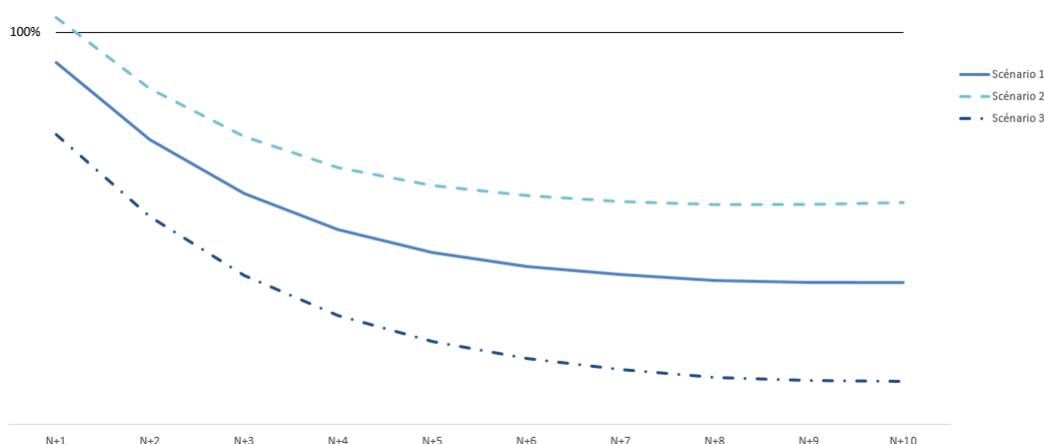


FIGURE 6.13 – Impact de l'abaissement des cotisations sur les P/C totaux

Bien que l'échelle ne soit pas la même, la courbe du premier scénario correspond bien à celle de la figure VI.10. Cela montre que même en augmentant le nombre de bénéficiaires de façon conséquente, notamment envers les retraités, les excédents du segment collectif absorbent complètement les pertes. L'organisme assureur peut donc se permettre d'ouvrir cette catégorie solidaire à un plus grand nombre d'allocataires en conservant un équilibre technique.

6.3.3 Dynamisation des entrées

La création du nouveau produit France a pour objectif de répondre à une demande du marché et donc d'augmenter de manière significative le nombre d'entrées dans le portefeuille. De plus, cela devrait accentuer la visibilité de l'organisme auprès des adhérents potentiels et contribuer à une expansion du produit Monde. Les projections ont donc été refaites en tenant compte de cette attractivité nouvelle. Les hypothèses du scénario 2 sont :

- 30 000 adhérents individuels la première année, 20 000 la deuxième, 15 000 en $N + 3$ puis 12 000 à partir de $N + 4$,
- Ces individuels se répartissent entre les produits France et Monde de la façon suivante :
 - Les deux tiers des adhérents choisissent le produit France la première année,
 - Ce taux décroît progressivement jusqu'à atteindre 50% en $N + 4$,
 - Cette proportion est conservée jusqu'à la fin de la projection.
- Les collectifs des petites entreprises augmentent de 15% tous les ans suite à l'abattement de leur cotisation de 11%,
- Les collectifs des très grandes entreprises diminuent de 5% tous les ans pour suivre la tendance communiquée par l'organisme,

- Les entrées des retraités restent inchangées.

Les objectifs d'adhésion ainsi que l'évolution du portefeuille suivant ces nouvelles hypothèses sont représentés respectivement à gauche et à droite sur les diagrammes suivants :

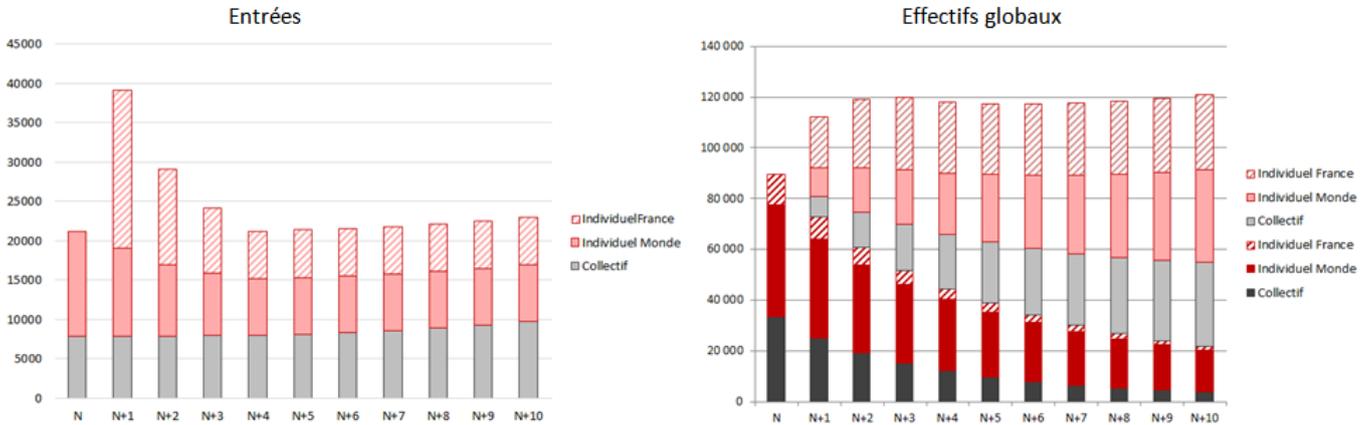


FIGURE 6.14 – Effectifs avec entrées dynamisées

Le fait d'augmenter fortement les entrées entraîne une diminution de l'ancienneté globale du portefeuille et par conséquent une dilution de la perte engendrée par le phénomène de fidélisation. De plus, les lois d'entrée pour les individuels ont des taux très élevés pour les jeunes, qui constituent la seule partie excédentaire du portefeuille chez les individuels, ce qui contribue à une forte amélioration du résultat sur ce segment.

