

Mémoire présenté devant l'Université de Paris-Dauphine  
pour l'obtention du Certificat d'Actuaire de Paris-Dauphine  
et l'admission à l'Institut des Actuaires

le 8 avril 2021

Par : Quentin VIDAL

Titre : Actualisation des tables d'expérience dans le cadre du suivi de produits d'assurance dépendance

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

---

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

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

*Entreprise :*  
Nom: Swiss RE  
Signature :

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

*Directeur de Mémoire en entreprise :*  
Nom: Alexandre CHALLAL  
Signature:

---

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

*Secrétariat :*

*Signature du responsable entreprise*

*Bibliothèque :*

*Signature du candidat*



## Résumé

---

Le travail réalisé dans ce mémoire s'appuie sur l'ensemble des contrats d'assurance dépendance réassurés de façon proportionnelle par Swiss RE. Swiss RE s'appuie sur ces données d'expérience afin de construire des tables d'expérience des taux d'entrée en dépendance, de mortalité de la population assurée pour ce risque, et de mortalité des dépendants. Le but de ce mémoire est de mettre à jour ces tables d'expérience à l'aide des données supplémentaires reçues depuis la dernière étude.

Ces tables d'expérience seront ensuite utilisées afin de tarifer les nouveaux traités de réassurance, piloter et provisionner les produits réassurés.

Nous construirons dans ce mémoire, après avoir introduit le contexte actuel et la projection sur la dépendance, trois tables d'expérience. Les données proviennent de plusieurs cédantes et de plus d'une dizaine de contrats. En conséquence, les définitions de la dépendance, la durée de la franchise ou encore les conditions et durées des délais de carence diffèrent.

Une première étape d'harmonisation des données doit être effectuée afin de rendre les données similaires et de pouvoir les agréger. Cette étape comprend un ajustement du nombre de sinistres afin de correspondre aux caractéristiques choisies pour le produit type. Ces ajustements sont effectués en fonction des délais de carence et de la franchise. Après cette étape, nous pouvons commencer la construction des tables.

La première sera une table des taux d'entrée en dépendance en fonction du sexe et de l'âge, ensuite nous établirons une table de mortalité de la population non dépendante en fonction de l'âge et pour finir une table de mortalité de la population dépendante en fonction de l'âge d'entrée en dépendance de la durée écoulée depuis cette entrée.

Nous testerons ensuite la sensibilité aux données des tables construites puis nous effectuerons des comparaisons avec les dernières tables d'expérience construites par Swiss Re lors de l'étude précédente.

La comparaison montre une baisse des taux d'entrée en dépendance de plus de 10% pour les femmes et les hommes. La mortalité des cotisants a, quant à elle, augmenté après 80 ans. Nous pouvons aussi noter une augmentation de la surmortalité des dépendants lors de l'entrée en dépendance, mais une mortalité plus faible pour les dépendantes à un âge avancé.

Enfin nous étudions l'impact des changements des paramètres biométriques et du taux technique dans le calcul de la prime pure et des PRC<sup>(1)</sup>. L'introduction des nouvelles tables permet une baisse de la prime pure ainsi que du volume de PRC nécessaire sur la vie d'un contrat.

---

*Mots-clés : Dépendance, Assurance dépendance Table d'expérience, Table de mortalité, Table d'incidence, .*

---

<sup>(1)</sup>Provisions pour risque croissant

## Abstract

---

The work carried out in this thesis is based on all the long-term care insurance contracts reinsured by SwissRE. SwissRE relies on these experience data to build experience tables of entry rates into long-term care, the mortality of the population insured for this risk, and the mortality of dependents.

We will then build in this thesis, after having introduced the current context and the projection on dependence, three tables of experiences. The first will be a table of entry rates in dependency according to sex and age, then we will establish a mortality table of the non-dependent population still according to sex and age, and finally a mortality table of the dependent population according to sex, of the age of entry depending on the time elapsed since this entry.

The last part of this thesis will be devoted to the test of the built tables, the comparison with the last experience tables built by SwissRe as well as the constitution of reserves and the analysis of the impact of the parameters biometric in relation to market parameters.

---

*Keywords : Long Term Care, LTC insurance Experience table, Mortality table, Incidence table.*

# Note de Synthèse

Depuis un peu plus d'une trentaine d'années, la dépendance est un risque qui croît fortement, et qui devrait, selon les projections de la DRESS et l'INSEE, et encore connaître une très forte croissance dans les 40 prochaines années. En effet, le nombre de personnes dépendantes pourrait doubler et atteindre plus de 2 millions en France à l'horizon 2050 selon les scénarii les plus pessimistes. Dans les scénarii les plus optimistes, le nombre de dépendants augmenterait tout de même de 50% d'ici 2050. Cette forte augmentation du nombre de dépendants est due à l'arrivée à un âge avancé des générations du baby-boom.

La notion de dépendance, ou perte d'autonomie est complexe. Afin de l'appréhender plus facilement, des méthodes d'évaluation ont été mises en place autour des *activities of daily living*, *ADL*, ou activités de la vie quotidienne, *AVQ*, depuis les années 60 avec la grille de Katz. En France, la grille AGGIR est utilisée pour définir le niveau de dépendance d'un individu parmi 6 catégories, allant d'un état d'autonomie en GIR 6, à un état de forte dépendance en GIR 1. Ces grilles évaluent la capacité d'un individu à réaliser seul, sans l'aide d'une tierce personne, mais avec des équipements adaptés si nécessaire tels qu'une canne, des lunettes, un fauteuil roulant ou encore des vêtements adaptés, des actes essentiels de la vie quotidienne tels que se déplacer, se laver, s'habiller, se nourrir, etc.

Cette notion complexe implique des définitions différentes notamment dans les produits d'assurance dépendance. Celles-ci ont aussi évolué avec le temps. La notion de dépendance partielle est notamment apparue dans les contrats d'assurance, elle désigne un état de dépendance moins avancé que la dépendance originellement assurée, appelée dépendance totale. La garantie en cas de dépendance partielle est souvent une option que l'assuré peut choisir. La garantie en cas de dépendance partielle comprend une exonération de primes et une rente viagère égale à 50% de la rente souscrite en cas de dépendance totale.

La définition de ces deux types de dépendance est spécifique à chaque contrat. Cependant, il existe une volonté d'harmonisation de ces définitions impulsée par la FFA<sup>(1)</sup> avec la création du label GAD<sup>(2)</sup> dont l'obtention impose notamment des définitions de la dépendance totale et partielle. La dépendance partielle étant une notion assez récente, les données à ce propos sont donc moins nombreuses. Nous utiliserons dans ce mémoire une modélisation à trois états représentée dans la figure 1. Le premier état sera constitué des personnes non dépendantes et en dépendance partielle, le deuxième rassemblera les dépendants totaux, enfin le troisième sera constitué des personnes dépendantes.

---

<sup>(1)</sup>Fédération française de l'Assurance

<sup>(2)</sup>Garantie assurance dépendance

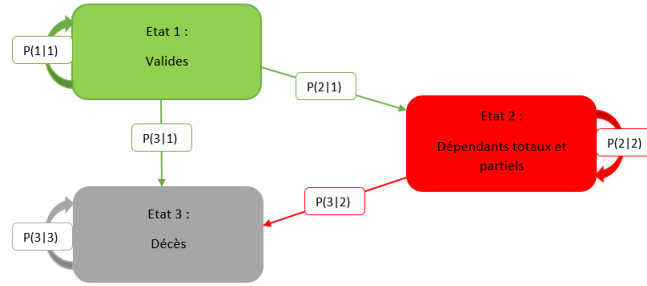


FIGURE 1: Modélisation des différents états

Nous utiliserons les données des contrats réassurés par Swiss Re pour construire des tables d'expérience et calculer les probabilités de passage entre chaque état. Dans un premier temps, avant de commencer la construction, nous devons traiter les données brutes provenant de différents traités de réassurance. Ce traitement comprend la correction des données reçues mais aussi une harmonisation des données. Cette étape d'harmonisation est nécessaire car les données sont issues de plus d'une dizaine de produits d'assurance dépendance. En conséquence, les caractéristiques des produits tels que les définitions de la dépendance, la franchise ainsi que les délais de carence diffèrent entre les contrats. Les tables que nous souhaitons construire, reposent sur une définition de la dépendance correspondant à l'impossibilité de réaliser 3 AVQ/5 et être classé en GIR 1 ou 2, une franchise de 90 jours, un délai de carence de 3 ans pour les maladies cognitives et d'un an pour les autres maladies.

Nous commençons par construire la table des taux d'incidence. La première étape consiste à calculer l'exposition au risque de dépendance totale de chaque assuré ainsi qu'à comptabiliser le nombre de sinistres pour chaque produit d'assurance. L'exposition est calculée et découpée selon l'année civile, la durée écoulée depuis la souscription du contrat, et l'âge de l'assuré. Le nombre de sinistres de chaque produit est ajusté en fonction des différences entre les caractéristiques du produit et celles retenues pour la construction de nos tables. Seuls les dépendants ayant survécu plus de 90 jours sont comptabilisés, le nombre de sinistres des premières années est aussi ajusté si les délais de carence du produit sont différents de ceux retenus.

Une fois ces ajustements effectués, nous calculons l'incidence lors des sept premières années après la souscription du contrat afin de la comparer à l'incidence à l'ultime<sup>(1)</sup>. Ceci nous permet de calculer des coefficients de réduction du risque grâce à la sélection médicale et d'ajuster l'exposition des sept premières années en conséquence. Ensuite, nous calculons les taux d'incidence des différents âges regroupés en catégories d'âge de 5 ans<sup>(2)</sup>. Ces taux sont attribués à l'âge le plus exposé de chaque catégorie.

Nous obtenons ensuite des taux par âge en définissant un taux d'augmentation de l'incidence et se servant de ces valeurs comme points de passage. Les taux d'augmentation sont définis de manière manuelle afin d'obtenir une courbe lissée au maximum et respectant les points de passage. Les taux des années les plus jeunes et plus avancées de la table sont définis par hypothèses, l'exposition étant trop faible.

<sup>(1)</sup>sur les années de contrats supérieures à 7

<sup>(2)</sup>ex :75-79 ans

Les différentes courbes de taux d'entrée en dépendance sont représentées sur la figure 2.

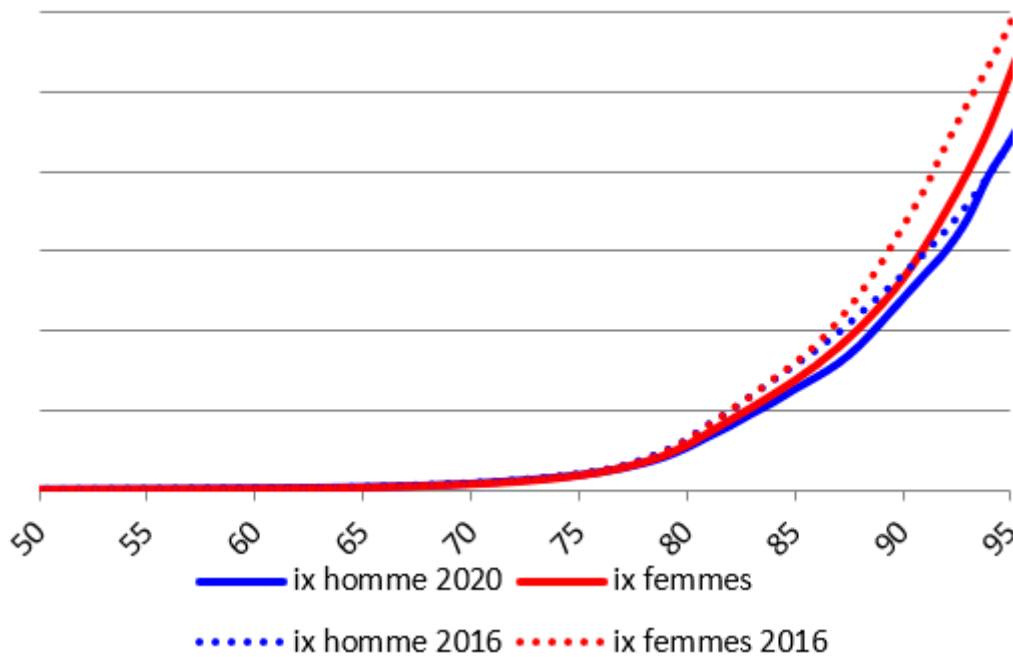


FIGURE 2: Taux d'incidence en fonction de l'âge et du sexe

Nous pouvons constater une baisse des taux d'incidence avec la table réalisée par Swiss Re lors de la dernière étude. Cette baisse est d'un peu plus de 10%, tant pour les hommes que pour les femmes.

Pour tous autres paramètres égaux, ceci devrait avoir pour conséquence une baisse du nombre de personnes dépendantes, et donc augmenter la rentabilité.

La deuxième table que nous construisons est la table de mortalité de la population cotisante. De la même manière que pour la table d'incidence, les calculs des taux de mortalité seront effectués par catégories d'âge avant d'être extrapolés par âge. Une fois l'exposition au risque de mortalité et le nombre de sinistres, donc de décès ici, calculée, nous effectuons un ajustement en incluant un certain pourcentage de sorties dans les décès. Nous effectuons cet ajout car il est fortement probable qu'une partie des résiliations dues à des non paiements de primes soit la conséquence de décès non signalés à l'assureur.

Après avoir réalisé ses ajustements, nous calculons les taux de mortalité et attribuons un taux de mortalité en fonction de la table réglementaire TH-TF 00-02. La table que nous construisons dépendant seulement de l'âge et de la génération elle correspond au format de la TH-TF 00-02. L'expression de la mortalité en fonction de la TH-TF 00-02 permet aussi d'obtenir des taux de mortalité déjà lissés.

Nous extrapolons ensuite les taux de mortalité de manière linéaire entre les différents âges centraux afin d'obtenir une table de mortalité par âge.

Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure 3.

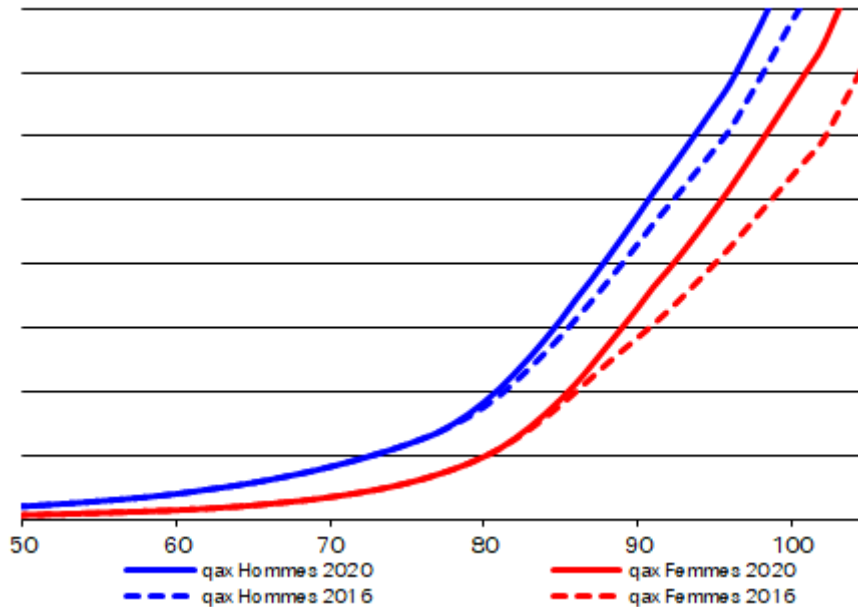


FIGURE 3: Mortalité des cotisants

Les taux de mortalités sont équivalents à ceux de la dernière étude jusqu'à 80 ans. Après 80 ans, les nouvelles données nous permettent d'avoir une expérience plus crédible. Nous constatons alors une mortalité légèrement plus élevée que prévue lors de la dernière étude.

La dernière table que nous construisons est la table de mortalité de la population dépendante. Cette table est construite en fonction du sexe, de l'âge d'entrée en dépendance et de la durée de la dépendance. Les catégories d'âge utilisées pour cette table sont élargies à 10 ans en raison de la plus faible quantité d'exposition disponible. L'exposition disponible est alors calculée en fonction de l'âge d'entrée en dépendance et de la durée de la dépendance.

Pour tous autres paramètres égaux, l'augmentation de la mortalité à un âge avancé devrait augmenter le nombre de décès sans passage en rente. Ceci devrait alors augmenter la rentabilité des produits.

Les taux de mortalité des dépendants sont calculés par catégories d'âge sur les 5 à 8 premières années de dépendance en fonction de l'expérience disponible. Les tables d'expériences sont ensuite lissées en utilisant la catégorie d'âge avec le plus d'expérience comme référence.

Le lissage est réalisé dans un premier temps pour chaque catégorie sur les 6 à 8 premières années de dépendance en fonction de l'expérience disponible. L'expérience étant aussi très faible pour les âges les plus avancés nous utilisons un taux cible de 120% de la TH-TF 00-02 à 111 ans. Pour les durées de dépendance les plus longues, nous considérons qu'après une dizaine d'années de dépendance, l'âge de survivance n'est plus un facteur discriminant. Nous utilisons alors les catégories d'âge les plus avancées afin de déterminer la mortalité pour les durées de dépendance les plus longues.



Les figures 4 et 5 représentent les résultats obtenus pour les femmes et les hommes.

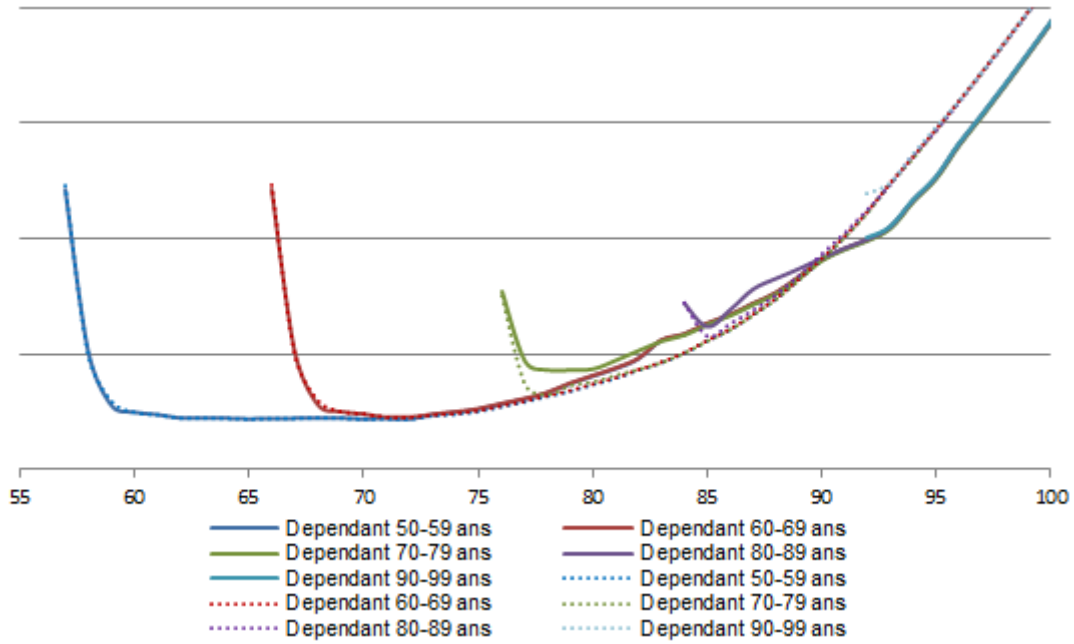


FIGURE 4: Mortalité des femmes dépendantes

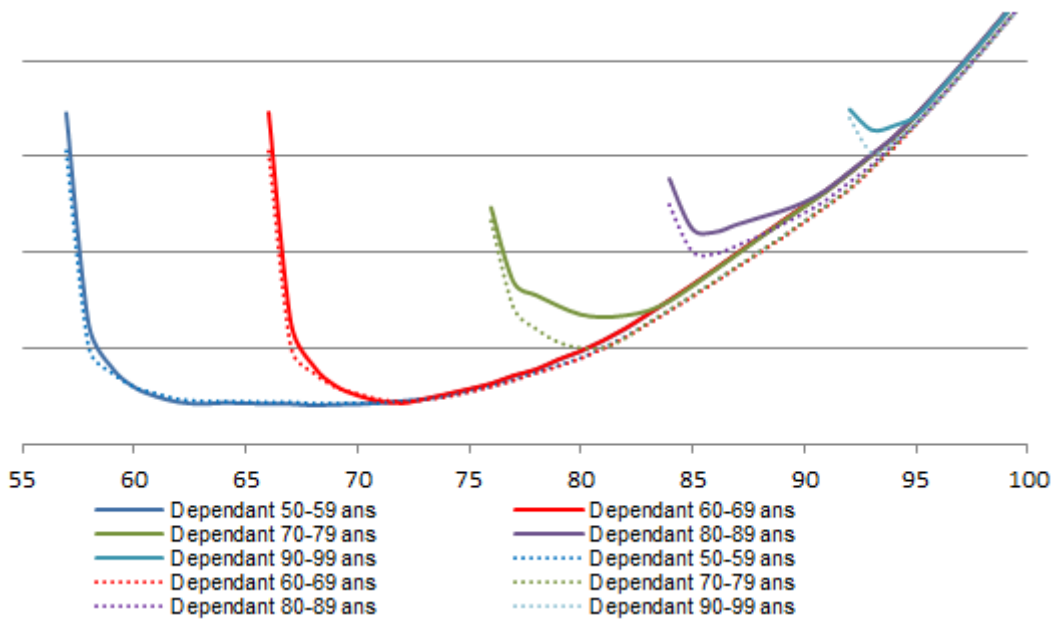


FIGURE 5: Mortalité des hommes dépendants

Nous remarquons alors une hausse de la surmortalité lors de l'entrée en dépendance par rapport aux dernières tables construites. Cependant la mortalité des femmes diminue aux âges avancés. La hausse de la surmortalité lors de l'entrée en dépendance devrait alors augmenter la rentabilité, cependant, la baisse de la mortalité aux âges avancés aura l'effet inverse. L'effet cumulé ne peut pas être déterminé à l'avance.

Suite à la construction de ces tables, nous réalisons des tests de robustesse sur les trois tables construites. Nous testons la sensibilité aux données de chaque table en supprimant ou dupliquant une partie de celles-ci. Nous comparons ensuite les taux bruts obtenus. Les résultats obtenus pour les trois tables en cas de duplication ou de suppression artificielle de données montrent que les taux d'expérience obtenus subissent de faibles variations.

Enfin, nous utilisons les tables construites pour étudier l'évolution de la prime pure et des provisions pour risque croissant (PRC). Nous partons de la prime pure et des hypothèses biométriques et de marchés au début de la commercialisation d'un produit. Les paramètres sont ensuite modifiés un à un jusqu'à l'intégration des tables construites et un taux technique actuel.

Nous étudions dans un premier temps les variations de la prime pure. L'impact des nouveaux paramètres biométriques permet de diminuer la prime pure pour tous les âges. La baisse la plus importante est due à l'introduction des nouveaux taux d'incidence. Le tableau 1 représente l'évolution des primes perçues au cours de la vie d'un contrat pour une population fixe de 10 000 assurés.

Paramètres utilisés	Montant des primes perçues pour une population cible	Ecart relatif	Nombre de dépendants (pour 10 000 assurés)
<i>Etape 1 : Tables de 2016 Taux Tech 0,5%</i>	47 540 k€		1620
<i>Etape 2 : Mortalité des actifs 2020, incidence et mortalité des dépendants 2016, Taux Tech =0,5%</i>	46 220 k€	- 1 320 k€ (-3%)	1550 (-4%)
<i>Etape 3 : Mortalité des actifs et incidence 2020, mortalité des dépendants 2016 Taux Tech =0,5%</i>	41 658 k€	- 4 561 k€ (-10%)	1420 (-8%)
<i>Etape 4 : Tables de 2020 Taux Tech =0,5%</i>	39 843 k€	- 1 815 k€ (-4%)	1420
<i>Etape 5 : Tables de 2020 Taux Tech =0%</i>	45 654 k€	+ 5 810 k€ (+15%)	1420

TABLE 1: Variation du montant de primes perçues sur la vie d'un contrat

Nous pouvons alors nous apercevoir que lors de chaque étape du passage des paramètres biométriques de 2016 à 2020, le montant des primes pures perçues diminue. La dernière étape consiste à intégrer un taux technique nul. Ceci fait alors augmenter la prime pure, l'actualisation des flux étant nulle.

Nous nous intéressons ensuite à l'évolution des provisions pour risque croissant sur la vie d'un contrat. Nous utilisons les primes pures appliquées au client par une cédante. La simulation est réalisée sur la même population de 10 000 assurés. Les résultats sont présentés dans le tableau 2.

Paramètres utilisés	Montant total de PRC sur la vie du contrat	Ecart relatif
Etape 1 : Tables 2016 Taux Tech 0,5% Tarif Client 2016	235 703 k€	
Etape 2 : Mortalité des actifs 2020, incidence et mortalité des dépendants 2016, Taux Tech =0,5% Tarif client 2016	223 403 k€	- 12 300 k€ (-5 %)
Etape 3 : Mortalité des actifs et incidence 2020, mortalité des dépendants 2016 Taux Tech =0,5% Tarif Client 2016	179 743 k€	- 43 660 k€ (-20%)
Etape 4 : Tables 2020 Taux Tech =0,5% Tarif Client 2016	165 570 k€	- 14 173 k€ (-8%)
Etape 5 : Tables 2020 Taux Tech =0% Tarif Client 2016	179 603 k€	+ 14 033 k€ (+8%)
Etape 6 : Tables 2020 Taux Tech =0% Tarif Client 2020	154 903 k€	- 24 700 k€(-14%)

TABLE 2: Variation du montant de PRC nécessaire sur la vie d'un contrat

Comme pour la prime pure, l'introduction des nouvelles tables permet de diminuer le volume de PRC nécessaire. La baisse la plus conséquente intervient pour l'introduction de la nouvelle table d'incidence. Nous remarquons que l'augmentation du volume de PRC nécessaire lors du passage à un taux technique nul correspond environ à un cinquième de la baisse due à l'introduction des trois nouvelles tables.

Une bonne connaissance du risque assuré et de bonnes bases techniques sont au moins aussi importantes que la variation des paramètres de marchés dans le résultat.

## Conclusion

L'utilisation de quatre années d'expérience supplémentaires dans la mise à jour des différentes tables d'expérience nous a permis de constater une baisse des taux d'entrée en dépendance ainsi qu'une augmentation de la mortalité des cotisants. En ce qui concerne la mortalité des dépendants, nous observons une surmortalité plus importante lors de l'entrée en dépendance pour les femmes et les femmes. Il semblerait aussi que la mortalité des dépendantes soit plus faible au delà de 90 ans.

L'utilisation de ces nouvelles tables permet une baisse globale de la prime pure malgré une baisse du taux technique. Elles permettent aussi une baisse du volume de PRC nécessaire.

La dépendance est un risque long, de nouvelles études devront être menées pour suivre l'évolution du risque et mettre à jour ces bases techniques. Celle-ci pourront comprendre de nouveaux axes, tels que le dépendance partielle ou un étude de la sinistralité en fonction de la cause.

# Synthesis note

For about thirty years, dependency has been a risk that has grown sharply, and which, according to the projections of the DRESS and the INSEE, should experience very strong growth over the next 40 years. Indeed, the number of dependent people could double and reach more than 2 million in France by 2050 according to the most pessimistic scenarios. In the most optimistic scenarios, the number of dependents would still increase by 50% by 2050. This sharp increase in the number of dependents is due to the arrival at an advanced age of the baby boom generations.

The notion of dependence, or loss of autonomy, is complex. In order to understand it more easily, evaluation methods have been set up around activities of daily living, ADL, since the 60s with the Katz grid. In France, the AGGIR grid is used to define the level of dependence of an individual among 6 categories, ranging from a state of autonomy in GIR 6, to a state of strong dependence in GIR 1. These grids assess the ability for an individual to perform alone, without the help of a third person, but with suitable equipment if necessary such as a cane, glasses, a wheelchair or even suitable clothing, essential acts of daily life such as than moving, washing, dressing ...

