

**Mémoire d'actuariat présenté pour l'obtention du :**  
**Master Science de gestion, finances de marché**  
**Spécialité « Actuariat » du CNAM**

et l'admission à l'Institut des Actuares

**Mémoire soutenu le 10 février 2021**

**Par Nadia EL MAYMOUNI**

# Modélisation du risque dépendance

Confidentialité :  NON  OUI (Durée :  1 an  2 ans)

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

## Jury :

**Président :** Sandrine LEMERY

**Directeur de mémoire :**


Jacqueline BARBU

## Membre de l'Institut des Actuares :

Edith BOCQUAIRE  
Adeline GERARD  
François-Xavier NEGRI  
Florence PICARD

**Responsable entreprise**


Frédéric HEINRICH



## Membre du jury du CNAM :

Olivier DESMETTRE  
David FAURE  
François WEISS

Nadia EL MAYMOUNI



## RESUME

En France, l'espérance de vie n'a cessé de progresser depuis les Trente Glorieuses. Selon l'Institut National d'Etudes Démographiques, l'espérance de vie de la génération 2014 est évaluée à 85,4 ans pour une fille et 79,3 pour un garçon. Ce vieillissement de la population française conduira inévitablement à un accroissement du nombre de personnes dépendantes.

Par conséquent, le risque dépendance aura une importance croissante au fil des années. Toutefois, les assureurs ne sont toujours pas en mesure de le maîtriser en raison du manque de profondeur de leurs bases de données et de la complexité potentielle de la modélisation de ce risque. Afin d'optimiser leurs résultats futurs, les assureurs devront alors appréhender ce risque long et évaluer au mieux la sinistralité des assurés par le calcul des probabilités de survenance, des différents coûts engendrés et de l'évolution de ce risque.

Ce mémoire a pour objet d'étudier le risque dépendance tel qu'il existe au sein de PROBTP, pour les assurés ayant souscrit au contrat « Complément Dépendance BTP » ou au contrat « Frais Médicaux Individuels des Retraités », qui inclut également une garantie dépendance.

L'étude réalisée débute par une analyse statistique descriptive des observations du passé, puis par une estimation des taux qui caractérisent le risque dépendance (taux de décès, d'incidence, de survie, de maintien en dépendance) par une modélisation non paramétrique qui utilise l'estimateur de Kaplan-Meier. On évalue ensuite l'impact de ces taux sur le tarif et les provisions en normes comptables. Pour terminer, on aborde le risque dépendance sous Solvabilité II, afin de mesurer les enjeux de celui-ci dans l'environnement réglementaire actuel.

**Mots Clés** : Dépendance, taux d'incidence, taux de décès, taux de survie, Kaplan-Meier, Provisions pour Risques Croissants, Provision Mathématique, Solvabilité II, SCR

## ABSTRACT

In France, life expectancy has steadily increased since the « Trente Glorieuses » (« Glorious Thirty »). According to the National Institute of Demographic Studies, the estimation of life expectancy for the generation of 2014 is forecasted at 85.4 years for female and 79.3 for male. This aging population of France will ultimately drive an increase in the number of dependent people.

As a result, dependency risk will grow in importance over the years. However, insurance companies are not yet equipped to manage this risk due to a lack of sufficient datasets and the difficulties of modeling the complexity of such risk. Nevertheless, the understanding of this long-term risk as well as a better estimation of the claims records, the likelihood of occurrence, various associated costs and the evolution of this particular risk will enable insurance companies to optimize their future results.

The purpose of this academic work is to study the dependency risk as it occurs within PROBTP for the policyholders covered under the «Complément Dépendance BTP» and «Frais Médicaux Individuels des Retraités» contracts. The latest policy includes a dependency guarantee in its terms.

The study starts with a descriptive analysis of past data. It will then continue by estimating the various rates that characterize the risk of dependency (mortality, occurrence, survival, long-term care) using nonparametric methods that employ the Kaplan-Meier estimator. Next, this study will assess the impact of these rates on the pricing and reserves of the above policies under current accounting standards. Finally, the risk will be analyzed under Solvency II in order to critically evaluate the issues that arise in today's regulatory environment.

**Keywords:** Dependency, incidence rate, mortality rate, survival rate, Kaplan Meier, “Crescent risk” Provision, Mathematical Provision, Solvency II, SCR

## SOMMAIRE

RESUME.....	2
ABSTRACT .....	3
SOMMAIRE .....	4
REMERCIEMENTS .....	7
INTRODUCTION.....	8
PARTIE I : PRESENTATION DE L'ASSURANCE DEPENDANCE .....	9
1. Présentation du risque dépendance.....	10
1.1. Evolution démographique .....	10
1.2. Définition de la notion de dépendance .....	11
1.3. Dépendance en Europe.....	11
1.4. Dépendance en France.....	12
1.4.1. Grilles d'évaluation de la dépendance.....	12
1.4.2. Prise en charge des pouvoirs publics.....	14
1.4.3. Chiffres clés.....	15
1.4.4. Offres des assureurs.....	15
1.4.5. L'offre du Groupe PROBTP .....	17
2. Présentation du contrat « Complément Dépendance BTP ».....	17
2.1. Les généralités du contrat.....	18
2.1.1. Les garanties.....	18
2.1.2. Les cotisations .....	19
2.1.3. Modification de la cotisation.....	19
2.1.4. Le versement de la rente.....	20
2.1.5. Provision pour participation aux excédents.....	20
2.1.6. Provision pour égalisation .....	20
2.1.7. Réassurance .....	20
2.2. Statistiques du portefeuille .....	21
2.2.1. Le stock de contrats.....	21
2.2.2. Les dépendants .....	24
3. Présentation du contrat « Frais Médicaux Individuels des Retraités ».....	25
3.1. La garantie dépendance .....	25
3.2. Statistiques de la garantie dépendance .....	25
PARTIE II : ANALYSE ET MODELISATION DU RISQUE DEPENDANCE .....	30
1. Approche théorique des tables d'expérience.....	31

1.1.	Les lois de la dépendance .....	31
1.2.	Les états de la dépendance .....	32
1.3.	Eléments théoriques de l'estimateur.....	34
1.3.1.	Troncatures et censures .....	35
1.3.2.	Estimateur de survie de Kaplan-Meier .....	35
1.3.3.	Caractéristiques de l'estimateur .....	36
1.4.	Lissage des taux bruts.....	38
1.5.	Raccordement aux âges extrêmes.....	39
2.	Comparaison de la sinistralité observée et attendue sur le contrat « Complément Dépendance BTP ».....	41
2.1.	Décès des valides.....	41
2.2.	Taux d'incidences de dépendance .....	42
2.3.	Maintien en dépendance .....	44
3.	Construction des tables d'expérience des valides .....	45
3.1.	Analyse des données .....	45
3.1.1.	Description des données .....	45
3.1.2.	Traitements effectués .....	46
3.2.	Lois de mortalité des valides .....	48
3.2.1.	Loi de mortalité des valides toutes couvertures confondues .....	48
3.2.2.	Loi de décès des valides par type de couverture .....	52
3.2.3.	Test du Khi deux .....	54
3.2.4.	Raccordement aux âges extrêmes.....	55
3.3.	Lois d'incidence .....	56
3.3.1.	Définition et périmètre .....	56
3.3.2.	Calcul des taux d'incidence.....	57
3.3.3.	Test du Khi deux .....	62
3.4.	Lois de survie des valides.....	62
3.5.	Loi de mortalité des dépendants.....	65
3.5.1.	Description des données .....	65
3.5.2.	Choix du périmètre d'étude.....	66
3.5.3.	Estimation des taux bruts.....	69
3.5.4.	Analyses de la cohérence des résultats .....	75
PARTIE III : TARIFICATION ET PROVISIONNEMENT DU CONTRAT « COMPLEMENT DEPENDANCE BTP » .....		80
1.	Tarification .....	81

1.1.	Prime pure annuelle de la garantie rente dépendance pour 1€ de rente.....	81
1.2.	Prime commerciale trimestrielle de la garantie rente dépendance .....	82
1.3.	Impact des tables d'expérience estimées sur le tarif.....	83
2.	Provisions techniques .....	84
2.1.	Provision pour Risques Croissants.....	84
2.2.	Provision Mathématique .....	86
2.3.	Provision pour Sinistres A Payer.....	86
2.4.	Provision pour Participation Aux Excédents .....	86
2.5.	Provision pour Egalisation .....	87
2.6.	Provision pour Frais de Gestion des Sinistres .....	87
2.7.	Impact des nouvelles lois sur les provisions techniques .....	87
PARTIE IV : LE RISQUE DE SOUSCRIPTION DU CONTRAT « COMPLEMENT DEPENDANCE BTP ».....		89
1.	Le risque dépendance .....	90
2.	Les risques associés au contrat.....	90
2.1.	Risque de Longévité .....	91
2.2.	Risque d'Invalidité/Morbidité .....	92
2.3.	Risque de Révision.....	92
2.4.	Risque de Dépenses .....	92
3.	Frontière du contrat .....	93
3.1.	Conditions Générales du contrat .....	93
3.2.	Règlement Délégué .....	94
4.	Calcul du Best Estimate .....	94
5.	Définition du SCR Souscription Santé SLT .....	95
6.	Calcul du SCR Souscription Santé SLT .....	95
CONCLUSION .....		101
BIBLIOGRAPHIE .....		104
ANNEXES .....		105
Annexe 1 : Grilles d'évaluation du niveau de dépendance .....		105
Annexe 2 : Durée de perception de l'APA .....		107
Annexe 3 : Détails des trois piliers de Solvabilité II .....		109
Annexe 4 : Principes de la norme Solvabilité I et II .....		111

## REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à exprimer ma gratitude envers Madame Jacqueline Barbu, pour m'avoir accompagnée dans l'élaboration de ce mémoire, pour sa disponibilité et ses conseils éclairés.

Je remercie Monsieur Olivier Chambaz pour ses remarques pertinentes et pour m'avoir permis de finaliser mon mémoire au sein de la Direction des Risques de PROBTP.

D'autre part, je tiens à remercier aussi l'équipe dirigeante de la Direction de l'Actuariat de PROBTP, de m'avoir permis de travailler sur les données des portefeuilles de dépendance.

Mes remerciements s'adressent également à mes collègues Benoit To, Omar Hamaoui, pour leurs relectures, leurs remarques constructives, leur soutien et l'intérêt porté à mes travaux.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

## INTRODUCTION

Depuis plusieurs décennies, on observe que les progrès médicaux, l'amélioration du niveau de vie et des conditions sanitaires ont augmenté fortement l'espérance de vie. A l'avenir, ce vieillissement de la population conduira à une augmentation du nombre de personnes dépendantes.

L'Allocation Personnalisée d'Autonomie (APA), créée en 2002, a pour objectif de prendre en charge une partie des besoins liés à la dépendance. Cependant, les coûts des services liés à la perte d'autonomie sont onéreux et cette allocation reste insuffisante pour faire face à toutes les charges.

Afin de pouvoir assumer les coûts liés à une perte d'autonomie, souscrire une assurance dépendance apparaît comme une alternative envisageable. Bien que les assureurs français proposent depuis une trentaine d'années des produits dépendance, ce risque demeure complexe à modéliser. En effet, il s'agit d'un risque à long terme et le peu de statistiques disponibles engendre de nombreuses difficultés d'estimations.

Ce mémoire a pour vocation de répondre au besoin de l'entreprise qui est de mieux maîtriser son risque dépendance. L'objectif principal est de modéliser des tables d'expérience à partir des observations de deux portefeuilles de PROBTP : « Complément Dépendance BTP » et « Frais Médicaux Individuels des Retraités ».

A partir de ces tables d'expérience, on évaluera, d'une part, le tarif et les provisions en normes comptables et, d'autre part, les provisions Best Estimate ainsi que le Capital de Solvabilité Requis (SCR) de souscription.

Dans la première partie, on introduira la notion de risque dépendance et son importance au sein de la société actuelle. Ensuite, on présentera les produits de dépendance de PROBTP qui serviront à établir les tables d'expérience.

Dans la deuxième partie, on s'intéressera à la construction des tables d'expérience. On commencera par une approche théorique de leurs modélisations. Ensuite, on exposera les limites des tables utilisées actuellement en comparant la sinistralité observée à celle attendue. Et enfin, on analysera le comportement des assurés afin de déterminer, en fonction de l'âge et du type de dépendance : les taux de décès des valides, les taux d'incidence, les taux de survie des valides et les taux de maintien en dépendance.

Dans la troisième partie, on s'intéressera à l'impact de ces nouvelles lois sur le tarif ainsi qu'aux provisions en normes comptables du contrat « Complément Dépendance BTP ».

Enfin, dans la dernière partie, on évaluera les provisions Best Estimate et le SCR de Souscription Santé SLT. Pour cela, on abordera la classification du risque dépendance sous Solvabilité II et la notion de frontière de contrat. On terminera cette partie par une analyse de sensibilité des provisions Best Estimate et du SCR de souscription aux hypothèses suivantes : utilisation des nouvelles tables d'expérience, réduction ou non des contrats et intégration des décisions futures de management en cas de dérive du risque dépendance.



# **PARTIE I : PRESENTATION DE L'ASSURANCE DEPENDANCE**

Cette première partie a pour objectif de présenter l'environnement social et réglementaire de l'assurance dépendance. Les caractéristiques des produits dépendance étudiés, ainsi que les statistiques de ces portefeuilles seront également abordées.

## 1. Présentation du risque dépendance

### 1.1. Evolution démographique

La prise en charge du vieillissement de la population française constitue un des enjeux sociétaux majeurs du XXI<sup>ème</sup> siècle.

Le nombre de personnes âgées continue de croître. Cette croissance est due, d'une part, à l'allongement de la durée de vie et, d'autre part, à l'arrivée à des âges élevés des générations du baby-boom.

En 2060, 23,6 millions de personnes seront âgées de plus de 60 ans contre 16 millions en 2015, soit une hausse de 47 % en 45 ans.

Comme l'illustre le graphique ci-dessous, l'INSEE prévoit que la part des plus de 75 ans, représentant 9 % de la population début 2015, dépassera 16 % d'ici 2060.