L'évolution du ratio P/C de ce segment est visible sur le graphique ci-après :

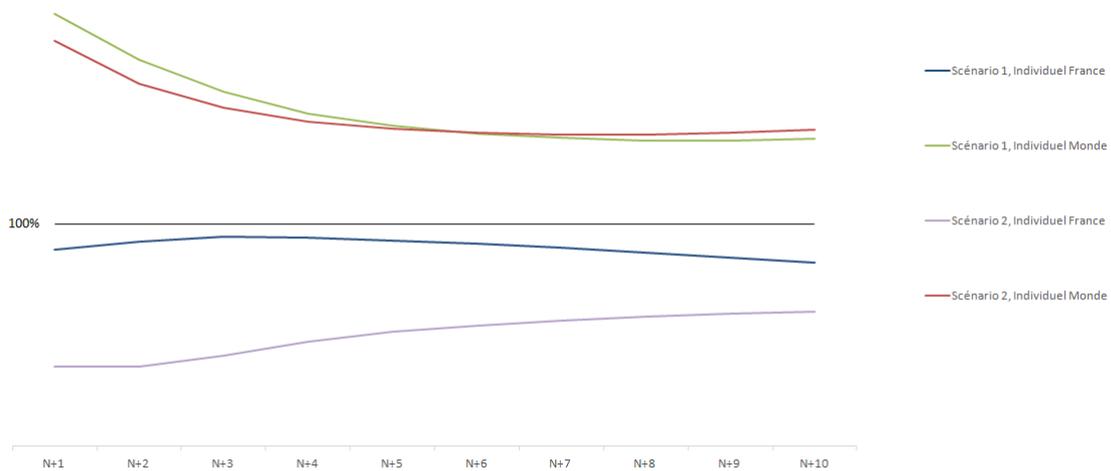


FIGURE 6.15 – Ratio P/C du segment individuel

Sur ce graphique sont représentés les ratios P/C totaux (stock et entrées) des individuels Monde et France (sans distinction du statut familial). Ils prennent en compte la proportion initiale de bénéficiaires de la solidarité.

Les P/C des entrées accrues sont bien meilleurs que ceux obtenus en premier lieu pour le segment individuel pour les isolés, en particulier lors des premières années de projection, pour lesquelles l'écart entre le nombre d'entrées observé et celui modélisé est très important (en individuel, 30 000 personnes au lieu d'environ 8 000

entrées observées). Cet écart provient aussi du taux d'adhésion au produit France considéré : dans le premier scénario, il est de 30% tandis qu'il évolue de 66% à 50% dans le deuxième. Or, le produit France a un ratio nettement plus faible que le produit Monde, ce qui améliore le résultat. La différence s'amenuise à partir de la quatrième année de projection mais reste présente. Il apparaît que les entrées des individuels ne vont pas rester excédentaires très longtemps : la tendance observée sur le stock est retrouvée ici, ce qui est normal puisqu'une nouvelle entrée doit être considérée comme du stock dès l'année suivante.

La dynamisation des entrées sur les familles n'a pas, à l'inverse, d'effet significatif sur le niveau du ratio. Cela s'explique par le fait que les familles étant en moyenne plus âgées que les individuels, le gain par nouvelle adhésion est très faible, et une famille devient rapidement déficitaire comme vu plus haut. Par conséquent, le fait de les augmenter n'aide pas à obtenir un résultat positif sur ce segment des individuels.

D'autre part, l'impact sur les entrées du collectif n'étant pas très important, la variation de résultat n'est pas significative, elle n'est donc pas abordée ici. Le ratio général du portefeuille est donc amélioré grâce à la dynamisation des entrées des isolés.

Ce scénario comportant une forte hausse des entrées est celui retenu dans la suite de l'étude.

6.3.4 Calibrage des courbes de consommation

L'hypothèse concernant la consommation des nouveaux entrants est elle aussi très importante et assez incertaine. De nouveau, elle ne concerne que les individuels, plus précisément les individuels adhérant au produit France.

Différents scénarios sont étudiés :

Scénario 1 : Les nouveaux adhérents au produit France consomment moins que les adhérents sur lesquels les courbes de consommation ont été calibrées puisque le modèle a été construit sur la base de personnes ne constituant pas tout à fait un échantillon représentatif du portefeuille. Pour rappel, la consommation du produit France a été construite sur la base d'assurés qui consommaient beaucoup. Ce scénario est celui étudié dans le reste de ce mémoire, avec un taux d'abattement moyen de 15%.

Scénario 2 : Le taux moyen d'abattement est divisé par deux afin d'avoir un scénario intermédiaire.

Scénario 3 : Les courbes de consommation des nouveaux adhérents au produit France sont les mêmes que celles du stock, le taux d'abattement est nul.

Les ratios P/C des individuels pour les différents scénarios ont été tracés. Ces scénarios sont sur la base des entrées dynamisées.

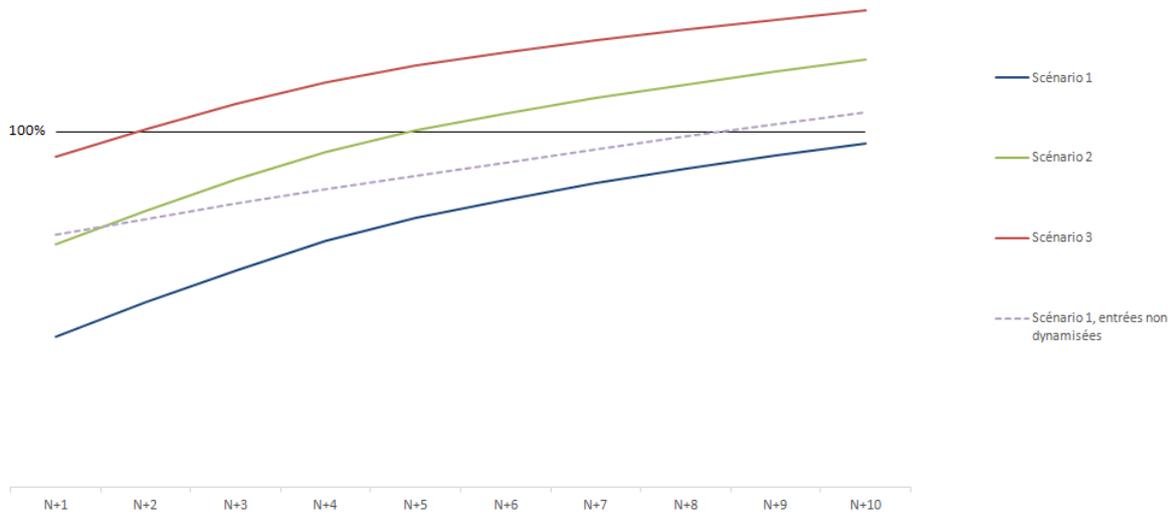


FIGURE 6.16 – Ratio P/C des entrées individuelles

Ce graphique représente les ratios P/C des différents scénarios. Les adhérents aux produits France et Monde sont mélangés. Le premier scénario a été décliné en deux courbes, afin de pouvoir situer le niveau initial du ratio P/C . Les courbes en trait plein tiennent compte des entrées dynamisées.

Ces courbes montrent que seul le premier scénario permet au segment individuel de ne pas être déficitaire au terme de la période de projection. Il faudra donc être très attentif à la consommation de ces nouveaux affiliés afin de vérifier que la loi utilisée est correctement adaptée. Dans le cas contraire, il faudra revoir les courbes de consommation, et cela aura bien entendu une incidence sur le montant des cotisations.