This complex notion then leads to different definitions, particularly in long-term care insurance products. These definitions have also evolved over time. The notion of partial dependence appeared in particular in insurance contracts, it then designates a state of dependence less advanced than the dependence originally insured, called total dependence. Partial dependency coverage is often an option that the insured can choose. The guarantee in the event of partial dependency includes an exemption from premiums and a life annuity equal to 50% of the annuity subscribed in the event of total dependency.

The definition of its two types of dependency is specific to each contract. However, there is a desire to harmonize these definitions driven by the FFA <sup>(1)</sup> with the creation of the GAD <sup>(2)</sup> label, the obtaining of which notably requires definitions of dependency total and partial. However, since partial dependence is a fairly recent notion, there is less data on this subject. We will use in this thesis a 3-state modeling represented in the figure 6. The first state will be made up of non-dependent and partially dependent people, the second state will bring together total dependents, and finally the third state will be made up of dependent people.

---

<sup>(1)</sup>Fédération française de l'Assurance

<sup>(2)</sup>Garantie assurance dépendance,Dependency insurance guarantee

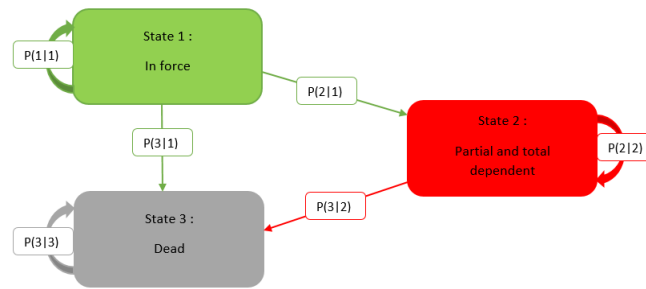


Figure 6: Modeling of different states

We will use the data from contracts reinsured by Swiss Re to build experience tables and calculate the probabilities of transition between each state. As a first step, before starting the construction, we have to process the raw data from different reinsurance treaties. This processing includes the correction of the data received but also a harmonization of the data. This harmonization step is necessary because the data come from more than ten long-term care insurance products. As a result, product characteristics such as definitions of dependency, deductible as well as waiting periods differ between contracts. The tables we want to build are based on a definition of dependency being the inability to achieve 3 ADL/5, a 90-day deductible, a 3-year waiting period for cognitive diseases and one year for other diseases.

We start by building the incidence rate table. The first step to be carried out then consists in calculating the total dependency risk exposure of each insured person as well as in recording the number of claims for each insurance product. The exposure will be calculated and broken down according to the calendar year, the period elapsed since the subscription of the contract, and the age of the insured. The number of claims for each product is adjusted according to the differences between the characteristics of the product and those used for the construction of our tables. Only dependents who have survived more than 90 days are counted; the number of claims for the first years is also adjusted if the waiting periods for the product are different from those used.

Once these adjustments have been made, we calculate the impact during the first seven years after the contract is taken out in order to compare it with the impact at the ultimate <sup>(1)</sup>.

This allows us to calculate risk reduction coefficients through medical screening and adjust the exposure for the first seven years accordingly. Then, we calculate the incidence rates of the different ages grouped into age categories of 5 years <sup>(2)</sup>. These rates are assigned to the most exposed age in each category. We then obtain age-specific rates by defining a rate of increase in incidence and using these values as waypoints.

---

<sup>(1)</sup>on years of contracts greater than 7

<sup>(2)</sup>ex: 75-79 years

The results obtained are shown in figure 7.

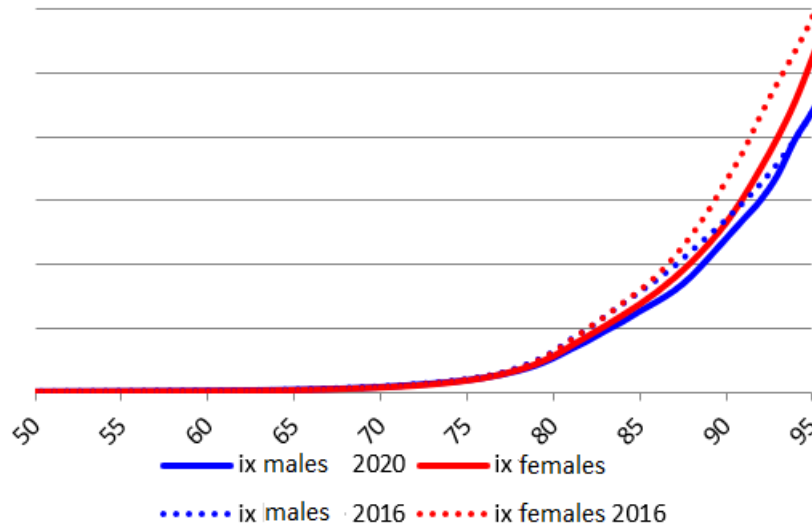


Figure 7: Incidence rate by age and sex

We can then see a drop in incidence rates with the table produced by Swiss Re during the last study. This decrease is just under 15% for both men and women. The different rate curves are shown in the figure

The second table we build is the labor force life table. In the same way as for the incidence table, the calculations of the mortality rates will be carried out by age categories before being extended. Once the exposure to the risk of mortality and the number of claims, and therefore of deaths here, have been calculated, we make an adjustment by including a certain percentage of exits in the deaths. We make this addition because it is highly probable that part of the terminations due to non-payment of premiums is the consequence of deaths not reported to the insurer. After making its adjustments, we calculate the mortality rates and assign a mortality rate according to the regulatory table TH-TF 00-02. We then extend the death rates linearly between the different central ages. The figure 8 illustrates the results obtained.

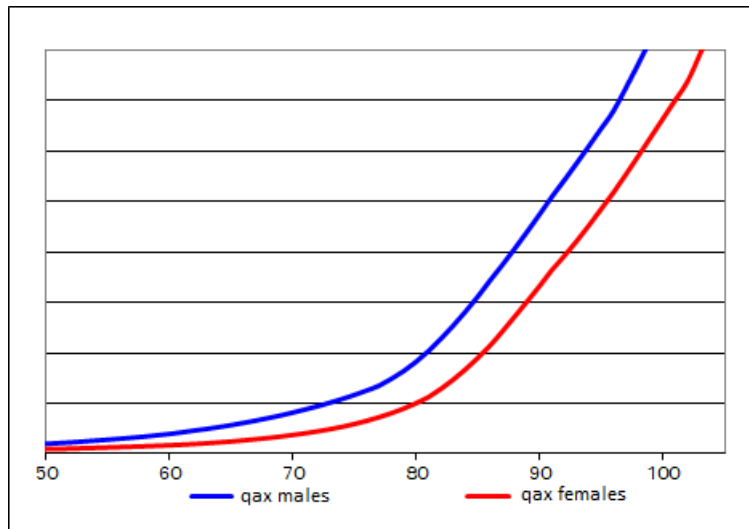


Figure 8: Mortality of a premium payer

The last table we build is the dependent population life table. This table is constructed according to gender, the age of entry into dependency and the duration of the dependency. The age categories used for this table are extended to 10 years due to the lower amount of exposure available. The available exposure is then calculated according to the age of entry into dependency and the duration of the dependency. Dependency mortality rates are calculated by age category over the first 5 to 8 years of dependency depending on the experience available. The experience tables are then smoothed using the age category with the most experiences as a reference. The experience being also very low for the most advanced ages, we use a target rate of 120% of the TH-TF 00-02 at 111 years. Figures 9 and 10 represent the results obtained for women and men.

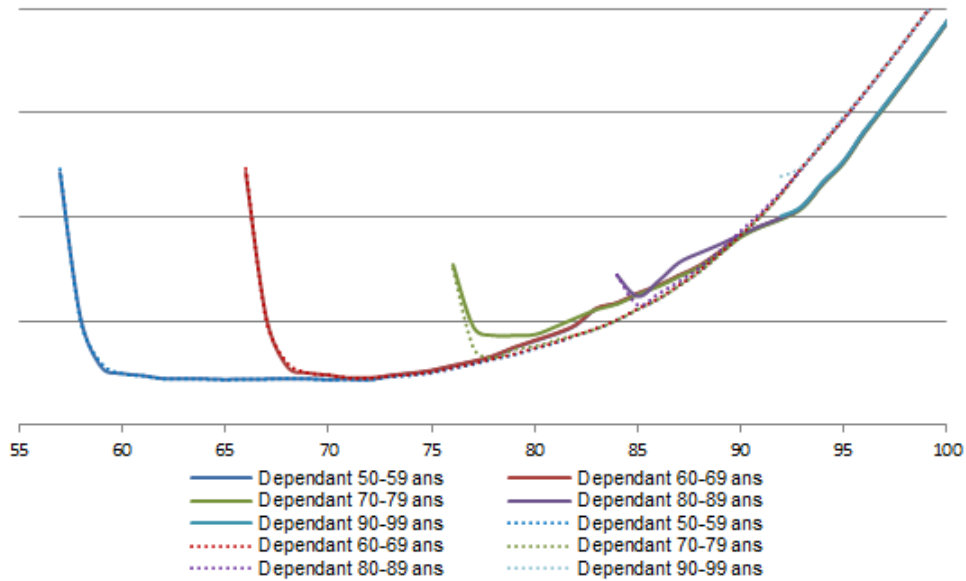


Figure 9: Females dependant mortality

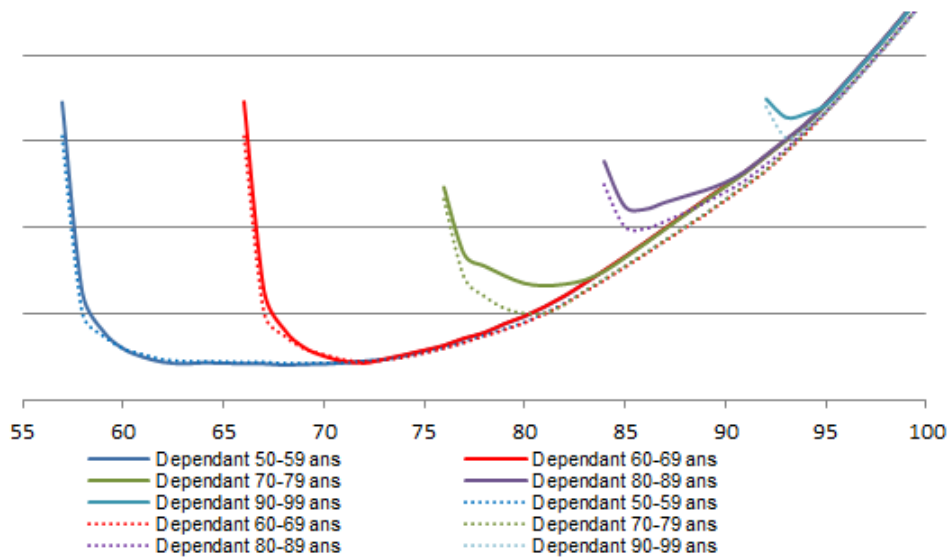


Figure 10: Males dependant mortality

We then notice an increase in excess mortality when entering into dependence on the last tables constructed. However, female mortality decreases at older ages. The increase in excess mortality when entering dependency should then increase profitability, however, the decrease in mortality at advanced ages will have the opposite effect. The cumulative effect cannot be determined in advance.

Following the construction of these tables, we carry out robustness tests on the three tables constructed. We test the sensitivity to the data of each table by removing or duplicating a part of it. We then compare the gross rates obtained. The results obtained for the three tables in the event of duplication or artificial deletion of data show that the experience rates obtained undergo slight variations.

Finally, we use the tables constructed to study the evolution of the pure premium and reserves for increasing risk (ALR). We start from the pure premium and biometric and market assumptions at the start of a product's commercialization. The parameters are then modified one by one until the integration of the tables built and a current technical rate.

We first study the variations of the pure premium. The impact of the new biometric parameters makes it possible to reduce the pure premium for all ages. The most significant decrease is due to the introduction of the new incidence rates. The table 3 represents the evolution of premiums received during the life of a contract for a fixed population of 10,000 policyholders.

Parameters	Total premium received	Relative Gap	Number of dependent (for 10 000 insured)
<i>Step 1 : ToT 2016</i> <i>Tech rate 0,5%</i>	47 540 k€		1620
<i>Step 2 : In force mortality 2020, incidence and dependent mortality 2016,</i> <i>Tech rate =0,5%</i>	46 220 k€	- 1 320 k€ (-3%)	1550 (-4%)
<i>Step 3: In force mortality and incidence 2020, dependent mortality 2016</i> <i>Tech rate =0,5%</i>	41 658 k€	- 4 561 k€ (-10%)	1420 (-8%)
<i>Step 4 : ToT 2020</i> <i>Tech rate =0,5%</i>	39 843 k€	- 1 815 k€ (-4%)	1420
<i>Step 5 : ToT 2020</i> <i>Tech rate =0%</i>	45 654 k€	+ 5 810 k€ (+15%)	1420

Table 3: Total amount of premium received

We can then see that during each step of the passage of biometric parameters from 2016 to 2020, the amount of pure premiums collected decreases. The last step is to integrate a zero technical rate. This then increases the pure premium, the discounting of flows being zero.

We then look at the evolution of provisions for increasing risk over the life of a contract. We use the pure premiums applied to the client by a cedant. The simulation is carried out on the same population of 10,000 policyholders. The results are presented in the table 4.



Parameters	Total amount of reserves	Relative gap
Step 1 : ToT 2016 Tech rate 0,5% Client Premium 2016	235 703 k€	
Step 2 : In force mortality 2020, incidence and dependent mortality 2016, Tech rate =0,5% Client Premium 2016	223 403 k€	- 12 300 k€ (-5 %)
Step 3 : In force mortality and incidence 2020, dependent mortality 2016 Tech rate =0,5% Client Premium 2016	179 743 k€	- 43 660 k€ (-20%)
Step 4 : ToT 2020 Tech rate =0,5% Client Premium 2016	165 570 k€	- 14 173 k€ (-8%)
Step 5 : ToT 2020 Tech rate =0% Client Premium 2016	179 603 k€	+ 14 033 k€ (+8%)
Step 6 : ToT 2020 Tech rate =0% Client Premium 2020	154 903 k€	- 24 700 k€(-14%)

Table 4: Change in the amount of reserve required over the life of a contract

As for the pure premium, the introduction of the new tables makes it possible to reduce the volume of reserve required. The most significant decrease occurs for the introduction of the new incidence table. We note that the increase in the volume of reserve required when switching to a zero technical rate corresponds to approximately one fifth of the decrease due to the introduction of the three new tables.

A good knowledge of the insured risk and a good technical basis are at least as important as the variation of market parameters in the result.

## Conclusion

The use of four additional years of experience in updating the various experience tables has enabled us to observe a drop in the entry rates into dependency as well as an increase in contributor mortality. Regarding the mortality of dependents, we observe a higher excess mortality when entering dependency for women and women. It would also seem that the mortality of dependents is lower after 90 years.

The use of these new tables allows an overall drop in the pure premium despite a drop in the technical rate. They also allow a reduction in the volume of reserve required.

Dependence is a long risk, new studies will have to be carried out to follow the evolution of the risk and update these technical bases. This could include new axes, such as partial dependence or a study of claims according to the cause.

# Remerciements

Dans un premier temps, je souhaiterais remercier vivement l'entreprise Swiss Re pour cette opportunité offerte lors de ce stage, l'accueil et la mise à disposition du matériel nécessaire afin d'être dans les meilleures conditions possibles malgré un contexte difficile dû à la crise sanitaire. Dans un second temps toutes les personnes avec qui j'ai pu échanger et apprendre, à Paris et ailleurs, et notamment :

Alexandre CHALLAL, mon tuteur de stage, pour le suivi, la confiance accordée, l'aide et les conseils apportés tout au long de ce stage et de la réalisation de ce mémoire.

Agnès BAUER pour sa disponibilité, les connaissances partagées, et l'aide apportée lors des ces six mois de stage.

Thomas ENGLER et Josée KAULICH-BARTZ pour leurs aides et disponibilités pour le traitement des données, étape importante, longue, difficile et nécessaire avant de pouvoir réaliser le travail effectué dans ce mémoire.

Catherine CENREAUD pour ses conseils techniques précieux, l'aide et le suivi dans la mise à jour des différentes tables d'expérience.

Enfin, je souhaiterais aussi remercier toutes les autres personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

# Table des matières

<b>Résumé</b>	<b>3</b>
<b>Abstract</b>	<b>4</b>
<b>Note de Synthèse</b>	<b>5</b>
<b>Synthesis note</b>	<b>12</b>
<b>Remerciements</b>	<b>18</b>
<b>Table des matières</b>	<b>19</b>
<b>Introduction</b>	<b>21</b>
<b>1 La dépendance, modélisation et caractéristiques</b>	<b>22</b>
1.1 La dépendance en France et les enjeux futurs . . . . .	22
1.2 Modélisation et notations . . . . .	33
1.3 Caractéristiques des produits d'assurance dépendance . . . . .	35
<b>2 Construction des tables d'expérience</b>	<b>42</b>
2.1 Harmonisation des portefeuilles . . . . .	42
2.2 Table des taux d'incidence . . . . .	44
2.3 Table de mortalité de la population cotisante . . . . .	53
2.4 Table de mortalité de la population dépendante . . . . .	58
<b>3 Validation des tables d'expérience</b>	<b>66</b>
3.1 Robustesse des tables d'expérience . . . . .	66
3.2 Comparaison avec les tables d'expérience précédentes . . . . .	68

3.3	Calcul des primes pures et des PRC . . . . .	73
	<b>Conclusion</b>	<b>77</b>
	<b>Bibliographie</b>	<b>78</b>
	<b>A Annexes</b>	<b>79</b>

# Introduction

Depuis plus de 50 ans, l'espérance de vie des nouvelles générations n'a cessé d'augmenter. En conséquence, le nombre de personnes atteignant un âge avancé augmente aussi. La population globale vieillit aussi avec une représentation de plus en plus importante de la proportion des plus de 75 ans. Les projections prévoient une continuité de cet effet avec l'arrivée des premières générations du baby boom à un âge avancé.

Cependant de nombreuses personnes âgées ne sont plus totalement autonomes et ont parfois besoin d'une aide quotidienne afin de pouvoir continuer à vivre. Cette aide a un coût important que peu de personnes ne peuvent financer pendant plusieurs mois voire plusieurs années. C'est afin de répondre à ce besoin de financement que les produits d'assurance dépendance sont apparus en France dans les années 90. Le risque de dépendance étant un risque long pouvant s'étendre sur plusieurs dizaines d'années, l'expérience des assureurs dans ce domaine n'est pas complète. Afin de bénéficier d'un gain d'expérience pour ces produits, les assureurs font alors souvent appel à un réassureur tel que Swiss Re.

Le contexte politique favorise aussi les travaux sur la dépendance, avec notamment la création d'une 5<sup>ème</sup> de la sécurité sociale et de récents rapports sur le grand âge tels que les rapports Libault et Vachey.

Le chapitre 1 nous permettra de décrire plus en détail ces différents enjeux futur, de définir la notion de dépendance ainsi que le périmètre de notre étude.

L'environnement financier, avec un contexte de taux bas, entraîne une baisse des revenus financiers des assureurs. Les taux d'actualisation étant très faibles voire nuls, cela entraîne un gonflement des provisions et une augmentation des primes. La mise à jour régulière des bases techniques est importante afin de mieux maîtriser les risques liés à la dépendance.

C'est dans cet objectif que nous entreprenons la mise à jour des différentes tables d'expérience utilisées à cet effet. A savoir une table d'entrée en dépendance, une table de mortalité de la population non dépendante et une table de mortalité de la population dépendante. Les différentes étapes de constructions des tables sont détaillées dans le chapitre 2.

Nous étudierons ensuite dans le chapitre 3 les variations des primes pures et des provisions pour risque croissant lors de l'introduction des tables construites dans ce mémoire.

# Chapitre 1

## La dépendance, modélisation et caractéristiques des contrats d'assurance

### 1.1 L'état actuel de la dépendance et les enjeux futurs

#### La dépendance en France

La dépendance est médicalement définie par le fait qu'une personne ait besoin d'une aide extérieure pour accomplir une tâche de la vie quotidienne. Le terme perte d'autonomie sera souvent utilisé pour parler de dépendance. C'est un terme moins dégradant et qui permet de souligner le fait que la personne était capable d'effectuer ces tâches seules auparavant. Cette notion est majoritairement utilisée pour décrire la perte d'autonomie des personnes âgées dû à l'avancement dans l'âge.

Les causes de la dépendance peuvent être multiples. Avec l'avancement dans l'âge, des facultés telles que la vision, l'ouïe et la force musculaire diminuent. De plus, des pathologies viennent souvent s'ajouter à ces pertes dues au vieillissement. Celle-ci peuvent être des maladies dégénératives du système nerveux central telles que la maladie de Parkinson qui entraîne une perte de mobilité ou encore des démences comme la maladie d'Alzheimer par exemple. Des pathologies telles que de l'arthrose peuvent aussi réduire la mobilité d'une personne. La dépendance peut aussi subvenir suite à des accidents physiques comme une fracture du col du fémur, ou encore des AVC (accidents vasculaires cérébraux) pouvant entraîner la perte partielle ou totale de certaines fonctionnalités telles que la parole, la vision, la mobilité...).

Toutes ces causes, seules ou en superposition, peuvent entraîner une perte d'autonomie se traduisant par l'incapacité de réaliser seul certains actes essentiels du quotidien : se déplacer dans son logement, effectuer sa toilette, se nourrir...

De nombreux travaux ont été entrepris à propos de la dépendance, tant par les pouvoirs publics comme avec le rapport LIBAULT, 2019, mais aussi par des entreprises privés à travers des mémoires telle que celui de DESRUENNES, 2015 ou BIESSY, 2013. Ces travaux m'ont notamment permis de prendre en main le sujet de la dépendance et aidé à développer et rédiger ce mémoire.

## La prise en charge de la dépendance - APA

En France, les personnes reconnues dépendantes peuvent bénéficier d'aide de l'état. Ceci peut comprendre la prise en charge de soins de santé, actes de kinésithérapie, aides à la personne...

Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2002, l'*Allocation personnalisée d'autonomie (Apa)* est entrée en vigueur. L'APA permet de financer les dépenses liées à la dépendance. L'APA est accessible pour les personnes de plus de 60 ans, vivant en France de manière régulière et étant classées en GIR<sup>(1)</sup> 1 à 4. Le montant de l'APA dépend du groupe iso-ressources et des revenus de la personne dépendante. L'APA a pour but de financer les aides nécessaires à une personne dépendante à domicile ou le tarif dépendance dans le cas d'une personne en établissement.

Au 1<sup>er</sup> janvier 2020 le montant maximum attribuable pour une personne résidant à domicile<sup>(2)</sup> était de :

- 1742,35 € pour une personne en GIR 1
- 1399,04 € pour une personne en GIR 2
- 1010,86 € pour une personne en GIR 3
- 674,28 € pour une personne en GIR 4

Une majoration ponctuelle peut être attribuée si un proche aidant dont la présence ou l'aide est indispensable à la vie quotidienne du bénéficiaire est hospitalisé. Cette majoration est limitée à 1009,73€.

Cependant le montant réel versé est souvent très inférieur à ces montants maximums. Une participation est demandée au bénéficiaire en fonction de ses ressources mensuelles.

- Un bénéficiaire dont les ressources mensuelles sont inférieures ou égales à 813,40 €<sup>(3)</sup> est exonéré de toute participation financière
- Un bénéficiaire ayant des ressources mensuelles supérieures à 2995,54<sup>(4)</sup> € aura une participation financière de 90%
- Les personnes ayant des revenus entre le seuil de participation à 90% et le seuil d'exonération, ont une participation financière modulée linéairement entre 0% et 90%. La participation de l'assuré en pourcentage est alors donnée par la relation  $Participation = \frac{1,945}{S}R - 1,41$ <sup>(5)</sup> où R représente les revenus du bénéficiaire et S le montant de la majoration pour tierce personne, de 1121,95 € au 01/01/2020

Pour une personne résidant en établissement le montant de l'APA dépend de ses revenus, de son GIR et du tarif dépendance appliqué par l'établissement pour les GIR 5 et 6.

<sup>(1)</sup>Groupe Iso Ressources, la grille AGGIR permet de définir le GIR d'une personne en fonction de ce qu'elle est capable de réaliser

<sup>(2)</sup>Une personne est considérée comme résidant à domicile si elle vit : à son domicile, au domicile d'un proche qui l'héberge, chez un accueillant familial ou dans une résidence autonomie (anciennement appelé foyer-logement).

<sup>(3)</sup>Montant égal à 0,725 fois le montant mensuel de la majoration pour tierce personne, de 1121,95 € au 01/01/2020

<sup>(4)</sup>Montant égal à 2,67 fois le montant mensuel de la majoration pour tierce personne, de 1121,95 € au 01/01/2020

<sup>(5)</sup>Relation calculée à partir des données. A savoir un ticket modérateur de 0% pour un revenu inférieur ou égal à 0,725 fois la majoration pour tierce personne et de 90% pour une personne ayant un revenu supérieur ou égal à 2,67 fois la majoration pour tierce personne

- Si le bénéficiaire de l'APA a des revenus mensuels inférieurs à 2479,96 € alors sa participation sera du montant mensuel du tarif dépendance appliqué par l'établissement pour les GIR 5 et 6.
- Si le bénéficiaire de l'APA a des revenus mensuels supérieurs à 3814,55 € alors sa participation sera du montant mensuel du tarif dépendance appliqué par l'établissement pour les GIR 5 et 6 plus 80% du tarif dépendance appliqué au GIR du bénéficiaire.
- Si le bénéficiaire de l'APA a des revenus mensuels compris entre 2479,96€ et 3814,55 € alors sa participation sera du montant mensuel du tarif dépendance appliqué par l'établissement pour les GIR 5 et 6 plus un pourcentage, allant de 0 à 80% selon ses revenus, du tarif dépendance appliqué par l'établissement pour le GIR du bénéficiaire.

Selon la DRESS (Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques), 1M300 000 personnes bénéficiaient de l'APA à fin 2017. Toujours selon la DRESS, les dépenses liées à la perte d'autonomie représentaient 30 milliards en 2014, soit 1,4% du PIB. Les dépenses publiques représentent 79% soit 23,7 milliards et 6,3 milliards des dépenses issues des ménages.

### Les enjeux futurs

La France, comme beaucoup de pays, vieillit. La proportion de la population de plus de 75 ans était de 9.1% en 2015 et devrait être de 14.6% en 2040. En terme d'effectif, le nombre de personnes de plus de 75 ans pourrait doubler d'ici 2070<sup>(1)</sup>. Le taux de prévalence de la dépendance étant fortement lié à l'âge, le nombre de personnes en dépendance va alors logiquement croître dans les années futures. La figure 1.1 illustre l'évolution démographique attendue.

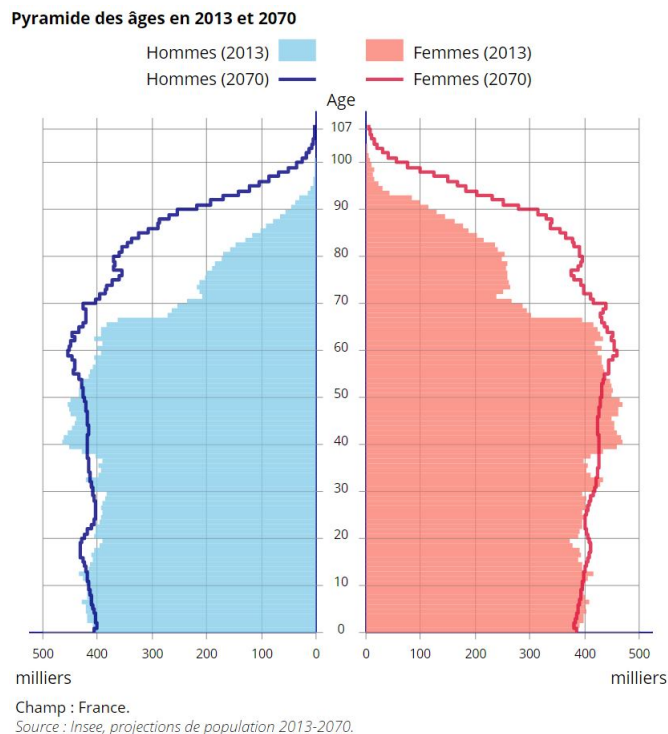


FIGURE 1.1: Pyramide des âges a horizon 2070

<sup>(1)</sup>Selon les calculs de la DRESS sur les données de l'INSEE



Selon la DRESS, le nombre de personnes en état de dépendance (bénéficiaires de l'APA) devrait sensiblement augmenter dans le futur avec, dans le scénario central, une augmentation de 25% d'ici 2030 par rapport à 2015, soit 320 000 dépendants supplémentaires. Toujours dans le scénario central, le nombre de personnes dépendantes passerait à 2 235 000 soit une augmentation de 76% à l'horizon 2050. Cette augmentation pourrait varier de + 49% à +100% dans le cas de scénarios respectivement optimiste et pessimiste.