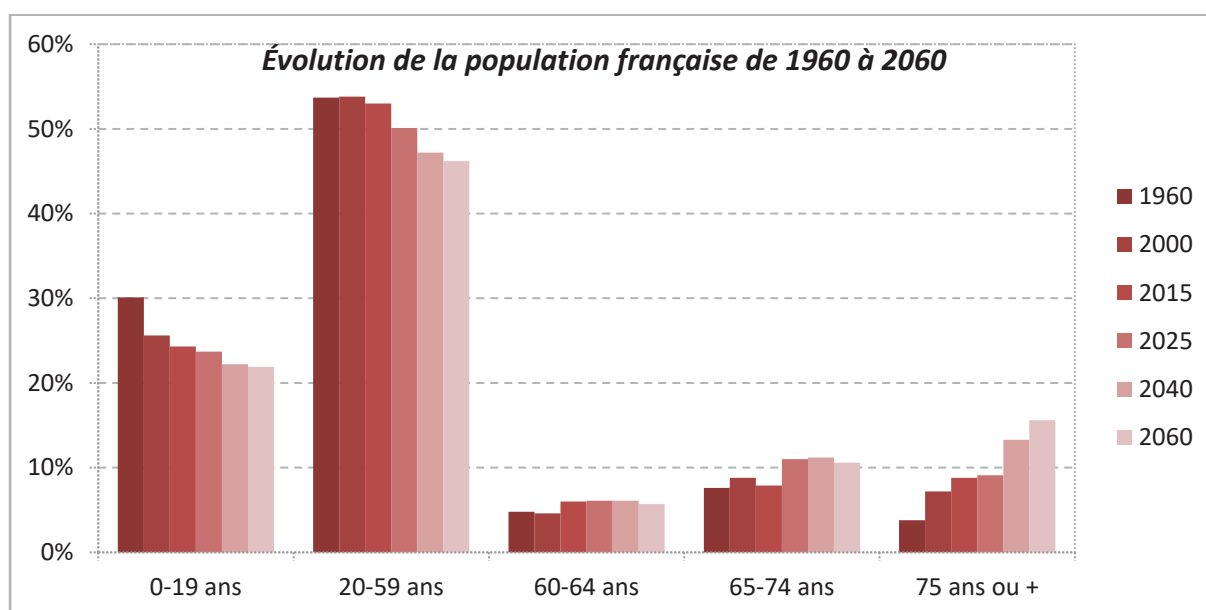


Figure 1: Évolution de la population française de 1960 à 2060

Au même horizon, selon la DREES (Direction de la Recherche, des Etudes, de l'Evaluation et des Statistiques du Ministère de la Santé), le nombre de personnes âgées dépendantes, c'est-à-dire bénéficiant de l'aide publique Allocation Personnalisée d'Autonomie (APA), pourrait s'élever à près de 2 millions contre 1,25 million en 2015.

Cette évolution démographique entraînera mécaniquement une augmentation des frais liés à la dépendance (hébergement, soins, aides diverses...) sur les quarante prochaines années, faisant ainsi de leur financement une problématique à considérer dès à présent.

## 1.2. Définition de la notion de dépendance

La dépendance est une notion relativement complexe à définir. Elle fait à la fois référence à des dimensions pathologiques, physiologiques et sociales, comme ne pas réussir physiquement à effectuer certaines tâches et dépendre d'un tiers.

En général, elle se manifeste par des difficultés à accomplir les actes essentiels de la vie quotidienne, comme s'habiller, se déplacer, s'alimenter, se laver.

La dépendance peut être partielle ou totale. Plusieurs études ont abouti à définir différents indicateurs permettant de classer les personnes suivant différents degrés de dépendance.

## 1.3. Dépendance en Europe

Tous les pays européens sont confrontés au vieillissement de la population qui, conjugué à ses conséquences sur la perte d'autonomie des personnes âgées, s'annonce comme l'un des défis majeurs de ce siècle :

- Défi humain, car il faut trouver des moyens innovants pour améliorer la vie des personnes âgées confrontées à la perte d'autonomie, qu'elles soient à leur domicile ou en établissement.
- Défi économique, car le développement du maintien à domicile, le plus longtemps possible, reste indispensable. C'est la seule façon de concilier les souhaits des personnes dépendantes et de leurs familles avec la maîtrise des dépenses sociales. Dans le même temps, il faut aussi renforcer la capacité d'accueil et la qualité des établissements.
- Défi social enfin, car la prise en charge de la perte d'autonomie repose sur une solidarité entre les générations.

Si la solidarité nationale ou familiale semble primer dans la majorité des pays, les modalités de prises en charges sont différentes et on distingue essentiellement quatre modèles.

*Le modèle « social-démocrate »*, utilisé dans les pays nordiques, propose une couverture universelle avec une prise en charge assez complète. Il met davantage à contribution les équipements collectifs et les services publics. C'est la solution la plus protectrice car la couverture profite à l'ensemble de la population, quelles que soient les ressources de la personne ou de sa famille. La couverture sociale est essentiellement financée par les impôts locaux qui sont très élevés.

*Le modèle « conservateur »* a pour objectif de garantir au travailleur et à sa famille un niveau de vie sur la base de ses ressources antérieures. Le financement de la dépendance repose sur l'idée d'un nouveau risque couvert, soit par une cotisation sociale (Allemagne, Luxembourg), soit directement par l'assurance maladie (Belgique, France). Ce modèle impose également le

maintien d'une assistance publique aux personnes non assurées. Dans ces pays, la dépendance est généralement reconnue comme un nouveau risque mais on ne trouve des programmes collectifs à grande échelle qu'en Allemagne et aux Pays Bas.

*Le modèle « libéral »*, appliqué au Royaume-Uni, se caractérise par le choix d'une intervention très limitée de la solidarité nationale ou locale dans la prise en charge de la dépendance. Le filet de protection cible les personnes les plus vulnérables. Le dispositif public couvre ceux ayant un faible niveau de revenu ou de patrimoine. Ce modèle cherche à promouvoir la responsabilité individuelle.

*Le modèle « familial »*, que l'on trouve dans des pays comme l'Espagne et l'Italie. Le dispositif public de prise en charge de la dépendance est peu développé et reste secondaire par rapport à l'aide assurée par la famille.

## **1.4. Dépendance en France**

### **1.4.1. Grilles d'évaluation de la dépendance**

Au début des années 1980, les médecins français ont construit des indicateurs précis mesurant l'état de santé des personnes âgées, principalement dans le cadre de la santé publique, de la gestion hospitalière et en gérontologie, afin d'adapter au mieux les moyens à la demande de prise en charge.

Plusieurs grilles d'évaluation sont utilisées pour mesurer la dépendance, chacune mettant l'accent sur un aspect. Il revient aujourd'hui à chaque organisme d'assurance de choisir la grille d'évaluation sur laquelle il s'appuiera pour l'élaboration de son produit.

Alors que la grille AGGIR, élaborée par les médecins de la Sécurité Sociale et de la Société Française de Gérontologie, s'impose comme la grille institutionnelle, les autres grilles sont davantage considérées comme des grilles plus techniques.

*La grille AGGIR* (Autonomie Gérontologique Groupes Iso-Ressources) est fondée sur l'observation des activités quotidiennes qu'effectue seule la personne âgée.

Elle est devenue l'outil national d'évaluation de la dépendance depuis la loi 97-60 du 24 janvier 1997, portant sur la création de la Prestation Spécifique Dépendance. Elle permet aux équipes médico-sociales de mesurer le degré de perte d'autonomie des dépendants et donc le niveau d'aide qui leur est nécessaire. Aujourd'hui, la grille AGGIR est la grille d'évaluation utilisée pour déterminer le montant de l'allocation personnalisée d'autonomie (APA) à attribuer.

L'évaluation se fait sur la base de dix variables discriminantes qui se rapportent à la perte d'autonomie physique et psychique. À partir des modalités prises par ces 10 variables, un algorithme classe les individus en six groupes GIR (groupes iso-ressources).

Un groupe est constitué de personnes de niveaux de dépendance différents mais nécessitant le même nombre d'heures de soins et ayant un certain nombre de caractéristiques communes :

- **GIR 1** - Correspond au degré de dépendance le plus élevé, c'est-à-dire aux personnes âgées ayant perdu leur autonomie mentale, corporelle, locomotrice et sociale, qui nécessitent une présence indispensable et continue d'intervenants.
- **GIR 2** - Sont classées dans ce groupe deux catégories de personnes âgées :
  - Celles dont les fonctions mentales sont altérées mais qui ont conservé leurs capacités de se déplacer,
  - Celles qui sont confinées au lit ou au fauteuil, dont les fonctions intellectuelles ne sont pas totalement altérées et dont l'état exige une prise en charge pour la plupart des activités de la vie courante.
- **GIR 3** - Ce groupe réunit les personnes âgées ayant conservé leur autonomie mentale et partiellement leur autonomie locomotrice, mais qui ont besoin d'être aidées plusieurs fois par jour pour leurs soins corporels.
- **GIR 4** - Sont intégrées les personnes âgées n'assumant pas seules leurs transferts mais qui, une fois levées, peuvent se déplacer à l'intérieur de leur logement. Elles doivent parfois être aidées pour la toilette et l'habillage. Ce groupe comprend également les personnes âgées n'ayant pas de problèmes locomoteurs mais devant être aidées pour les soins corporels et pour les repas.
- **GIR 5** - Ce groupe comporte des personnes âgées ayant seulement besoin d'une aide ponctuelle pour la toilette, la préparation des repas et le ménage.
- **GIR 6** - Ce groupe réunit les personnes âgées n'ayant pas perdu leur autonomie pour les actes essentiels de la vie courante.

Seuls les quatre premiers GIR (de 1 à 4) de la grille nationale ouvrent droit à l'APA, que les bénéficiaires se trouvent à domicile ou en établissement, à condition qu'ils répondent aux critères d'âge et de résidence. Les personnes âgées classées en GIR 5 et 6 peuvent néanmoins prétendre au versement des prestations d'aide-ménagère servies par leur régime de retraite ou par l'aide sociale départementale.

**La grille de Colvez** : C'est un indicateur simple mesurant la perte de mobilité. Elle définit 4 niveaux, grâce auxquels on pourra juger si la personne est dépendante partielle ou totale.

**La grille EHPA4** : Cette grille croise les niveaux de la grille de Colvez avec deux groupes définis selon l'existence ou non de troubles du comportement ou de désorientation dans l'espace et dans le temps. Elle regroupe ainsi les notions de dépendance physique et psychique, ce qui a pour but une détermination plus fine du niveau de dépendance de la personne atteinte.

**La grille AVQ5** : Cette grille proposée par Katz décrit 6 actes de la vie quotidienne. Pour chaque acte, on affecte un niveau de dépendance de 1 à 8. Ce dernier définit la dépendance résiduelle du patient.

Le détail de ces trois dernières grilles se trouve en annexe 1.

### **1.4.2. Prise en charge des pouvoirs publics**

La Prestation Spécifique Dépendance (P.S.D), prestation en nature fixée au niveau départemental, servait à couvrir les dépenses liées à la dépendance des personnes âgées à partir de 60 ans. Il s'agissait d'une première solution de prise en charge des dépendants par les pouvoirs publics.

Cette prestation a vite atteint ses limites et suscité de nombreuses critiques. D'une part, peu de personnes étaient susceptibles d'en bénéficier en raison, notamment, de nombreux facteurs dissuasifs (les plafonds de ressources, les recours sur les successions et les donations, les carences ...). D'autre part, l'attribution de l'aide mettait en évidence de nombreuses incohérences et de grandes inégalités (selon le GIR, les départements et les caisses de retraite se partageaient les responsabilités).

L'allocation personnalisée d'autonomie mise en place à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2002 et financée par l'État, les départements et les caisses de Sécurité Sociale a vocation à proposer un fonctionnement plus en phase avec les attentes individuelles et la nécessité d'une solidarité collective.

L'ambition de l'APA est de renforcer la prise en charge des personnes âgées, vivant à domicile ou en établissement, dans l'incapacité d'assumer les conséquences de la perte d'autonomie liée à leur état physique ou mental, en leur permettant de bénéficier des aides nécessaires à l'accomplissement des actes de la vie courante. Elle est fondée sur le libre choix du lieu de vie de la personne âgée et sur la possibilité, pour sa famille, de bénéficier d'un soutien dans l'aide qu'elle lui apporte.

Cette allocation s'adresse aux personnes âgées de plus de 60 ans, résidant à domicile ou en établissement et confrontées à des situations de perte d'autonomie.

L'APA est une allocation qui répond aux besoins particuliers de chaque personne âgée. Elle permet de financer en partie diverses aides pour compenser les difficultés de la vie quotidienne : aides d'une ou plusieurs personnes intervenant auprès de la personne âgée, aides techniques ou aménagements du logement.

Gérée et payée par les départements, l'APA n'est pas soumise à conditions de ressources, mais le montant pris en charge par le Conseil Général varie selon les revenus des bénéficiaires.

#### **Conditions d'attribution des prestations**

Pour prétendre aux aides de l'APA, les conditions suivantes doivent être satisfaites :

- Etre âgé(e) d'au moins 60 ans,
- Avoir une résidence stable et régulière en France,
- Etre dans un des quatre premiers GIR de la grille nationale AGGIR.

### 1.4.3. Chiffres clés

Les personnes âgées de plus de 65 ans représentent 12 millions de personnes en 2014, soit 18,6 % de la population française.

L'augmentation de l'espérance de vie n'est pas un gage de bonne santé. En effet, l'augmentation du risque d'entrée en dépendance croît avec l'âge, et c'est ainsi qu'en France, plus de 1,25 million de personnes âgées sont actuellement dépendantes.

L'âge moyen des dépendants en 2014 est de 78 ans pour les hommes et 83 ans pour les femmes.

Les projections démographiques de la population française font état d'une hausse de 72 % des personnes âgées de plus de 75 ans d'ici 2040. Leur nombre passerait de 6 millions en 2014 à 10,4 millions en 2040.