6.3.5 Différentiel d'inflation entre les prestations et les cotisations

Il est probable que l'inflation médicale soit plus forte que la hausse des cotisations, qui augmentent dans les mêmes ordres de grandeur que le Plafond de la Sécurité sociale. Par exemple, un différentiel de 0,5% par an entre les cotisations et les prestations entraîne de lourdes conséquences pour le résultat de l'organisme sur un horizon tel que celui de l'étude. Cette hypothèse sera appelée *scénario 2*.

D'autre part, suite à la mise en place du dispositif PUMA (Protection Maladie Universelle, qui a remplacé à compter du 01/01/2016 la CMU, Couverture Maladie Universelle), seuls les titulaires de pensions ou de rentes peuvent bénéficier d'une prise en charge de leurs soins lors de séjour en France : les membres de leur famille qui les accompagnent lors de la venue en France ne peuvent plus obtenir de remboursement sans prendre par ailleurs une assurance de soins de santé et hospitalisation. Ce pan de la réforme accentue les soins à la charge des organismes assureurs proposant des couvertures aux expatriés, sur le segment des retraités, puisque les soins pour la famille étaient auparavant pris en charge par la Sécurité sociale. Cette hypothèse, selon laquelle la consommation des familles augmente de 5%, sera appelée *scénario 3*.

Les différents résultats de cette étude apparaissent sur le graphique ci-après :

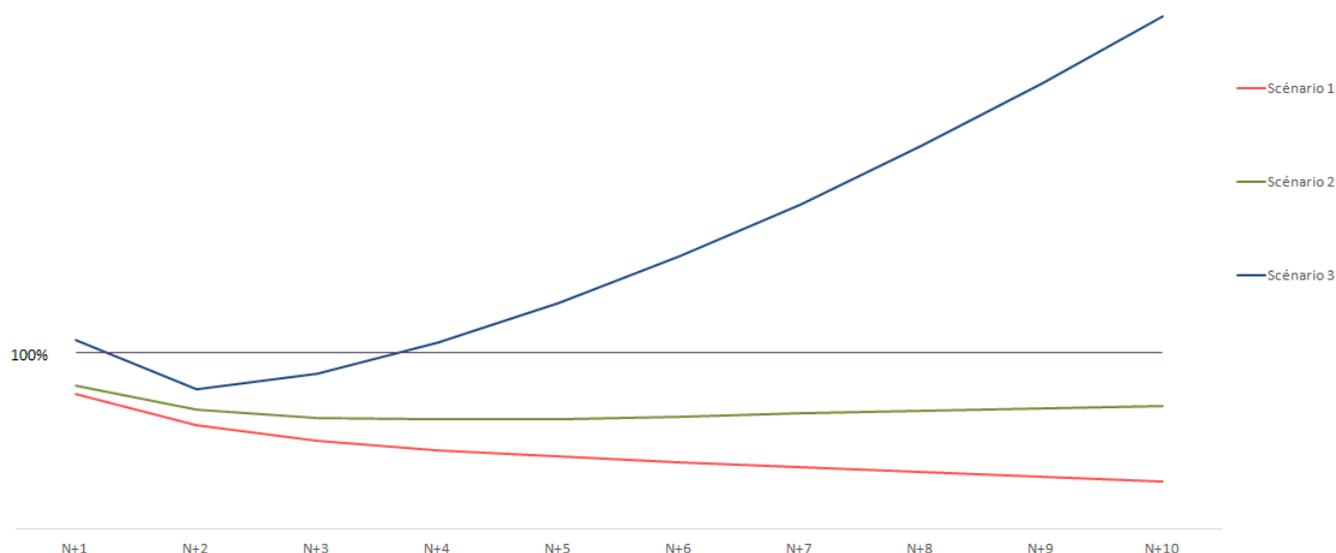


FIGURE 6.17 – Ratio P/C prenant en considération un différentiel d’inflation

Ce graphique montre que l’organisme est capable d’absorber un différentiel d’augmentation de 0,5% sur tout le portefeuille, mais les impacts de la PUMA, bien qu’ils soient encore méconnus aujourd’hui, pourraient mettre en péril son équilibre financier. Ce point est à suivre attentivement, un ajustement des cotisations pourra être nécessaire.

6.3.6 Conclusion

L’étude de tous ces scénarios montre que le choix des nombreux paramètres est très significatif pour le résultat de l’organisme. Les variations peuvent avoir des effets doubles, et le mélange de différents scénarios peut engendrer des impacts qui se compensent et rendre ainsi un bilan neutre, ou au contraire entraîner un effet boule de neige. Cette étape était très importante pour l’organisme assureur afin qu’il visualise quels peuvent être les risques inhérents à ses décisions, et il peut ainsi arbitrer la stratégie à adopter, en particulier sur le plan de la communication pour dynamiser les entrées en visant un public spécifique. Cela permet aussi de rester alerte sur une potentielle dérive de la consommation et les effets que cela peut avoir sur le résultat.

Conclusion

Le premier objectif de ce mémoire était de faire évoluer le barème de prise en charge de l'organisme assureur afin d'y intégrer de la simplicité et de la lisibilité. Des analyses en composantes principales ont été utilisées afin de mettre en évidence des groupes de pays dont les habitudes tarifaires étaient homogènes, puis des séries temporelles ont permis de projeter la prise en charge de l'organisme selon ce nouveau barème. Des axes d'amélioration de cette étude portent principalement sur ces deux techniques employées, qui ont été simplifiées pour les contraintes de l'étude mais qui pourraient être approfondies, en utilisant par exemple des modèles de séries temporelles plus poussés que ceux actuels. De plus, une étape prépondérante qui n'a pas été abordée ici mais qui reste au coeur de la problématique est la faisabilité de ce projet, qui passe par une communication auprès des assurés comme du corps médical de tous les pays dans lequel l'organisme intervient.

Le second objectif de ce mémoire était d'obtenir une projection du résultat d'un organisme assureur sur une période de dix ans. Cet objectif a été atteint, mais force est de constater qu'une projection seule est loin d'être suffisante du fait des nombreux aléas pouvant survenir au cours d'une durée aussi importante, en comparaison à celle de l'historique disponible. Les sensibilités effectuées en dernière partie de ce mémoire montrent bien à quel point les différents paramètres ont un rôle prépondérant pour l'obtention d'un équilibre des comptes. C'est pourquoi la vérification a posteriori que les hypothèses reflètent effectivement le comportement réel des affiliés, ainsi qu'un suivi et pilotage attentifs des comptes sont plus que nécessaires pour accompagner les projections. En effet, c'est le recul et la maîtrise des risques qui permettront d'ajuster au mieux les paramètres au fil des déformations du portefeuille de l'organisme assureur. De plus, les études ont été réalisées en tenant compte de la législation en vigueur à ce moment. Il est possible qu'il y ait des évolutions de législation en matière de couverture santé à destination des expatriés qu'il n'est pas envisageable de prévoir.