La différence entre le scénario optimiste et celui pessimiste s'explique par les hypothèses prises en compte : les progrès de la médecine, l'augmentation de l'espérance de vie en bonne santé, ainsi que l'efficacité des actions de prévention. Le scénario optimiste est basé sur un gain de l'espérance de vie se faisant majoritairement en bonne santé. Le scénario central partage le gain de l'espérance de vie entre un allongement de l'espérance de vie en bonne santé et en dépendance. Le scénario pessimiste est basé sur une constance des taux de prévalence et une stabilité de l'espérance de vie des personnes dépendantes.

### 1.1.1 L'évaluation de la dépendance

La perte d'autonomie peut avoir différentes causes et donc des conséquences de degrés différents. Il devient alors essentiel de pouvoir mesurer le niveau de dépendance d'une personne et donc de créer des outils à cet effet.

Est-elle seulement gênée pour réaliser quelques actes non essentiels ? Est-elle totalement incapable de réaliser des actes essentiels sans l'aide d'une tierce personne ? La dépendance est souvent évaluée à l'aide de grilles à partir de la réalisation d'activités de la vie quotidienne, sans l'aide d'une tierce personne, mais parfois avec l'aide d'équipements adaptés (cane, fauteuil roulant, lunettes....).

#### Evaluation des Activities of Dayly Living selon Katz

Au début des années 60, Sidney Katz<sup>(1)</sup> met en place une grille permettant d'évaluer la capacité d'une personne à réaliser des actes de la vie quotidienne (AVQ), ou en anglais, *Activities of Dayly Living (ADL)*. La *Grille de Katz* (tableau 1.1 ) permet d'évaluer 6 actes de la vie quotidienne :

- Se laver
- S'habiller
- Transfert et déplacement
- Aller à la toilette
- Continence
- Manger

Chacun de ces actes se voit attribuer un score allant de 1 à 4. Une personne autonome se verra attribuer un score de 1 tandis qu'une personne totalement dépendante pour un acte se verra attribuer un score de 4.

---

<sup>(1)</sup>Sidney Katz était un médecin américain, il est né en 1924 et décédé en 2012

Critère	Score	1	2	3	4
Se laver		est capable de se laver complètement sans aucune aide	a besoin d'une aide partielle pour se laver au dessus ou en dessous de la ceinture	a besoin d'une aide partielle pour se laver tant au-dessus qu'en-dessous de la ceinture	doit être entièrement aidé pour se laver tant au-dessus qu'en-dessous de la ceinture
S'habiller		est capable de s'habiller et se déshabiller complètement sans aucune aide	a besoin d'une aide partielle pour s'habiller au dessus ou en dessous de la ceinture (sans tenir compte des lacets)	a besoin d'une aide partielle pour s'habiller tant au-dessus qu'en-dessous de la ceinture	doit être entièrement aidé pour s'habiller tant au-dessus qu'en-dessous de la ceinture
Transfert et déplacement		est autonome pour le transfert et se déplace de façon entièrement indépendante, sans auxiliaire(s) mécanique(s), ni aide de tiers	est autonome pour le transfert et ses déplacements moyennant l'utilisation d'auxiliaire(s) mécanique(s) (béquille(s), chaise roulante, ...)	a absolument besoin de l'aide de tiers pour au moins un des transferts et/ou ses déplacements	est grabataire ou en chaise roulante et dépend entièrement des autres pour se déplacer
Aller à la toilette		est capable d'aller seul à la toilette, de s'habiller ou de s'essuyer	a besoin d'aide pour un des trois items : se déplacer ou s'habiller ou s'essuyer	a besoin d'aide pour deux des trois items : se déplacer et/ou s'habiller et/ou s'essuyer	a besoin d'aide pour les trois items : se déplacer et s'habiller et s'essuyer
Continence		est continent pour les urines et les selles	est accidentellement incontinent pour les urines ou les selles (sonde vésicale ou anus artificiel compris)	Est incontinent pour les urines (y compris exercices de miction) ou les selles	est incontinent pour les urines et les selles
Manger		est capable de manger et de boire seul	a besoin d'une aide préalable pour manger ou boire	a besoin d'une aide partielle pendant qu'il mange ou boit	le patient est totalement dépendant pour manger et boire

TABLE 1.1: Grille de Katz

## La grille AGGIR

La grille Aggir grille AGGIR (Autonomie, Gérontologie, Groupes Iso-Ressources)<sup>(1)</sup> est utilisée en France pour déterminer le niveau de perte d'autonomie. Elle classe les individus en 6 groupes iso-ressources (GIR), du GIR 1 relatant un état de dépendance totale au GIR 6 étant un état d'autonomie.

### Classement des différents niveaux de dépendance

#### • GIR 1 :

- Personne confinée au lit ou au fauteuil, dont les fonctions mentales sont gravement altérées et qui nécessite une présence indispensable et continue d'intervenants.
- ou personne en fin de vie.

#### • GIR 2

- Personne confinée au lit ou au fauteuil, dont les fonctions mentales ne sont pas totalement altérées et dont l'état exige une prise en charge pour la plupart des activités de la vie courante.
- ou personne dont les fonctions mentales sont altérées, mais qui est capable de se déplacer et qui nécessite une surveillance permanente.

#### • GIR 3

- Personne ayant conservé son autonomie mentale, partiellement son autonomie locomotrice, mais qui a besoin quotidiennement et plusieurs fois par jour d'une aide pour les soins corporels.

<sup>(1)</sup>D'après les informations fournies par les services publics. <https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F1229>

- **GIR 4**

- Personne n’assumant pas seule ses transferts mais qui, une fois levée, peut se déplacer à l’intérieur de son logement, et qui a besoin d’aide pour la toilette et l’habillement.
- ou personne n’ayant pas de problèmes locomoteurs mais qui doit être aidée pour les soins corporels et les repas.

- **GIR 5**

- Personne ayant seulement besoin d’une aide ponctuelle pour la toilette, la préparation des repas et le ménage.

- **GIR 6**

- Personne encore autonome pour les actes essentiels de la vie courante.

### Activités évaluées

L’attribution d’un groupe iso ressources à une personne est évaluée en fonction de sa capacité à réaliser 17 activités.

- 10 activités dites discriminantes afin d’évaluer les capacités corporelles et mentales :
  - Communiquer verbalement et/ou non verbalement, agir et se comporter de façon logique et sensée par rapport aux normes admises par la société.
  - Se repérer dans l’espace et le temps.
  - Faire sa toilette.
  - S’habiller, se déshabiller.
  - Se servir et manger.
  - Assurer l’hygiène de l’élimination urinaire et fécale.
  - Se lever, se coucher, s’asseoir, passer de l’une de ces 3 positions à une autre.
  - Se déplacer à l’intérieur du lieu de vie.
  - Se déplacer en dehors du lieu de vie.
  - Utiliser un moyen de communication à distance (téléphone, alarme, sonnette, etc.) dans le but d’alerter en cas de besoin.
- 7 activités dites illustratives, évaluant des actes domestiques et sociaux :
  - Préparer les repas et les conditionner pour qu’ils puissent être servis.
  - Gérer ses affaires, son budget et ses biens, reconnaître la valeur monétaire des pièces et des billets, se servir de l’argent et connaître la valeur des choses, effectuer les démarches administratives, remplir les formulaires.
  - Effectuer l’ensemble des travaux ménagers courants.
  - Utiliser volontairement un moyen de transport collectif ou individuel.
  - Acheter volontairement des biens.
  - Respecter l’ordonnance du médecin et gérer soi-même son traitement.
  - Pratiquer volontairement, seul ou en groupe, diverses activités de loisirs.

Nom et prénom  
MI Sec. Soc.  
Adresse  
Né(e) le  
Âge

Fiche récapitulative AGGIR

Date de l'évaluation

Activités réalisées par la personne seule		Pour chaque item, cocher les cases quand les conditions ne sont pas remplies (Réponse NON)				S	T	C	H	Code	Code final	Activités corporelles, mentales, domestiques et sociales.
		S	T	C	H							
<b>1. Cohérence</b>	communication	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							<b>Codage intermédiaire</b>  Pour chaque item <b>cochez</b> les cases quand les conditions ne sont pas remplies (réponse <b>NON</b> ).  Puis <b>codez</b> secondairement par A, B ou C selon le nombre d'adverbes cochés dans les quatre cases S à H. • Si <b>aucun</b> adverbe n'est coché codez <b>A</b> . (fait spontanément, totalement, correctement et habituellement) • Si <b>tous</b> les adverbes sont cochés codez <b>C</b> (ne fait pas) • Si <b>une partie</b> des adverbes seulement est cochée codez <b>B</b> .  <b>Code final si sous-variables</b>  • <b>Cohérence</b> : - AA = <b>A</b> ; - CC, CB, BC, CA, AC = <b>C</b> ; - AB, BA, BB = <b>B</b> • <b>Orientation</b> : - AA = <b>A</b> ; - CC, CB, BC, CA, AC = <b>C</b> ; - AB, BA, BB = <b>B</b> • <b>Toilette</b> : - AA = <b>A</b> ; - CC = <b>C</b> ; - Autres = <b>B</b> • <b>Habillage</b> : - AAA = <b>A</b> ; - CCC = <b>C</b> ; - Autres = <b>B</b> . • <b>Alimentation</b> : - AA = <b>A</b> ; - CC, BC, CB = <b>C</b> ; - Autres = <b>B</b> • <b>Élimination</b> : - AA = <b>A</b> ; - CC, BC, CB, AC, CA = <b>C</b> ; - Autres = <b>B</b>
	comportement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
<b>2. Orientation</b>	dans le temps	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
	dans l'espace	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
<b>3. Toilette</b>	haut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
	bas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
<b>4. Habillage</b>	haut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
	moyen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
	bas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
<b>5. Alimentation</b>	se servir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
	manger	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
<b>6. Élimination</b>	urinaire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
	fécale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
<b>7. Transferts</b>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
<b>8. Déplacements à l'intérieur</b>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
<b>9. Déplacements à l'extérieur</b>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
<b>10. Alerter</b>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
<b>11. Gestion</b>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
<b>12. Cuisine</b>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
<b>13. Ménage</b>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
<b>14. Transports</b>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
<b>15. Achats</b>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
<b>16. Suivi du traitement</b>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
<b>17. Activités du temps libre</b>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							

**Groupe iso-ressources**  
Défini par le système informatique

FIGURE 1.2: Grille AGGIR

Certaines de ces variables comportent des sous variables, comme s'habiller/ se déshabiller étant décomposé en haut/ milieu/ bas.

Le groupe iso ressources est attribué à partir des 10 activités discriminantes. Les activités illustratives permettent de mieux cerner les aides qui pourraient être utiles à la personne évaluée.

### Méthodes d'évaluation

Dans le cas d'une demande d'Allocation Personnalisée Autonomie (APA), la grille AGGIR est complétée par une équipe médico-sociale ou un médecin coordonnateur lors de l'admission en EPHAD (établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes). L'évaluateur attribue une note A, B ou C à chaque activité.

- Une note de A si l'activité est réalisée seule, spontanément et totalement et habituellement et correctement.
- Une note de B si l'activité est réalisée seule non spontanément et/ou partiellement et/ou non habituellement et/ou non correctement.
- Une note de C si la personne ne fait pas l'activité seule ni spontanément, ni totalement, ni habituellement, ni correctement.

Pour les variables étant décomposées en sous variable, la combinaison des notes attribuées à chaque sous-catégorie permet alors d'attribuer une note d'évaluation à la variable concernée.

### La grille AVQ

La grille AVQ, Actes de la vie quotidienne, est utilisée pour mesurer le niveau de dépendance d'une personne. Celle-ci peut aussi être utilisée en complément de la grille AGGIR afin de simplifier l'évaluation. La grille AVQ considère 6 actes de la vie quotidienne.

- La toilette : capacité de satisfaire à un niveau d'hygiène et de toilette acceptable.
- L'habillement : capacité de s'habiller et se déshabiller seul.
- L'alimentation : capacité à se servir et à manger de la nourriture préparée préalablement.
- La continence : capacité d'assurer les besoins, avec utilisation possible des protections prévues et des appareils chirurgicaux.
- Le déplacement : pouvoir se déplacer à l'intérieur de son logement (surface plane ou aménagée), ou de s'en extraire en cas de danger imminent
- Les transferts : pouvoir se déplacer d'un lit à une chaise ou un fauteuil, ou inversement.

Suite à l'évaluation, un niveau AVQ est attribué à la personne. Contrairement à la grille AGGIR, au plus le niveau est élevé au plus la personne est dépendante :

- Niveau 1 : Incapacité d'effectuer 2 AVQ sur 6.
- Niveau 2 : Incapacité d'effectuer 3 AVQ sur 6.
- Niveau 3 : Incapacité d'effectuer 4 AVQ sur 6.
- Niveau 4 : Incapacité d'effectuer 5 ou 6 AVQ sur 6.

### Test de Folstein-MMSE

Le test de Folstein ou *mini-mental state examination* a été créé en 1975 par Folstein. C'est un test universel qui comporte une série de 30 questions permettant d'évaluer 6 catégories :

- La capacité d'orientation dans l'espace et le temps.
- L'apprentissage et la transcription d'informations.
- La capacité d'attention et de calcul.
- La capacité de rappel des informations et de rétention mnésique.
- La capacité de langage et d'identification.
- La capacité de praxie constructive<sup>(1)</sup>.

Chaque question est notée sur un point, le score maximal est alors de 30 points. Un score inférieur ou égal à 24 correspond à un état de conscience altéré et peut orienter vers un diagnostic de démence. Le test de Folstein ne permet en aucun de diagnostiquer une maladie d'Alzheimer mais peut cependant permettre d'orienter les examens médicaux en fonction des résultats à certaines sous-parties.

## 1.1.2 Les assurances dépendance

### Le risque lié à la dépendance

Lorsqu'une personne entre en dépendance, elle doit faire appel à des aides extérieures dans sa vie quotidienne. De plus, la dépendance faisant souvent suite à des pathologies, des soins médicaux sont souvent nécessaires. Parfois continuer de vivre à son domicile est impossible, la personne dépendante rejoint alors un établissement spécialisé, la plupart du temps un EPHAD<sup>(2)</sup>. Chacune de ces catégories entraîne un coût supplémentaire pour la personne dépendante et souvent pour sa famille.

---

<sup>(1)</sup>Capacité de reconstituer un tout à partir d'éléments séparés qui ont des relations spatiales entre eux, comme un puzzle

<sup>(2)</sup>Etablissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes

En 2014, les dépenses liées à la dépendance en France représentaient environ 1,4% du PIB soit 30 Md€, selon le rapport LIBAULT, 2019 et la DRESS, 2017. Avec 12,2 Md€ liés à la santé, 10,7 Md€ pour la perte d'autonomie et 7,1 Md€ pour l'hébergement. Parmi ces 30 Md€ de dépenses, 80% sont pris en charge par l'état<sup>(1)</sup>, ceci laisse un reste à charge de 20% pour les ménages. Si les dépenses de santé sont très bien prises en charge par l'état (12,1 Md€ sur 12,2 Md€) les dépenses pour la perte d'autonomie et d'hébergement le sont beaucoup moins. Pour la perte d'autonomie 2,4 Md€ sont financés par les ménages, soit 22% des dépenses. En ce qui concerne l'hébergement, les ménages prennent en charge 3,8 Md€ soit plus de 50%. Le revenu des personnes est souvent insuffisant pour financer toutes les dépenses nécessaires, et ceci malgré les aides.

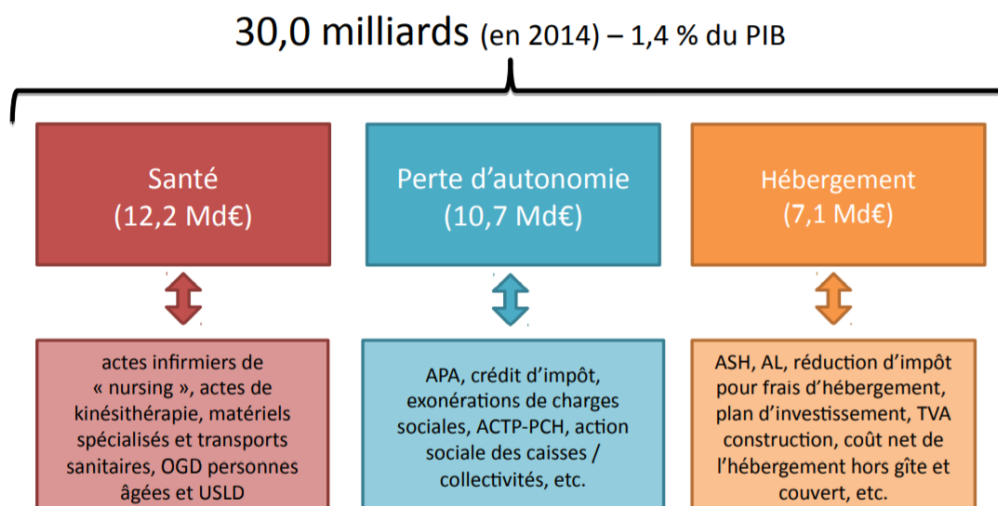


FIGURE 1.3: Répartition des dépenses liées à la dépendance

Cette situation de dépendance mène alors à l'endettement ou à une aide financière des proches aidants. Les particuliers manquent de moyens pour faire face à la dépendance. Les finances publiques ne permettant pas de combler ce manque, les particuliers doivent alors se tourner vers le secteur privé afin d'obtenir un revenu complémentaire pour financer leurs besoins en cas de dépendance. C'est ce que proposent les contrats d'assurance dépendance.

Du côté de l'assureur, la dépendance est un risque long et l'engage sur plusieurs dizaines d'années. Un contrat d'assurance dépendance peut être souscrit à partir de 40 ans. Les contrats prévoient, dans une majorité de cas, un paiement des primes tant que l'assuré est en vie et non dépendant, puis des prestations viagères lorsque celui-ci devient dépendant. Il peut alors s'écouler plus de 50 ans entre la souscription et la clôture du contrat, avec ou sans survenance de la dépendance.

Le risque d'entrée en dépendance est fortement lié à l'âge et par conséquent le taux de prévalence augmente fortement avec l'âge. Ainsi le rapport Libault nous donne des taux de prévalence pour les personnes vivant à domicile en fonction de la catégorie d'âge :

<sup>(1)</sup> 79% proviennent des finances publiques et 1% d'organismes complémentaires.

TABLE 1.2: Taux de prévalence en fonction de l'âge (pour les personnes vivant à domicile)

AGE	HOMME	FEMME
65-74	1.3 %	1.6 %
75-84	4.6%	6.0 %
85 et plus	16.7 %	20.1 %

Ces chiffres montrent bien que le risque est fortement croissant avec l'âge, le risque triple entre chaque catégorie d'âge. Ceci explique la forte augmentation du nombre de dépendants attendus dans les prochaines années suite au vieillissement de la population et à l'entrée dans un âge avancé des premières générations du baby-boom.

### 1.1.3 Les premiers contrats d'assurance dépendance

Les premiers contrats d'assurance dépendance apparaissent dans les années 80 aux États-Unis. La protection sociale aux États-Unis étant presque inexistante à cette époque, les frais liés à la dépendance sont alors un sérieux problème pour les particuliers qui se tournent vers les assureurs pour y faire face. Les assurances prennent alors en charge les frais médicaux, les aides et services nécessaires liés à la perte d'autonomie. Les faibles connaissances sur ce risque et un choix de remboursement des frais médicaux ont complexifié l'assurabilité de la dépendance<sup>(1)</sup>.

#### Le marché français

Les contrats d'assurance dépendance apparaissent quelques années plus tard sur le marché français par le biais d'AG2R La Mondiale qui sera ensuite suivie par d'autres assureurs.

Lors du lancement de ces produits, les assureurs, sont confrontés à plusieurs problèmes, notamment le manque de données afin de définir solidement les taux d'entrée et de maintien en dépendance. Les assureurs ne possèdent pas assez d'information afin d'évaluer convenablement ces variables et proposer un modèle robuste. Ils se tournent alors vers les réassureurs tels que SwissRe, le plus souvent dans des contrats du type quote-part afin de partager le risque et de bénéficier d'un gain d'expérience pour les aider dans la création de leurs produits. Les contrats sont alors construits de manière à prévoir le paiement d'une prime tant que l'assuré est en vie et non dépendant, puis, en cas de dépendance, le versement d'une rente viagère dont le montant est défini lors de la souscription.

Selon la DRESS, en 2016, 7,5 millions de français disposent d'une couverture en cas de perte d'autonomie dont 4.8 millions en tant que garantie principale. Ces chiffres font du marché français le deuxième marché mondial, derrière les États-Unis. Cependant la perte d'autonomie est un sujet qui concerne tout le monde. Une grosse évolution est encore possible.

---

<sup>(1)</sup>Certains contrats ne prévoyaient aucune limite dans le remboursement des frais ou dans le prix des prestations entraînant une forte hausse dans les tarifs et forçant certains assureurs à se retirer du marché.



## 1.2 Variable d'intérêts permettant la tarification et le provisionnement d'un produit d'assurance dépendance

### Les différents états possibles d'un assuré

Afin de représenter la population ayant souscrit un contrat d'assurance dépendance nous utiliserons un modèle multi-états. Le modèle le plus étendu comporte 4 états. Un état représentant la population valide, c'est à dire vivante et n'étant pas dépendante, ni totalement, ni partiellement. Les deuxième et troisième états possibles représentent la population en dépendance partielle et la population en dépendance totale. Le dernier état est celui des personnes décédées.

Nous considèrerons<sup>(1)</sup> que l'état d'un individu ne peut que s'aggraver, l'état le moins grave étant le premier représentant les valides, et le plus grave étant le quatrième, le décès. L'état d'un individu peut alors évoluer jusqu'au quatrième, le décès étant définitif. Ce modèle est représenté en figure 1.4. On note la probabilité de passer à l'état Y sachant que l'on appartient à l'état X par  $P(Y|X)$ . Dans notre cas si  $X > Y$  alors  $P(Y|X) = 0$ . Et si l'on note D le numéro de l'état correspondant au décès alors  $P(D|D) = 1$

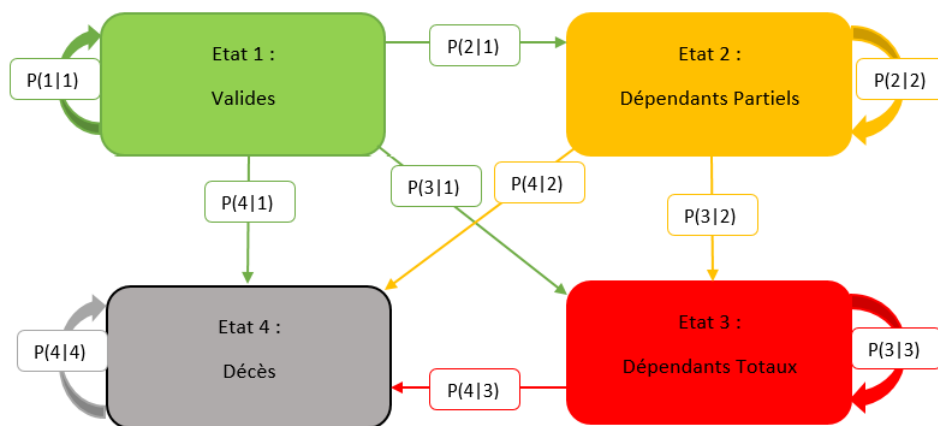


FIGURE 1.4: Modèle multi-états à 4 états.

Ce modèle peut être modifié en considérant seulement trois états de deux façons différentes selon l'utilisation souhaitée. Les individus dépendants peuvent être regroupés en 1 seul état représentant les dépendants partiels et totaux (voir figure 1.5).

La seconde modification consiste à considérer un état de non dépendance totale. Les états 1 et 2 sont alors rassemblés en un seul état. (voir figure 1.6)

### Notations et définitions des variables

Dans ce mémoire, nous nous concentrerons sur la la dépendance totale. Nous utiliserons le modèle 2, de la figure 1.5. Nous construirons trois tables d'expérience.

<sup>(1)</sup>Au vu des définitions de la dépendance totale et partielle données par les contrats d'assurance dépendance.

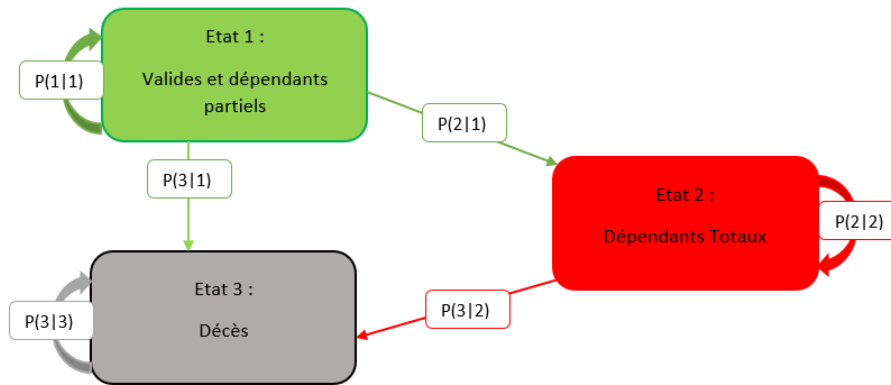


FIGURE 1.5: Modèle 2, multi-états à 3 états.

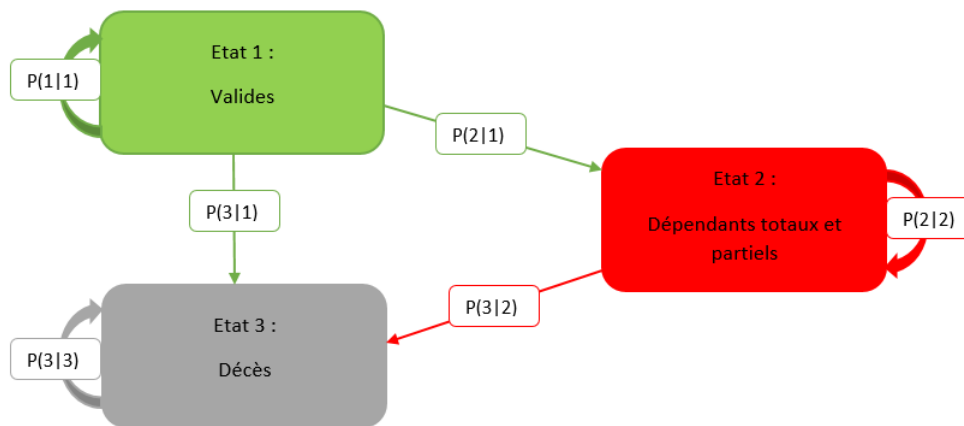


FIGURE 1.6: Modèle 3, multi-états à 3 états.

La première est la table d'incidence, elle permettra de définir les taux de passage entre l'état 1 et l'état 2. La deuxième sera la table de mortalité de la population cotisante, *ie* des cotisants, elle permettra d'obtenir les taux de passage entre l'état 1 et l'état 3. La troisième table sera la table de mortalité de la population dépendante, elle permettra de définir les taux de passage entre les états 2 et 3.

La probabilité d'un passage en dépendance sera représentée par la lettre **i** et la probabilité de décès par la lettre **q**.