En 2060, selon l'INSEE, un habitant sur trois sera âgé de plus de 60 ans. La part des jeunes ainsi que celle des actifs, diminueront. Le nombre de personnes de plus de 85 ans augmentera fortement : les générations nombreuses, nées après la seconde guerre mondiale et avant 1975, issues du baby-boom, auront alors toutes atteint cet âge-là.

#### L'APA en chiffres – décembre 2014

En 2014, 1,25 millions de personnes étaient bénéficiaires de l'APA, 54 % résidant à domicile et 46 % en établissement spécialisé. Parmi les bénéficiaires atteints de dépendance partielle, 80 % demeuraient à domicile et 20 % en établissement.

Parmi les bénéficiaires à domicile :

- 59 % sont modérément dépendants et classés en GIR 4,
- 22 % ont été évalués en GIR 3,
- 16 % sont en GIR 2,
- Les plus dépendants, évalués en GIR 1, représentent 2 % des bénéficiaires.

Le coût total des prestations a été de 5,55 milliards d'euros, financé à 70 % par les départements et à 30 % par la Caisse Nationale de Solidarité à l'Autonomie (CNSA).

### 1.4.4. Offres des assureurs

En matière de prise en charge de la dépendance, les aides versées par les dispositifs publics sont insuffisantes et ne permettent pas de couvrir les dépenses nécessaires aux personnes en état de dépendance. Le recours à des assurances privées constitue donc une solution permettant de couvrir une partie de leurs dépenses.

La France est le deuxième marché privé au monde de l'assurance dépendance, derrière les Etats-Unis. Le contrat Saphir de AG2R fut le premier produit d'assurance dépendance individuel créé en France en 1985 pour répondre aux insuffisances de prise en charge de la part des aides publiques et à l'incapacité des familles d'assumer tous les frais liés à cette prise en charge.

Depuis, plusieurs assureurs se sont positionnés sur ce nouveau produit. Plusieurs types de contrats ont été également créés dans le secteur privé pour financer les soins de longue durée.

**Contrat de Dépendance** : Pour ce type de contrat, la dépendance est la garantie principale. L'assuré paie des primes et, s'il devient dépendant, perçoit la prestation prévue, sous forme de rente viagère prédéfinie au moment de la souscription ou sous forme de capital, afin de répondre à des dépenses immédiates. Ce type de contrat est dit « à fonds perdus » car, si l'assuré conserve son autonomie jusqu'à son décès, il ne perçoit aucune prestation et les cotisations versées bénéficient à l'ensemble des assurés. Comme pour de nombreuses assurances, il y a mutualisation des risques entre les assurés.

**Contrat d'Épargne** : Ce type de contrat fait partie des produits de nouvelle génération. Il cumule un contrat d'épargne à long terme, type assurance-vie et une assurance contre le risque de dépendance. Les primes sont payées librement et sont capitalisées. Si le risque de dépendance survient, une partie du montant épargné est versé sous forme de rente viagère ou de capital. Ce produit s'adresse à tous ceux qui ne souhaitent pas cotiser pendant de nombreuses années à fonds perdus.

**Contrat de Retraite** : Pour ce type de contrat, la garantie principale est l'épargne retraite et la dépendance correspond à une garantie complémentaire. Si l'assuré devient dépendant avant le terme du contrat, une fraction du capital est transformée en rente viagère. En revanche, si l'assuré entre en dépendance après sa retraite, alors la rente retraite est majorée de x %.

**Contrat de Frais Médicaux** : La garantie dépendance est une garantie complémentaire aux garanties de remboursement des frais médicaux. Le contrat prévoit le versement de la prestation sous forme de réduction des cotisations des contrats frais médicaux, si l'assuré entre dans un état de dépendance. Ce type de produit est encore marginal.

Ces contrats peuvent être souscrits soit à titre individuel et facultatif, soit dans le cadre d'une convention d'entreprise ou d'un groupement mutualiste, à titre facultatif ou obligatoire.

Les produits mixtes, associant épargne ou retraite avec une couverture dépendance semblent attractifs. Mais il faut savoir que les cotisations à verser pour obtenir le même montant de rente sont supérieures dans le cadre des produits mixtes par rapport à un contrat dit « à fonds perdus ».

En France, trois types d'organismes proposent des contrats d'assurance dépendance : les sociétés d'assurances régies par le Code des Assurances, les mutuelles « 45 » régies par le Code de la Mutualité et les institutions de prévoyance régies par le Code de la Sécurité Sociale.

Selon la FFSA, à la fin de l'année 2014, 7,3 millions de personnes étaient assurées au titre de la dépendance, dont 3,4 millions auprès de sociétés d'assurances.

La plupart des assurés des sociétés d'assurances (1,6 million) ont choisi un contrat où la dépendance est l'unique garantie. 78 % d'entre eux ont privilégié des contrats à adhésion individuelle et facultative (soit 1,3 million de personnes) et 22 % des contrats collectifs. Seules 166 100 personnes ont souscrit un contrat pour lequel la garantie dépendance est couplée à une garantie d'assurance vie.



Une limite d'âge à la souscription est imposée pour éviter notamment des primes trop élevées et des formalités médicales trop conséquentes (les probabilités de survenance du risque étant plus importantes aux âges élevés).

#### **1.4.5. L'offre du Groupe PROBTP**

Le Groupe PROBTP commercialise deux contrats qui ont des garanties dépendance :

- En 1998, le contrat « Complément Dépendance BTP » a été souscrit par l'institution de prévoyance « BTP-PREVOYANCE » auprès de la société d'assurance « SAF BTP IARD » en faveur de ses adhérents (actuels ou anciens) ainsi que leurs familles. Ce contrat est régi par les articles L 141-1 et suivants du Code des Assurances. Il relève des branches d'agrément 1 (Accidents) et 2 (Maladie) de l'article R 321-1 du même Code. Ce contrat individuel est destiné globalement à la population des retraités du BTP qui souhaitent se prémunir à titre personnel contre le risque de dépendance. La garantie dépendance est la garantie principale de ce contrat. Il s'agit d'un contrat à primes périodiques qui couvre les assurés sur une période de 30-40 ans, à l'image du contrat Saphir. Dans ce cas, la connaissance plutôt limitée de la survenance du risque constitue une prise de risques pour l'assureur.
- En 2012, le contrat « Frais Médicaux Individuels des Retraités » est commercialisé par l'institution de prévoyance « BTP-Prévoyance ». Il s'agit d'un contrat individuel s'adressant aux retraités qui recherchent une couverture de l'ensemble de leurs dépenses de santé. La garantie dépendance vient en complément de la garantie de remboursement des frais médicaux. Cela permet de prendre en charge une partie modérée du coût engendré par la survenance du risque dépendance. Ce produit s'inscrit donc dans une démarche plus pragmatique.

## **2. Présentation du contrat « Complément Dépendance BTP »**

Dans cette partie, on s'intéressera uniquement au contrat individuel « Complément Dépendance BTP », car les lois d'entrée en dépendance, de mortalité et de survie des valides seront construites à partir de la population de ce portefeuille.

## 2.1. Les généralités du contrat

### 2.1.1. Les garanties

Le contrat « Complément Dépendance BTP » est un contrat annuel à tacite reconduction, sauf dénonciation par l'assureur ou l'assuré. Il prévoit le versement d'une rente mensuelle aux assurés qui se trouvent dans un état d'invalidité entraînant une perte d'autonomie mesurée selon la grille AGGIR.

La rente servie varie en fonction de la couverture et du niveau de rente choisis par l'assuré. Elle est payée mensuellement d'avance et indexée sur un indice qui respecte l'équilibre du contrat et qui tient compte de l'inflation hors tabac si l'assuré a opté pour le choix de l'indexation de ses cotisations et de ses prestations.

L'âge à l'adhésion doit être supérieur à 50 ans et inférieur à 75 ans car une souscription à des âges avancés entraînerait des cotisations très élevées et ne connaîtrait pas un grand succès auprès du public. De plus, une erreur de tarification à ces âges, causée par une non maîtrise du risque, peut présenter un risque important pour les assureurs.

Un questionnaire médical doit être rempli à l'adhésion, de manière à ne pas intégrer dans le portefeuille des assurés déjà en état de dépendance ou avec une très forte probabilité de survenance du risque.

Le contrat comporte une franchise de 90 jours, c'est-à-dire que les sinistres dont la durée est inférieure à 90 jours ne sont pas couverts.

La garantie est accordée :

- Sans délai de carence en cas d'accident,
- Après un délai de carence de 3 ans en cas d'Alzheimer, de démence sénile, de Parkinson ou de sclérose en plaques,
- Après un délai de carence de 1 an dans les autres cas.

Les assurés choisissent une couverture parmi les trois options suivantes :

- Couverture 1 : couvre la dépendance totale et assure une rente viagère mensuelle en cas de dépendance GIR 1,
- Couverture 2 : couvre la dépendance aggravée à totale et assure une rente viagère mensuelle en cas de dépendance GIR 1 ou 2,
- Couverture 3 : couvre la dépendance partielle à totale et assure une rente viagère mensuelle à 100 % en cas de GIR 1 ou 2 et une rente viagère mensuelle à 66 % en cas de GIR 3 ou 4.

Les assurés choisissent également le niveau d'indemnisation exprimé en pourcentage de la rente de base. Le tableau ci-dessous présente le montant de la prestation en fonction de la couverture et du niveau de rente choisis :

		Rentes viagères mensuelles					
Degrés de Dépendance		33 %	50 %	75 %	100 %	150 %	200 %
Couverture 1	GIR 1	-	-	-	690 €	1 035 €	1 380 €
Couverture 2	GIR 1 ou GIR 2	227,70 €	345 €	517,50 €	690 €	1 035 €	1 380 €
Couverture 3	GIR 1 ou GIR 2	-	345 €	517,50 €	690 €	1 035 €	1 380 €
	GIR 3 ou GIR 4	-	230 €	345 €	460 €	690 €	920 €

Figure 2 : Niveau d'indemnisation de la garantie dépendance

En cas d'arrêt de paiement de la cotisation, les garanties sont maintenues pour un montant de rente réduite, sous réserve du paiement effectif de la cotisation pendant au moins 5 ans.

Le montant de la rente réduite sera déterminé en fonction du nombre de cotisations déjà versées et de l'âge de l'assuré à la date de réduction.

Le contrat comporte une option fracture qui consiste à indemniser les assurés en cas de fracture. L'indemnisation consiste à verser un capital égal au double de la rente mensuelle de base GIR 1 ou GIR 2 à 100 %. Cette option ne sera pas étudiée dans ce mémoire.

### 2.1.2. Les cotisations

Le montant initial de la cotisation trimestrielle payable d'avance est fixé en fonction de l'âge de l'assuré à l'adhésion, de la couverture et du niveau de rente choisis par l'adhérent.

Les cotisations de la garantie principale cessent d'être dues au premier jour du trimestre civil qui suit l'état d'invalidité et donnant lieu à des prestations.

En cas de cessation de l'état de dépendance, il y a reprise du versement des cotisations à compter du 1<sup>er</sup> jour du trimestre civil qui suit la cessation de cet état.

### 2.1.3. Modification de la cotisation

La cotisation peut être ajustée à la hausse ou à la baisse par l'assureur en liaison avec le souscripteur.

Tout ajustement à la hausse devra être motivé par l'observation d'une des situations suivantes :

- Insuffisance de la provision pour participation aux excédents pour financer la revalorisation des prestations,
- Insuffisance de la provision pour égalisation pour financer un déficit du compte de résultat technique,
- Sous-tarifcation constatée sur un ou plusieurs niveaux de couverture.

#### **2.1.4. Le versement de la rente**

La demande de prestation est accompagnée du certificat de perte d'autonomie fonctionnelle remplie par le médecin traitant.

Si l'assuré bénéficie de l'allocation personnalisée d'autonomie (APA) et qu'il en fournit la preuve à l'assureur, la rente est due, dans la limite des garanties choisies et en fonction du degré de dépendance constaté, à compter de la date d'attribution de l'APA.

Toutefois, la rétroactivité du paiement de la rente suite à l'attribution de l'APA est limitée à 6 mois précédant la date de réception de la demande de prestation par l'assureur.

L'état de dépendance est reconnu indemnisable par l'assureur, à condition :

- Que le degré de dépendance reconnu corresponde à la couverture choisie par l'adhérent,
- Que l'origine de l'état de dépendance se situe après la fin du délai de carence.

Le service de la rente cesse à la fin du mois où intervient :

- La cessation de l'état de dépendance au niveau indemnisable,
- L'impossibilité pour l'assureur de vérifier le degré de dépendance,
- Le décès de l'assuré.

#### **2.1.5. Provision pour participation aux excédents**

Le contrat prévoit une provision pour participation aux excédents destinée à l'amélioration des garanties, la majoration des prestations en cours de service ou la compensation comptable des effets d'une réduction exceptionnelle du tarif appelé.

Le mécanisme de modélisation et d'alimentation de cette provision seront détaillés dans la partie 3.

#### **2.1.6. Provision pour égalisation**

Le contrat prévoit également une provision pour égalisation dans le but de régulariser les fluctuations du risque et de stabiliser la cotisation.

#### **2.1.7. Réassurance**

Un traité de réassurance en quote-part (50 %) appliqué par génération de contrat et prévoyant un engagement irrévocable des réassureurs sur les affaires acceptées a été conclu avec un pool de réassureurs.

Le recours à la réassurance a été fait pour plusieurs raisons, les deux principales étant l'accès à la connaissance technique du risque et la mise en place d'une solution de protection sur le long terme de ce risque dépendance encore nouveau pour l'assureur.

Le traité de réassurance prévoit la tenue d'un comité de suivi technique chargé de piloter le contrat et de proposer des évolutions techniques et tarifaires.

Dans le cadre de ce mémoire, nous supposons l'absence de réassurance, tous les résultats sont bruts de réassurance.

## 2.2. Statistiques du portefeuille

Pour analyser le risque associé au contrat « Complément Dépendance BTP », on détermine, au préalable, des statistiques descriptives vues au 30 septembre 2015.

Pour le calcul de l'espérance de vie en dépendance par GIR, on prend en compte l'état de dépendance initial de chaque individu.