Pour finir, des améliorations de projection auraient pu être abordées ici afin de perfectionner le modèle mis en place, notamment en rapport avec la modélisation des lois régissant l'évolution du portefeuille. En effet, ces lois ne tiennent compte que de facteurs déterministes et ne laissent aucune place à l'inconnu. Un facteur aléatoire aurait pu permettre de modéliser des événements mal ou non encore observés dans l'historique des données sur lequel est basée toute l'étude. D'autre part, les lois de sortie ne prennent pas en argument l'ancienneté, or la cotisation dépend de ce facteur, et peut alors avoir un rôle important dans la décision de rester ou non affilié à cet organisme.

Chapitre 7

Annexes

Résultats du classement des pays suivant l'indice HAQ

Le tableau ci-dessous reprend les différents critères sur lesquels est basé l'indice HAQ, ainsi que les notes attribuées à chaque pays. Ce tableau est un extrait, et ne contient que les pays classés parmi les premiers (en blanc) et les derniers (en gris).

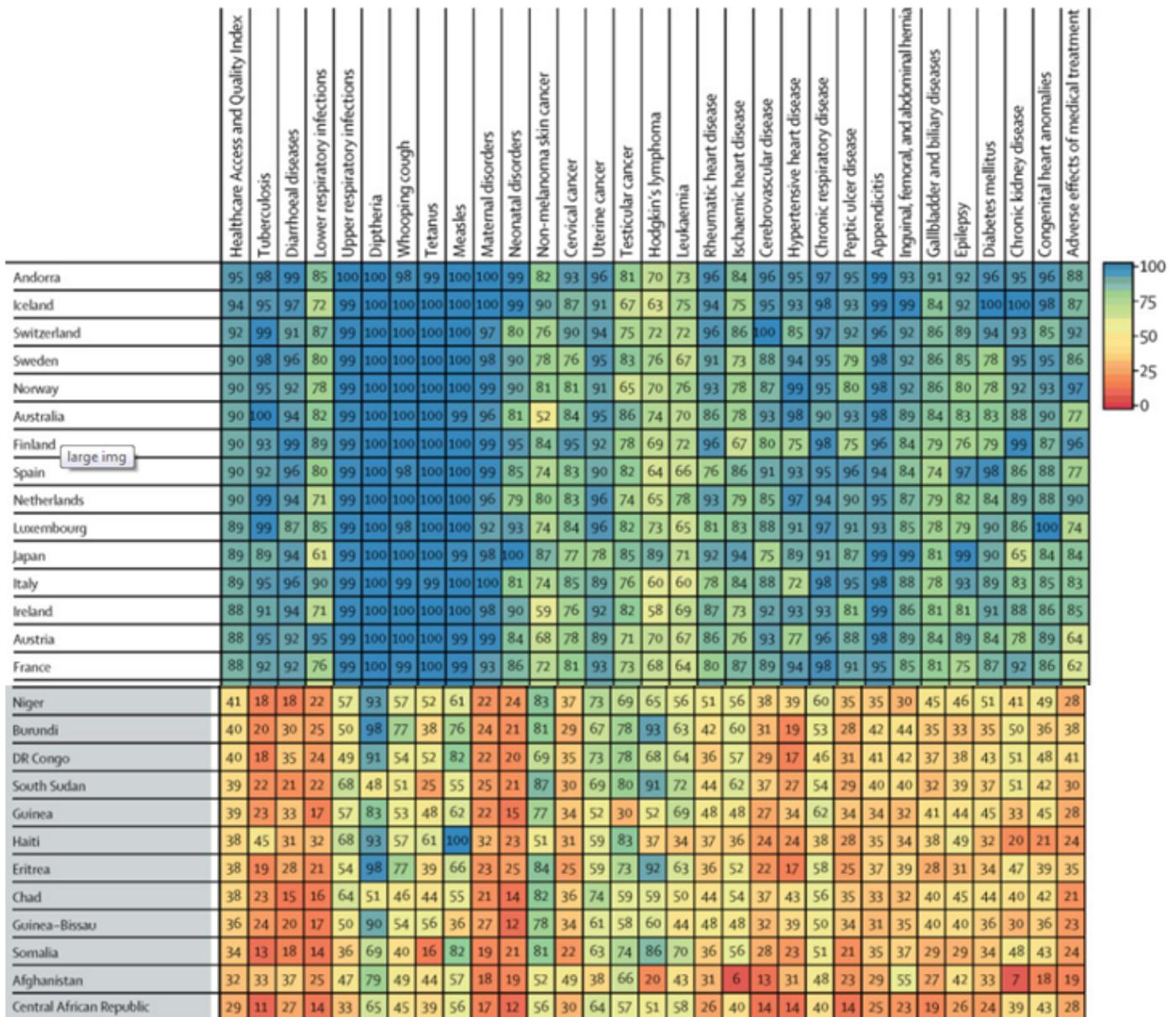


FIGURE 7.1 – Extrait du classement HAQ

Différents découpages de pays

Zone 1			Zone 2		Zone 3	Zone 4	Zone 5
AFGHANISTAN	INDONESIE	PHILIPPINES	AFRIQUE DU SUD	NEPAL	ARABIE SAOUDITE	ARMENIE	ANTILLES BR.
ALBANIE	IRAN	POLOGNE	ALLEMAGNE	NICARAGUA	AUSTRALIE	BAHAMAS	HONG KONG
ALGERIE	IRAQ	REP. DEM. CONGO	ANDORRE	PEROU	AUTRICHE	CHINE	KAZAKHSTAN
ANTIGUA ET B.	ISRAEL	REP. TCHEQUE	ANGOLA	REP. ARABE DU Y.	BOSNIE HERZEGO.	COSTA RICA	NORVEGE
ANTILLES NEER.	KENYA	ROUMANIE	ARGENTINE	REP. CENTRAFR.	BRESIL	E.A.U.	ROYAUME-UNI
BAHREIN	LAOS	RWANDA	BELGIQUE	REP. DOM.	CANADA	ITALIE	U.S.A.
BANGLADESH	LIBYE	SAINTE-LUCIE	BELIZE	SAO THOME ET P.	CHILI	PANAMA	
BENIN	MACEDOINE	SENEGAL	BOLIVIE	SLOVAQUIE	COREE DU SUD	POLYNESIE FR.	
BI ELORUSSIE	MADAGASCAR	SERBIE	BOTSWANA	SOUDAN DU SUD	EL SALVADOR	SINGAPOUR	
BIRMANIE	MALAISIE	SEYCHELLES	BRUNEI	THAILANDE	EQUATEUR	SOUDAN	
BURKINA-FASO	MALDIVES	SIERRA LEONE	BULGARIE	VANUATU	ESPAGNE	SUISSE	
BURUNDI	MALI	SLOVENIE	CAMEROUN	ZIMBABWE	GRECE	VENEZUELA	
CAMBODGE	MALTE	SRI LANKA	CANARIES		HONDURAS		
CHYPRE	MAROC	SUEDE	CAP-VERT		HONGRIE		
COMORES	MAURICE	SURINAM	COLOMBIE		IRLANDE		
CROATIE	MAURITANIE	SYRIE	CONGO		JAPON		
CUBA	MONACO	TAIWAN	COREE DU NORD		KOWEIT		
DJIBOUTI	MONGOLIE	TANZANIE	COTE D'IVOIRE		MEXIQUE		
EGYPTE	MONTENEGRO	TOGO	GABON		NIGERIA		
ETHIOPIE	MOZAMBIQUE	TUNISIE	GUATEMALA		NLE-ZELANDE		
FINLANDE	NAMIBIE	TURKMENISTAN	GUYANA		PAYS-BAS		
GAMBIE	NIGER	UKRAINE	HAITI		PORTO-RICO ILES VIERGES		
GEORGIE	NLE CALEDONIE	VIET-NAM	JAMAIQUE		PORTUGAL		
GHANA	OMAN	ZAMBIE	JORDANIE		QATAR		
GRENADE	OUGANDA		LIBAN		RUSSIE		