Nous utiliserons dans le mémoire et notamment dans les graphes certaines des notations suivantes

<i>ToT</i>	abréviation pour Terms of Trade, bases techniques utilisées pour la tarification, pilotage d'un produit.
<i>x</i>	âge de l'assuré.
<i>k</i>	durée écoulée depuis le sinistre.
<i>L<sub>x</sub></i>	Nombre de personnes d'âge <i>x</i> .
<i>i<sub>x</sub></i>	désignera les taux d'incidence d'entrée en dépendance
<i>q<sub>ax</sub></i>	désignera les taux de mortalité de la population non dépendante totale
<i>q<sub>ix</sub></i>	désignera les taux de mortalité de la population dépendante totale

Des notations spécifiques à la construction de chaque table seront spécifiées dans la partie consacrée

à leur construction.

## 1.3 Caractéristiques contractuelles des produits d'assurance dépendance

### 1.3.1 Les engagements contractuels

Les contrats d'assurance dépendance font partis de la branche 2<sup>(1)</sup>. Afin de souscrire un contrat d'assurance dépendance, le souscripteur doit avoir entre 40 et 75 ans, parfois l'âge maximum est de 70 ans. Le souscripteur doit également se soumettre à un questionnaire médical<sup>(2)</sup> dont le but d'éviter l'anti-sélection et les sinistres certains.

Ils sont souvent formés des mêmes engagements du côté de l'assureur comme de l'assuré. Les contrats prévoient un paiement des primes de la part des assurés tant que ceux-ci sont considérés comme non dépendants selon la définition du contrat. Lorsque la dépendance survient, l'assuré est exonéré du paiement des primes et perçoit alors une rente viagère. Le montant de la rente est défini lors de la souscription. Le montant de la prime à payer pour la rente choisie dépendra aussi de l'âge de l'assuré lors de la souscription. Cette rente est souvent mensuelle, elle peut aussi être trimestrielle. Les contrats proposent tous une indemnisation en cas de dépendance totale, cependant cette définition est propre à chaque contrat (nous étudierons ces différences dans la partie suivante) mais regroupe généralement les individus étant classés en GIR 1 ou 2.

Depuis les années 2000, de nombreux contrats ont aussi inclus la possibilité de percevoir une rente en cas de dépendance partielle, un capital d'adaptation du domicile et la possibilité d'une mise en réduction<sup>(3)</sup>. La définition de la dépendance partielle diffère aussi selon les contrats. Elle regroupe généralement les individus en GIR 3 ou 4. La rente versée pour la dépendance partielle est alors égale à 50% de la rente versée en cas de dépendance totale. Le capital d'adaptation du domicile est versé en cas de survenance de la dépendance. Tout comme la rente, son montant est défini à la souscription du contrat. De nombreux contrats prévoient une évolution des garanties et des cotisations dans les mêmes proportions, selon l'évolution annuelle du point AGGIRC. La cotisation peut aussi évoluer selon le résultat technique de l'assureur. Cette majoration est souvent limitée à 10%.

En cas de non paiement des cotisations, le contrat sera alors résilié mettant fin à l'engagement de l'assureur. Cependant, si une mise en réduction est prévue dans les termes du contrat, l'assuré peut bénéficier d'une garantie en cas de dépendance, s'il a payé les cotisations dues pendant 8 années consécutives. Si l'assuré le souhaite, il peut demander à augmenter ses garanties, les conditions à remplir sont alors les mêmes que lors de la souscription.

### Les différences contractuelles

Swiss RE réassure plusieurs compagnies. Pour chaque compagnie, différents contrats ont été commercialisés depuis les années 90. Ces contrats ont évolué au fil des années.

Comme le montre le tableau 1.3, les contrats de la première cédante ont connu peu d'évolution dans les définitions de la dépendance. Cependant la condition de GIR 1 ou 2 ajoute un élément supplémentaire. La sélection médicale a, quant à elle, été améliorée avec des questions plus précises

---

<sup>(1)</sup>La branche 2 est la branche relative à la maladie.

<sup>(2)</sup>Dans le contrat d'un contrat labélisé GAD ce questionnaire est allégé pour les individus de moins de 50 ans.

<sup>(3)</sup>Dans le cas où l'assuré a honoré ses primes pendant au moins huit années.

lors de la souscription du contrat.

Cédante 1			
	Contrat 1	Contrat 2	Contrat 3
Age à la souscription			40-70 ans
AVQ pris en compte	4 AVQ : s'alimenter, se déplacer à l'intérieur du logement, se laver/se vêtir, se lever et se coucher	4 AVQ : s'alimenter, se déplacer à l'intérieur du logement, se laver/se vêtir, se lever et se coucher	4 AVQ : s'alimenter, se déplacer à l'intérieur du logement, se laver/se vêtir, se lever et se coucher
Dépendance totale	Impossibilité d'accomplir seul 3AVQ/4	Impossibilité d'accomplir seul 3AVQ/4	GIR 1 ou 2 et impossibilité d'accomplir 3AVQ/4
Dépendance partielle			GIR 3 et impossibilité d'accomplir 2AVQ/4
Délai de carence	3 ans pour les affectations neurologiques ou psychiatriques (date de la première constatation)	3 ans pour les affectations neurologiques ou psychiatriques (date de la première constatation)	3 ans pour les affectations neurologiques ou psychiatriques (date de la première constatation)
Franchise	90 jours	90 jours	90 jours
Maintien des garanties			Rente réduite (en cas de dépendance totale uniquement) si les primes ont été payé pendant 8 ans ou plus

TABLE 1.3: Caractéristiques contractuelles contrats 1 à 3

En ce qui concerne la deuxième cédante, l'évolution des contrats est plus marquée (contrat 4,5,6 tableau 1.4 et contrat 7 dans le tableau 1.5). Elle s'illustre notamment par l'évolution dans les définitions de la dépendance totale, mais aussi par l'évolution des AVQ considérés. Les délais de carence ont aussi été largement modifiés lors de chaque nouvelle génération de contrat.

Cédante 2			
	Contrat 4	Contrat 5	Contrat 6
Age à la souscription	49-69 ans	50-70 ans	50-75 ans
AVQ pris en compte	S'alimenter, de déplacer, se laver, s'habiller	S'alimenter, de déplacer, se laver, s'habiller	S'alimenter, se déplacer, se laver/s'habiller, se transférer
Dépendance totale	Impossibilité d'accomplir 3AVQ/4	Impossibilité de réaliser seul 3AVQ/4	GIR 1 ou 2 + impossibilité d'accomplir seul 3AVQ/4 ou score au test de folstein <15
Dépendance partielle			GIR 3 + impossibilité d'accomplir 2AVQ/4 ou score au test de folstein <15
Délai de carence	2 ans pour les maladies physiques ou mentales	3 ans en cas de démence sénile invalidante pour Alzheimer, Parkinson et sclérose en plaques (date de première constatation)	3 ans pour mes maladies cognitives, 1 ans pour les autres maladies
Franchise	90 jours	90 jours	90 jours
Maintien des garanties			

TABLE 1.4: Caractéristiques contractuelles contrats 4 à 6

En ce qui concerne la troisième cédante, les deux contrats présents (tableau 1.5) en portefeuille sont assez différents par les définitions. Les AVQ considérés sont différents. Les définitions ont aussi évolué par conséquent, tant en dépendance partielle que totale. Les délais de carence ont aussi évolué s'abaissant à un an pour les maladies non cognitives.

La dernière cédante que SwissRe possède en portefeuille présente 3 contrats (tableau 1.6). Chacun des contrats possède un nombre d'AVQ considérés différents. Les définitions de la dépendance totale et partiel sont aussi différentes. Les définitions faut aussi parfois intervenir les AIVQ<sup>(1)</sup> contrairement aux autres assureurs. Il est aussi à noter qu'il n'y a pas de franchise pour le versement de la rente.

<sup>(1)</sup> Activités instrumentales de la vie quotidienne, elles désignent les composantes du comportement habituel des humains qui ne sont pas nécessaires à leur fonctionnement de base, mais qui permettent à chacun de vivre de manière autonome dans sa communauté (source wikipedia)

	Cédante 2		Cédante 3	
	Contrat 7		Contrat 8	Contrat 9
Age à la souscription	40-77 ans		45-75 ans	
AVQ pris en compte	S'alimenter, se déplacer, se laver/s'habiller, se transférer		S'alimenter, se déplacer, se laver/s'habiller, se transférer., assurer l'hygiène de l'élimination	
Dépendance totale	Impossibilité d'accomplir 3AVQ/4		Etre classé en GIR 1 ou 2 et impossibilité d'accomplir 3AVQ/5	
Dépendance partielle	Impossibilité d'accomplir 2AVQ/4		Impossibilité d'accomplir seul 2AVQ/5 et être classé en GIR 3	
Délai de carence	3 ans pour les maladies cognitives, 1 an pour les autres maladie		3 ans pour les maladies cognitives, 1 an pour les autres maladie	
Franchise	90 jours		90 jours	
Maintien des garanties	Rente réduite (en cas de dépendance totale uniquement) si les primes ont été payé pendant 8 ans ou plus			

TABLE 1.5: Caractéristiques contractuelles contrats 7 à 9

	Cédante 4		
	Contrat 10	Contrat 11	Contrat 12
Age à la souscription		50-75 ans	50-70 (puis élevé à 75 ans)
AVQ pris en compte	Transfert, déplacement à l'intérieur, alimentation, toilette, habillage	Toilette, Habillage, Alimentation, Elimination, Transfert, Déplacement à l'intérieur	Satisfaire son hygiène corporelle, Se nourrir, se déplacer, s'habiller
Dépendance totale	Impossibilité d'accomplir 4AVQ/5 OU besoin d'être incité ou surveillé pour la réalisation de 2AVQ/5 et un score MMS<10 ou être incité pour 3AVQ/5 et un score MMS<15	GIR 1 ou 2 ET impossibilité d'accomplir 4AVQ/6 OU 3 AVQ/6 et 4 AIVQ en cas de maladie neuropsychique	Impossibilité d'accomplir 3AVQ/4 ou GIR 1,2 ou 3 et reconnaissance de la dépendance par le medecin mandaté par la cédante
Dépendance partielle	Impossibilité d'accomplir 3AVQ/5, ou 2AVQ/5 en cas de score MMS<15	GIR 3 ou 4 ET impossibilité d'accomplir 3AVQ/6 ou 2AVQ/6 et 4 AIVQ/6	
Délai de carence	3 ans pour les maladies mentales, 1 an pour les autres maladies	3 ans pour les maladies mentales, 1 an pour les autres maladies	3 ans pour les maladies mentales, 1 an pour les autres maladies
Franchise	aucune	aucune	aucune
Maintien des garanties			

TABLE 1.6: Caractéristiques contractuelles contrats 10 à 12

Ainsi, comme nous avons pu le voir dans les différents tableaux, les définitions de la dépendance totale et partielle diffèrent selon la cédante mais aussi selon les contrats au sein d'une même cédante. Il en est de même pour les délais de carence. Il est à noter que pour toutes les cédantes, les durées des délais de carences semblent converger vers les mêmes durées, à savoir 3 ans pour les maladies cognitives et 1 an pour les maladies non cognitives.

Une volonté d'harmonisation des contrats se fait aussi ressentir, notamment avec l'apparition du label GAD<sup>(1)</sup> sous l'impulsion de le FFA<sup>(2)</sup>. Le label GAD a aussi pour but d'améliorer la compréhension des termes du contrat par les assurés. Il est attribué pour les contrats respectant ces 9 points :

1. un vocabulaire commun permettant plus de clarté dans l'expression des garanties
2. une définition commune de la dépendance lourde basée sur des Actes élémentaires de la Vie

<sup>(1)</sup>Garantie Assurance dépendance

<sup>(2)</sup>Fédération Française de l'assurance, anciennement FFSA

Quotidienne (AVQ). Les 5 AVQ considérées sont les transferts, les déplacements à l'intérieur, l'alimentation, la toilette et l'habillement.

3. une garantie viagère, quelle que soit la date de survenance d'une situation définitive de dépendance lourde
4. un niveau minimal de la rente servie en cas de dépendance lourde de 500 € par mois
5. des modalités de revalorisation des garanties, des prestations et des cotisations définies contractuellement
6. une absence de sélection médicale avant 50 ans (sauf invalidité ou ALD préexistante)
7. des actions de prévention ou des prestations d'accompagnement pour l'assuré ou ses proches qui seront proposés dès la souscription/adhésion du contrat.
8. des conditions de maintien des droits en cas d'interruption de paiement des cotisations.
9. une information annuelle.

Un contrat labélisé GAD doit aussi respecter les définitions suivantes de la dépendance totale selon la situation de l'assuré :

- Il se trouve dans l'incapacité totale et définitive médicalement constatée, d'accomplir seul, c'est-à-dire sans l'assistance physique d'un tiers, quatre des cinq actes élémentaires de la vie quotidienne.
- En cas d'altération des fonctions cognitives, il a constamment besoin d'être surveillé ou incité pour la réalisation d'au moins deux des cinq actes élémentaires de la vie quotidienne et le résultat au test cognitif MMS de Folstein est inférieur ou égal à 10 (le test peut être différent mais le niveau doit être équivalent à celui donné pour le test MMS de Folstein).
- Il se trouve dans l'incapacité totale et définitive médicalement constatée d'accomplir seul, c'est-à-dire sans l'assistance physique d'un tiers, trois des cinq actes élémentaires de la vie quotidienne et le résultat au test cognitif MMS de Folstein est inférieur ou égal à 15 (le test peut être différent mais le niveau doit être équivalent à celui donné pour le test MMS de Folstein).

### Études descriptives des contrats

Les contrats présents en portefeuilles ont été commercialisés à des périodes différentes, au début des années 90 pour certains et ne le sont plus maintenant. D'autres sont plus récents, commercialisés depuis quelques années et parfois encore aujourd'hui. Les contrats sont alors de maturité différentes comme le montre la figure 1.7.

Ces trois contrats ont été émis par la même cédante à des périodes différentes, le premier à la fin des années 80 et le dernier au début des années 2000. On constate clairement que chacun de ces contrats est à un stade de maturité différente. Plus de la moitié des polices du premier contrat sont closes, soit suite à une résiliation, soit suite à un décès de l'assuré (sans être entré en dépendance). Il reste encore 21% des polices en cours, la même proportion a bénéficié ou bénéficie toujours d'une rente versée par l'assureur. Le contrat 3, se trouve lui dans une situation totalement différente, 70% des polices sont en cours et celles qui ne le sont pas, sont principalement dues à des résiliations. Seulement 2% des polices ont connu un sinistre sur ce portefeuille.

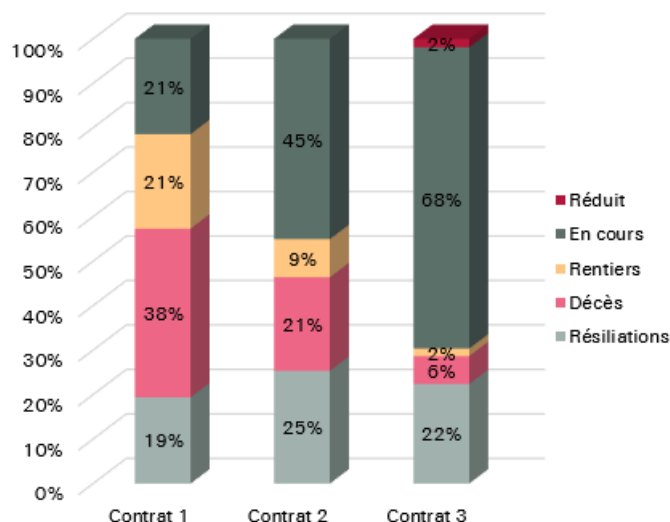


FIGURE 1.7: Répartition des assurés

Ces différences s'expliquent notamment par la différence d'âge des portefeuilles, comme le montre la figure 1.7. L'âge moyen des assurés dont la police est en cours pour le premier est de 87 ans. Le risque de dépendance à cet âge est beaucoup plus élevé qu'à 72 ans, l'âge moyen du troisième contrat. Le deuxième portefeuille se trouve à une étape de transition. Il reste un peu moins de 50% des polices payant des primes, et presque 10% ont connu un sinistre.

Contrat 1	87,5
Contrat 2	82,0
Contrat 3	72,4

TABLE 1.7: Répartition des assurés

Il existe des différences entre les portefeuilles dues aux types de produits vendus et leurs cibles. Les contrats 1 à 9 sont des contrats dont la garantie principale est la garantie dépendance. Les contrats 10 à 12 sont des contrats d'assurance décès, avec en option une garantie en cas de dépendance.

Ces différences entre les portefeuilles se retrouvent aussi dans les données brutes transmises à SwissRE. Il est fort possible que dans les contrats 1 à 9, certains cas identifiés comme des sorties soient en fait des décès. Pour les contrats 10 à 12, la garantie principale étant une garantie décès, cela nous permet d'avoir une information complète par rapport à la date de décès.

Les dates d'entrée en dépendance ne sont pas forcément renseignées sous la même forme. Certaines données nous informent sur la date de l'accident ayant provoqué la dépendance, parfois la date de déclaration de dépendance à l'assureur ou encore la date à laquelle la première rente a été versée. Il sera alors important de définir le choix de la date prise pour compter une entrée en dépendance lors du calcul des taux d'incidence.



Chaque cédante transmet deux types de fichiers, un fichier ou groupe de fichiers contenant les données des cotisants au cours des années, le second dossier contient l'historique des sinistres du portefeuille. Afin d'identifier au mieux et aussi souvent que possible un sinistre avec un cotisant, nous utilisons les numéros de contrats, de souscripteurs, ou des identifiants assurés uniques.

Le chapitre suivant est consacré à la construction des trois tables d'expérience nécessaires en assurance dépendance. Nous construirons, dans un premier temps, la table d'incidence. Ensuite, nous nous intéresserons à la table de mortalité des cotisants. Enfin, la dernière table sera celle de la mortalité de la population dépendante. Pour chaque table, nous décrirons les détails de la construction et les difficultés rencontrées.

## Chapitre 2

# Construction des tables d'expérience

### 2.1 Harmonisation des portefeuilles

#### 2.1.1 Pourquoi harmoniser les portefeuilles ?

Dans un premier temps, nous devons définir le but du travail qui est effectué et ce à quoi doit répondre le rendu final. Nous voulons mettre à jour des tables d'expérience afin de pouvoir tarifier un produit d'assurance dépendance. Cependant, comme nous l'avons vu précédemment dans la section 1.3.1, chaque contrat possède des caractéristiques différentes. Il faut alors définir les caractéristiques du produit type auxquelles devront répondre nos tables d'expérience. Les points à choisir sont les délais de carences considérés ainsi que la franchise. Les choix retenus sont alors :

- Un état reconnu de dépendance totale si l'assuré ne peut pas réaliser 3AVQ/5 et est classé en GIR 1 ou 2
- Une franchise absolue de 90 jours, à partir de la date d'entrée en dépendance de l'assuré.
- Un délai de carence d'une durée de 3 ans pour les maladies cognitives.
- Un délai de carence d'un an pour les autres maladies.

Ces choix ont été faits en fonction des produits contenus en portefeuille mais aussi de la direction prise par les assureurs quant à la durée des délais de carence. La franchise de 90 jours a pour but d'éviter le financement de la fin de vie, ce qui n'est pas l'objectif de l'assurance dépendance.

Ces paramètres étant différents dans certains contrats, nous devons alors les créer artificiellement en ajustant le nombre de sinistres des contrats ne présentant pas les mêmes caractéristiques. Par exemple, une personne entrant en dépendance et décédant dans les 90 jours suivants ne sera pas comptabilisée comme un sinistre selon le contrat 1, mais le sera selon les conditions du contrat 11.

L'harmonisation des données comprend aussi la correction de certaines erreurs ou de certains manques d'informations qu'il est possible de retrouver. Il est probable que des erreurs soient présentes dans les bases de données fournies par les cédantes. On peut trouver des dates de naissance, de décès, de fin de garantie ou des genres différents pour un même assuré. Il se peut aussi que certaines informations soient présentes sur une ligne et manquantes dans une autre. Il faut alors corriger ces erreurs. La méthode de correction dépend du type de données transmises par la cédante. Les données reçues peuvent être de deux types :



### 2.1.2 Correction des données

- **Correction des dates de naissance :**

Dans le cas d'une incohérence dans les dates de naissance pour un assuré, la date la plus récente est choisie. La dépendance étant un risque croissant avec l'âge, ceci permet alors de rajeunir l'assuré lors de la survenance d'évènement dans le contrat telle qu'une entrée en dépendance.

- **Correction des dates de décès :**

Pour les dates de décès, nous choisissons de conserver la date la plus ancienne. Ceci permet alors d'allonger la survie en cas de dépendance et de minorer les taux de mortalité en cas de décès sans dépendance.

- **Corrections des dates d'entrée en dépendance :**

Dans le cas où deux dates d'entrée en dépendance seraient présentes pour un assuré, nous choisirons de conserver la date la plus ancienne.

- **Correction des dates de sorties :**

De la même manière que pour les dates de décès nous choisissons la date la plus tardive.

- **Correction du sexe de l'assuré :**

Si plusieurs genres sont attribués au même assuré celui-ci sera alors considéré comme une femme. Ce choix s'explique par le fait que les femmes ont une espérance de vie supérieure aux hommes.

- **Correction de la date d'effet de police :**

Le cas de la date d'effet de police est un peu plus particulier. Il est possible qu'un assuré possède plusieurs dates d'effet de police sans que ceci soit une erreur. Cela peut être la conséquence d'une souscription différée ou d'une augmentation de rente. La date de souscription la plus ancienne est alors conservée. Cependant, il se peut aussi que des souscriptions soient plus anciennes que la date de commercialisation du produit. Mais cela étant impossible et concernant une très faible quantité de données, nous décidons de supprimer ces cas de notre base.

- **Évènement hors de la période d'observation :**

Comme pour la date d'effet de police, d'autres évènements peuvent avoir des dates incohérentes. Ceci peut par exemple être le cas de date de décès ou d'entrée en dépendance après la fin d'observation des données. Les données sont alors supprimées.

## 2.2 Table des taux d'incidence

Le but de cette table est de définir des taux d'incidence pour l'entrée en dépendance totale en fonction de l'âge et du sexe de l'assuré.

Pour ce faire, une fois les données corrigées, nous devons dans un premier temps être capable de calculer l'exposition au risque d'entrée en dépendance de chaque assuré. Une unité d'exposition correspondra à une durée d'un an. Un assuré est soumis au risque à partir de la date d'effet du contrat. Ceci dure tant qu'il n'est pas reconnu dépendant par l'assureur, décédé ou que le contrat n'a pas été résilié. On notera par  $doE$ , Date Of Entry, la date de début d'exposition. La date de fin d'exposition sera notée  $doX$ , Date Of eXit.

On aura alors :

- $doE$  = Date d'effet de la police.
- $doX$  = Date de fin de la garantie, en cas de résiliation du contrat.
- $doX$  = Date d'entrée en dépendance, en cas d'entrée en dépendance.
- $doX$  = Date de décès, en cas de décès sans passage en rente.
- $doX$  = Date de fin d'observation, dans tous les autres cas.

Cependant il reste à définir quelle date choisir pour l'entrée en dépendance. Selon le portefeuille, nous disposons de trois types de dates différentes :

- La date de l'accident ayant entraîné la dépendance.
- La date de création du dossier correspondant au sinistre.
- La date du versement de la première rente.

Étant donné que tous les contrats ne possèdent pas la même franchise, choisir la date de versement de la première rente nous ferait perdre cette information. Nous choisissons de conserver la date de l'accident ayant entraîné la dépendance lorsque cela est possible. Dans le cas contraire, nous prendrons la date de création du dossier, celle-ci étant théoriquement quelques jours plus tard.

Une fois toutes ces dates choisies, nous pouvons calculer l'exposition de l'assuré sur la période définie. Les périodes d'exposition<sup>(1)</sup> seront découpées en fonction de la durée du contrat, l'âge de l'assuré, et l'année civile. Ce découpage est représenté sur les tableaux 2.3 et 2.4<sup>(2)</sup>.

Chaque période d'exposition est calculée entre deux dates notées  $doe$  et  $dox$ . La première  $doe$  étant égale à  $doE$ . Les suivantes sont égales à la date de fin de période précédente. La date de fin de période, notée  $dox$  pourra alors prendre comme valeur la date d'anniversaire de l'assuré, la date d'anniversaire du contrat, le début d'une nouvelle année, et pour la dernière période  $dox=doX$ .

id	date_de_naissance	date_effet_police	Date dependance	date_deces	doX	doe	dox	exposure	year	age	duration
1	1933-07-03	1998-01-01	2003-10-01	2009-02-13	2003-10-01	1998-01-01	1998-07-03	0.501369863	1998	64	1
1	1933-07-03	1998-01-01	2003-10-01	2009-02-13	2003-10-01	1998-07-03	1999-01-01	0.498630137	1998	65	1
1	1933-07-03	1998-01-01	2003-10-01	2009-02-13	2003-10-01	1999-01-01	1999-07-03	0.501369863	1999	65	2
1	1933-07-03	1998-01-01	2003-10-01	2009-02-13	2003-10-01	1999-07-03	2000-01-01	0.498622651	1999	66	2
1	1933-07-03	1998-01-01	2003-10-01	2009-02-13	2003-10-01	2000-01-01	2000-07-03	0.50273224	2000	66	3
1	1933-07-03	1998-01-01	2003-10-01	2009-02-13	2003-10-01	2000-07-03	2001-01-01	0.497275245	2000	67	3
1	1933-07-03	1998-01-01	2003-10-01	2009-02-13	2003-10-01	2001-01-01	2001-07-03	0.501369863	2001	67	4
1	1933-07-03	1998-01-01	2003-10-01	2009-02-13	2003-10-01	2001-07-03	2002-01-01	0.498630137	2001	68	4
1	1933-07-03	1998-01-01	2003-10-01	2009-02-13	2003-10-01	2002-01-01	2002-07-03	0.501369863	2002	68	5
1	1933-07-03	1998-01-01	2003-10-01	2009-02-13	2003-10-01	2002-07-03	2003-01-01	0.498630137	2002	69	5
1	1933-07-03	1998-01-01	2003-10-01	2009-02-13	2003-10-01	2003-01-01	2003-07-03	0.501369863	2003	69	6
1	1933-07-03	1998-01-01	2003-10-01	2009-02-13	2003-10-01	2003-07-03	2003-10-01	0.246575342	2003	70	6

TABLE 2.3: Découpage et attribution de l'exposition-1

<sup>(1)</sup>Période durant laquelle un assuré est soumis au risque

<sup>(2)</sup>Les dates dans les deux tableaux sont au format YYYY-MM-DD

La figure 2.3 illustre le calcul de l'exposition jusqu'à l'entrée en dépendance de l'assuré. Le calcul de l'exposition prend fin le jour de l'entrée en dépendance. Dans ce cas particulier, le découpage tripartite entre la date d'anniversaire du contrat, la date d'anniversaire de l'assuré et l'année civile est masqué par le fait que le contrat démarre le 1<sup>er</sup> janvier 1998.