### 2.2.1. Le stock de contrats

Le portefeuille dépendance est composé de 65 833 contrats, répartis par type de couverture et niveau de rente de la façon suivante :

Niveau de rente	Type de couverture							
	1		2		3		Total	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Total	%
33 %	0	0 %	8 058	12 %	0	0 %	8 058	12 %
50 %	0	0 %	8 696	13 %	2 452	4 %	11 148	17 %
75 %	0	0 %	4 273	6 %	1 092	2 %	5 365	8 %
100 %	33 558	51 %	4 379	7 %	1 276	2 %	39 213	60 %
150 %	834	1 %	483	1 %	240	0 %	1 557	2 %
200 %	259	0 %	105	0 %	128	0 %	492	1 %
<b>Total</b>	<b>34 651</b>	<b>53 %</b>	<b>25 994</b>	<b>39 %</b>	<b>5 188</b>	<b>8 %</b>	<b>65 833</b>	<b>100 %</b>

Figure 3 : Répartition du portefeuille par couverture et niveau de rente

Les contrats ayant la couverture 1 et le niveau de rente à 100 % sont les plus nombreux : 51 % du portefeuille. A elle seule, la couverture 1 représente 53 %, alors que le niveau 100 % concerne 60 % des contrats.

Les cotisations proviennent majoritairement des couvertures 1 et 2 (respectivement 35 % et 45 %) et du niveau de rente à 100 (53 %).

Le graphique ci-dessous représente la répartition du portefeuille par exercice de souscription, en distinguant les trois couvertures :

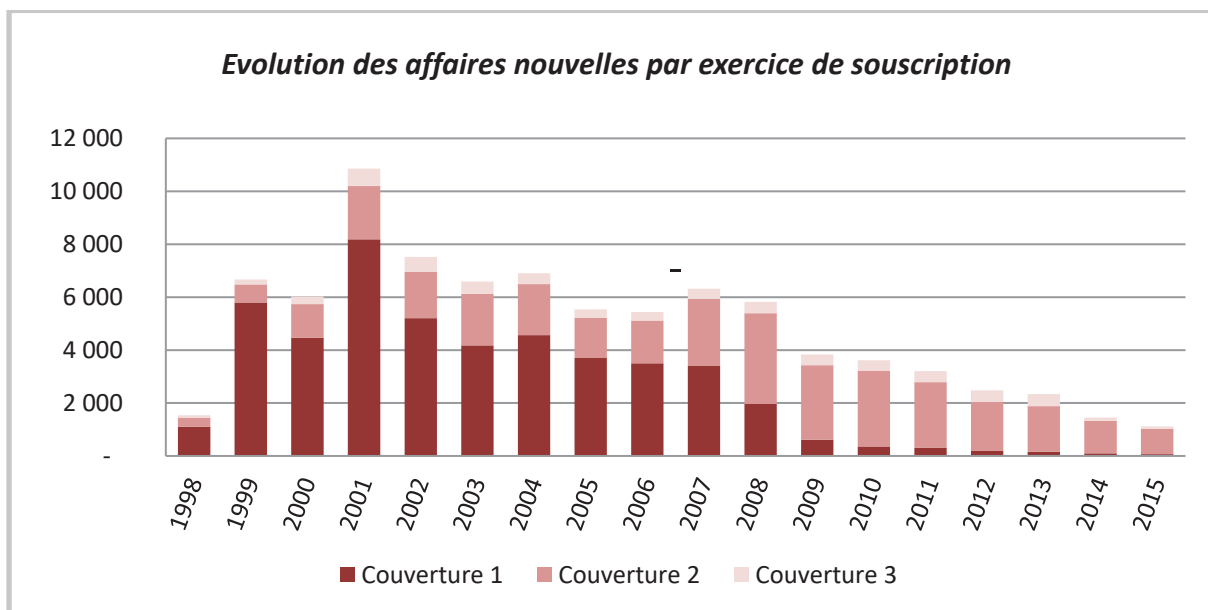


Figure 4 : Evolution des affaires nouvelles par exercice de souscription

Le graphique illustre une nette baisse des affaires nouvelles depuis 2001, année la plus importante en termes de souscriptions, qui représente à elle seule 12 % du nombre de contrats en portefeuille au 31 décembre 2015. Les nouvelles souscriptions en 2015 sont dix fois moins élevées qu'en 2001. Depuis 2008, on constate également une croissance de la couverture 2 au détriment de la couverture 1.

L'âge moyen à la souscription est resté stable depuis le début de la commercialisation, soit environ 62,5 ans pour la couverture 1 ; 61,7 ans pour la couverture 2 et 62 ans pour la couverture 3.

Le graphique ci-dessous représente l'évolution de l'âge du portefeuille par exercice :

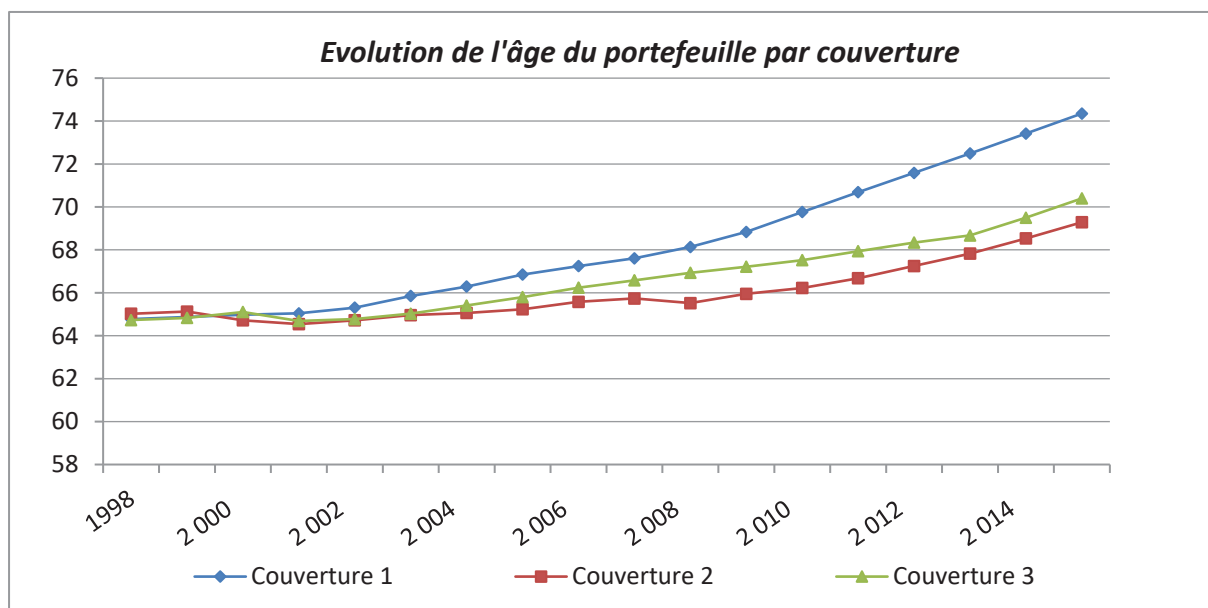


Figure 5 : Evolution d'âge du portefeuille par type de couverture

On constate que l'âge du portefeuille est resté stable pendant les cinq premières années. Le vieillissement du stock est ralenti par les nouvelles souscriptions (assurés plus jeunes) qui étaient importantes pendant cette période. En revanche, à partir de 2004, le portefeuille vieillit plus rapidement en raison de la baisse des affaires nouvelles. Cette dynamique vieillissante est particulièrement vraie pour la couverture 1 où on constate une quasi absence d'affaires nouvelles sur les dernières années.

La répartition des adhérents par âge et par sexe est la suivante :

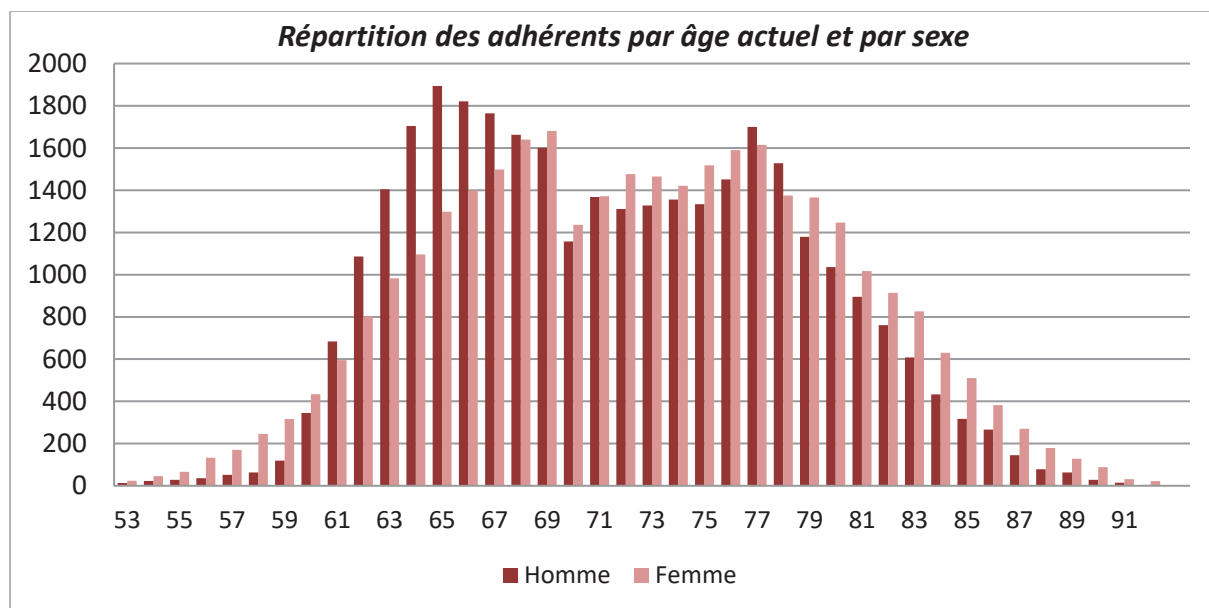


Figure 6 : Répartition des adhérents par âge actuel et sexe

Le portefeuille de 2015 est constitué à 50 % de femmes et à 50 % d'hommes. L'âge moyen des hommes est inférieur à celui des femmes.

Le tableau suivant donne la répartition homme/femme du portefeuille par type de couverture, ainsi que l'âge atteint :

Type de couverture	Femme	Homme	Age moyen
1	50 %	50 %	74,4
2	48 %	52 %	69,3
3	59 %	41 %	70,4
<b>Total</b>	<b>50 %</b>	<b>50 %</b>	<b>72,0</b>

Figure 7 : Statistiques des assurés valides

La répartition des contrats en cours met en évidence une proportion quasi identique homme/femme dans le portefeuille dépendance. En revanche, en segmentant par type de couverture, on constate que les femmes sont plus nombreuses sur la couverture 3 (meilleure couverture) contrairement à la couverture 2.

Le poids des hommes dans les métiers du BTP est nettement supérieur à celui des femmes. Cela nous laisse supposer que de nombreuses assurées sont les conjointes des travailleurs du BTP.

### 2.2.2. Les dépendants

Le tableau ci-dessus donne le nombre de dépendants par sexe et par état des rentes (en cours ou fermées) :

Etat	Femme	Homme	Total
En cours	323	127	450
Fermées	269	314	583
<b>Total</b>	<b>592</b>	<b>441</b>	<b>1033</b>

Figure 8 : Répartition des dépendants par sexe

Concernant les rentiers, on constate que les femmes sont majoritaires, puisque 57 % des dépendants sont des femmes.

Le portefeuille suit la même tendance que celle de la population française, puisque les femmes vivent plus longtemps, mais souvent dans un état de dépendance.

Une rente dépendance peut être fermée suite :

- Au décès de l'assuré,
- A la fin de la dépendance, notamment dans le cas de la dépendance partielle, ou à un passage à un niveau de dépendance non couvert par la garantie choisie,

La suspension du paiement peut être envisagée suite à la non présentation des justificatifs de dépendance.

La fermeture d'une rente intervient le plus souvent suite au décès de l'assuré. En effet, sur les 583 rentes fermées, 557 l'ont été pour cause de décès.

L'âge moyen d'entrée en dépendance pour l'ensemble des dépendants est de 76,6 ans pour la dépendance totale et de 73,9 ans pour la dépendance partielle.

L'âge moyen de décès des dépendants est de 77,8 ans pour la dépendance totale et 76,1 ans pour la dépendance partielle. Les assurés décédés en dépendance totale sont restés en moyenne 1,2 année dans cet état, alors que les assurés décédés en dépendance partielle sont restés en moyenne 2,2 années dans cet état.

La répartition des rentes en dépendance totale par sexe est quasi identique, 53 % des rentes étant servies aux femmes. Or, pour la dépendance partielle, cette répartition est très différente puisque 79 % des rentes partielles sont servies aux femmes, contre seulement 21 % aux hommes.



### **3. Présentation du contrat « Frais Médicaux Individuels des Retraités »**

#### **3.1. La garantie dépendance**

La garantie dépendance du contrat « Frais Médicaux Individuels des Retraités » consiste à octroyer une réduction de cotisation aux assurés et à leur conjoint qui bénéficient de l'APA.

Le montant de la prestation est en fonction :

- Du lieu de résidence du bénéficiaire de l'APA (à domicile ou en EHPAD),
- Du niveau de perte d'autonomie apprécié par le Conseil Général, en application de la grille AGGIR.

La prestation est à verser :

- A compter de la date d'octroi de l'APA par le Conseil Général,
- A la condition que la demande de réduction ait été adressée à PROBTP.

La prestation est accordée avec une rétroactivité maximale de 24 mois par rapport à la date de réception de la demande.

La garantie dépendance du contrat « Frais Médicaux Individuels des Retraités » a été mise en place le 01/07/2012. Tous les assurés de ce contrat qui étaient déjà dépendants ont été enregistrés avec une date de début de dépendance à cette date. Cela représente la reprise du portefeuille en cours.

#### **3.2. Statistiques de la garantie dépendance**

Les statistiques ci-dessous sont calculées sur la base du portefeuille observé du 01/07/2012 au 30/06/2015.

Pour le calcul de l'espérance de vie en dépendance par GIR, on prend en compte l'état de dépendance initial de chaque individu.