GUINEE	OUBKÉKISTAN		LITUANIE		TCHAD		
GUINEE EQUAT.	PAKISTAN		LUXEMBOURG		TRINITE ET TOBAGO		
GUINEE-BISSAU	PAPOUASIE NLE-GUINEE		MACAO		TURQUIE		
INDE	PARAGUAY		MOLDAVIE		URUGUAY		

FIGURE 7.2 – Détail des groupes de pays pour l'hospitalisation

Les groupes ci-dessous ont été formés grâce à la première méthode, consistant à utiliser les répartitions des taux de prise en charge.

Zone 1	Zone 2		Zone 3			Zone 4		
ALGERIE	ARGENTINE	POLYNESIE FRANCAISE	ACORES MADERE	COREE	KOSOVO	ROUMANIE	AFRIQUE DU SUD	POLOGNE
ANDORRE	ARMENIE	PORTUGAL	AFGHANISTAN	COREE DU NORD	KOWEIT	ROYAUME-UNI	ALLEMAGNE	SAINTE-LUCIE
GRENADE	CAMBODGE	REP. ARABE DU YEMEN	ALBANIE	COREE DU SUD	LIBERIA	RUSSIE	ANTIGUA ET BARBUDA	SUISSE
GUINEE-BISSAU	CANADA	REP. DOMINICAINE	ANGOLA	CROATIE	MACEDOINE	RWANDA	AUSTRALIE	TOGO
INDE	CANARIES	SENEGAL	ANTILLES BRITANNIQUES	CUBA	MALAISIE	SALOMON	BAHREIN	TRINITE ET TOBAGO
IRAQ	CHILI	SERBIE	ANTILLES NEERLANDAISES	DANEMARK	MALAWI	SAO THOME ET PRINCIPE	BELGIQUE	U.S.A.
ISRAEL	COMORES	SRI LANKA	ARABIE SAOUDITE	DOMINIQUE	MALDIVES	SEYHELLES	BOLIVIE	VANUATU
KIRGHIZISTAN	DJIBOUTI	SYRIE	AUTRICHE	EMIRATS ARABES UNIS	MALI	SIERRA LEONE	BRESIL	VENEZUELA
LIBAN	EGYPTE	URUGUAY	AZERBAIDJAN	ESTONIE	MAURITANIE	SINGAPOUR	BURKINA-FASO	
LIBYE	EL SALVADOR	VIET-NAM	BAHAMAS	FIDJI	MOZAMBIQUE	SLOVAQUIE	CAP-VERT	
LITUANIE	EQUATEUR		BANGLADESH	FINLANDE	NIGER	SUDAN	COLOMBIE	
MALTE	ESPAGNE		BARBADE	GABON	NIGERIA	SUDAN DU SUD	COSTA RICA	
MAROC	GUATEMALA		BELIZE	GAMBIE	NORVEGE	SUEDE	COTE D'IVOIRE	
MONACO	HONDURAS		BENIN	GEORGIE	NOUVELLE CALEDONIE	SURINAM	ETHIOPIE	
MONTENEGRO	IRAN		BHOUTAN	GHANA	OMAN	TADJIKISTAN	GRECE	
NAMIBIE	IRLANDE		BIELORUSSIE	GIBRALTAR	OUGANDA	TAIWAN	GUINEE	
PEROU	ITALIE		BIRMANIE	GUADELOUPE	OUZBEKISTAN	TANZANIE	INDONESIE	
PHILIPPINES	LUXEMBOURG		BOSNIE HERZEGOVINE	GUINEE EQUATORIALE	PAKISTAN	TCHAD	JAPON	
REUNION	MADAGASCAR		BOTSWANA	GUYANA	PALESTINE	TONGA	JORDANIE	
SLOVENIE	MARTINIQUE		BRUNEI	HAITI	PANAMA	TURKMENISTAN	LAOS	
T O M	MAURICE		BULGARIE	HONG KONG	PAYS-BAS	TURQUIE	LETTONIE	
THAILANDE	MOLDAVIE		BURUNDI	HONGRIE	PORTO-RICO ILES VIERGI	U.S.A.(ILES DU PACIFIQU	MACAO	
TUNISIE	NEPAL		CAMEROUN	ISLANDE	QATAR	UKRAINE	MAYOTTE	
	NOUVELLE-ZELANDE		CHINE	JAMAIQUE	REP. DEM DU CONGO	VATICAN	MEXIQUE	
	PAPOUASIE NVLE-GUINEE		CHYPRE	KAZAKHSTAN	REP. CENTRAFRICAINE	ZAMBIE	MONGOLIE	
	PARAGUAY		CONGO	KENYA	REP. TCHEQUE	ZIMBABWE	NICARAGUA	

FIGURE 7.3 – Détail des groupes de pays pour la pharmacie suivant la méthode ACP

Voici les mêmes groupes que l'hospitalisation, appliqués aux pays ayant délivrés des soins de pharmacie. Les pays n'ayant reçu aucun soin hospitalier sont agrégés selon le critère géographique.