Ce découpage est plus facilement visible sur la figure 2.4. La durée écoulée depuis la souscription du contrat est visible dans la colonne *duration*. Les variables *doe* et *dox* qui délimitent le calcul d'exposition de la période varient entre la date d'effet de police et, pour ce cas, la date de fin d'observation. Les périodes sont bien délimitées par la date d'anniversaire du contrat, la date d'anniversaire de l'assuré et le premier jour de l'année. Ainsi, pour la troisième ligne, entre le 1<sup>er</sup> janvier 2017 et le 1<sup>er</sup> juin 2017, il y a  $31 + 28 + 31 + 30 + 31 = 151$  jours sur une année de 365 jours. L'exposition de cette période est alors de  $\frac{151}{365} = 0.4137$

id	date_de_naissance	date_effet_police	Date dependance	date_deces	doX	doe	dox	exposure	year	age	duration
2	1943-11-05	2016-06-01			2019-12-31	2016-06-01	2016-11-05	0.428961749	2016	72	1
2	1943-11-05	2016-06-01			2019-12-31	2016-11-05	2017-01-01	0.155745191	2016	73	1
2	1943-11-05	2016-06-01			2019-12-31	2017-01-01	2017-06-01	0.41369863	2017	73	1
2	1943-11-05	2016-06-01			2019-12-31	2017-06-01	2017-11-05	0.430136986	2017	73	2
2	1943-11-05	2016-06-01			2019-12-31	2017-11-05	2018-01-01	0.156164384	2017	74	2
2	1943-11-05	2016-06-01			2019-12-31	2018-01-01	2018-06-01	0.41369863	2018	74	2
2	1943-11-05	2016-06-01			2019-12-31	2018-06-01	2018-11-05	0.430136986	2018	74	3
2	1943-11-05	2016-06-01			2019-12-31	2018-11-05	2019-01-01	0.156164384	2018	75	3
2	1943-11-05	2016-06-01			2019-12-31	2019-01-01	2019-06-01	0.41369863	2019	75	3
2	1943-11-05	2016-06-01			2019-12-31	2019-06-01	2019-11-05	0.430136986	2019	75	4
2	1943-11-05	2016-06-01			2019-12-31	2019-11-05	2019-12-31	0.153424658	2019	76	4

TABLE 2.4: Découpage et attribution de l'exposition-2

### 2.2.1 Ajustement du nombre de sinistres

#### Prise en compte de la franchise

Afin de prendre en compte une franchise de 90 jours, un sinistre sera comptabilisé seulement si le décès survient plus de 90 jours après l'entrée en dépendance. La date d'entrée en dépendance choisie étant la date de l'accident, les sinistres comptabilisés seront seulement ceux déclenchant un paiement de la rente de la part de l'assureur dans le cas d'un contrat avec une franchise absolue de 90 jours. Ainsi les taux d'incidence calculés par la suite correspondent à des taux d'entrée en dépendance avec une survie d'au moins 90 jours.

#### Ajustement en fonction des délais de carence

Comme évoqué précédemment, les définitions de la dépendance et les délais de carence diffèrent selon les contrats. Par exemple, le contrat 1 ne possède aucun délai de carence, or les délais de carence considérés pour la construction des tables sont de 3 ans pour les maladies cognitives et un an pour les autres maladies. Ainsi les sinistres, faisant suite à des maladies survenues lors de la première année de contrat, ne devraient pas être pris en compte. De la même manière, les sinistres dus à des maladies cognitives survenant dans les 3 premières années ne devraient pas être pris en compte pour le calcul des taux d'incidence.

Afin d'ajuster le nombre de sinistres nous devons estimer quelle proportion de sinistres est due à des maladies cognitives, des maladies non cognitives ou des accidents. Pour certains portefeuilles, les données contiennent la cause de la dépendance. Nous utilisons donc ces portefeuilles afin de déterminer la proportion d'entrée en dépendance due aux accidents n'étant soumis à aucun délai de carence, aux maladies autres que cognitives, avec un délai de carence d'un an et aux maladies cognitives, avec un délai de carence de 3 ans. La répartition que nous estimons est représentée dans le tableau 2.5.

<b>Accidents</b>	<b>10%</b>
<b>Maladie non cognitives</b>	<b>30%</b>
<b>Maladies cognitives</b>	<b>60%</b>

TABLE 2.5: Répartition des causes d'entrées en dépendance

Nous devons alors ajuster le nombre de sinistres des contrats n'ayant pas les mêmes délais de carence que ceux retenus pour la construction de la table d'incidence. Ainsi pour le premier contrat, comme aucun délai de carence n'existe, la première année 100% des sinistres sont acceptés, or, seuls les accidents devraient être pris en compte, soit 10% des sinistres. Pour la deuxième année de contrat, les maladies cognitives ne devraient toujours pas être prises en compte. Nous devons alors conserver seulement 40% des sinistres, comme lors de la troisième année.

	<b>Contrat 1</b>	<b>Contrat 2</b>	<b>Contrat 4</b>	<b>Contrat 9</b>
<b>Année 1</b>	10%	25%	100%	100%
<b>Année 2</b>	40%	100%	400%	400%
<b>Année 3</b>	40%	100%	100%	100%
<b>Année 4+</b>	100%	100%	100%	100%

TABLE 2.6: Coefficient d'ajustement du nombre de sinistres

Pour le contrat 9, un ajustement inverse doit être fait étant donné que le délai de carence pour les maladies non cognitives est de 2 ans. Pour la première et troisième année, il n'y a pas de modification à effectuer, nous conservons 100% des sinistres constatés. Pour la deuxième année, les sinistres constatés devraient être ceux dus à un accident ou une maladie non cognitive ; seuls les sinistres dus à un accident sont comptabilisés, soit 10%. Les 30% dus à des maladies cognitives ne sont pas comptés comme sinistre dans ce contrat. Nous avons donc 10% des sinistres, au lieu de 40%. Il faut multiplier par 4 le nombre de sinistres de la deuxième année. Les ajustements effectués sur les contrats ne présentant pas les mêmes délais de carence que ceux retenus pour notre étude, sont représentés dans le tableau 2.6.

### 2.2.2 Étude de l'effet de la sélection médicale

Afin de souscrire un contrat d'assurance dépendance, l'assuré doit répondre à un questionnaire médical afin d'attester de sa bonne santé lors de la souscription du contrat. Il est alors raisonnable de penser que cette sélection médicale peut avoir pour effet d'atténuer les risques d'entrée en dépendance lors des premières années du contrat. Afin d'évaluer la différence des taux d'entrée en dépendance entre les années suivant la souscription et les années plus éloignées, nous nous servons du découpage effectué

précédemment en sélectionnant l'exposition par rapport à la durée du contrat. L'effet de la sélection médicale s'atténuant au fur à mesure, nous l'étudierons sur les 7 premières années du contrat.

Dans un premier temps, nous récoltons l'exposition et le nombre de sinistres pour les polices en première année de contrat par catégorie d'âge. Nous répétons ce travail sur chaque contrat. Le tableau 2.7 illustre cette étape pour un des contrats en portefeuille.

Age	M Expo	M claims	F expo	F claims
45-49	2000	0	3000	0
50-54	5000	0	8000	0
55-59	10000	1	15000	1
60-64	15000	2	20000	2
65-69	10000	2	15000	1
70-74	5000	1	5000	1
75-79	500	0	250	0
80-84	0	0	0	0
85-89	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>47500</b>	<b>6</b>	<b>66250</b>	<b>5</b>

TABLE 2.7: Exposition et nombre de sinistres de la première année

On notera :

- $g$  le genre étudié,  $g \in \{F, H\}$
- ${}^g_c E_{x,x+4}^k$  la somme des expositions lors de la  $k^{\text{ème}}$  année de contrat pour des personnes du genre  $g$  et d'âge  $x$  à  $x+4$  ayant souscrit le contrat  $c$ .
- ${}^g_c S_{x,x+4}^k$  le nombre de sinistres lors de la  $k^{\text{ème}}$  année de contrat pour des personnes d'âge  $x$  à  $x+4$  ayant souscrit le contrat  $c$ .
- ${}^g_c \hat{S}_{x,x+4}^k$  le nombre de sinistres ajustés survenus lors de la  $k^{\text{ème}}$  année de contrat pour des personnes d'âge  $x$  à  $x+4$  ayant souscrit le contrat  $c$ .
- $c p^k$  Le coefficient d'ajustement du nombre de sinistres pour la  $k^{\text{ème}}$  année du contrat  $c$ .
- ${}^g_i k_{x,x+4}$  le taux d'entrée en dépendance lors de la  $k^{\text{ème}}$  année de contrat pour les personnes d'âge  $x$  à  $x+4$

Ce travail étant effectué pour chaque sexe et afin de ne pas alourdir les notations, nous omettrons cette précision lorsque celle-ci ne sera pas nécessaire. L'absence de l'indice  $c$  signifiera l'agrégation de tous les contrats, ainsi :

$$E_{x,x+4}^k = \sum_{c=0}^{12} c E_{x,x+4}^k, \quad (2.1)$$

$$S_{x,x+4}^k = \sum_{c=0}^{12} c S_{x,x+4}^k, \quad (2.2)$$



$$\hat{S}_{x,x+4}^k = \sum_{c=0}^{12} {}_c\hat{S}_{x,x+4}^k = \sum_{c=0}^{12} {}_cS_{x,x+4}^k \cdot {}_c p^k, \quad (2.3)$$

Par construction :

$$\forall c, k > 3 \implies {}_c p^k = 1, \quad (2.4)$$

Nous avons alors les relations :

$${}_c\hat{S}_{x,x+4}^k = {}_cS_{x,x+4}^k \cdot {}_c p^k, \quad (2.5)$$

$$i_{x,x+4}^k = \frac{\hat{S}_{x,x+4}^k}{E_{x,x+4}^k}, \quad (2.6)$$

Nous calculons ainsi l'exposition, les sinistres ajustés et l'incidence pour  $x \in X = \{45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95\}^{(1)}$  et pour les 7 premières années de contrat. Nous estimons que 7 ans après la souscription la sélection médicale n'a plus d'effet. Nous calculons alors aussi l'incidence à partir de la huitième année de contrat.

$$i_{x,x+4}^{8+} = \frac{\hat{S}_{x,x+4}^{8+}}{E_{x,x+4}^{8+}}, \quad (2.7)$$

Une fois ces valeurs obtenues, nous pouvons calculer le coefficient de réduction dû à la sélection médicale pour les 7 premières années de contrat sur chaque catégorie d'âge.

$$r_{x,x+4}^k = \frac{i_{x,x+4}^k}{i_{x,x+4}^{8+}}, \quad (2.8)$$

Afin de déterminer un coefficient de réduction global, commun à chaque catégorie d'âge, pour chaque année suivant la souscription, nous effectuons une moyenne pondérée des coefficients de réduction obtenus en fonction du nombre de sinistres. Cependant, l'exposition étant trop faible pour constituer une réelle expérience sur certaines catégories d'âge, nous conservons dans ce calcul uniquement les catégories avec le plus d'exposition. Ainsi  $\hat{X} = \{60, 65, 70, 75\}$  représente les âges conservés pour effectuer ce calcul.

$$R^k = \frac{\sum_{x \in \hat{X}} r_{x,x+4}^k \cdot \hat{S}_{x,x+4}^k}{\sum_{x \in \hat{X}} \hat{S}_{x,x+4}^k}, \quad (2.9)$$

Nous pouvons ainsi ajuster l'exposition sur les premières années de contrat afin de calculer l'incidence, l'exposition ajustée est alors

$$\hat{E}_{x,x+4}^k = \sum_{c=0}^{12} {}_cE_{x,x+4}^k \cdot R^k, \quad (2.10)$$

---

<sup>(1)</sup>Les catégories d'âges considérées seont alors 45-49 ans,50-59 ans et ainsi de suite.

Ainsi, la tableau 2.7 devient :

Age	M Expo	M expo ajusté	M claims	F expo		F claims
45-49	2000	600	0	3000	900	0
50-54	5000	1500	0	8000	2400	0
55-59	10000	3000	1	15000	4500	1
60-64	15000	4500	2	20000	6000	2
65-69	10000	3000	2	15000	4500	1
70-74	5000	1500	1	5000	1500	1
75-79	500	150	0	250	75	0
80-84	0	0	0	0	0	0
85-89	0	0	0	0	0	0
Total	47500	14250	6	66250	19875	5

TABLE 2.8: Exposition ajustée de la première année de contrat

Nous pouvons ainsi calculer l'incidence ajustée de chaque contrat par :

$${}_c\hat{i}_{x,x+4} = \frac{{}_c\hat{S}_{x,x+4}}{{}_c\hat{E}_{x,x+4}}, \quad (2.11)$$

Calculer l'incidence pour chaque âge, nous permet de tracer les courbes d'incidence afin d'évaluer les résultats contrat par contrat. Nous pouvons ainsi choisir d'exclure un contrat de l'analyse si les résultats ne sont pas cohérents avec les autres contrats. Les courbes d'incidence sont représentées sur les figures 2.1, 2.2, 2.3, 2.4.

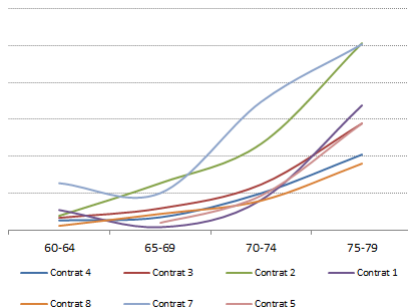


FIGURE 2.1: Incidence homme de 60 à 80 ans

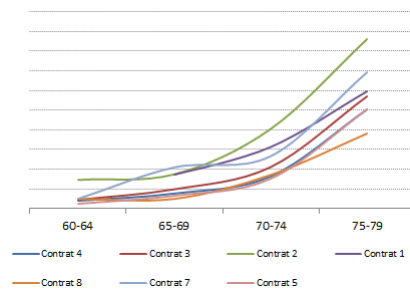


FIGURE 2.2: Incidence femme de 60 à 80 ans

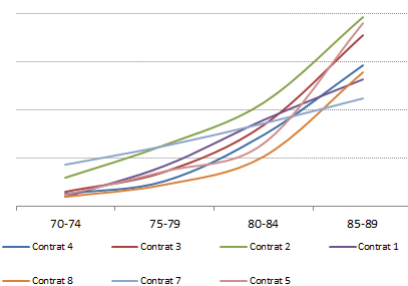


FIGURE 2.3: Incidence homme de 80 à 95 ans

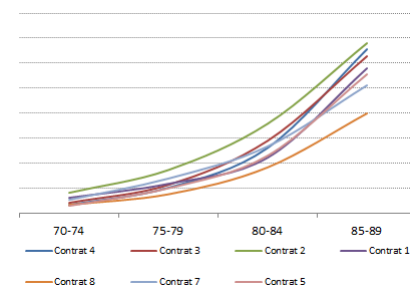


FIGURE 2.4: Incidence femme de 80 à 95 ans

Nous pouvons aussi choisir d'exclure partiellement un contrat selon l'évolution de l'incidence en fonction de l'âge. Cependant, nous devons aussi veiller à conserver une proportion suffisante du portefeuille. Ainsi, au vu du comportement global de chaque contrat, nous choisissons d'exclure les contrats 1,2 et 7 du calcul d'expérience, pour les femmes et les hommes avant 80 ans. Les contrats 2 et 7 semblent avoir des incidences anormalement élevées, tandis que le contrat 1 présente une sinistralité très basse. Pour les âges les plus avancés, nous choisissons de conserver tous les contrats. Ces choix sont représentés dans le tableau 2.9.

	Contrats conservés	
	Incidence hommes	Incidence femmes
45-80	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
80+	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

TABLE 2.9: Contrats conservés pour le calcul de l'incidence

L'incidence est alors calculée pour chaque catégorie d'âge à partir de l'exposition et des sinistres sur les contrats conservés. Nous noterons alors :  $\hat{C}_x$  l'ensemble des contrats retenus pour la catégorie d'âge  $x : x + 4$

Nous obtenons ainsi une courbe des taux d'incidence en fonction de la catégorie d'âge. Ces résultats sont représentés sur la figure 2.5.

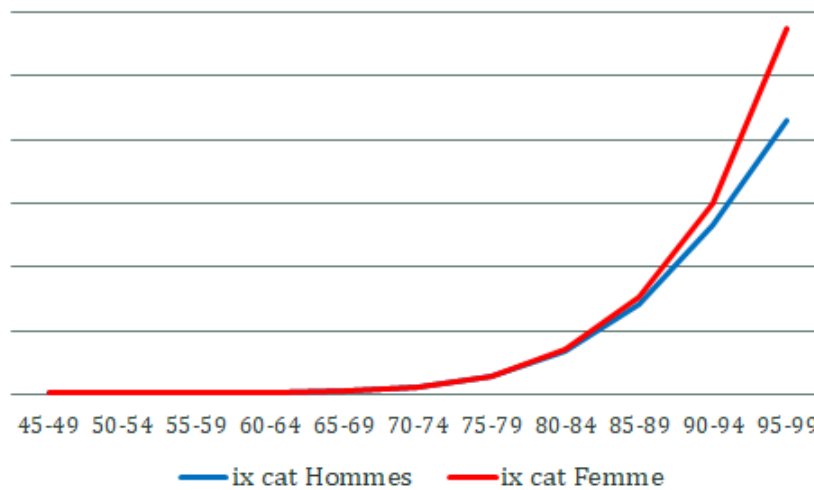


FIGURE 2.5: Taux d'incidence en fonction du sexe et de la catégorie d'âge

Cependant notre but est d'avoir une table d'incidence en fonction de l'âge. Pour ce faire nous calculons l'âge central de chaque catégorie. L'âge central de la catégorie  $x : x + 4$  sera noté  ${}_x\bar{X}_{x+4}$ . L'ensemble  $\Omega_x$  contient les lignes de données où l'âge de l'assuré est compris dans la catégorie d'âge  $x : x + 4$ . On a alors :

$$\omega \in \Omega_x \iff x \leq \text{age}(\omega) \leq x + 4$$

$${}_x\bar{X}_{x+4} = \frac{\sum_{\omega \in \Omega_x} \text{age}(\omega) \cdot \text{expo}(\omega)}{\sum_{\omega \in \Omega_x} \text{expo}(\omega)}, \quad (2.12)$$

Afin de passer à une table d'incidence par catégorie d'âge nous choisissons d'attribuer l'incidence calculée pour une catégorie d'âge à son âge central. On a alors :

$$i_x \bar{X}_{x+4} = \hat{i}_{x,x+4} = \frac{\hat{S}_{x,x+4}}{\hat{E}_{x,x+4}}, \quad (2.13)$$

Nous nous servons de ces points comme des références. Le but est de faire évoluer la courbe des taux d'incidence en nous servant de ces valeurs comme points de passage, pour construire la table d'incidence en fonction de l'âge. Afin de compléter les taux de chaque âge, nous choisissons un taux d'augmentation entre l'âge  $x$  et  $x+1$  pour obtenir un taux d'incidence proche de celui calculé par expérience pour l'âge central de chaque catégorie. On notera alors  ${}_x\tau_{x+1}$  le taux d'augmentation de l'incidence entre l'âge  $x$  et  $x+1$  :

$${}_x\tau_{x+1} = \frac{i_{x+1}}{i_x}, \quad (2.14)$$

Les taux  ${}_xg_{x+1}$  augmentent fortement avec l'âge. Le rapport pour les âges les plus jeunes étudiés, en dessous de 60 ans, est d'environ 105%, celui-ci peut évoluer jusqu'à 130% pour des âges plus élevés.

Nous obtenons alors notre courbe de taux d'incidence finale en fonction du sexe et de l'âge de l'assuré, représentée sur la figure 2.6. On remarque alors que les taux d'entrée en dépendance des femmes sont plus faibles que ceux des hommes jusqu'à 76-78 ans. Ce sont, ensuite, les taux d'incidence des femmes qui sont plus élevés. Ceci est probablement dû à l'espérance de vie plus élevée des femmes. Les hommes sont sujets au risque de dépendance quelques années plus tôt que les femmes. Il semblerait aussi que les hommes atteignant un âge avancé décèdent plus souvent sans entrer en dépendance que les femmes.

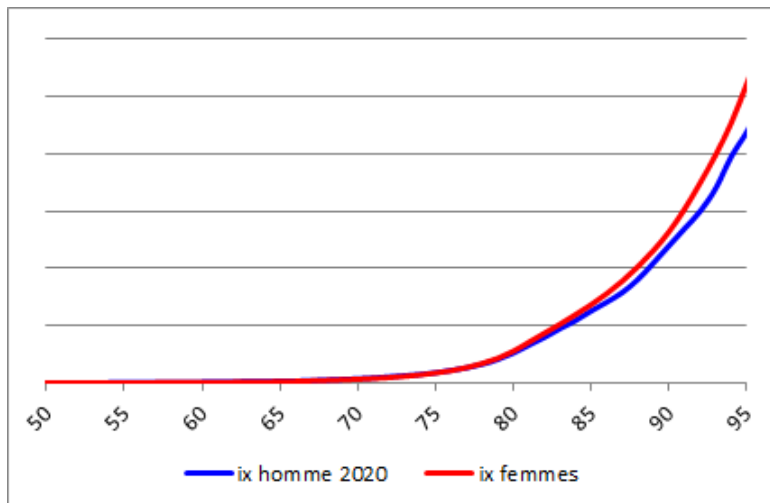


FIGURE 2.6: Incidence lissée en fonction de l'âge et du sexe

## 2.3 Table de mortalité de la population cotisante

La table de mortalité de la population cotisante a une importance cruciale dans la tarification d'un produit d'assurance dépendance. Une surestimation de la mortalité peut avoir comme effet une sous-estimation du nombre d'entrées en dépendance dans le futur. Plus de personnes atteignent des âges avancés pour lesquels le risque d'entrée en dépendance est important, plus il y aura de passage en rente.

Comme pour la table d'incidence, nous partons des données corrigées afin de calculer l'exposition au risque de mortalité. Une unité d'exposition sera toujours égale à une année. Nous nous intéresserons ici à la mortalité de la population cotisante. Un individu appartient à la population cotisante s'il n'est pas dépendant total. On note de la même manière la date de début d'exposition par *doE* et la date de fin d'exposition par *doX*. Les différentes valeurs de ces variables sont :

- *doE* = Date d'effet de la police.
- *doX* = Date de résiliation du contrat, en cas de résiliation.
- *doX* = Date d'entrée en dépendance, en cas de survenance de la dépendance.
- *doX* = Date de décès, s'il n'y a pas eu d'entrée en dépendance.
- *doX* = Date de fin d'observation, dans tous les autres cas.

Comme précédemment, en cas d'entrée en dépendance, nous devons définir la date choisie. Nous conservons le choix de la date de l'accident ayant entraîné la dépendance. Prendre en compte la date du versement de la première rente inclurait des décès de personnes récemment dépendantes, dont le taux de mortalité est sensiblement plus élevé. Ceci aurait alors pour conséquence de sur-estimer les taux de mortalité, notamment sur les âges les plus soumis aux risques de dépendance, c'est à dire les âges les plus avancés.

L'exposition est alors calculée selon le même principe que précédemment. Un découpage est effectué selon l'année civile, la durée écoulée depuis la souscription et la date d'anniversaire de l'assuré. Ce découpage est représenté sur le tableau 2.10. Le découpage est en tout point similaire à celui effectué pour la table d'incidence, seulement la date de fin d'exposition varie.

id	date_de_naissance	date_effet_police	Date dependance	date_deces	date_sortie	cause_sortie	doX	doe	dox	failure	exposure	year	age	duration
16339	1945-11-28	2010-11-01			2014-12-31	Resiliation	2014-12-31	2010-11-01	2010-11-28	0	0.073972603	2010	64	1
16339	1945-11-28	2010-11-01			2014-12-31	Resiliation	2014-12-31	2010-11-28	2011-01-01	0	0.093150685	2010	65	1
16339	1945-11-28	2010-11-01			2014-12-31	Resiliation	2014-12-31	2011-01-01	2011-11-01	0	0.832876712	2011	65	1
16339	1945-11-28	2010-11-01			2014-12-31	Resiliation	2014-12-31	2011-11-01	2011-11-28	0	0.073972603	2011	65	2
16339	1945-11-28	2010-11-01			2014-12-31	Resiliation	2014-12-31	2011-11-28	2012-01-01	0	0.093143199	2011	66	2
16339	1945-11-28	2010-11-01			2014-12-31	Resiliation	2014-12-31	2012-01-01	2012-11-01	0	0.833333333	2012	66	2
16339	1945-11-28	2010-11-01			2014-12-31	Resiliation	2014-12-31	2012-11-01	2012-11-28	0	0.073770492	2012	66	3
16339	1945-11-28	2010-11-01			2014-12-31	Resiliation	2014-12-31	2012-11-28	2013-01-01	0	0.09290366	2012	67	3
16339	1945-11-28	2010-11-01			2014-12-31	Resiliation	2014-12-31	2013-01-01	2013-11-01	0	0.832876712	2013	67	3
16339	1945-11-28	2010-11-01			2014-12-31	Resiliation	2014-12-31	2013-11-01	2013-11-28	0	0.073972603	2013	67	4
16339	1945-11-28	2010-11-01			2014-12-31	Resiliation	2014-12-31	2013-11-28	2014-01-01	0	0.093150685	2013	68	4
16339	1945-11-28	2010-11-01			2014-12-31	Resiliation	2014-12-31	2014-01-01	2014-11-01	0	0.832876712	2014	68	4
16339	1945-11-28	2010-11-01			2014-12-31	Resiliation	2014-12-31	2014-11-01	2014-11-28	0	0.073972603	2014	68	5
16339	1945-11-28	2010-11-01			2014-12-31	Resiliation	2014-12-31	2014-11-28	2014-12-31	4	0.090410959	2014	69	5

TABLE 2.10: Découpage et attribution de l'exposition

Ainsi nous noterons :

- $g$  le genre étudié,  $g \in \{F, H\}$
- ${}^g_c E_{x,x+4}$  la somme des expositions des personnes du genre  $g$  et d'âge  $x$  à  $x + 4$  ayant souscrit le contrat  $c$ .
- ${}^g_c D_{x,x+4}$  le nombre de décès de personnes d'âge  $x$  à  $x + 4$  ayant souscrit le contrat  $c$ .
- ${}^g_c R_{x,x+4}$  le nombre de résiliations de personnes d'âge  $x$  à  $x + 4$  ayant souscrit le contrat  $c$ .
- ${}^g_c S_{x,x+4} = {}^g_c R_{x,x+4} + {}^g_c D_{x,x+4}$  le nombre de sorties des personnes d'âge  $x$  à  $x + 4$  ayant souscrit le contrat  $c$ . Une sortie peut être une résiliation ou un décès.
- ${}^g_c q_{x,x+4}$  le taux de mortalité pour les personnes d'âge  $x$  à  $x + 4$  ayant souscrit le contrat  $c$ .
- ${}^g_c s_{x,x+4}$  le taux de sortie pour les personnes d'âge  $x$  à  $x + 4$  ayant souscrit le contrat  $c$ .

### 2.3.1 Gestion des sorties et choix des contrats

Lors de la souscription d'un contrat d'assurance dépendance, deux sorties sont possibles, soit en cas de décès, soit en cas de résiliation. La résiliation peut être le choix de l'assuré, mais aussi imposée par l'assureur en cas de non paiement des primes. Le non paiement des primes peut faire suite au décès de l'assuré. L'assureur n'est pas toujours informé du décès, il doit alors rechercher l'information. Cependant, comme le confient certaines cédantes, l'intérêt pour l'assureur est moindre et il se contente parfois de seulement résilier le contrat car l'effet est identique pour lui. De plus, lors du décès d'une femme, l'acte est enregistré à partir de son nom de jeune fille. L'information n'est pas toujours connue l'assureur. En ce qui nous concerne, en raison de la réglementation générale sur la protection des données, les données reçues sont anonymisées. Il est alors impossible d'effectuer le croisement des données afin de savoir si le non paiement des primes correspond à une volonté de l'assuré ou à son décès. Nous calculons le taux de sortie et le taux de mortalité pour chaque contrat en fonction de la catégorie d'âge, nous avons alors :

$${}^g_c s_{x,x+4} = \frac{{}^g_c S_{x,x+4}}{{}^g_c E_{x,x+4}}, \quad (2.15)$$

$${}^g_c q_{x,x+4} = \frac{{}^g_c D_{x,x+4}}{{}^g_c E_{x,x+4}}, \quad (2.16)$$

Comme pour la table précédente, nous analysons les résultats de chaque contrat afin de déterminer si les taux calculés par expérience sont convenables et utilisables pour la construction d'une table de mortalité. Les résultats sont représentés dans les tableaux 2.7 et 2.8.