Afin de mettre en évidence les phénomènes pouvant influencer l'étude, l'effectif du portefeuille a été analysé sous plusieurs angles :

- Par lieu de résidence des dépendants,
- Par type de dépendance,
- Par sexe,
- Par âge d'entrée en dépendance,
- Par année d'entrée en dépendance.

Ces statistiques permettront de délimiter la population à partir de laquelle on construira les tables d'expérience.

## 1. Domiciliation des dépendants

On a deux types de bénéficiaires pour ces rentes dépendance, ceux qui résident dans un établissement médical et ceux résidant à leur domicile.

Résidence	Nombre	En %
Etablissement	22 744	43 %
Maison	30 035	57 %
<b>Total</b>	<b>52 779</b>	<b>100 %</b>

Figure 9 : Répartition des dépendants par type de résidence

La garantie dépendance a été servie à 52 779 assurés, dont 43 % résident dans les résidences médico-sociales.

## 2. Répartition par type de dépendance

Le tableau suivant donne la répartition des dépendants par niveau GIR. Le GIR pour les dépendants résidant dans un établissement médical n'est pas renseigné dans les bases. Pour ces derniers, le GIR est à 0.

Niveau Dépendance	Total
0	22 744
1	854
2	5 853
3	6 741
4	16 587
<b>Total</b>	<b>52 779</b>

Figure 10 : Répartition des dépendants par niveau de dépendance

Lors d'une enquête auprès de nos services spécialisés concernant le niveau de dépendance de personnes dans les résidences médico-sociales, il a été affirmé que la quasi-totalité de ces assurés sont de niveau GIR 1 ou GIR 2 (dépendance totale).

Pour l'étude, on va considérer que les personnes résidant dans un établissement médical sont dans un état de dépendance totale. En effet, en observant la mortalité de ces personnes, on constate que leur mortalité est proche de celle des personnes en dépendance totale résidant chez elles.

Niveau de Dépendance	Qx
Etablissement (GIR 0)	22,7 %
Dépendance totale (GIR 1 & 2)	20,0 %
Dépendance partielle (GIR 3 & 4)	10,7 %

Figure 11 : Taux de décès par niveau de dépendance

### 3. Répartition par sexe

Le tableau suivant donne la répartition du nombre de dépendants par sexe et type de dépendance :

Type de dépendance	Femme		Homme		Total	
	Nombre	Répartition	Nombre	Répartition	Nombre	Répartition
<b>Totale</b>	22 236	42 %	7 215	14 %	29 451	56 %
<b>Partielle</b>	17 889	34 %	5 439	10 %	23 328	44 %
<b>Total</b>	<b>40 125</b>	<b>76 %</b>	<b>12 654</b>	<b>24 %</b>	<b>52 779</b>	<b>100 %</b>

Figure 12 : Répartition des dépendants par type de dépendance et sexe

On constate que les femmes sont majoritaires, puisqu'elles bénéficient de 76 % des rentes servies. En effet, notre portefeuille suit la même tendance que la population française - les femmes vivent plus longtemps mais parfois en état de dépendance.

Le tableau montre aussi que 56 % des rentes servies correspondent à des dépendances de type « totale » et 44 % à la dépendance partielle.

### 4. Effectifs par âge d'entrée en dépendance

Le graphe suivant illustre la répartition de la population suivant l'âge d'entrée en dépendance et le type de dépendance.

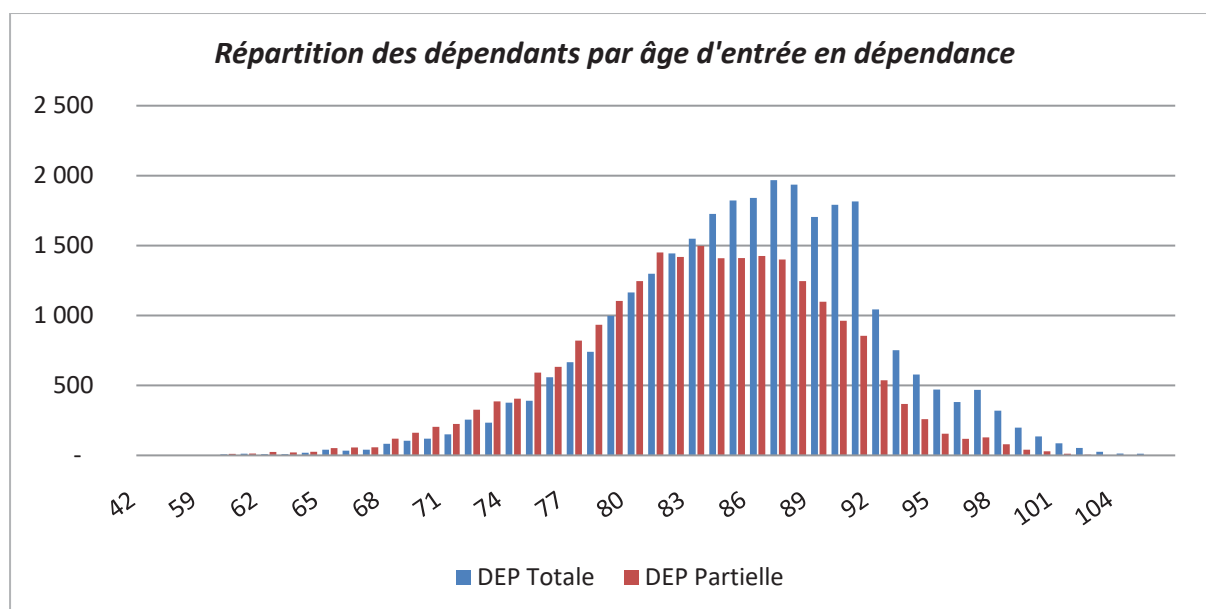


Figure 13 : Répartition des dépendants par âge d'entrée en dépendance et type de dépendance

L'âge moyen d'entrée en dépendance est de 86 ans pour la dépendance totale et 83 ans pour la dépendance partielle. Cet écart de 3 ans s'explique par le fait que la dépendance partielle se déclenche plus rapidement. Toutefois, une réserve peut être émise quant à l'âge réel d'entrée

initiale en dépendance puisque, comme la garantie a été mise en place en 2012, les assurés dépendants ont déclaré leur état de dépendance à partir de cette date et il se peut que la date d'entrée en dépendance déclarée soit ultérieure à la date réelle de l'entrée en dépendance.

On remarque également que les personnes entrant en dépendance avant 70 ans sont peu nombreuses, soit 1 232 personnes tous types de dépendance confondus.

L'âge moyen d'entrée en dépendance pour les femmes est de 85 ans et de 83 ans pour les hommes.

Le graphique suivant donne la répartition des dépendants décédés par âge de décès et par type de dépendance :

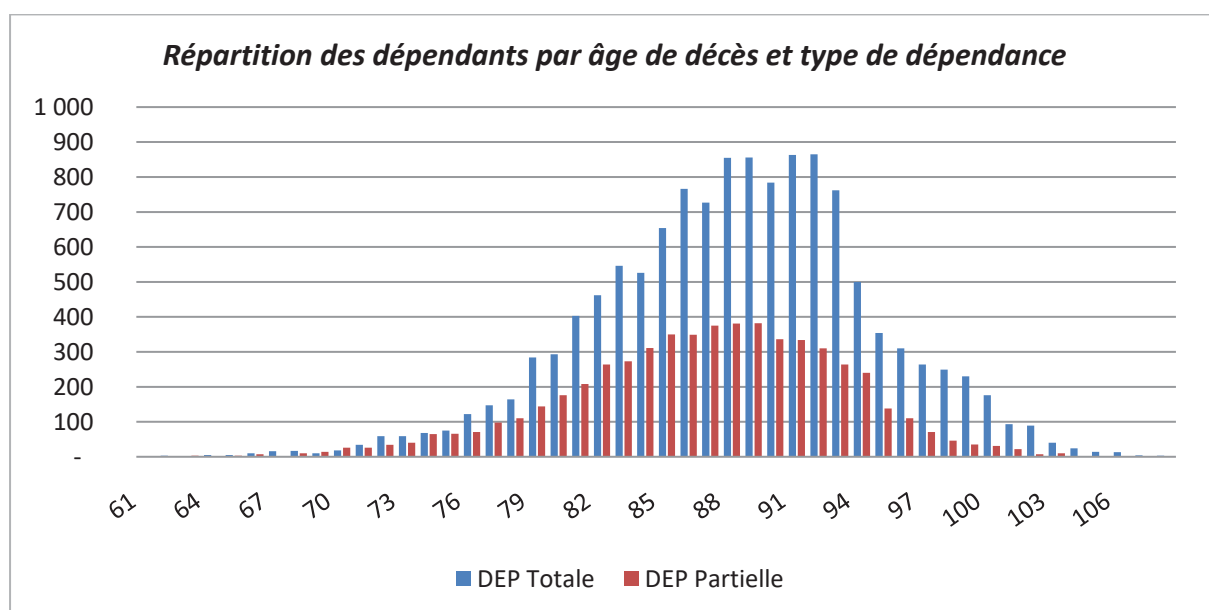


Figure 14 : Répartition des dépendants par âge de décès et type de dépendance

L'âge moyen de décès est de 88,3 ans pour la dépendance totale et de 86,7 ans pour la dépendance partielle. Les assurés en dépendance partielle ont une durée de vie plus longue que ceux en dépendance totale.

Le graphique montre aussi que, quel que soit l'âge, le nombre de décès des dépendants en dépendance totale est au moins deux fois supérieur au nombre de décès en dépendance partielle.

A cela contribue plusieurs éléments, et notamment :

- Le nombre d'assurés en dépendance totale plus important que le nombre d'assurés en dépendance partielle,
- Les assurés en dépendance totale globalement plus âgés que ceux en dépendance partielle,
- Le faible nombre de décès constatés en GIR 1 et 2 pour des assurés rentrant initialement en GIR 3 ou 4, à cause de la durée d'observation trop courte,
- La gravité de l'état de santé des assurés en dépendance totale par rapport à ceux en dépendance partielle.

## 5. Effectifs par date d'entrée en dépendance

Le tableau suivant présente le nombre de dépendants en fonction du millésime d'entrée et du type de dépendance :

Année de dépendance	Type de dépendance			
	Totale	Partielle	Total	Total en %
< 2012	53	31	84	0 %
2012	26 761	21 240	48 001	91 %
2013	2 046	1 674	3 720	7 %
2014	570	371	941	2 %
2015	21	12	33	0 %
<b>Total</b>	<b>29 451</b>	<b>23 328</b>	<b>52 779</b>	<b>100 %</b>

Figure 15 : Répartition des dépendants par type de dépendance

Le tableau montre que 91 % des dépendants ont une date d'entrée en dépendance en 2012, c'est-à-dire l'année du lancement du contrat.

Pour les années suivantes, on compte beaucoup moins de nouveaux entrants en dépendance qu'en 2012. On remarque une évolution décroissante de ce nombre d'année en année. Cette évolution semble normale, car l'année 2012 est une année de reprise du portefeuille.

Puisque le portefeuille constitué est très récent, il est difficile de mettre en place une étude des entrées en dépendances, afin de constituer des tables d'incidences.

En revanche, il y a un nombre important de dépendants, ainsi qu'un nombre important de décès de ceux-ci, ce qui permettra d'étudier la mortalité des dépendants par âge, afin de construire des lois de maintien en dépendance.

Pour l'étude de construction des lois de maintien, on retient les années d'observation 2013 et 2014.

**PARTIE II : ANALYSE ET  
MODELISATION DU RISQUE  
DEPENDANCE**

Dans cette partie, on présentera la modélisation retenue pour le risque dépendance et on procédera à la construction des nouvelles tables d'expérience.

## **1. Approche théorique des tables d'expérience**

Le Code des Assurances ne propose pas de tables réglementaires pour le tarif et le provisionnement du risque dépendance comme c'est le cas pour d'autres risques de type : vie, décès, incapacité temporaire de travail ou invalidité de travail.

Tout d'abord, on présentera les éléments théoriques qui permettent de constituer des tables d'expériences à partir des observations, notamment l'estimateur de survie de Kaplan-Meier, la méthode de lissage de Whittaker-Henderson et les méthodes de raccordements à des âges extrêmes.

Ensuite, afin de mener à bien l'étude des lois des valides (mortalité, incidence et survie), on détaillera la manière dont sont agrégées dans une seule base, les données historiques du portefeuille « Complément Dépendance BTP ».

L'étude des données historiques du portefeuille « Frais Médicaux Individuels des Retraités » nous permettra de concevoir les lois de mortalité des dépendants.

Lors de la construction des lois, on suivra ces trois étapes :

- On appliquera la méthode de l'estimateur de survie de Kaplan-Meier pour estimer les taux bruts de décès ou d'incidence,
- Les taux bruts seront lissés par la méthode de Whittaker-Henderson,
- Les taux lissés seront prolongés aux âges extrêmes jusqu'à 0 et 120 ans dans un souci d'harmonisation avec les tables réglementaires.

Les lois obtenues seront comparées avec les tables utilisées pour la tarification ou avec des tables nationales plus récentes pour la mortalité, bien que ces dernières ne soient pas spécifiques ni à la population des valides du BTP, ni à la population des dépendants.

Quant aux durées de maintien en dépendance des deux contrats, elles seront comparées aux données issues de l'étude de l'APA.

Enfin, on utilisera les nouvelles tables d'expérience pour évaluer l'impact sur le tarif, les provisions en normes comptables ainsi que les provisions Best Estimate pour le contrat « Complément Dépendance BTP ».

### **1.1. Les lois de la dépendance**

De manière générale, l'assuré peut se trouver dans un de ces trois états : valide, dépendant ou décédé. Les dépendants peuvent être dans un état de dépendance de GIR 4 à GIR 1.

De ce fait, la modélisation du risque dépendance nécessite de connaître à chaque âge, les lois suivantes :

- Lois de mortalité des valides : ce sont les probabilités, à chaque âge, de décès des assurés valides,
- Lois de survie des valides : ce sont les probabilités, à chaque âge, qu'une personne soit vivante, sans qu'elle soit dans un état de dépendance,
- Lois d'incidence pour chaque état de dépendance : ce sont les probabilités, à chaque âge, de passer de l'état valide à chaque état de dépendance,
- Lois de maintien dans chaque état de dépendance : ce sont les probabilités, à chaque âge, de rester dans chacun des états de dépendance définis.