Zone 1	Zone 2		Zone 3		Zone 4	Zone 5			
ACORES MADER	FINLANDE	MAROC	SALOMON	AF. DU SUD	LIBAN	ARABIE SAOUDI	QATAR	ARMENIE	ANTILLES BR.
AFGHANISTAN	GAMBIE	MARTINIQUE	SENEGAL	ALLEMAGNE	LIBERIA	AUSTRALIE	RUSSIE	BAHAMAS	HONG KONG
ALBANIE	GEORGIE	MAURICE	SERBIE	ANDORRE	LITUANIE	AUTRICHE	TCHAD	CHINE	KAZAKHSTAN
ALGERIE	GHANA	MAURITANIE	SEYHELLES	ANGOLA	LUXEMBOURG	BOSNIE HERZEG	TRINITE ET TOB	COSTA RICA	NORVEGE
ANTIGUA ET BAR	GRENADE	MAYOTTE	SIERRA LEONE	ARGENTINE	MACAO	BRESIL	TURQUIE	E.A.U.	ROYAUME-UNI
ANTILLES NEER.	GUADELOUPE	MONACO	SLOVENIE	BELGIQUE	MOLDAVIE	CANADA	URUGUAY	ITALIE	U.S.A.
AZERBAIDJAN	GUINEE	MONGOLIE	SRI LANKA	BELIZE	NEPAL	CHILI		PANAMA	
BAHREIN	GUINEE EQUATC	MONTENEGRO	SUEDE	BOLIVIE	NICARAGUA	COREE DU SUD		POLYNESIE FR.	
BANGLADESH	GUINEE-BISSAU	MOZAMBIQUE	SURINAM	BOTSWANA	PEROU	EL SALVADOR		SINGAPOUR	
BARBADE	INDE	NAMIBIE	SYRIE	BRUNEI	REP. ARABE DU	EQUATEUR		SUDAN	
BENIN	INDONESIE	NIGER	T O M	BULGARIE	REP. CENTRAFRI	ESPAGNE		SUISSE	
BHOUTAN	IRAN	NVLE CALEDONI	TADJIKISTAN	CAMEROUN	REP. DOM.	GIBRALTAR		VENEZUELA	
BIELORUSSIE	IRAQ	OMAN	TAIWAN	CANARIES	SAO THOME ET	GRECE			
BIRMANIE	ISRAEL	OUGANDA	TANZANIE	CAP-VERT	SLOVAQUIE	HONDURAS			
BURKINA-FASO	KENYA	OUZBEKISTAN	TOGO	COLOMBIE	SUDAN DU SUI	HONGRIE			
BURUNDI	KIRGHIZISTAN	PAKISTAN	TONGA	CONGO	THAILANDE	IRLANDE			
CAMBODGE	LAOS	PAPOUASIE NVL	TUNISIE	COREE DU NORI	VANUATU	JAPON			
CHYPRE	LETTONIE	PARAGUAY	TURKMENISTAN	COTE D'IVOIRE	ZIMBABWE	KOSOVO			
COMORES	LIBYE	PHILIPPINES	UKRAINE	DANEMARK		KOWEIT			
CROATIE	MACEDOINE	POLOGNE	U.S.A.(ILES DU F	GABON		MEXIQUE			
CUBA	MADAGASCAR	REP. DEM DU CO	VATICAN	GUATEMALA		NIGERIA			
DJIBOUTI	MALAISIE	REP. TCHEQUE	VIET-NAM	GUYANA		NLE-ZELANDE			
EGYPTE	MALAWI	REUNION	ZAMBIE	HAITI		PALESTINE			
ESTONIE	MALDIVES	ROUMANIE		ISLANDE		PAYS-BAS			
ETHIOPIE	MALI	RWANDA		JAMAIQUE		PORTO-RICO ILES VIERGES			
FIDJI	MALTE	SAINTE-LUCIE		JORDANIE		PORTUGAL			

FIGURE 7.4 – Détail des groupes de pays pour la pharmacie suivant le même découpage que pour l'hospitalisation

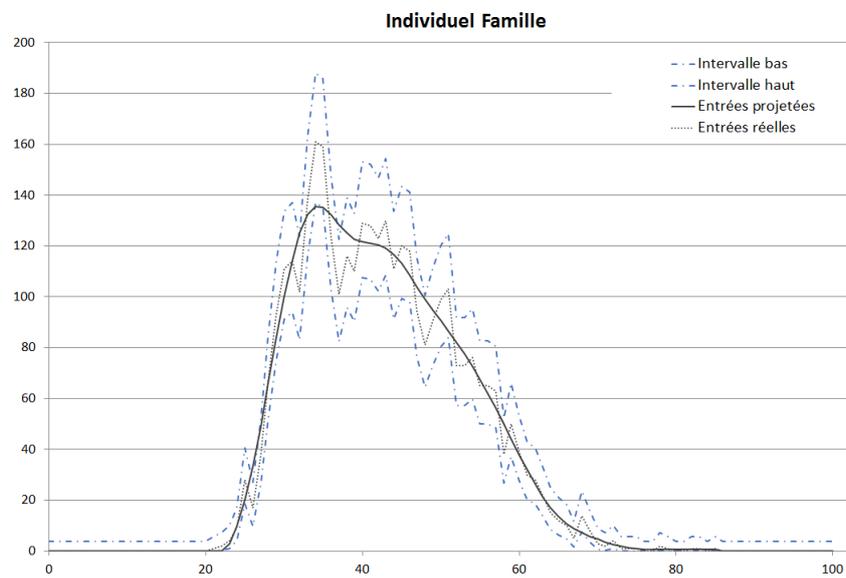
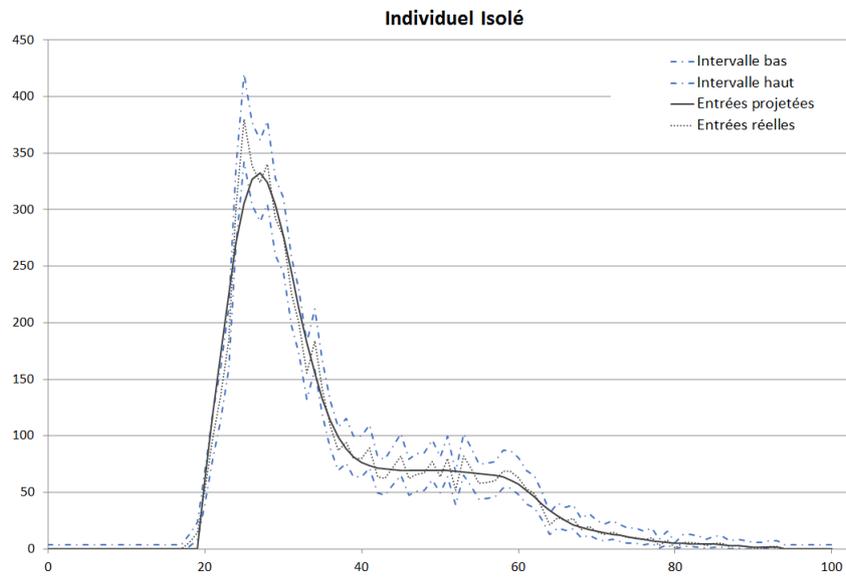
Cette dernière répartition représente le découpage finalement validé par l'organisme assureur.