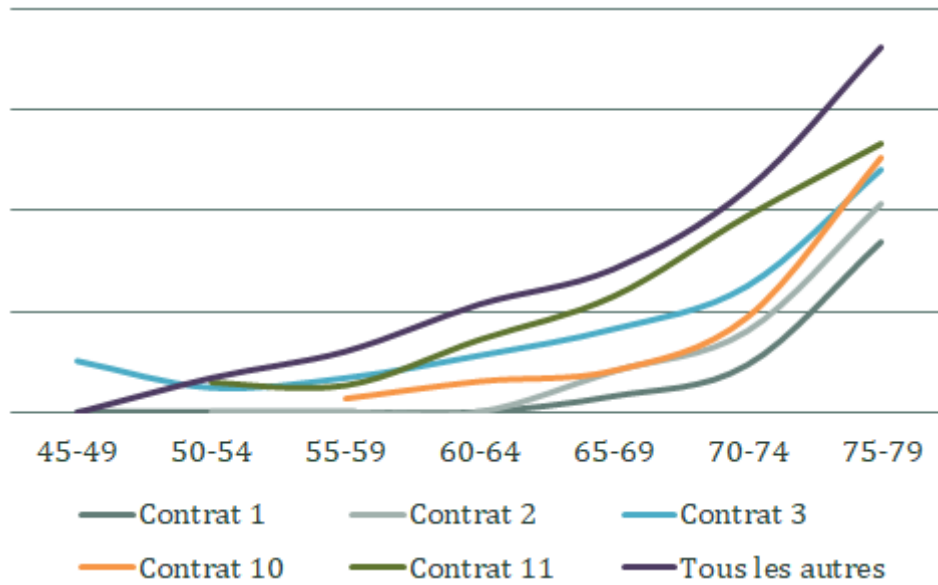


FIGURE 2.7: Mortalité des femmes cotisantes

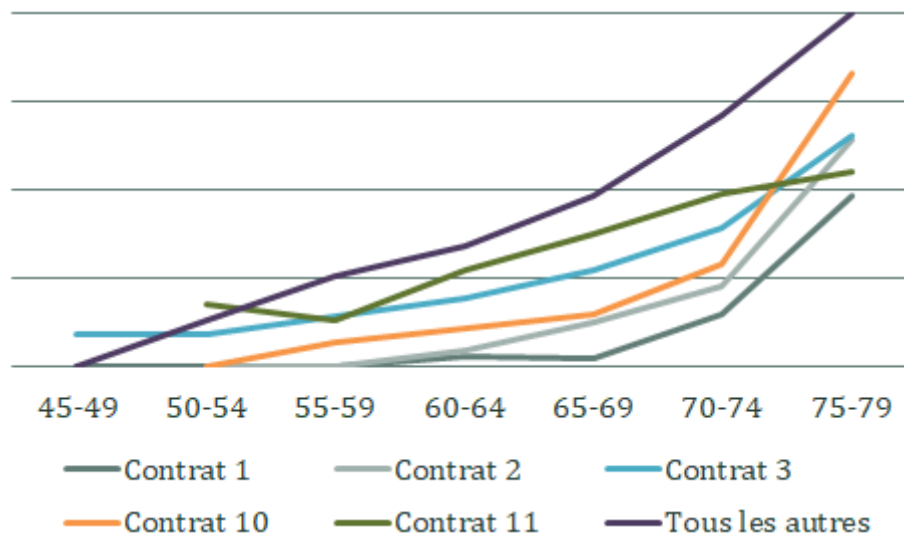


FIGURE 2.8: Mortalité des hommes cotisants

On s'aperçoit, alors, que la mortalité pour les contrats 1-2-3 est sensiblement plus faible par rapport aux autres contrats. De plus, tous ces contrats ont été ou sont distribués par la même cédante. Celle-ci nous a par ailleurs confirmé que suite à un arrêt de paiement les contrats étaient résiliés, sans forcément chercher à savoir si cela est dû ou non à un décès. Ces faibles taux de mortalité sont donc probablement dus à un manque d'information sur les décès. Nous ne pouvons alors pas conserver ces contrats pour notre étude de mortalité de la population cotisante.

Nous pouvons aussi voir que la mortalité des contrats 11 et 12 est assez faible. Cependant l'information sur le décès de ces contrats est plus complète car la garantie principale est une garantie décès. La sélection médicale à l'entrée est faite pour réduire le risque de décès, et non de dépendance. Nous choisissons alors de ne pas les conserver dans notre étude de la mortalité. L'ensemble des contrats conservés est présent dans la tableau 2.11 et sera noté  $\hat{C}$ .

Contrats conservés	
Incidence hommes	Incidence femmes
<del>1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12</del>	<del>1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12</del>

TABLE 2.11: Contrats conservés pour le calcul de la mortalité

Nous considérons un certain nombre de sorties comme des décès dans chaque portefeuille. Ces chiffres évoluent en fonction de la catégorie d'âge et du sexe. Il est, en effet plus probable, qu'une sortie d'une personne de 90 ans soit due à un décès que pour une personne de 60 ans. Les femmes ayant une espérance de vie plus longue que les hommes, celles-ci sont souvent seules au moment de leur décès, la famille ne fait alors pas toujours part du décès à l'assureur. Pour les hommes, leur femme étant toujours en vie et plus apte à être au courant de la souscription à l'assurance dépendance, en recevant une lettre de relance suite au non paiement de la prime, l'adresse n'ayant souvent pas changée, elle peut alors signaler le décès. Le taux de sorties considérés comme des décès sera noté  $T$

Age	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	85-89	90-94	95-99
% sorties considérées comme des décès	1,00%	1,00%	1,50%	2,00%	5,00%	5,00%	5,00%	7,00%	10,00%	10,00%	10,00%

TABLE 2.12: Taux de sorties considérées comme des décès

Le nombre de décès total ajusté est alors noté  $\tilde{d}$  et nous avons :

$$\hat{D}_{x,x+4} = \sum_{c \in \hat{C}} {}_c D_{x,x+4} + \sum_{c \in \hat{C}} {}_c S \cdot T_{x,x+4}, \quad (2.17)$$

Nous pouvons ainsi définir le taux de mortalité des contrats conservés par :

$$q_{x,x+4} = \frac{\hat{D}_{x,x+4}}{\sum_{c \in \hat{C}} {}_c E_{x,x+4}}, \quad (2.18)$$



### 2.3.2 Extension de la table à tous les âges

L'étape précédente nous permet d'avoir un taux de mortalité par catégorie d'âge. Notre objectif étant de construire une table en fonction de l'âge, nous devons étendre ces résultats. Nous calculons, ainsi, l'âge central d'exposition de chaque catégorie d'âge de la même manière que pour la table d'incidence.

$${}_x\bar{X}_{x+4} = \frac{\sum_{\omega \in \hat{\Omega}_x} \text{age}(\omega) \cdot \text{expo}(\omega)}{\sum_{\omega \in \hat{\Omega}_x} \text{expo}(\omega)}, \quad (2.19)$$

$$\text{Avec } \omega \in \hat{\Omega}_x \iff \begin{cases} x \leq \text{age}(\omega) \leq x + 4 \\ c(\omega) \in \hat{C}, \end{cases} \quad (2.20)$$

La mortalité de chaque catégorie d'âge est attribuée à son âge central. Nous utilisons par la suite la table de mortalité réglementaire TH-TF 00-02 et comparons les taux d'expérience obtenues avec cette table. Le but est d'utiliser la table TH-TF 00-02 comme référence afin d'étalonner les taux de mortalité d'expérience. Nous définissons ensuite le pourcentage de mortalité de la TH-TF que nous attribuons à l'âge central de chaque catégorie en fonction des taux calculés par expérience. Les résultats et les choix effectués sont représentés dans le tableau 2.13<sup>(1)</sup> Ces choix en fonction de la TH-TF nous permettent d'éviter un changement de mortalité trop important pour l'âge central de chaque catégorie.

Age	Homme			Femmes		
	Taux de mortalité brutes	Taux de mortalité en intégrant les sorties	% de la TH-TF choisi	Taux de mortalité brutes	Taux de mortalité en intégrant les sorties	% de la TH-TF choisi
45-49			87%			87%
50-54	55%	66%	87%	42%	70%	87%
55-59	82%	92%	87%	58%	79%	87%
60-64	76%	85%	87%	74%	94%	87%
65-69	70%	79%	81%	63%	85%	84%
70-74	67%	73%	74%	59%	81%	78%
75-79	60%	64%	68%	53%	68%	71%
80-84	66%	69%	64%	56%	65%	64%
85-89	66%	69%	62%	55%	61%	58%

TABLE 2.13: Taux d'expérience et taux choisi

Cette méthode de construction est appelée méthode du SMR<sup>(2)</sup>. C'est une méthode non paramétrique ne faisant pas d'hypothèse sur la loi sous-jacente de la mortalité.

Nous choisissons ensuite de relier linéairement les pourcentages de mortalité de la table TH-TF 00-02 des âges centraux afin d'attribuer un pourcentage à chaque âge. Nous en déduisons ensuite simplement un taux de mortalité.

Le choix d'une méthode linéaire pour relier les âges centraux s'explique par la simplicité et le peu de variation dans les résultats en utilisant des fonctions plus complexes. Cette méthode étant très simple, elle peut être rapidement mise en place.

<sup>(1)</sup>Par souci de confidentialité les valeurs du tableau ont été multipliées par une constante.

<sup>(2)</sup>Standardized Mortality ratio

Utiliser la table réglementaire TH-TF 00-02 nous octroie plusieurs avantages. Notamment la comparaison directe des taux permet rapidement de se rendre compte d'éventuels résultats peu probables. Celle-ci étant déjà lissée, cela nous permet d'obtenir des résultats avec un lissage correct. Ces résultats sont représentés sur la figure 2.9.

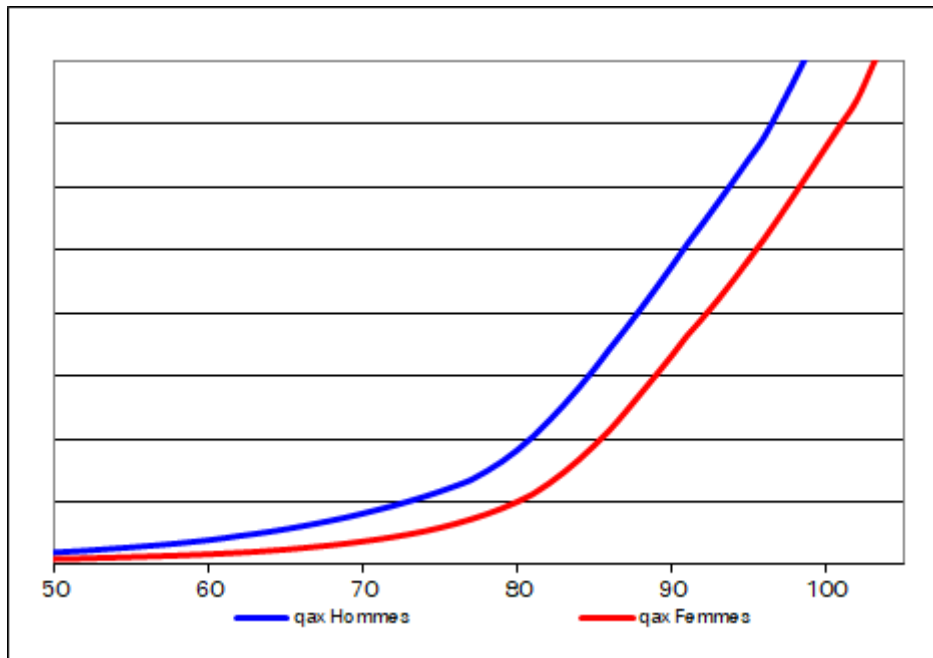


FIGURE 2.9: Courbes des taux de mortalité obtenues après lissage

## 2.4 Construction de la table de mortalité de la population dépendante

Le but de cette partie est de construire une table de mortalité pour la population dépendante en fonction de l'âge à la survenance de la dépendance et de la durée écoulée depuis cette entrée en dépendance.

Le nombre de dépendants étant plus faible que le nombre d'assurés, et afin d'avoir une expérience suffisamment robuste, nous choisissons d'élargir les catégories d'âge. Ainsi les catégories d'âge choisies pour construire cette table d'expérience seront : 40-59 ans ; 60-69 ans, 70-79 ans, 80-89 ans et plus de 90 ans. Nous utiliserons la notation  $x_i : x_{i+1}$  pour faire référence à la catégorie d'âge. Les valeurs des  $x_i$  sont présentes dans le tableau 2.14.

$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$
40	59	60	69	70	79	80	89	90	125

TABLE 2.14: Taux d'incidence en fonction du sexe et de la catégorie d'âge

Dans cette partie, nous noterons :

- ${}_cL_{x_i:x_{i+1}}^k$  le nombre de dépendants depuis  $k$  années étant entrés en dépendance entre l'âge  $x_i$  et  $x_{i+1}$  et ayant souscrit le contrat  $c$ .

- ${}_c d_{x_i:x_{i+1}}^k$  le nombre de dépendants décédés durant la k-ème année de dépendance ayant souscrit le contrat c et étant entrés en dépendance entre l'âge  $x_i$  et  $x_{i+1}$ .
- ${}_c q_{x_i:x_{i+1}}^k$  le taux de mortalité des dépendants depuis k années étant entrés en dépendance entre l'âge  $x_i$  et  $x_{i+1}$  et ayant souscrit le contrat c.
- ${}_c \Omega_{x_i:x_{i+1}}$  l'ensemble des personnes entrées en dépendance entre l'âge  $x_i$  et  $x_{i+1}$

Nous avons alors :

$${}_c d_{x_i:x_{i+1}}^k = \frac{{}_c d_{x_i:x_{i+1}}^k}{{}_c L_{x_i:x_{i+1}}^k}, \quad (2.21)$$

Cependant

$${}_c d_{x_i:x_{i+1}}^k \neq {}_c L_{x_i:x_{i+1}}^k - {}_c L_{x_i}^{k+1}, \quad (2.22)$$

Ceci vient du fait que certains individus sont dépendants depuis exactement k années. Ils n'apparaissent donc pas dans le compte des dépendants depuis  $k + 1$  années, mais ils ne sont pas non plus décédés. Ces deux effets font que l'exposition après quelques années de dépendance est souvent assez faible. Il nous faudra alors réussir à prolonger les taux de mortalité après plusieurs années de dépendance.

### Choix des contrats conservés pour l'étude

De la même manière que précédemment, nous utilisons le calcul des taux pour chaque contrat afin de retirer les contrats atypiques. Nous utilisons le taux de persistance en fonction de la durée de la dépendance. Le taux de persistance de l'année  $k$  correspond au pourcentage de dépendants encore en vie après  $k$  années de dépendance. Nous calculons ce taux pour tous les âges d'entrée en dépendance confondus. En le notant  $p^k$ , nous avons alors  $p^0 = 100\%$  et :

$${}_c p^k = {}_c p^{k-1} \cdot {}_c q^k, \quad (2.23)$$

Le taux de persistance de chaque contrat est représenté dans les figures 2.10 et 2.11 pour les femmes et les hommes. Il est alors clair que les taux de persistance des contrats 11 et 12 sont beaucoup plus élevés. Encore une fois, cela est probablement dû au type spécifique de ces produits avec une garantie décès et une sélection médicale orientée en conséquence. Nous décidons alors de ne pas les conserver dans notre étude et d'utiliser les contrats 1 à 9.<sup>(1)</sup>

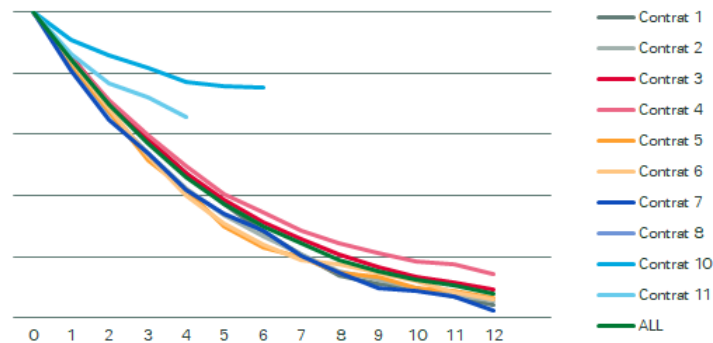


FIGURE 2.10: Persistence des femmes en fonction de la durée de la dépendance

<sup>(1)</sup>Le contrat 10 est aussi un contrat d'assurance décès, de plus il est récent est très peu de données sont disponibles, nous choisissons donc de ne pas le conserver

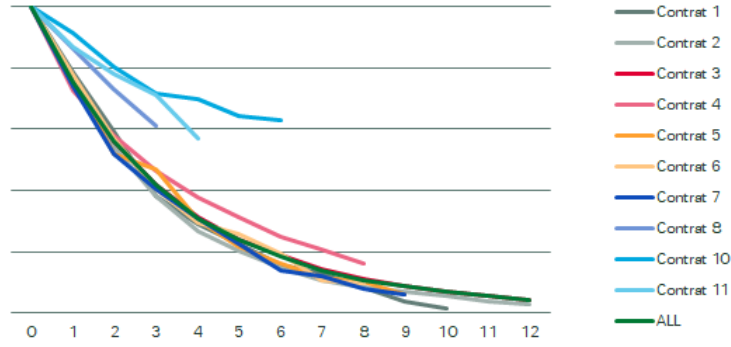


FIGURE 2.11: Persistence des hommes en fonction de la durée de la dépendance

### Calcul d'un âge central par catégorie

De la même façon que précédemment, étant donné que nous souhaitons une table de mortalité en fonction de l'âge et l'année de survenance, nous allons utiliser les résultats obtenus par catégorie d'âge afin de les étendre. Pour faire ceci nous calculons un âge moyen de survenance par catégorie.

$$\bar{X}_i = \frac{\sum_{\omega \in x_i \Omega_{x_{i+1}}} Age(\omega)}{Card(x_i \Omega_{x_{i+1}})}, \quad (2.24)$$

Nous considérerons<sup>(1)</sup> par la suite que les âges centraux sont respectivement 55, 65, 75, 85 et 95 ans. Nous attribuons ensuite la mortalité calculée sur les contrats sélectionnés en fonction de la durée de dépendance et de l'âge d'entrée en dépendance à l'âge central de chaque catégorie, nous avons alors :

$$q_{\bar{X}_i}^k = \frac{\sum_{c \in \bar{c}} c d_{x_i : x_{i+1}}^k}{\sum_{c \in \bar{c}} c L_{x_i : x_{i+1}}^k}, \quad (2.25)$$

### Ajustement des taux de la première année

Comme indiqué précédemment les sinistres pris en compte sont ceux déclenchant le versement d'une rente. Ainsi tous les assurés dont le décès intervient pendant la période de franchise de 90 jours ne sont pas pris en compte. La première année est donc amputée de 90 jours d'exposition. Il faut donc ajuster la mortalité calculée sur la première année. Ainsi :

$$c \hat{q}_{x_i : x_{i+1}}^1 = \frac{c q_{x_i : x_{i+1}}^1}{0.75}, \quad (2.26)$$

Cependant, pour la table de mortalité finale utilisée pour la tarification, nous conservons les taux d'expérience bruts de la première année. En effet, les assurés bénéficiant d'une rente ont déjà survécu 90 jours en dépendance. Ils sont alors exposés au risque de décès seulement sur les trois trimestres restant de l'année. Nous obtenons alors les taux d'incidence bruts représentés en fonction de l'âge d'entrée en dépendance et de la durée dans les figures 2.12 et 2.13.

<sup>(1)</sup>Pour des raisons de confidentialité

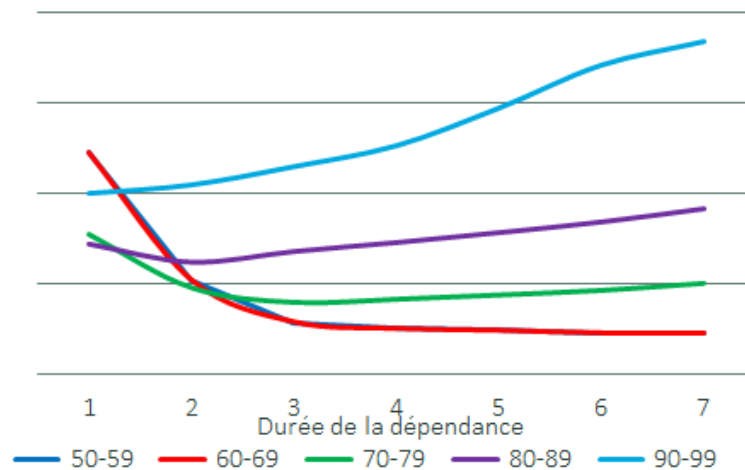


FIGURE 2.12: Mortalité des femmes dépendantes en fonction de la durée en dépendance

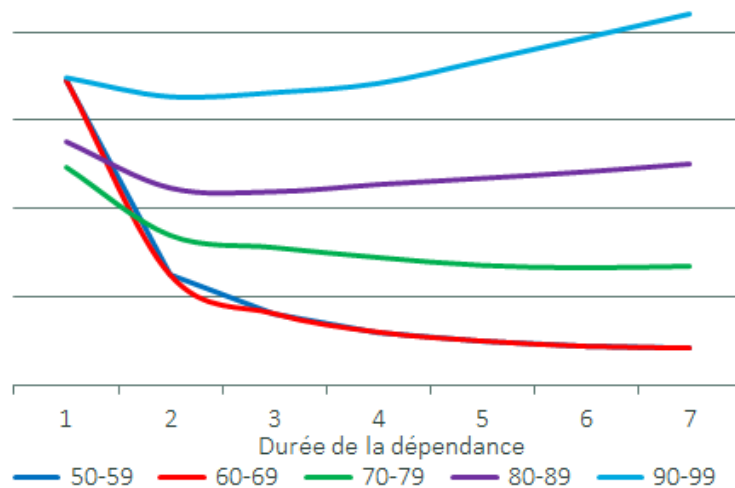


FIGURE 2.13: Mortalité des hommes dépendants en fonction de la durée en dépendance

Nous pouvons alors remarquer une forte surmortalité lors de l'entrée en dépendance qui s'atténue ensuite dans la durée. Cet effet s'atténue aussi pour les âges d'entrée en dépendance les plus élevés. Elle semble aussi être plus flagrante chez les hommes. Il nous faut maintenant lisser ces taux et les projeter pour des durées de dépendances longues.

#### 2.4.1 Lissage et projection des taux

Afin de lisser les courbes de mortalité, nous effectuons un ajustement manuel des taux bruts obtenus pour les durées de dépendance avec une exposition suffisante : ceci représente les 4 à 8 premières années de dépendance selon l'âge d'entrée. Nous utilisons la tranche d'âge avec l'exposition la plus forte pour commencer notre étude et obtenir une allure de courbe modèle pour les tranches d'âges où l'expérience est manquante et les taux plus volatiles, comme par exemple les tranches 50-59 et 60-69 ans sur la figure 2.12.

Cette volatilité s'explique, notamment, par le peu d'entrées en dépendance dans ces tranches d'âge. Nous conservons alors, au maximum, l'expérience lorsque celle-ci ne fait pas apparaître de grosses irrégularités, sinon nous modifions légèrement la valeur d'expérience tout en y restant fidèle autant que possible. L'expérience étant très faible pour les moins de 60 ans, nous décidons de calquer les taux de mortalité pour les premières années d'entrée en dépendance sur les taux de la tranche 60-69 ans. Le manque d'expérience nous empêche aussi de procéder de la même manière pour les durées de dépendance les plus longues, supérieures à 8 ans.

Afin d'étendre notre table jusqu'à des âges très avancés et impliquant de longues durées de vie en dépendance, nous utilisons alors un taux cible en fonction de la table de mortalité réglementaire TH-TF à 111 ans. Nous posons ainsi comme hypothèse que la mortalité d'un dépendant âgé de 111 ans est égale à 120% de la mortalité d'une personne non dépendante. En notant  $x_{min}$  l'âge jusque auquel l'expérience permet de définir une mortalité fiable,  $x_{max}$  l'âge cible, ici  $x_{max} = 111$  et  $T_x = \frac{q_x}{q_x^{TH/TF}}$  le rapport entre la mortalité d'une personne dépendante et non dépendante à l'âge  $x$ . Nous définissons alors, par récurrence, les valeurs prises par ce rapport par l'équation 2.27. Ceci nous permet bien d'atteindre le taux ciblé à l'âge de 111 ans.

$$T_x = T_{x-1} \cdot \left( \frac{T_{x_{max}}}{T_{x_{min}}} \right)^{\frac{1}{x_{max} - x_{min}}}, \quad (2.27)$$

La mortalité des dépendants lissée notée  $\tilde{q}_x$  sera alors donnée par l'équation 2.28.

$$\tilde{q}_x = \min \left( 1; T_x \cdot q_x^{TH/TF} \right), \quad (2.28)$$

Nous réalisons cette projection sur la tranche d'âge possédant le plus d'expérience pour les âges avancés. Lors de la dernière étude la catégorie d'âge 80-90 avait été utilisée. Le gain d'expérience nous permet à présent d'utiliser la catégorie d'âge 90-99 ans. Afin de projeter la mortalité pour les dépendances longues sur les autres catégories d'âge, nous considérons qu'après plus de 7 ans de dépendance, les mortalités de personnes entrées en dépendance à 85 ou 95 ans sont semblables, à âge équivalent. Par exemple, ceci signifie que la mortalité d'une personne ayant actuellement 102 ans sera très proche, qu'elle soit entrée en dépendance à 85 ou 95 ans. Ce qui donne sous forme d'équation :

$$\tilde{q}_{85}^{18} \simeq \tilde{q}_{95}^8, \quad (2.29)$$

Ainsi pour lisser la courbe de mortalité de la catégorie d'âge 70-79, nous utilisons l'expérience en l'ajustant pour lisser les taux lors des premières années. Ensuite, nous utilisons comme cible la mortalité définie par la projection sur la catégorie 80-89. Ceci a pour effet d'avoir une mortalité similaire sur les âges les plus avancés. Nous procédons de la même façon pour la catégorie d'âge 60-69 en prenant comme référence la catégorie 70-79. Nous avons alors :

$$\tilde{q}_{75}^{18} \simeq \tilde{q}_{85}^8, \quad (2.30)$$

Et par conséquence :

$$\tilde{q}_{75}^{28} \simeq \tilde{q}_{85}^{18} \simeq \tilde{q}_{95}^8, \quad (2.31)$$

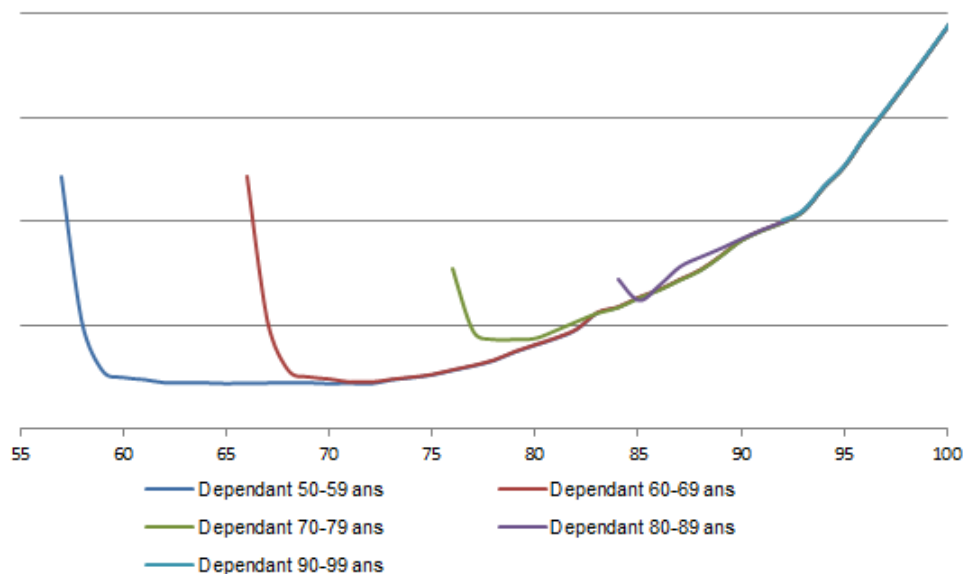


FIGURE 2.14: Mortalité des femmes dépendantes en fonction de l'âge

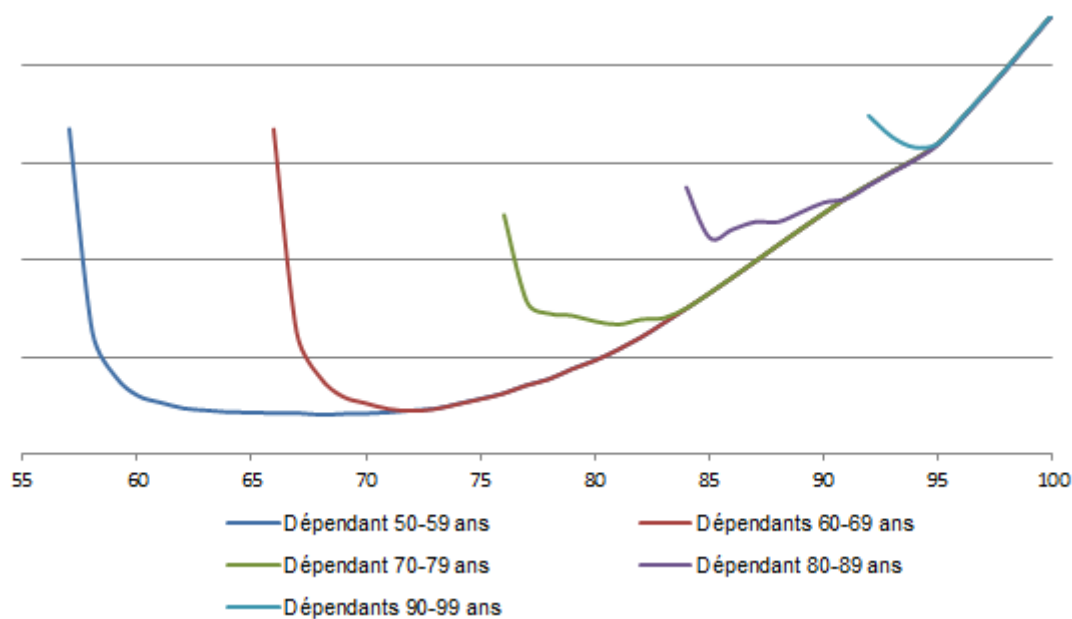


FIGURE 2.15: Mortalité des hommes dépendants en fonction de l'âge

Après ce lissage, nous obtenons alors des taux de mortalité pour l'âge central de chaque catégorie. Les courbes des taux de mortalité sont représentées dans les figures 2.14 et 2.15. Le taux de mortalité est tracé en fonction de l'âge et non de la durée de la dépendance comme sur les graphes précédents, la durée de la dépendance se lit avec l'avancement de l'âge.