L'hypothèse retenue dans le cadre de la modélisation est que les personnes dépendantes ne redeviennent pas valides ou bien ne retournent pas dans un état de dépendance inférieur.

L'intégration de l'amélioration de l'état de dépendance dans le calcul de la cotisation entraînerait une diminution de celle-ci.

Une prise en compte de l'amélioration de l'état de dépendance, obligerait l'assureur à être très réactif pour détecter rapidement les améliorations de santé et adapter en conséquence ses prestations.

On désigne le degré de dépendance par  $gm$ , dans notre cas il peut prendre 3 modalités :

$$\left\{ \begin{array}{l} gm = 1 : \text{ dépendance de type GIR 1,} \\ gm = 2 : \text{ dépendance de type GIR 1 ou 2,} \\ gm = 4 : \text{ dépendance de type GIR 1, 2, 3 ou 4.} \end{array} \right.$$

## 1.2. Les états de la dépendance

Pour expliciter les différentes lois prises en compte pour le risque dépendance, le schéma suivant illustre, dans notre modèle de tarification, les états possibles et les probabilités de passage d'un état à l'autre :



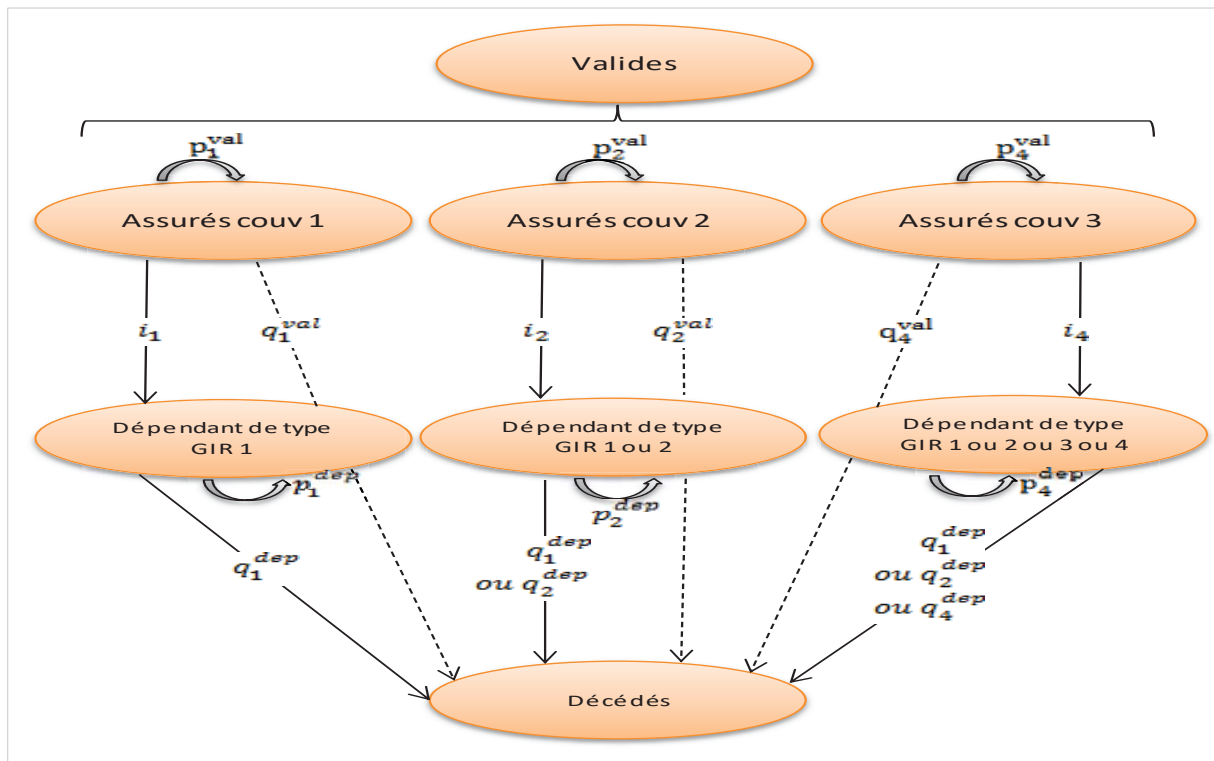


Figure 16 : Modélisation des états de la dépendance

Les probabilités et les notations utilisées pour les personnes valides sont :

Taux de décès des personnes valides ( $q_1^{val}$ ,  $q_2^{val}$ ,  $q_4^{val}$ ) avec :

- $q_1^{val}$  : la probabilité de décès d'un assuré valide couvert par la couverture 1,
- $q_2^{val}$  : la probabilité de décès d'un assuré valide couvert par la couverture 2,
- $q_4^{val}$  : la probabilité de décès d'un assuré valide couvert par la couverture 3.

Taux de survie des personnes valides ( $p_1^{val}$ ,  $p_2^{val}$ ,  $p_4^{val}$ ) avec :

- $p_1^{val}$  : la probabilité d'être vivant et non dépendant de GIR 1,
- $p_2^{val}$  : la probabilité d'être vivant et non dépendant de GIR 1 ou 2,
- $p_4^{val}$  : la probabilité d'être vivant et non dépendant de GIR 1, 2, 3 ou 4.

Taux d'incidence par GIR ( $i_1$ ,  $i_2$ ,  $i_4$ ) avec :

- $i_1$  : la probabilité de passer en dépendance de niveau GIR 1,
- $i_2$  : la probabilité de passer en dépendance de niveau GIR 1 ou 2,
- $i_4$  : la probabilité de passer en dépendance de niveau GIR 1, 2, 3 ou 4.

Ces taux doivent vérifier les conditions suivantes :

$$\begin{cases} p_1^{val} + q_1^{val} + i_1 = 1 \\ p_2^{val} + q_2^{val} + i_2 = 1 \\ p_4^{val} + q_4^{val} + i_4 = 1 \end{cases}$$

Les probabilités et les notations utilisées pour les personnes dépendantes sont :

Taux de décès des personnes dépendantes ( $q_1^{dep}$ ,  $q_2^{dep}$ ,  $q_4^{dep}$ ) avec :

- $q_1^{dep}$  : la probabilité de décès d'un dépendant de type GIR 1,
- $q_2^{dep}$  : la probabilité de décès d'un dépendant de type GIR 2,
- $q_4^{dep}$  : la probabilité de décès d'un dépendant de type GIR 3 ou 4.

Taux de survie des personnes dépendantes ( $p_1^{dep}$ ,  $p_2^{dep}$ ,  $p_4^{dep}$ ) avec :

- $p_1^{dep}$  : la probabilité de survie d'un dépendant de type GIR 1,
- $p_2^{dep}$  : la probabilité de survie d'un dépendant de type GIR 2,
- $p_4^{dep}$  : la probabilité de survie d'un dépendant de type GIR 3 ou 4.

Ces taux doivent également vérifier les conditions suivantes :

$$\begin{cases} p_1^{dep} = 1 - q_1^{dep} \\ p_2^{dep} = 1 - q_2^{dep} \\ p_4^{dep} = 1 - q_4^{dep} \end{cases}$$

En rajoutant ( $x$ ) à chacune des notations précédentes, on obtiendra la probabilité respective à l'âge  $x$ , par exemple :

$p_1^{dep}(x)$  : la probabilité de survie d'un dépendant de type GIR 1 entre l'âge  $x$  et  $x+1$ .

On va, à présent, introduire les méthodes d'estimation de ces lois.

### 1.3. Eléments théoriques de l'estimateur

La construction des lois de sortie (décès ou dépendance dans notre cas), peut se faire par plusieurs types de modèles de durée : paramétriques, non paramétriques, semi-paramétriques ou stochastiques.

L'avantage des modèles non paramétriques est que l'information reste à l'état brut tout au long du traitement permettant d'approcher la forme empirique prise par la loi de la sortie.

L'estimateur de Kaplan-Meier est un des meilleurs estimateurs non paramétriques. Il a été développé par Edward Kaplan et Paul Meier en 1958 et il estime la fonction de survie pour une population donnée.

Le principe est de constituer des périodes d'observation successives en considérant les sauts de la fonction de survie à chaque sortie.

### 1.3.1. Troncatures et censures

L'estimateur de Kaplan-Meier sera construit en fonction des observations des sorties qui ne sont pas toutes complètes.

Pour estimer une loi de sortie par âge, il est nécessaire d'observer les individus d'un échantillon pendant l'année entière où ils sont âgés de  $x$  années.

Lorsqu'il manque l'observation en début de période d'observation, on parle de **troncature** (ou censure gauche) et en fin de période d'observation, on parle de **censure** (ou censure à droite).

On observe une troncature lorsque le contrat est souscrit après le début de la période d'observation.

Pour l'estimation de la loi de mortalité des valides, les cas de censure sont :

- La résiliation du contrat par l'assureur suite à des impayés ou par l'assuré,
- Le passage de l'assuré dans un état de dépendance.

Pour l'estimation de la loi d'incidence de la dépendance, les cas de censure sont :

- La résiliation du contrat par l'assureur suite à des impayés ou par l'assuré,
- Le décès de l'assuré.

Pour l'estimation de la loi de mortalité des dépendants, les cas de censure à droite sont :

- La suspension du contrat lorsque l'assuré ne présente pas de justificatif d'état de dépendance,
- Le passage de l'assuré à un niveau de dépendance non couvert par la garantie choisie.

### 1.3.2. Estimateur de survie de Kaplan-Meier

L'étude des taux de sortie passe par l'estimation de la fonction de survie observée sur l'échantillon. L'estimateur de Kaplan-Meier permet de modéliser la forme empirique de la fonction de survie, sans adopter a priori une loi spécifique.

Pour l'implémenter, il faut connaître exactement toutes les dates d'entrée et de sortie du portefeuille. Cet estimateur ne prend pas en considération l'effet des caractéristiques individuelles. Il faut, pour cela, segmenter la population étudiée en sous-populations homogènes par rapport aux caractéristiques visées. Ainsi, cette procédure limite la possibilité d'utiliser un nombre important de variables explicatives.

De plus, cet estimateur est simple à calculer, dès que les dates d'exposition sont connues, et généralise la notion de fonction de répartition empirique, en tenant compte des données tronquées et censurées.

Pour obtenir cet estimateur, il faut partir d'une population de  $N$  individus d'âge  $x$ . Elle est observée sur une certaine période entre des intervalles  $]t_i, t_{i+1}[$ . Les  $t_i$  correspondent

généralement à des périodes de troncature ou de censure. Mais un pas d'observation quelconque peut être fixé, par exemple journalier ou mensuel.

Soit les notations suivantes :

- $t_i$  : l'instant d'observation,
- $d_{i-1}$  : le nombre de décès observés en  $t_i$ ,
- $r_i$  : le nombre de personnes exposées au risque de décéder en  $t_i$ ,
- $c_{i-1}$  : le nombre de personnes censurées sur]  $t_{i-1}, t_i$ ],
- $e_{i-1}$  : le nombre de personnes tronquées sur]  $t_{i-1}, t_i$ ].

A partir de ces notations, on obtient le nombre de personnes exposées au risque en  $i$  par la formule suivante :  $r_i = r_{i-1} + e_{i-1} - d_{i-1} - c_{i-1}$ .

Soit :

- $q_i$  la probabilité de sortie avant  $t_{i+1}$  d'un individu vivant en  $t_i$ ,
- $S(t)$  la probabilité de survie en  $t$  des  $N$  individus.

Un estimateur naturel de  $q_i$  est  $\hat{q}_i = d_i / r_i$ .

Pour obtenir un estimateur de  $S(t)$ , on fait intervenir les probabilités conditionnelles. En effet, la probabilité de survivre en  $t > s$  s'écrit comme suit :

$$S(t) = P(T > t) = P(T > t | T > s)P(T > s) = P(T > t | T > s)S(s)$$

où  $T$  est la variable aléatoire mesurant la durée de vie résiduelle d'un individu.

En itérant l'opération sur  $S(s)$ , on fait apparaître un produit de probabilités conditionnelles de la forme  $P(T > t | T > s)$ . Or, on a choisi comme pas d'observation les intervalles  $]t_{i-1}, t_i]$ . Les probabilités peuvent donc être réécrites sous la forme  $P(T > t_i | T > t_{i-1})$ . Il s'agit de la probabilité qu'un individu survive en  $t_i$  sachant qu'il était vivant en  $t_{i-1}$ . Elle est notée  $p_i$ . D'après ce qui précède, elle peut être estimée par  $\hat{p}_i = 1 - \hat{q}_i$ . Ceci aboutit à l'estimateur de survie en  $t$  de Kaplan-Meier de la forme :

$$\hat{S}(t) = \prod_{t_i \leq t} \hat{p}_i = \prod_{t_i \leq t} \left(1 - \frac{d_i}{r_i}\right) \quad (1)$$

### 1.3.3. Caractéristiques de l'estimateur

L'estimateur de Kaplan-Meier présente des propriétés importantes qui lui permettent d'être un des meilleurs estimateurs empiriques de la fonction de répartition de la loi de survie en présence de censures et de troncatures.

En effet, il est convergent, asymptotiquement gaussien, cohérent et est également un estimateur du maximum de vraisemblance généralisé. Le principal atout de ce dernier est qu'il existe un estimateur de sa variance (l'estimateur de Greenwood) qui nous permet, avec l'hypothèse de

normalité asymptotique de l'estimateur de Kaplan-Meier, d'établir des intervalles de confiance asymptotiques pour les probabilités conditionnelles de décès.

### 1. Espérance de l'estimateur de Kaplan-Meier

$$\begin{aligned} E(\hat{S}(t)) &= E\left(\prod_{t_i \leq t} \hat{p}_i\right) = E\left(\prod_{t_i \leq t} \left(1 - \frac{d_i}{r_i}\right)\right) \\ &= 1 - \prod_{t_i \leq t} E\left(\frac{d_i}{r_i}\right) = 1 - \prod_{t_i \leq t} q_i = 1 - \hat{S}(t) \end{aligned}$$

Ainsi, on en conclut que cet estimateur est biaisé positivement.