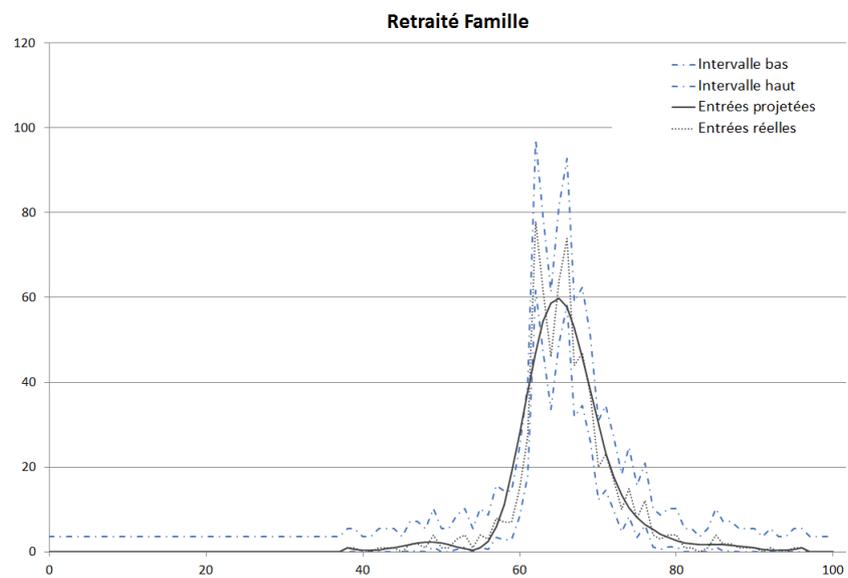
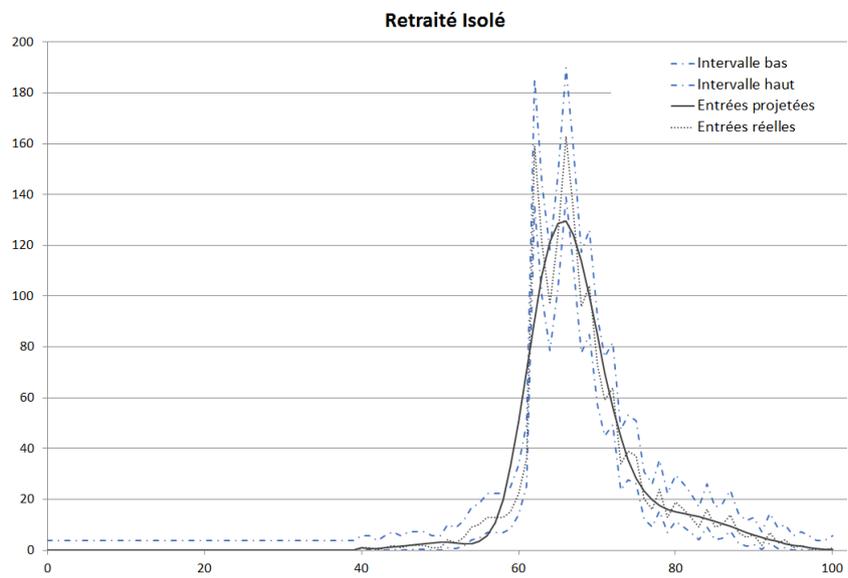
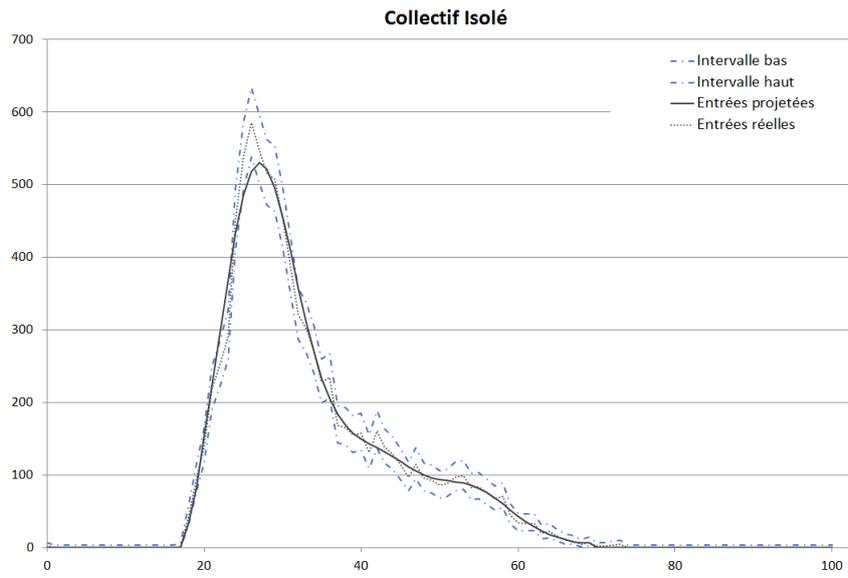
	Zone 1			Zone 2		Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6
ACORES MADERE	COREE DU SUD	KOSOVO	REP. TCHEQUE	ANTILLES BR.	OUBEKI STAN	AUTRI CHE	ALLEMAGNE	COSTA RICA	ANTILLES NEER.
AFGHANI STAN	COTE D'IVOIRE	LAOS	ROUMANIE	ARABIE S.	PAYS-BAS	BAHREIN	ANDORRE	EL SALVADOR	LIBAN
AFRIQUE DU SUD	CROATIE	LETONIE	RUSSIE	BELGIQUE	POLYNESIE FR.	BOLIVIE	ARGENTINE	GUATEMALA	PORTO-RICO
ALBANIE	CUBA	LIBERIA	RWANDA	BRUNEI	PORTUGAL	BRESIL	AUSTRALIE	U.S.A.	REUNION
ALGERIE	ETHIOPIE	MACEDOINE	SAINTE-LUCIE	CAMBODGE	QATAR	DOMINIQUE	BAHAMAS		SYRIE
ANGOLA	FIDJI	MALAWI	SALOMON	CHINE	SERBIE	EGYPTE	CANADA		T O M
ANTI GUA ET BARB	FINLANDE	MALDIVES	SAO THOME ET P.	CHYPRE	SOUDAN DU SUD	EMIRATS A. U.	CHILI		VENEZUELA
ARMENIE	GABON	MALI	SENEGAL	COREE	TUNISIE	ESPAGNE	COLOMBIE		
AZERBAIDJAN	GAMBIE	MARTINIQUE	SEYCHELLES	DANEMARK	VIET-NAM	HONG KONG	EQUATEUR		
BANGLADESH	GEORGIE	MAYOTTE	SLOVAQUIE	DJIBOUTI		IRAN	GUINEE-BISSAU		
BARBADE	GHANA	MOLDAVIE	SOUDAN	ESTONIE		JAPON	HONDURAS		
BELIZE	GIBRALTAR	MONGOLIE	SRI LANKA	GRECE		LITUANIE	IRAQ		
BENIN	GRENADE	MONTENEGRO	SUEDE	ISRAEL		NICARAGUA	JORDANIE		
BHOUTAN	GUADELOUPE	MOZAMBIQUE	SURINAM	ITALIE		NLE-ZELANDE	MEXIQUE		
BIELORUSSIE	GUINEE	NEPAL	TADJIKISTAN	KOWEIT		PANAMA	PEROU		
BIRMANIE	GUINEE EQUAT.	NIGER	TAIWAN	LIBYE		PARAGUAY	PHILIPPINES		
BOSNIE HERZ.	GUYANA	NIGERIA	TANZANIE	LUXEMBOURG		REP. DOMINICAIN	SIERRA LEONE		
BOTSWANA	HAITI	NORVEGE	TCHAD	MACAO		ROYAUME-UNI	SINGAPOUR		
BULGARIE	HONGRIE	NLE CALEDONIE	TOGO	MADAGASCAR		SLOVENIE	SUISSE		
BURKINA-FASO	INDE	OUGANDA	TONGA	MALAISIE		VANUATU	THAILANDE		
BURUNDI	INDONESIE	PAKISTAN	TURKMENISTAN	MALTE			TRINITE ET TOBAGO		
CAMEROUN	IRLANDE	PALESTINE	TURQUIE	MAROC			URUGUAY		
CANARIES	ISLANDE	PAPOUASIE NLE-G	U.S.A. (ILES)	MAURICE					
CAP-VERT	JAMAIQUE	POLOGNE	UKRAINE	MAURITANIE					
COMORES	KAZAKHSTAN	REP DEM CONGO	VATICAN	MONACO					
CONGO	KENYA	REP. ARABE Y.	ZAMBIE	NAMIBIE					
COREE DU NORD	KIRGHIZISTAN	REP. CENTRAFR.	ZIMBABWE	OMAN					