Pour les entrées en dépendance après 100 ans, l'expérience étant trop faible nous utiliserons les taux de la catégorie 90-99 pour les âges similaires. Ce choix s'explique aussi par l'atténuation de la surmortalité lors de l'entrée en dépendance pour les âges les plus avancés.

Comme pour la table de mortalité, afin d'obtenir des taux de dépendance en fonction de chaque âge et de la durée de dépendance nous relierons les taux de mortalité en fonction de la durée de la dépendance des âges centraux de chaque catégorie de manière linéaire.

Ainsi, le taux de mortalité d'une personne d'âge  $x$ , avec  $\bar{X}_{x^-} < x < \bar{X}_{x^+}$ <sup>(1)</sup>, dépendante depuis  $k$  années sera donné par :

$$\tilde{q}_x^k = \tilde{q}_{x-1}^k + \left( \frac{\tilde{q}_{\bar{X}_{x^+}}^k - \tilde{q}_{\bar{X}_{x^-}}^k}{\bar{X}_{x^+} - \bar{X}_{x^-}} \right), \quad (2.32)$$

De manière numérique pour des âges centraux de 85 et 95 ans, et une durée de dépendance de  $k = 5$  ans nous aurons

$$\tilde{q}_{90}^5 = \tilde{q}_{89}^5 + \left( \frac{\tilde{q}_{95}^5 - \tilde{q}_{85}^5}{95 - 85} \right), \quad (2.33)$$

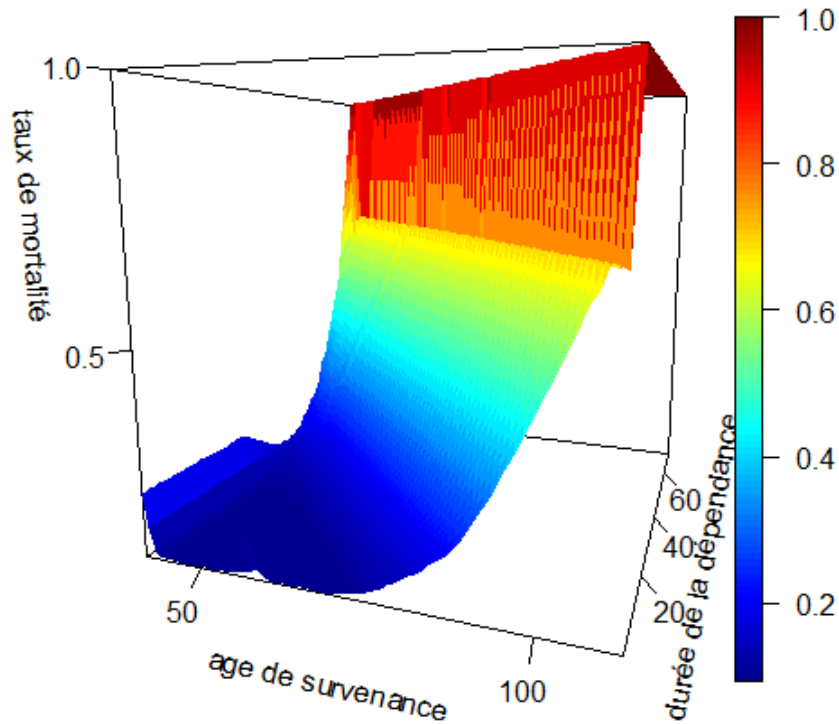


FIGURE 2.16: Mortalité des femmes dépendantes en fonction de l'âge d'entrée en dépendance

<sup>(1)</sup>Ou  $x^-$  et  $x^+$  représentent les âges centraux, respectivement inférieur et supérieur, les plus proches de  $x$



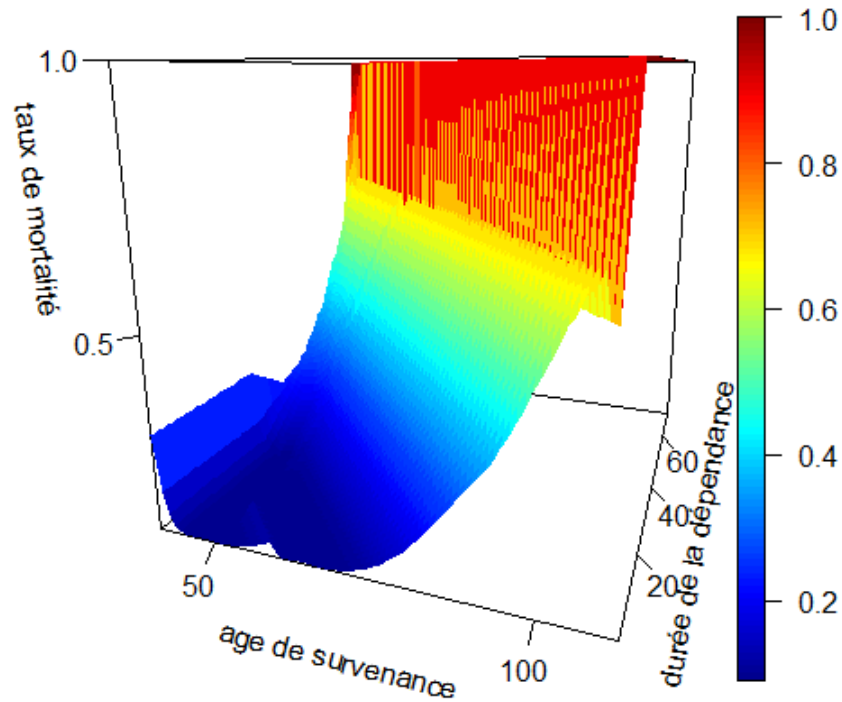


FIGURE 2.17: Mortalité des hommes dépendants en fonction de l'âge d'entrée en dépendance

Nous venons de décrire la construction de chacune des tables d'expérience. La construction de la table d'incidence demande des étapes d'ajustement des sinistres et de calcul de l'effet de la sélection médicale. Pour la table de mortalité de la population cotisante, la principale difficulté réside dans la gestion des sorties. Pour la table de mortalité de la population dépendante, nous devons faire face à une exposition moins importante.

Dans le chapitre suivant, nous testerons la sensibilité aux données de chaque table. Ensuite, nous comparerons les résultats obtenus avec les tables construites lors de la dernière étude. Nous finirons par évaluer leur impact dans le calcul de la prime pure et la constitution de provisions pour risque croissant.

## Chapitre 3

# Validation des tables d'expérience

### 3.1 Robustesse des tables d'expérience

Afin de vérifier la sensibilité aux données des tables d'expérience que nous venons de construire, nous allons comparer les taux d'expérience obtenus en supprimant ou en ajoutant artificiellement des données. Le but est d'avoir le minimum de variations possibles. En effet, si la suppression d'une partie des données, environ 5%, entraîne un changement important dans nos taux d'entrée en dépendance ou de mortalité, cela signifie que la table est très sensible aux données et peu robuste. Dans les trois parties suivantes, la comparaison des taux pour les analyses de sensibilité sera toujours le rapport entre les taux obtenus avec toute l'expérience et les taux obtenus après déformation de l'expérience, par ajout ou suppression de données.

#### 3.1.1 Test de robustesse de la table d'incidence

Nous réalisons ce test sur la table d'incidence. Le tableau 3.1 représente le pourcentage de données supprimées ou ajoutées et le rapport entre les taux d'incidence obtenus avec les données complètes et avec un partie des données supprimées ou dupliquées. On remarque alors que la variation la plus importante intervient pour les âges les plus jeunes, ceci s'explique notamment par la faible expérience pour ces âges ou l'incidence est alors déjà très volatile. Pour les âges les plus avancés, où le risque de dépendance est important, la variation est très faible, tant chez les femmes que chez les hommes, et dans les cas de la suppression ou d'ajout de données.

Au vu des ces faibles variations tant pour la suppression que la duplication des données, nous pouvons conclure que la table d'incidence construite semble assez robuste.

#### 3.1.2 Test de robustesse de la table de mortalité

Nous effectuons ces même tests d'ajout et de suppression de données pour la mortalité de la population cotisante. Nous comparons les taux de mortalité d'expériences obtenus avec et sans comptabiliser une partie des sorties comme des décès. Les résultats sont présentés dans le tableau 3.2.

	Femmes				Hommes			
	% de données supprimées	Variation de l'incidence	% de données dupliquées	Variation de l'incidence	% de données supprimées	Variation de l'incidence	% de données dupliquées	Variation de l'incidence
45-49	15%	85%	0%	100%	19%	81%	0%	100%
50-54	15%	85%	4%	104%	18%	109%	3%	83%
55-59	12%	94%	6%	106%	11%	95%	5%	105%
60-64	11%	94%	6%	99%	9%	97%	5%	103%
65-69	9%	97%	6%	102%	6%	99%	4%	101%
70-74	7%	98%	6%	101%	4%	99%	4%	101%
75-79	7%	99%	6%	102%	3%	100%	4%	101%
80-84	6%	99%	7%	102%	3%	99%	4%	101%
85-89	5%	99%	7%	102%	2%	100%	4%	101%
90-94	5%	100%	7%	102%	1%	99%	4%	101%
95-99	2%	103%	7%	104%	0%	100%	2%	102%

TABLE 3.1: Tests de sensibilité de la table d'incidence

Age	Femmes						Hommes					
	% de données supprimées	Variation de la mortalité sans les incluses les sorties	Variation de la mortalité sans les incluant les sorties	% de données ajoutées	Variation de la mortalité sans les incluses les sorties	Variation de la mortalité sans les incluant les sorties	% de données supprimées	Variation de la mortalité sans les incluses les sorties	Variation de la mortalité sans les incluant les sorties	% de données ajoutées	Variation de la mortalité sans les incluses les sorties	Variation de la mortalité sans les incluant les sorties
50-54	5%	108%	104%	10%	110%	110%	2%	98%	98%	6%	103%	102%
55-59	5%	103%	102%	9%	109%	109%	2%	99%	99%	7%	103%	103%
60-64	5%	98%	98%	9%	102%	103%	3%	99%	99%	7%	103%	103%
65-69	6%	101%	100%	8%	104%	105%	4%	101%	101%	7%	103%	102%
70-74	8%	102%	101%	6%	104%	105%	6%	99%	99%	6%	101%	101%
75-79	8%	100%	99%	6%	102%	103%	6%	99%	99%	5%	102%	102%
80-84	11%	99%	98%	3%	100%	100%	9%	100%	100%	3%	99%	99%
85-89	20%	106%	104%	1%	100%	100%	17%	97%	97%	1%	100%	100%
90-94	47%	113%	112%	0%	100%	100%	47%	100%	102%	0%	100%	100%

TABLE 3.2: Tests de sensibilité de mortalité de la population cotisante

On remarque alors que pour les âges de 60 à 85 ans, ceux pour lesquels l'exposition est la plus importante, les taux de mortalité avec ou sans ajout d'une partie des sorties reste très stable pour les femmes et les hommes. Ces taux connaissent une variation plus importante au-delà de 85 ans pour la suppression d'une partie des données. Cependant notre suppression des données sur ces âges est trop importante, avec notamment une réduction de presque 50% des données disponibles. Cet effet ajouté au fait que l'exposition est plus faible pour ces âges, explique alors la volatilité des taux de mortalité chez les femmes.

### 3.1.3 Test de robustesse de la table de mortalité des dépendants

Enfin nous réalisons un dernier test de sensibilité pour la mortalité des dépendants dont les résultats sont présentés dans le tableau 3.3. Le pourcentage de données supprimées ou ajoutées a été calculé par rapport à l'exposition disponible lors de l'entrée en dépendance. Les taux de mortalité ont été comparés sur les 5 premières années de dépendance. On constate alors un variation des taux de mortalité autour de 5% sur les plus de 90 ans. Cela peut notamment s'expliquer par la forte proportion de données supprimées, plus de 30%.

Age	% de données supprimées	Variation des taux de mortalité en fonction de la durée de la dépendance					% de données ajoutées	Variation des taux de mortalité en fonction de la durée de la dépendance				
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
		<b>Femmes</b>						<b>Femmes</b>				
60-69	6%	102%	103%	95%	99%	100%	6%	102%	99%	90%	100%	99%
70-79	9%	98%	99%	99%	97%	98%	5,2%	102%	98%	99%	100%	103%
80-89	14%	102%	99%	101%	100%	98%	4,8%	99%	100%	99%	99%	98%
90-99	33%	105%	105%	95%	100%	102%	5%	99%	101%	99%	100%	97%
		<b>Hommes</b>						<b>Hommes</b>				
60-69	4%	100%	96%	99%	113%	105%	4%	103%	95%	100%	105%	106%
70-79	9%	99%	98%	103%	99%	95%	3,8%	101%	100%	101%	98%	102%
80-89	13%	100%	100%	101%	102%	100%	3,1%	100%	99%	100%	99%	99%
90-99	32%	105%	94%	90%	107%	105%	2%	100%	100%	98%	99%	101%

TABLE 3.3: Tests de sensibilité de la mortalité des dépendants

On remarque cependant des résultats très satisfaisants sur la catégorie d'âge 80-89 ans, celle avec le plus d'exposition et servant aussi de référence dans le lissage. Malgré une suppression de plus de 10% de l'exposition, les taux de mortalité restent très stables pour les hommes et les femmes lors des cinq premières années de dépendance. Les résultats sont aussi satisfaisants avec une faible variation des taux de mortalité sur les 5 premières années. Ils le sont également pour les deux autres catégories d'âge, 60-69 ans et 70-79ans, et cela sur les cinq premières années de dépendance. Les résultats du test de sensibilité sur la mortalité des dépendants semblent satisfaisants.

## 3.2 Comparaison avec les tables d'expérience précédentes

Nous avons construit et validé les différentes tables d'expérience. Afin d'avoir une idée de l'impact que ces nouvelles tables pourraient avoir, nous allons les comparer aux dernières construites par Swiss Re. La dernière étude d'expérience a été effectuée en 2016 sur des données à fin 2015. Nous possédons donc 4 ans de données supplémentaires.

### 3.2.1 Comparaison de la table d'incidence

Le portefeuille ayant une maturité de 4 ans supplémentaires, une des attentes de cette étude était la consolidation de l'expérience grâce à l'augmentation de l'exposition et des sinistres, notamment sur les âges plus avancés. Le rapport des expositions par catégorie d'âge est représenté sur le tableau 3.4. Le tableau 3.5 représente l'évolution du nombre de sinistres depuis la dernière étude.

On remarque alors que l'expérience disponible a fortement augmenté pour les plus de 80 ans, tant en exposition qu'en nombre de sinistres. Cette exposition supplémentaire nous permet d'avoir une meilleure expérience pour le calcul des taux d'incidence.

Le rapport des taux d'incidence est représenté dans le tableau 3.6. On remarque alors une baisse globale de l'incidence de 10 à 15% pour les deux sexes. En pondérant ces baisses par le nombre de sinistres de chaque catégorie, nous obtenons alors une baisse de la sinistralité d'environ 13% pour les hommes et les femmes.

Age	Homme	Femme
45-49	149%	161%
50-54	135%	142%
55-59	125%	136%
60-64	126%	136%
65-69	135%	145%
70-74	133%	144%
75-79	146%	155%
80-84	187%	194%
85-89	344%	338%
90-94	465%	435%
95-99	1429%	1385%

TABLE 3.4: Augmentation de l'exposition entre les études de 2020 et 2016

Age	Homme	Femme
45-49		
50-54	133%	116%
55-59	104%	107%
60-64	115%	115%
65-69	121%	124%
70-74	120%	123%
75-79	130%	139%
80-84	162%	170%
85-89	286%	291%
90-94	358%	338%
95-99		

TABLE 3.5: Augmentation de la sinistralité entre les études de 2020 et 2016

Age	Homme	Femme
45-49		
50-54	99%	82%
55-59	83%	79%
60-64	92%	85%
65-69	90%	85%
70-74	90%	86%
75-79	89%	90%
80-84	87%	88%
85-89	83%	86%
90-94	77%	78%
95-99		

TABLE 3.6: Rapport entre les taux d'incidence 2020 et 2016

La figure 3.1 représente la courbe des taux d'incidence finale obtenue et celle de l'étude de 2016 respectivement pour les femmes et les hommes.

Cette baisse des taux peut notamment être la conséquence des changements de définition de la dépendance totale au cours de l'évolution des contrats. L'entrée en dépendance étant l'élément déclencheur du sinistre, une baisse des taux devrait alors correspondre à une baisse du nombre de sinistres attendus. Pour tous autres paramètres égaux, la baisse de l'incidence d'entrée en dépendance devrait alors améliorer la rentabilité des produits.

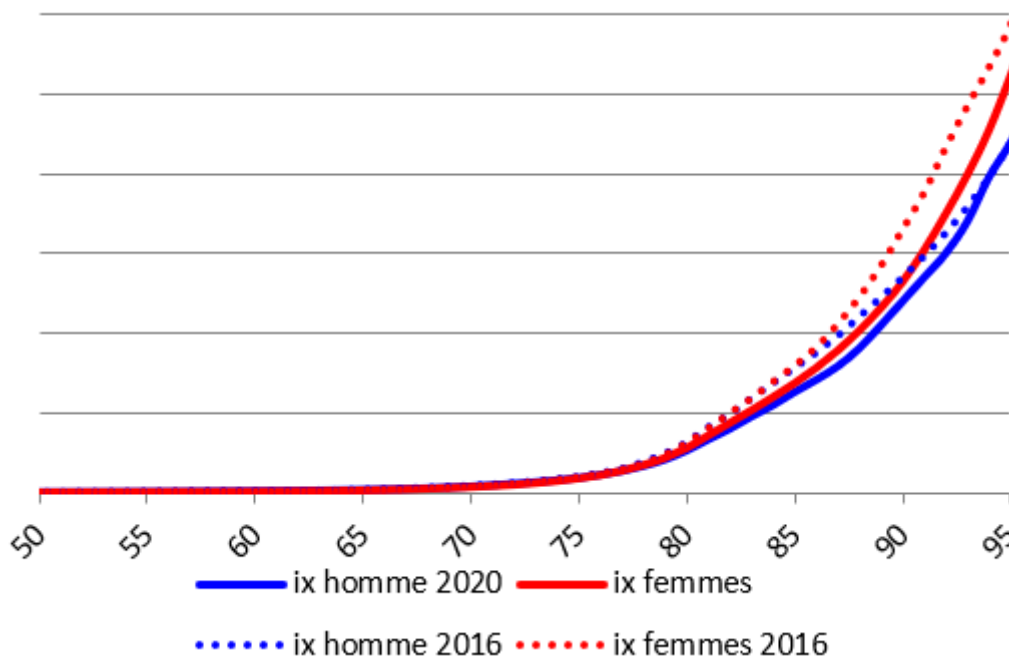


FIGURE 3.1: Comparaison des taux d'incidence lissés des hommes et des femmes

### 3.2.2 Mortalité des cotisants

Pour le cas de la mortalité des cotisants, les variations des taux d'expériences entre l'étude de 2016 et 2020 sont assez faibles. Le tableau 3.7 illustre ces variations.

	Homme		Femme	
	2020 vs 2016 sans les sorties	2020 vs 2016 avec les sorties	2020 vs 2016 sans les sorties	2020 vs 2016 avec les sorties
50-54	100%	98%	99%	99%
55-59	99%	99%	99%	99%
60-64	101%	101%	104%	103%
65-69	98%	98%	103%	101%
70-74	97%	97%	103%	101%
75-79	98%	98%	103%	101%
80-84	106%	105%	107%	105%
85-89	100%	99%	106%	104%

TABLE 3.7: Rapport entre la mortalité d'expérience calculé en 2020 et en 2016

Par conséquent, avec notre manière de construire la table de mortalité, les taux de mortalité choisis pour chaque catégorie d'âge sont identiques jusqu'à un certain âge. Il s'avère que les âges centraux sont aussi identiques pour chacune des catégories d'âge. La table de mortalité obtenue est donc identique à celle obtenue en 2016 pour les âges les plus jeunes. Pour les âges les plus avancés, le gain d'expérience nous permet d'avoir une fiabilité plus importante. La mortalité semble plus importante que prévue pour ces âges avancés. Ce décalage de mortalité est observable sur la figure 3.2.

Une mortalité plus importante pour les âges avancés devrait avoir pour répercussion une augmentation du nombre de décès sans passage en rente. En conséquence ceci aura pour effet d'augmenter la profitabilité du contrat.

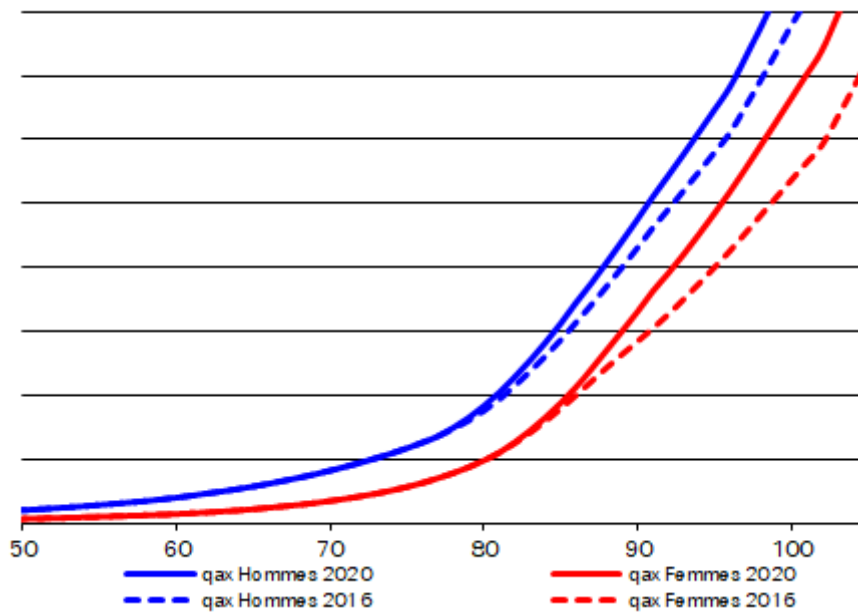


FIGURE 3.2: Courbe de la mortalité lissée en 2020 et 2016

### 3.2.3 Mortalité des dépendants

Comme indiqué précédemment, les quatre années de données supplémentaires ont permis d'avoir plus de sinistres à étudier. Ces augmentations nous permettent d'avoir plus d'exposition pour la mortalité des dépendants en fonction de l'âge d'entrée en dépendance mais aussi sur la durée de la dépendance. Ces gains d'exposition sont illustrés dans le tableau 3.3 pour les 5 premières années de dépendance.

	duration of dependence						duration of dependence				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
	<b>Females</b>						<b>Males</b>				
40-59	118%	111%	107%	107%	108%		106%	110%	108%	110%	107%
60-69	115%	122%	125%	128%	128%		116%	111%	109%	108%	107%
70-79	129%	134%	137%	139%	142%		123%	125%	129%	131%	129%
90-89	202%	218%	235%	246%	257%		192%	203%	215%	237%	235%
90-99	425%	474%	490%	529%	606%		435%	426%	440%	496%	400%
All	190%	198%	202%	201%	200%		174%	175%	175%	177%	167%

FIGURE 3.3: Augmentation de l'exposition disponible entre l'étude de 2020 et de 2016

Les figures 3.4 et 3.5 permettent de comparer la mortalité des dépendants obtenue lors de la dernière étude, en pointillés sur les graphes, et la mortalité obtenue dans notre étude avec ce gain d'expérience. Nous constatons alors une baisse de la mortalité pour les femmes entrant en dépendance après 90 ans. Dans tous les autres, cas la mortalité a légèrement augmenté lors des premières années de dépendance.

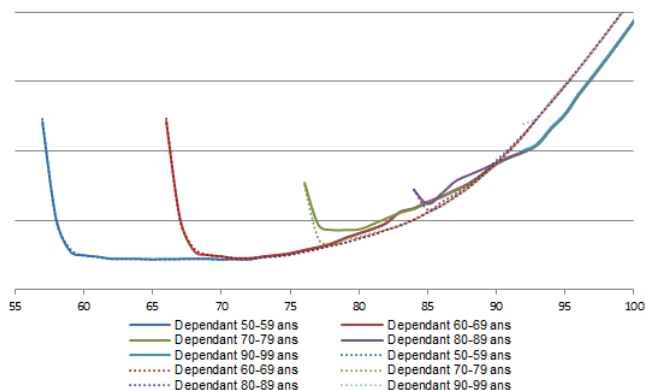


FIGURE 3.4: Mortalité des femmes dépendantes en fonction de l'âge d'entrée en dépendance

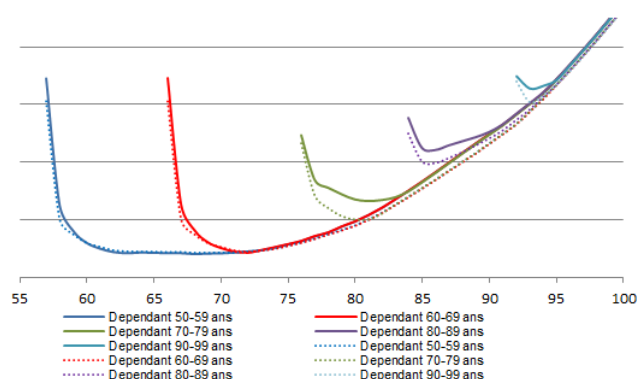


FIGURE 3.5: Mortalité des hommes en fonction de l'âge d'entrée en dépendance

Cette hausse globale de la mortalité se traduit par une baisse de l'espérance de vie en dépendance hormis pour les femmes, dont la dépendance survient à un âge avancé. La hausse de mortalité des premières années aura tendance à diminuer l'espérance de vie en dépendance. Au contraire, la mortalité plus faible chez les femmes pour les âges avancés, entraîne un allongement de l'espérance de vie en dépendance. Le tableau 3.8 illustre la variation de l'espérance de vie en dépendance calculée avec la table de mortalité que nous avons construite et la table construite en 2016. La dernière colonne du tableau représente le rapport entre l'espérance de vie en dépendance pour les femmes et les hommes. On remarque alors que ce rapport augmente avec l'âge d'entrée en dépendance.