### 2. Variance de l'estimateur de Kaplan-Meier

Nous avons indiqué précédemment qu'un des avantages de l'estimateur de Kaplan-Meier était de pouvoir établir des intervalles de confiance asymptotique des probabilités conditionnelles de décès.

Pour cela nous introduisons l'estimateur de Greenwood, qui est un estimateur de la variance de l'estimateur de Kaplan-Meier.

L'estimateur  $\hat{S}(t)$  permet d'énoncer :

$$\begin{aligned} \hat{S}(t) &= \prod_{t_i \leq t} \left(1 - \frac{d_i}{r_i}\right) \\ \ln(\hat{S}(t)) &= \sum_{t_i \leq t} \ln\left(1 - \frac{d_i}{r_i}\right) = \sum_{t_i \leq t} \ln(1 - \hat{q}_i) \end{aligned}$$

En premier lieu, on va considérer que les variables  $\ln(1 - \hat{q}_i)$  sont indépendantes. On sait également que la loi de  $r_i \hat{p}_i$  suit une loi binomiale de paramètres  $(r_i, \hat{p}_i)$ . D'après la méthode delta,  $V(f(X)) \approx \left(\frac{df}{dx}(E(X))\right)^2 V(X)$  et on obtient l'expression suivante :

$$V(\ln \hat{p}_i) \approx V(\hat{p}_i) \left[\frac{d}{dp} \ln(\hat{p}_i)\right]^2 = \frac{\hat{q}_i}{r_i(1 - \hat{q}_i)}$$

L'estimateur de la variance de  $\ln \hat{S}(t)$  est alors défini par :

$$\hat{V}(\ln \hat{S}(t)) = \sum_{t_i \leq t} \frac{\hat{q}_i}{r_i(1 - \hat{q}_i)} = \sum_{t_i \leq t} \frac{d_i}{r_i(r_i - d_i)}$$

On peut ensuite réappliquer la méthode delta, avec pour fonction  $f$  le logarithme, et on obtient l'estimateur de Greenwood :

$$\hat{V}(\hat{S}(t)) = \hat{S}(t)^2 \sum_{t_i \leq t} \frac{d_i}{r_i(r_i - d_i)} \quad (2)$$

L'unité de la valeur de  $i$  qu'on a retenue est le jour.

Cet estimateur est consistant pour la variance asymptotique de l'estimateur de Kaplan-Meier.

### 3. Intervalle de confiance

Nous utilisons l'estimateur de Greenwood pour déterminer l'intervalle de confiance point par point de la courbe de survie.

On définit alors, par exemple, l'intervalle de confiance à 95 % :

$$[\hat{S}(t) \pm 1,96 \cdot \sigma_{Greenwood}(t)]$$

Où  $\sigma_{Greenwood}(t)$  se déduit de  $\hat{V}(\hat{S}(t))$  en prenant la racine carrée.

Cet intervalle de confiance se construit sous les mêmes hypothèses de construction que pour l'estimateur de Kaplan-Meier. En effet, le nombre de sorties sur la période suivant une loi binomiale  $B(r_i, \hat{q}_i)$ , l'écart-type du nombre de sorties théoriques n'est autre que la racine carrée de  $r_i$ .

Par conséquent, pour un niveau de confiance  $1 - \alpha$  ( $\alpha = 95\%$ ) et une approche gaussienne, les intervalles de confiance à 95 % sur les taux lissés sont donnés par les formules suivantes :

$$IC_x^{Min} = \hat{q}_i - 1,96 \sqrt{\frac{\hat{q}_i(1 - \hat{q}_i)}{r_i}}$$

$$IC_x^{Max} = \hat{q}_i + 1,96 \sqrt{\frac{\hat{q}_i(1 - \hat{q}_i)}{r_i}}$$

#### 1.4. Lissage des taux bruts

Afin d'obtenir des données lissées, on a utilisé le lissage de Whittaker-Henderson. Cette méthode est basée sur la minimisation du critère  $M$  défini par  $M = F + h \times G$ , avec  $F$  et  $G$  respectivement les critères de fidélité et de régularité, définis par :

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

et

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

Où on a :

- $q_i$  : les taux bruts,
- $\hat{q}_i$  : les taux lissés,
- $w_i$  : les poids, ils représentent la pondération par l'effectif à l'âge  $i$ ,
- $\Delta$  : la distance entre deux valeurs lissées consécutives  $\hat{q}_{i+1} - \hat{q}_i$ ,
- $p$  : l'âge maximum où le taux brut est observé.

Cette méthode de lissage conduit au choix de deux paramètres :

- Le paramètre  $z$ , entier positif, intervenant dans le critère de régularité,
- Le paramètre  $h$ , réel positif, contrôlant le poids du critère de régularité dans le lissage.

On note que :

- Plus le critère  $F$  est proche de 0, plus les taux lissés sont fidèles aux taux bruts,
- Plus le critère  $G$  est proche de 0, plus le lissage est régulier.

## 1. Test de Khi deux

Afin de vérifier que le lissage des taux de décès et d'incidence bruts est de bonne qualité, on utilisera le test du *Khi deux*.

La comparaison entre les taux bruts observés et les taux lissés est faite à partir des valeurs correspondant à un âge donné.

On calcule la statistique :

$$\hat{\chi}^2 = \sum_{i=1}^p n_i \frac{(\hat{q}_i - q_i)^2}{q_i \times (1 - q_i)}$$

Si  $\hat{\chi}^2 < \chi^2_{1-\alpha}(\vartheta)$ , alors on accepte l'hypothèse selon laquelle les taux estimés sont proches des taux bruts.

Avec :

- $\alpha$  : le risque de première espèce,
- $\vartheta$  : le degré de liberté.

### 1.5. Raccordement aux âges extrêmes

L'objectif de cette étape est de prolonger la table des taux bruts aux âges élevés, pour lesquels les données observées ne sont pas suffisantes ou pas disponibles. Afin de constituer des tables aux âges extrêmes, plusieurs méthodes peuvent être utilisées, comme le modèle logit ou la modèle Makeham.

## 1. Modèle logit

Cette méthode s'appuie sur des techniques de régression linéaire, par rapport à des variables explicatives.

Elle permet de contraindre  $q_x \in [0,1]$ , si elle est exprimée ainsi :

$$lg(x) = \ln\left(\frac{\hat{q}_x}{1 - \hat{q}_x}\right)$$

Dans ce cas, la variable explicative pourrait être le  $q_x$  d'une table de référence.

L'ajustement logistique s'appuie sur le fait que, sur une grande plage, la fonction logistique des taux de décès suit une tendance linéaire.

En se basant sur une table de mortalité de référence existante, la régression linéaire se fait à partir de la formule suivante :

$$\ln\left(\frac{\hat{q}_x}{1 - \hat{q}_x}\right) = a + b \cdot \ln\left(\frac{q_x}{1 - q_x}\right) + \varepsilon_x$$

Les valeurs de a et b sont obtenues selon l'approche des moindres carrés.

L'intervalle des âges retenus pour la régression linéaire est celui des derniers taux avant prorogation, où les effectifs sont les plus importants.

## 2. Modèle Makeham

L'hypothèse fondamentale de Makeham est que le taux instantané de mortalité, à partir d'un certain âge, s'exprime par :

$$\mu_x = \alpha + \beta \cdot c^x$$

Où on a :

- $\mu_x$  : le taux instantané de la mortalité,
- $\alpha$  : l'incidence accidentelle indépendante de l'âge,
- $\beta \cdot c^x$  : l'effet lié au vieillissement.

Avec  $\alpha > 0$  ;  $\beta > 0$  ;  $c > 1$ .

On a :

$$\begin{aligned} p_x &= \exp\left[-\int_x^{x+1} \mu_y d_y\right] = \exp\left[-\int_x^{x+1} (\alpha + \beta \cdot c^y) d_y\right] = \\ &= \exp(-\alpha) \exp\left[-\frac{\beta}{\ln(c)} c^x (c - 1)\right] \end{aligned}$$

En posant :  $s = \exp(-\alpha)$  et  $g = \exp\left[-\frac{\beta}{\ln(c)}\right]$

On obtient la fonction de Makeham à ajuster :



$$q_x = 1 - p_x = 1 - sg^{c^x(c-1)}$$

Les valeurs de  $s$ ,  $g$  et  $c$  sont obtenues par la méthode du maximum de vraisemblance discret.

## 2. Comparaison de la sinistralité observée et attendue sur le contrat « Complément Dépendance BTP »

Le contrat « Complément Dépendance BTP » a été commercialisé en 1998. Lors de sa tarification, les tables suivantes ont été utilisées :

- Table TPG93 pour estimer les décès des personnes valides (cotisants),
- Table TD73-77 pour estimer le maintien en dépendance des personnes dépendantes,
- Tables d'incidences pour estimer les entrées en dépendance.

Les tables d'incidences ont été réalisées par GIR, à la demande du Conseil Général de la Sarthe et de la CNAM. L'enquête a été effectuée par sondage, de janvier à octobre 1994, sur un échantillon de 1626 personnes.

Depuis 2008, l'analyse du portefeuille montre que les lois utilisées dans le tarif et le provisionnement du « Complément Dépendance BTP » sont différentes des lois d'expérience. En effet, on constate que les tables :

- Surestiment la sinistralité décès des cotisants,
- Sous-estiment les taux d'incidences en dépendance,
- Surestiment le maintien en dépendance.

### 2.1. Décès des valides

Pour les assurés valides cotisants, le tableau suivant présente, par type de couverture, l'exposition en années, le nombre et le taux de décès observés, ainsi que le nombre de décès attendus selon les anciennes lois.

Type de Couverture	Exposition	Décès observés	Taux de décès	Décès attendus TPG93	Ecart d'estimation
1	383 628	3 869	1,01%	4 077	5 %
2	188 049	1 147	0,61 %	1 559	36 %
3	39 827	213	0,53 %	352	65 %
<b>Total</b>	<b>611 504</b>	<b>5 229</b>	<b>0,86 %</b>	<b>5 988</b>	<b>15 %</b>

Figure 17 : Statistiques des valides par type de couverture

D'après le tableau ci-dessus, on constate que la mortalité des valides (cotisants) observée sur les trois types de couvertures est différente.

On remarque que les tables du tarif surestiment la mortalité des trois couvertures et plus précisément celle des couvertures 2 et 3.

→ *Cela entraîne une surestimation du tarif.*

Les taux de décès sont décroissants de la couverture 1 à la couverture 3. Plusieurs explications sont envisagées :

- Les assurés sous couverture 1 ont en moyenne 74,4 ans et sont plus âgés que ceux des couvertures 2 et 3, qui ont respectivement 69,3 ans et 70,4 ans. Les assurés de la couverture 1 sont en moyenne de la génération 1941, alors que ceux des couvertures 2 et 3 sont respectivement des générations 1946 et 1945. Le gain de survie, par rapport au millésime de naissance, a déjà été prouvé et pourrait expliquer, en partie, l'écart entre la couverture 1 et les couvertures 2 et 3.
- Les femmes sont plus nombreuses dans la couverture 3 (59 %), alors qu'elles sont 48 % dans la couverture 2 et 50 % dans la couverture 1, ce qui pourrait expliquer une partie du gain de mortalité, de la couverture 3 par rapport aux couvertures 2 et 1.
- Les tarifs des couvertures 2 et 3 sont respectivement 3 et 6 fois plus élevés que ceux de la couverture 1. On peut alors supposer que les assurés des couvertures 2 et 3 ont plus de revenus (catégorie socio-professionnelle différente), leur permettant de mieux se couvrir contre la dépendance. La plus faible mortalité des individus appartenant à des classes professionnelles plus aisées expliquerait une mortalité inférieure pour les couvertures 2 et 3 par rapport à la couverture 1.

→ *On peut donc conclure qu'une étude de la mortalité par type de couverture et par sexe est nécessaire.*

## **2.2. Taux d'incidences de dépendance**

Les trois graphiques suivants montrent les écarts entre les taux d'incidences observés et estimés par couverture :

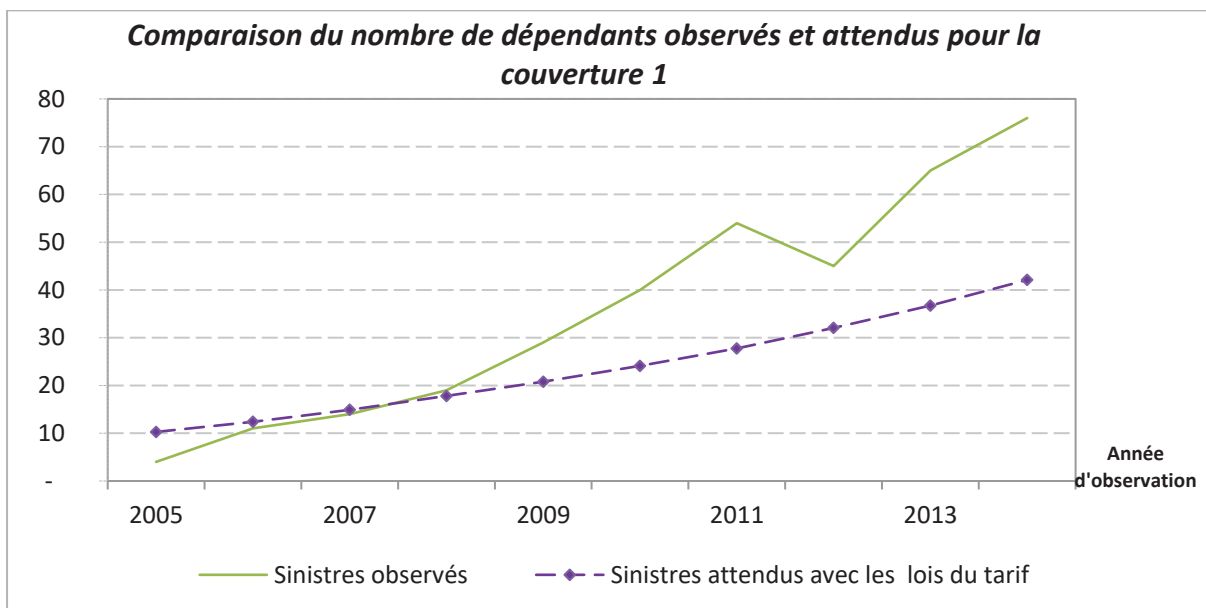


Figure 18 : Comparaison du nombre de dépendants observés et attendus pour la couverture 1

On constate qu'à partir de 2008, le nombre de sinistres attendus est inférieur au nombre de sinistres observés. Entre 2008 et 2014, la sinistralité de la couverture 1 est sous-estimée en moyenne de 40 %.