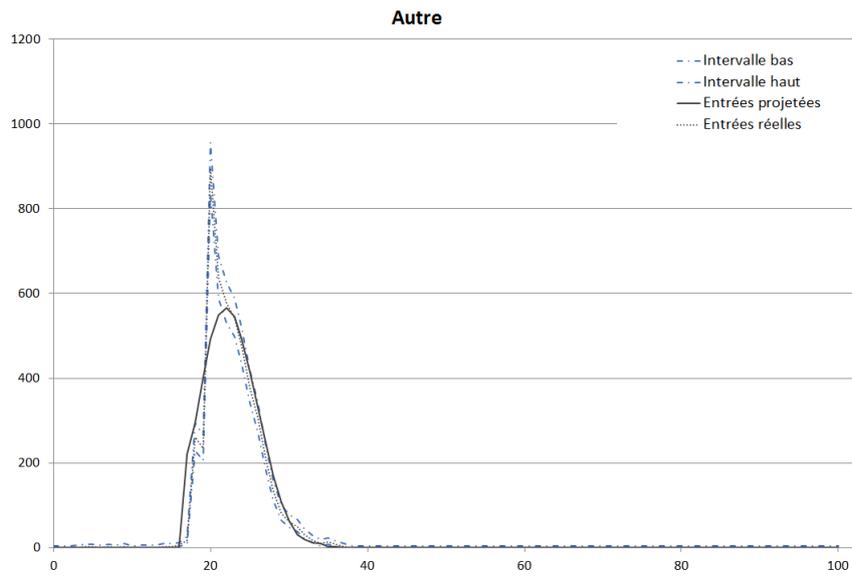
FIGURE 7.5 – Détail des groupes de pays pour la pharmacie selon les frais réels moyens des pays

Lois d'entrées

Voici les intervalles de confiance du modèle des lois d'entrées :







Bibliographie

1. *Le portail privé de l'expatriation*. <http://france-expatries.com/guides/la-protection-sociale>.
2. *PLFSS 2017*, 2016. http://www.securite-sociale.fr/IMG/pdf/annexe7_2.pdf.
3. Jean-Pierre CANTEGRIT. *La protection sociale des Français de l'Etranger*, 2005.
4. Ministère des Solidarités et de la Santé. <http://solidarites-sante.gouv.fr/archives/archives-presse/archives-brevs/article/securite-sociale-fin-du-deficit-en-2017>.
5. Frédéric Bertrand et Myriam Maumy. *Cours de l'université de Strasbourg*, 2011.
6. DREES Hélène SOUAL. *Les dépenses en santé depuis 1950*.
7. Willow Grove Insurance. *Quelle est la différence entre inflation et inflation médicale ?*, avril 2014.
8. R. OLSHEN et C. STONE L. BREIMAN, J. FRIEDMAN. *Classification and Regression Trees*, 1984.
9. The Lancet. *Healthcare Access and Quality Index based on mortality from causes amenable to personal health care in 195 countries and territories, 1990–2015 : a novel analysis from the Global Burden of Disease Study 2015*, Mai 2017.
10. Nathalie COPPINGER et Camille HERODY Laurent CAILLOT, Huguette MAUSS. *La Caisse des Français à l'Etranger, son activité et les conditions de son intervention*, Juillet 2015.
11. World Health Organization. *Global Health Workforce Statistics [Global Health Observatory data repository]*, Février 2017.
12. Frédéric PLANCHET. *Méthodes de lissage et d'ajustement [Modèles de durée]*, 2017.