Âge	Femme	Hommes	F/H
50-59	100%	94%	117%
60-69	99%	93%	120%
70-79	92%	88%	139%
80-89	99%	90%	154%
90-99	115%	98%	146%

TABLE 3.8: Variation de l'espérance de vie en dépendance (2020/2016)

Au vu de ses résultats, l'espérance de vie des dépendants diminuant globalement, ceci signifie alors que le nombre de rentes versées à un assuré en dépendance sera plus faible que prévu. Pour tous autres paramètres égaux, ceci devrait conduire à une amélioration de la rentabilité des produits. D'un point de vue plus macro, l'âge moyen d'entrée en dépendance de notre portefeuille est de 82 ans. L'espérance de vie pour une entrée en dépendance à 82 ans est passée de 3,20 à 3,14 ans pour les hommes et de 4,55 à 4,45 ans pour les femmes.



### 3.3 Calcul des primes pures et des PRC

#### 3.3.1 Etude de la variation de la prime pure

Dans cette partie, nous allons étudier la variation de la prime pure, calculée à l'aide de l'outil de tarification de Swiss RE, lors de l'introduction des tables que nous venons de construire. A chaque étape un nouveau paramètre sera introduit.

Nous commencerons par la prime pure appliquée par une cédante dans ses tarifs au lancement du produit. Pour la deuxième étape, nous utiliserons les paramètres biométriques de 2016 tout en conservant le taux technique utilisé lors du lancement du produit. La troisième utilisera un taux technique applicable en 2016. Pour les trois suivantes, les étapes 4,5 et 6, nous conserverons le même taux technique mais changerons respectivement pour chaque étape la table de mortalité des cotisants, puis la table d'incidence et enfin la table de mortalité de la population dépendante. La dernière de ces 3 étapes utilisera toutes les nouvelles tables construites dans ce mémoire.

Le choix de l'introduction des tables dans cet ordre s'explique par l'évolution de l'état théorique d'un assuré. Il est dans un premier temps cotisant et soumis au risque de dépendance, puis en cas de dépendance il devient rentier.

Enfin, pour la septième et dernière étape, nous utiliserons un taux technique nul. Ce choix a été réalisé en fonction des taux techniques applicables en 2020<sup>(1)</sup>. Nous ajouterons aussi dans ces étapes les primes pures appliquées par la cédante en 2016 et 2020.

L'outil de tarification de Swiss RE nous permet de simuler la vie d'un contrat. Le tableau 3.9 représente le volume de primes perçues tout au long du contrat. La dernière colonne représente le nombre de personnes en dépendance totale pour 10 000 assurés.

Paramètres utilisés	Montant des primes perçues pour une population cible	Ecart relatif	Nombre de dépendants (pour 10 000 assurés)
<i>Etape 1 : Tables de 2016 Taux Tech 0,5%</i>	47 540 k€		1620
<i>Etape 2 : Mortalité des actifs 2020, incidence et mortalité des dépendants 2016, Taux Tech =0,5%</i>	46 220 k€	- 1 320 k€ (-3%)	1550 (-4%)
<i>Etape 3 : Mortalité des actifs et incidence 2020, mortalité des dépendants 2016 Taux Tech =0,5%</i>	41 658 k€	- 4 561 k€ (-10%)	1420 (-8%)
<i>Etape 4 : Tables de 2020 Taux Tech =0,5%</i>	39 843 k€	- 1 815 k€ (-4%)	1420
<i>Etape 5 : Tables de 2020 Taux Tech =0%</i>	45 654 k€	+ 5 810 k€ (+15%)	1420

TABLE 3.9: Variation de la prime pure par âge

<sup>(1)</sup>D'après les calculs et projections de spac actuaire

Nous pouvons remarquer que lors de chaque étape le volume de primes perçues diminue. Cette baisse correspond à une baisse de la prime pure. Le tableau 3.9 illustre les variations de primes pures entre chaque étape en fonction de l'âge. Le tableau A.1, présent en annexe, reprend ces variations en ajoutant dans la comparaison les primes pures de la cédante.

L'impact dans la baisse de la prime pure et du volume de primes perçues est le plus conséquent lors de l'introduction de la table d'incidence. C'est aussi lors de cette étape que le nombre de dépendants pour 10 000 assurés diminue le plus fortement.

Nous constatons aussi une baisse du nombre de dépendants lors de l'introduction de la nouvelle table de mortalité des cotisants. Cette baisse s'explique par l'augmentation de la mortalité sur les âges avancés. Un plus grand nombre d'assurés décèdent sans être devenus dépendant.

L'ajout de la table de mortalité des dépendants permet une baisse de la prime pure. Nous pouvons en déduire que la hausse de la surmortalité lors de l'entrée en dépendance a un impact quantitatif plus important que la baisse de mortalité à un âge avancé pour les femmes dépendantes.

La figure 3.6 représente l'évolution de la prime pure en fonction de l'âge lors des différentes étapes présentes dans le tableau 3.3. Le terme  $qax$  désigne la mortalité des cotisants,  $ix$  désigne l'incidence et  $qix$  la mortalité de la population dépendante. Ainsi,  $qax$  et  $ix$  2020 signifie que la table de mortalité des cotisants et celle des taux d'entrée en dépendance de 2020 ont été utilisées. Une représentation des primes pures avec les primes appliquées par la cédante sont disponibles en annexe sur la figure A.1.

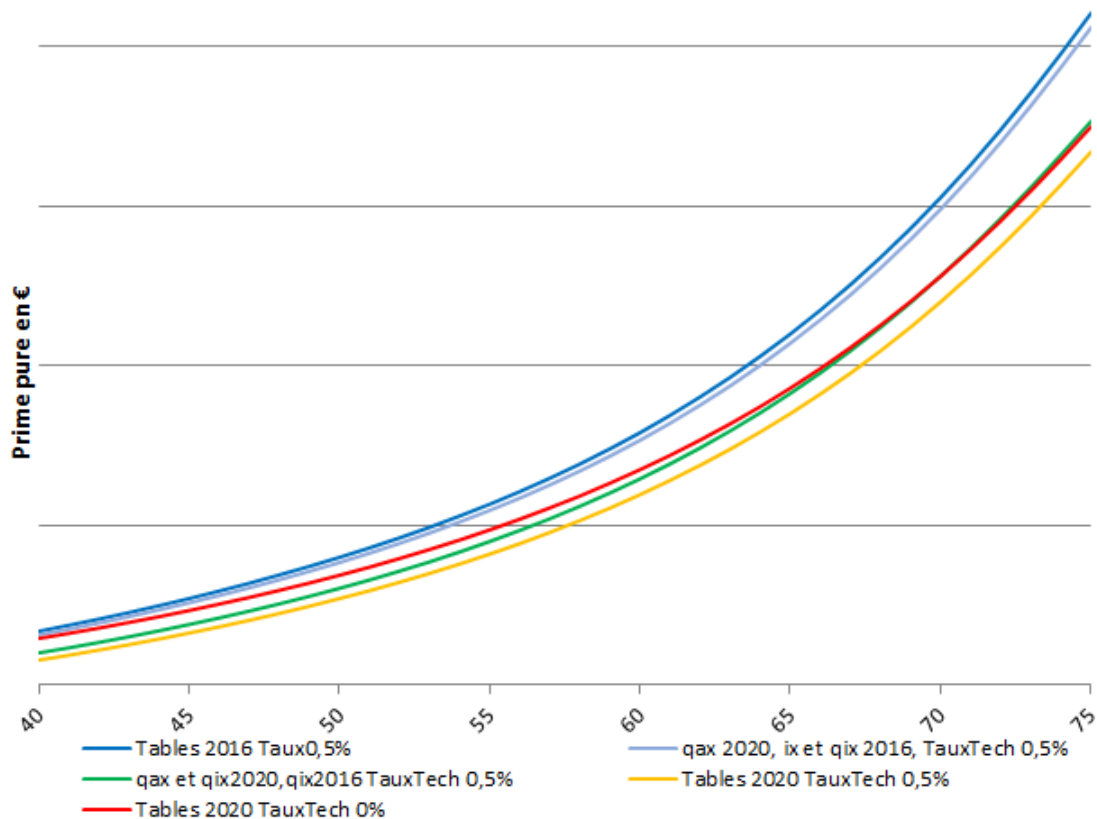


FIGURE 3.6: Primes pures en fonction de l'âge à la souscription, en euro

### 3.3.2 Calcul de provisions pour risque croissant

Après avoir utilisé les tables construites pour le calcul des primes pures, nous les utilisons pour calculer le volume de provisions pour risque croissant (PRC) nécessaire sur la vie d'un produit. Les provisions pour risque croissant ont pour objectif de couvrir les risques pour lesquels il existe un décalage entre les tarifs et le coût du risque. Les PRC sont définis par l'alinéa 5 de l'article R343-7 du code des assurances par des provisions pouvant être exigées pour les opérations d'assurance contre les risques de maladie et d'invalidité et égale à la différence des valeurs actuelles des engagements respectivement pris par l'assureur et par les assurés. Ce même article définit à l'alinéa 1 les provisions mathématiques de rente. Cette provision intervient aussi dans le cadre de l'assurance dépendance, elle est constituée pour provisionner le montant future de rente à verser à un assuré dépendant.

Les provisions pour risque croissant sont égales à la différence entre l'engagement de l'assureur et l'engagement de l'assuré. Nous utilisons les cashflows de primes et de sinistres de la simulation de l'outil de tarification Swiss RE pour calculer les provisions pour risque croissant au début de chaque année.

Par conséquent, les provisions pour risque croissant sont la différence entre la somme des sinistres futurs à payer et la somme des primes futures à encaisser. Ainsi, si  $Primes^k$ ,  $Sin^k$  et  $PRC^k$  représentent respectivement le montant des primes, des sinistres et de PRC de la k-ème année, nous avons :

$$PRC^k = \sum_{i=k+1}^{\infty} Sin^i - \sum_{i=k+1}^{\infty} Primes^i \quad (3.1)$$

Nous effectuons les mêmes changements dans les paramètres utilisés que pour les calculs de prime pure. Le volume de provisions nécessaire sera calculé en appliquant la prime pure payée par le client. Nous utilisons la prime pure payée en 2016, que nous remplacerons dans la dernière étape par celle payée en 2020.

Les simulations étant effectuées avec une hypothèse de sortie, les PRC peuvent être négatives sur les premières années de contrat. La constitution de provisions négatives n'étant pas autorisée, celles-ci ne sont pas prises en compte dans le volume de PRC nécessaire. Celui-ci représente la somme des PRC positives.

Le tableau 3.10 représente la variation du volume de PRC nécessaire en fonctions des paramètres biométriques, du taux technique et du tarif utilisé. Le tableau A.2 présent en annexe, plus complet, illustre la variation à partir du lancement du produit.

Nous remarquons que comme pour la prime pure, l'introduction de la nouvelle table d'incidence est le paramètre qui permet la plus grosse baisse du volume de PRC nécessaire. De la même manière que pour la prime pure, les introductions des tables de mortalité, des cotisants et de la population dépendante, permettent aussi une baisse du volume de PRC nécessaire.

L'introduction d'un taux technique nul a pour conséquence de faire gonfler le volume de PRC nécessaire. Quantitativement cette hausse est similaire à la baisse constatée lors de l'introduction de la table de mortalité des dépendants. Cette hausse correspond à un cinquième de la baisse due aux nouveaux paramètres biométriques.

La hausse de tarif réalisée en 2020 permet de compenser le gonflement des PRC dû à la baisse de taux.

Paramètres utilisés	Montant total de PRC sur la vie du contrat	Ecart relatif
Etape 1 : Tables 2016 Taux Tech 0,5% Tarif Client 2016	235 703 k€	
Etape 2 : Mortalité des actifs 2020, incidence et mortalité des dépendants 2016, Taux Tech =0,5% Tarif client 2016	223 403 k€	- 12 300 k€ (-5 %)
Etape 3 : Mortalité des actifs et incidence 2020, mortalité des dépendants 2016 Taux Tech =0,5% Tarif Client 2016	179 743 k€	- 43 660 k€ (-20%)
Etape 4 : Tables 2020 Taux Tech =0,5% Tarif Client 2016	165 570 k€	- 14 173 k€ (-8%)
Etape 5 : Tables 2020 Taux Tech =0% Tarif Client 2016	179 603 k€	+ 14 033 k€ (+8%)
Etape 6 : Tables 2020 Taux Tech =0% Tarif Client 2020	154 903 k€	- 24 700 k€(-14%)

TABLE 3.10: Volume de PRC nécessaire sur la vie d'un contrat

La figure 3.7 représente le volume de PRC nécessaire en fonction de la durée écoulée depuis le lancement du contrat.

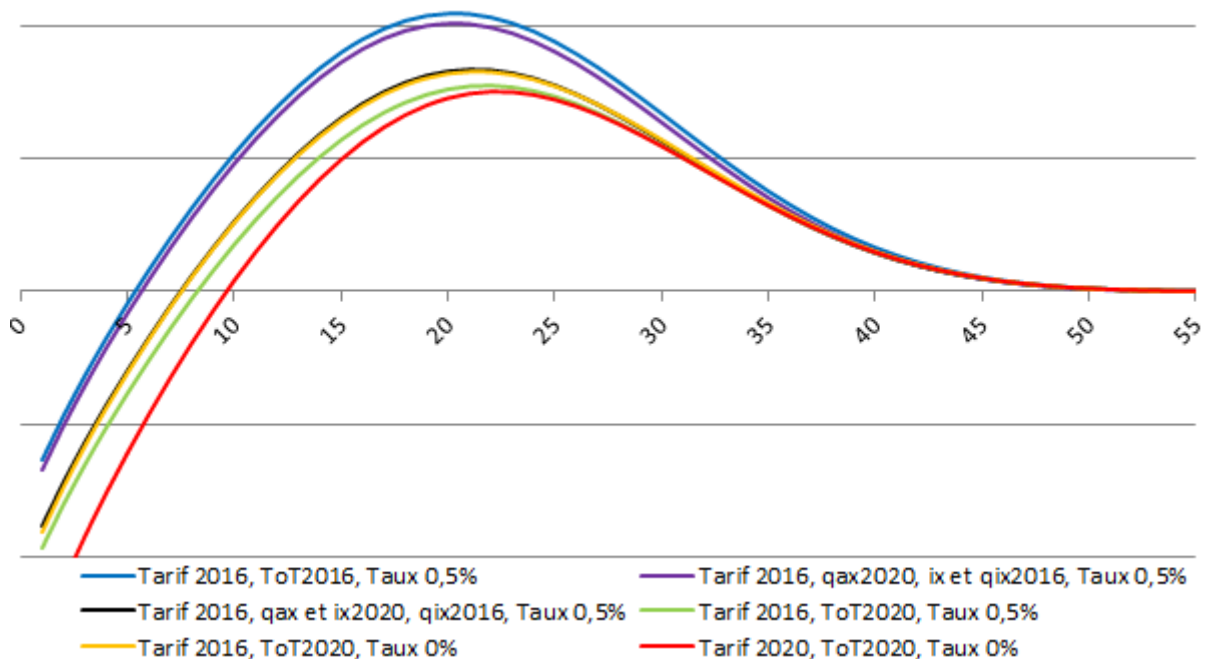


FIGURE 3.7: Évolution du volume de PRC nécessaire en fonction de la durée écoulée dans le contrat

Les sorties étant prises en compte dans la simulation, elles sont une des raisons de la présence de PRC négatives. Nous utilisons aussi la prime pure appliquée par la cédante pour les simulations, celles-ci sont supérieures aux primes pures théoriques obtenues pour chaque étape. L'engagement de l'assuré est alors supérieur à l'engagement de l'assureur.

# Conclusion

L'amélioration de la compréhension et de l'appréhension du risque lié à la dépendance est primordiale au vu des projections démographiques pour les 40 prochaines années. Le nombre et la proportion de personnes âgées devraient sensiblement augmenter selon les projections de l'INSEE et de la DRESS.

Le nombre de dépendants devrait connaître une augmentation de 50 à 100% selon les scénarii les plus optimistes et pessimistes. La mise à jour des tables d'expérience réalisées dans ce mémoire s'inscrit dans cette optique. De plus, l'arrivée à une maturité avancée des premiers produits d'assurance dépendance commercialisés permet d'obtenir une forte augmentation de l'expérience sur les âges les plus avancés.

Notre mise à jour de la table d'incidence a notamment permis de constater une baisse importante des taux d'entrée en dépendance de presque 15% par rapport à la dernière étude réalisée en 2016. Cette baisse est similaire pour les hommes et les femmes. Cette baisse des taux d'entrée devrait se traduire par un nombre de dépendants inférieur à celui attendu.

En ce qui concerne la mortalité de la population cotisante ou non totalement dépendante, les variations sont très faibles dans les taux d'expérience. Les taux de mortalité des cotisants sont similaires avant 80 ans. Après 80 ans, ceux-ci sont légèrement plus importants que ceux anticipés lors de la dernière étude.

Enfin la mortalité de la population dépendante semble avoir légèrement augmenté. Cette hausse de la mortalité est présente pour tous les âges d'entrée en dépendance lors des premières années de dépendance hormis pour les femmes entrant en dépendance après 90 ans. Ces résultats sont d'autant plus crédibles au vu de l'augmentation de l'expérience disponible de presque 100%.

L'intégration de ces nouvelles tables permet une baisse de la prime pure. Le volume de PRC nécessaire diminue aussi avec l'intégration de chaque nouveau paramètre biométrique. La baisse induite par le changement des paramètres biométriques permet de compenser la hausse due à la baisse du taux technique utilisé.

Ce travail de mise à jour des bases techniques devra être réalisé de nouveau dans les prochaines années, en raison, notamment, de l'évolution démographique et aussi pour bénéficier de l'arrivée croissante de données.

Ce travail comprend aussi de nombreuses pistes d'amélioration. L'incidence et la mortalité de la population pourraient directement être calculées par âge avec l'expérience à venir des prochaines années. La sinistralité pourrait être calculé en fonction de la cause d'entrée en dépendance.

Les données des prochaines années pourraient aussi permettre de réaliser un travail similaire sur la dépendance partielle.

# Bibliographie

- BIESSY, G. (2013). Construction d'un modèle multi-états semi-markovien dans le contexte de l'assurance dépendance. *Institut des Actuaire-Scor Global Life*.
- DESRUENNES, M. (2015). Construction de lois d'expérience et pilotage d'un portefeuille de contrats dépendance individuelle.
- DRESS (2017). Personnes âgées dépendantes : les dépenses de prise en charge pourraient doubler en part de PIB d'ici à 2060. URL : <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/sites/default/files/er1032.pdf> (visité le 06/07/2020).
- INAMI. Grille de Katz. URL : [https://www.riziv.fgov.be/SiteCollectionDocuments/formulaire\\_infirmiers\\_echelle\\_evaluation.pdf](https://www.riziv.fgov.be/SiteCollectionDocuments/formulaire_infirmiers_echelle_evaluation.pdf) (visité le 06/03/2021).
- LIBAULT, D. (2019). Concertation Grand âge et autonomie. URL : [https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/rapport\\_grand\\_age\\_autonomie.pdf](https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_grand_age_autonomie.pdf) (visité le 06/03/2021).
- SERVICES-PUBLIC (2020a). Allocation personnalisée d'autonomie (Apa). URL : <https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F10009> (visité le 06/03/2021).
- SERVICES-PUBLIC (2020b). La grille Aggir. URL : <https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F1229> (visité le 06/03/2021).

**Annexe A**

**Annexes**

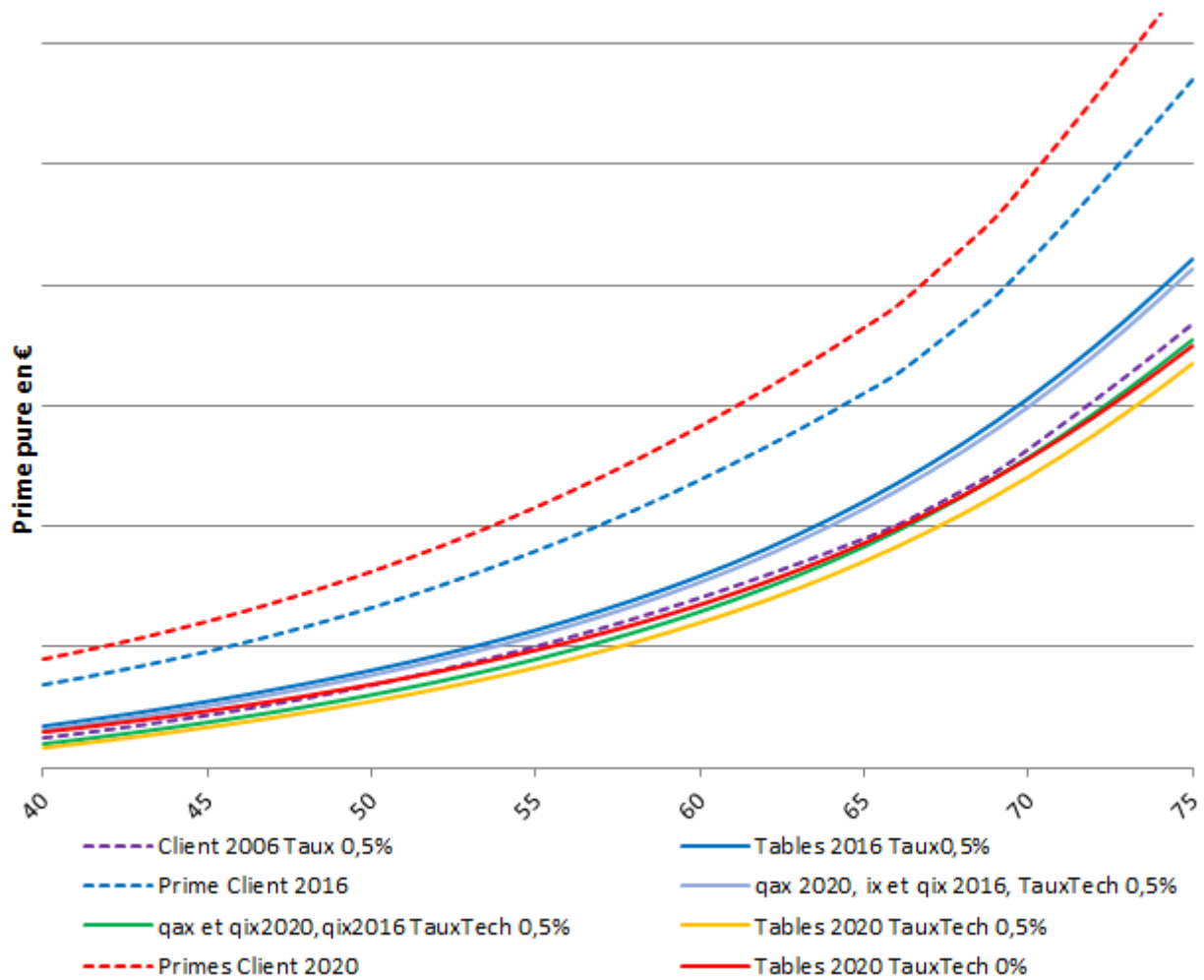


FIGURE A.1: Evolution de la prime pure en fonction de l'âge à la souscription



Age	Primes étape 1 vs Primes lancement	Primes étapes 2 vs primes etape 1	Primes client 2016 vs primes etape 2	Primes étapes 3 vs primes client 2016	Primes étapes 4 vs primes etape 3	Primes étapes 5 vs primes etape 4	Primes Client 2020 vs primes etape 5	Primes etapes 6 vs primes client 2020
40	63%	173%	133%	74%	89%	95%	181%	63%
41	64%	171%	133%	74%	89%	95%	181%	63%
42	65%	169%	133%	74%	89%	95%	182%	63%
43	66%	166%	133%	74%	89%	95%	182%	62%
44	67%	164%	133%	74%	89%	95%	182%	62%
45	68%	162%	133%	74%	89%	95%	182%	62%
46	68%	160%	133%	74%	89%	95%	182%	62%
47	69%	158%	133%	73%	89%	95%	182%	61%
48	70%	156%	133%	73%	89%	95%	183%	61%
49	71%	154%	134%	73%	89%	95%	183%	61%
50	71%	152%	134%	73%	89%	95%	183%	60%
51	72%	150%	134%	73%	89%	95%	184%	60%
52	73%	149%	135%	73%	89%	95%	184%	60%
53	73%	147%	135%	73%	89%	95%	184%	60%
54	74%	145%	135%	72%	89%	95%	185%	59%
55	75%	143%	135%	72%	89%	95%	185%	59%
56	76%	142%	135%	72%	89%	95%	185%	59%
57	77%	140%	135%	72%	89%	95%	185%	59%
58	78%	138%	135%	73%	89%	95%	185%	59%
59	79%	137%	135%	73%	89%	95%	184%	59%
60	80%	135%	134%	73%	89%	95%	184%	59%
61	81%	133%	134%	73%	89%	95%	183%	59%
62	83%	132%	133%	74%	89%	95%	182%	59%
63	84%	130%	132%	74%	89%	95%	181%	59%
64	86%	129%	132%	75%	89%	95%	180%	59%
65	87%	127%	131%	75%	89%	95%	179%	59%
66	89%	126%	129%	76%	89%	95%	178%	60%
67	90%	125%	129%	76%	89%	95%	178%	60%
68	91%	123%	129%	76%	89%	95%	178%	59%
69	93%	122%	129%	76%	89%	95%	177%	59%
70	93%	121%	130%	76%	89%	95%	178%	59%
71	94%	120%	130%	75%	89%	95%	179%	58%
72	94%	118%	130%	75%	89%	95%	180%	58%
73	95%	117%	130%	75%	88%	95%	180%	58%
74	96%	116%	130%	76%	88%	95%	180%	58%
75	97%	115%	130%	76%	88%	95%	179%	58%

TABLE A.1: Variation de la prime pure par âge entre les différentes étapes

Parametres biometriques, taux technique et tarif utilisé		Montant de PRC nécessaires sur la vie d'un contrat	Ecart relatif
Primes	Client 2006	388 282 k€	
Taux Tech	2,50%		
Sortie	Incluse		
Mortalité actifs	Table d'origine		
Incidence			
Mortalité dépendants			
Primes	Client 2006	233 483 k€	-151 800 k€ (-39%)
Taux Tech	2,50%		
Sortie	Incluse		
Mortalité actifs	ToT2016		
Incidence			
Mortalité dépendants			
Primes	Client 2006	325 018 k€	+91 535 k€ (+40%)
Taux Tech	0,50%		
Sortie	Incluse		
Mortalité actifs	ToT2016		
Incidence			
Mortalité dépendants			
Primes	Client 2016	235 403 k€	-89 315 k€ (-27%)
Taux Tech	0,50%		
Sortie	Incluse		
Mortalité actifs	ToT2016		
Incidence			
Mortalité dépendants			
Primes	Client 2016	223 403 k€	- 12 300 k€ (-5 %)
Taux Tech	0,50%		
Sortie	Incluse		
Mortalité actifs	ToT2020		
Incidence	ToT2016		
Mortalité dépendants	ToT2016		
Primes	Client 2016	179 743 k€	- 43 660 k€ (-20%)
Taux Tech	0,50%		
Sortie	Incluse		
Mortalité actifs	ToT2020		
Incidence	ToT2020		
Mortalité dépendants	ToT2016		
Primes	Client 2016	165 570 k€	- 14 173 k€ (-8%)
Taux Tech	0,50%		
Sortie	Incluse		
Mortalité actifs	ToT2020		
Incidence	ToT2020		
Mortalité dépendants	ToT2020		
Primes	Client 2016	179 603 k€	+ 14 033 k€ (+8%)
Taux Tech	0,00%		
Sortie	Incluse		
Mortalité actifs	ToT2020		
Incidence			
Mortalité dépendants			
Primes	Client 2020	154 903 k€	- 24 700 k€(-14%)
Taux Tech	0,00%		
Sortie	Incluse		
Mortalité actifs	ToT2020		
Incidence			
Mortalité dépendants			

TABLE A.2: Evolution du volume de PRC nécessaire sur la vie d'un contrat