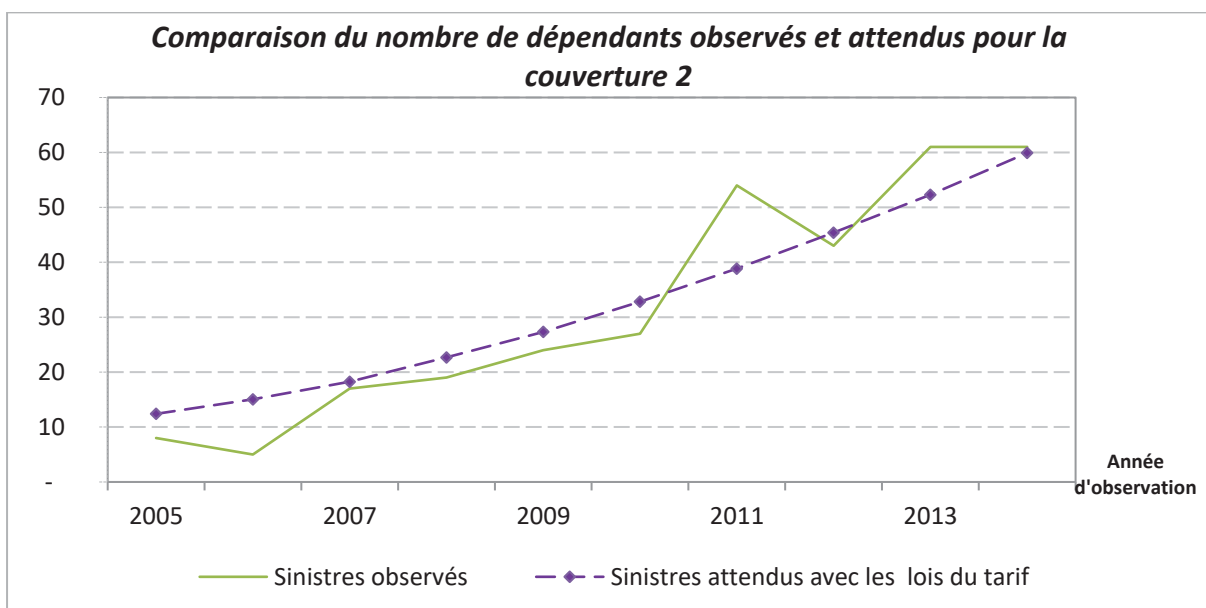


Figure 19 : Comparaison du nombre de dépendants observés et attendus pour la couverture 2

Depuis 2011, la sinistralité observée dépasse la sinistralité attendue. Entre 2011 et 2014, la sinistralité de la couverture 2 est sous-estimée de 10 % avec les lois du tarif.

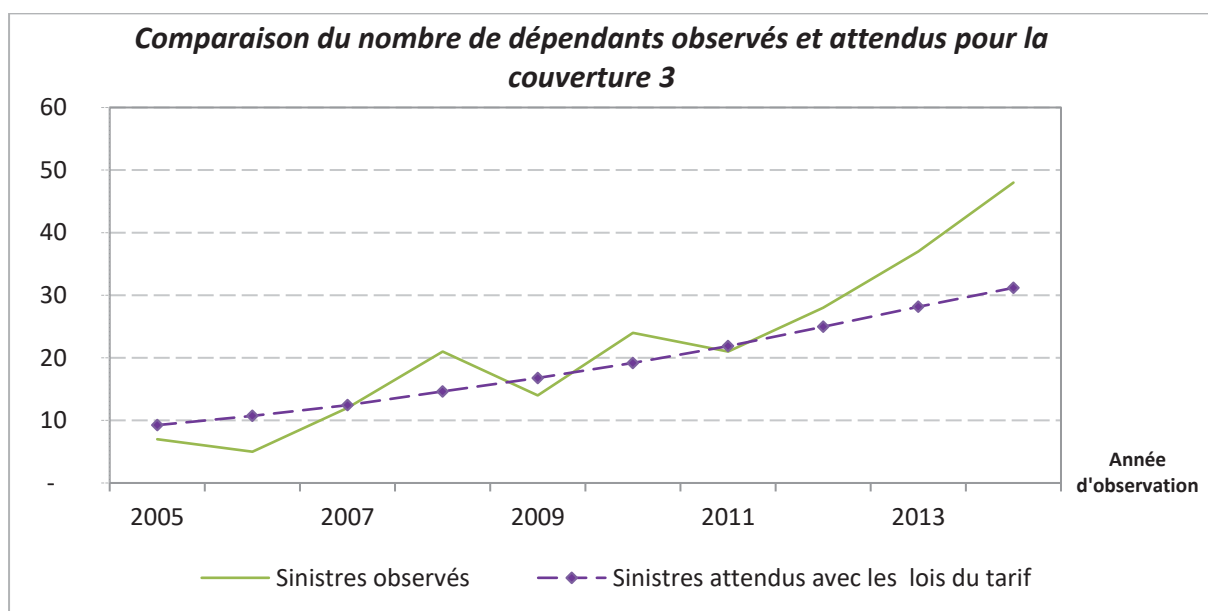


Figure 20 : Comparaison du nombre de dépendants observés et attendus pour la couverture 3

Une sous-estimation de la sinistralité est également constatée pour la couverture 3. Depuis 2008, la sinistralité est sous-estimée de 20 %.

Toutefois, ces résultats doivent être interprétés avec prudence, compte tenu du faible nombre de sinistres survenus par année de sinistre et par couverture :

➔ *La sous-estimation du nombre de dépendants conduit à la sous-estimation des tarifs.*

### 2.3. Maintien en dépendance

Le tableau suivant compare, pour les rentes fermées, l'espérance de vie attendue selon la table TD73-77 (utilisée dans le tarif et le provisionnement) et la durée réelle de paiement.

GIR	Nombre de dépendants	Age moyen à l'entrée en dépendance	Durée de paiement en années	Espérance de vie attendue en années (TD 73-77)
1	361	77,2	1,3	6,8
2	156	75,3	1,6	7,8
3	13	73,8	2,3	8,4
4	27	73,9	2,4	8,3
<b>Total</b>	<b>557</b>	<b>76,4</b>	<b>1,5</b>	<b>7,2</b>

Figure 21 : Espérance de vie des dépendants par GIR

On constate que la table TD 73-77 sous-estime la mortalité des dépendants. En effet, pour les 557 rentes fermées pour cause de décès, l'espérance de vie estimée avec la table TD 73-77 est 4 à 5 fois supérieure à la durée du paiement de la rente.

→ *Cela a comme effet d'augmenter le tarif et les provisions.*

### 3. Construction des tables d'expérience des valides

Dans cette partie, on procède à la construction des lois d'expérience des valides : lois de mortalité  $q_{gm}^{val}(x)$ , d'entrée en dépendance  $i_{gm}(x)$  et de survie  $p_{gm}^{val}(x)$ .

La procédure de réalisation est la suivante :

- Appliquer l'estimateur de survie de Kaplan-Meier pour :
  - Les sorties de type décès, en considérant les dépendants comme des censures et déterminer ainsi les  $q_{gm}^{val}(x)$ ,
  - Les sorties de type dépendance, en considérant les décès comme des censures et déterminer ainsi les  $i_{gm}(x)$ .
- Déterminer et analyser les intervalles de confiance des différentes lois,
- Effectuer le lissage des différentes lois par la méthode de Whittaker-Henderson, en gardant à chaque fois le meilleur ajustement,
- Prolonger les taux de toutes les lois aux âges extrêmes.

En déduire pour l'ensemble des couvertures ( $gm = \{1, 2, 4\}$ ), les taux de survie à chaque âge  $x$  grâce à la formule :

$$p_{gm}^{val}(x) = 1 - q_{gm}^{val}(x) - i_{gm}(x)$$

#### 3.1. Analyse des données

##### 3.1.1. Description des données

Les tables, issues des bases des inventaires au 30/09/2015, ont été validées au préalable et contiennent, d'une part, l'historique des adhérents cotisants et d'autre part, l'historique des dépendants au 31/12/2014. Une sélection des variables à partir du fichier de base a été réalisée, afin de retenir les variables les plus utiles à notre étude.

On dispose de deux fichiers de données historiques :

- Un fichier de cotisants qui contient les informations concernant les contrats ouverts (valides) ou fermés (impayés, renoncations ou décès) à la date d'arrêt,
- Un fichier de dépendants qui contient l'ensemble de sinistres en cours (dépendants) ou fermés (fin de dépendance, décès en étant dépendant).

Pour avoir des résultats d'expérience fiables, il est nécessaire de disposer d'un nombre suffisant de données, tant en ce qui concerne le nombre de personnes exposées que le nombre de sorties.

Notre portefeuille d'assurés comporte un nombre important de données pour les valides mais un nombre limité de dépendants, seulement 1 033. On ne pourra pas utiliser cette population pour construire une table de maintien en dépendance, ni pour effectuer d'autres segmentations qui permettraient d'affiner l'étude, par sexe ou par catégorie socio-professionnelle.

### 3.1.2. Traitements effectués

Avant de passer à la construction des lois, on effectue des traitements sur les fichiers sources afin de ne construire qu'une seule base.

#### 1. Traitements effectués sur le fichier des valides

Cette première table résulte des traitements suivants :

- Garder les lignes dans les cas suivants :
  - Le contrat est ouvert pendant la période d'observation,
  - Le contrat est résilié pendant la période d'observation,
  - Le contrat est fermé pendant la période d'observation pour cause de décès.
- Sélectionner les couvertures pour l'étude :
  - Couverture = 1 pour la construction des  $q_1^{val}$ ,  $i_1$  et  $p_1^{val}$ ,
  - Couverture = 2 pour la construction des  $q_2^{val}$ ,  $i_2$  et  $p_2^{val}$ ,
  - Couverture = 3 pour la construction des  $q_4^{val}$ ,  $i_4$  et  $p_4^{val}$ .
- Traitement des changements de couverture : si l'assuré effectue des changements de couverture, alors on considérera que l'assuré a été observé depuis la souscription sur une seule couverture qui correspond à la dernière couverture.
- Définir la date de début et de fin d'observation : si l'assuré effectue des changements sur son contrat, il apparaîtra sur plusieurs lignes. Dans ce cas, les dates de début d'effet et de fin d'effet seront différentes. Pour cette étude, la date de début d'effet correspondra à la première date de début d'effet de contrat et la date de fin d'effet sera celle qui correspond à la dernière date de fin du contrat si ce dernier est fermé, sinon c'est la date de fin de la période observée.
- On redéfinit la date de fin d'observation en tenant compte de la date d'entrée en dépendance et de la date de décès :
  - Si l'assuré décède en étant valide, la date de fin d'observation correspondra à la date de décès,
  - Si l'assuré est entré dans un état de dépendance, alors la date de fin d'observation correspondra à la date d'entrée en dépendance,
  - Si l'assuré est toujours valide mais que le contrat a été fermé, alors la date de fin d'observation correspondra à la date de fin d'effet,
  - Si l'assuré est toujours valide et que le contrat est encore ouvert, alors la date de fin d'observation correspondra à la date de fin d'observation de la période.

Par exemple, le contrat 04496553.76 a effectué plusieurs changements de couverture :

FIN PERIODE D'OBSERVATION	NUMERO SOCIETAIRE	NUMERO CONTRAT	DATE D'EFFET DU CONTRAT	FIN D'EFFET DU CONTRAT	CAUSE FERMETURE DU CONTRAT	DATE DE NAISSANCE DE L'ASURE	COUVERTURE : 1, 2 OU 3	DATE DEBUT EFFET DU RISQUE	DATE FIN EFFET DU RISQUE	CAUSE FERMETURE DU RISQUE
31/10/12	04496553.76	01	29/11/01	.	.	28/12/39	2	14/03/08	.	.
31/10/12	04496553.76	01	29/11/01	.	.	28/12/39	3	03/09/04	13/03/08	AVENAN
31/10/12	04496553.76	01	29/11/01	.	.	28/12/39	1	12/07/04	02/09/04	AVENAN
31/10/12	04496553.76	01	29/11/01	.	.	28/12/39	1	29/11/01	11/07/04	AVENAN

Figure 22 : Exemple de changement de couverture dans le fichier de cotisations

Cet assuré sera observé pour le calcul de  $p_2^{\text{val}}$  car c'est sa dernière couverture, sa date de début et fin d'effet seront les suivantes :

- La date début d'observation est le 29/11/2001, car c'est le minimum de toutes les dates d'effet du risque,
- La date de fin d'observation est le 31/12/2014 (date de fin d'observation de l'étude), car le contrat n'est pas fermé à cette date.

## 2. Traitements effectués sur le fichier des dépendants

Cette table résulte des traitements suivants :

- Choisir la date d'entrée en dépendance : on a retenu comme date d'entrée en dépendance, la date de premier jour de paiement, alors qu'il y a trois dates dans le fichier prestations qui pourraient correspondre à cela :
  - Date de fait générateur : correspond à la date d'origine de la dépendance, c'est-à-dire la date de la maladie ou de l'accident qui a engendré un état de dépendance.
  - Date de création de sinistre : correspond à la date de réception des certificats,
  - Date de premier jour de paiement : correspond à la date calculée en fonction de la date de début de l'APA avec une rétroactivité qui ne peut excéder 6 mois. Cette date tient compte du délai de franchise de 90 jours.
- Garder les lignes avec une date de premier jour de paiement antérieure au 31/12/2014,
- Sélectionner les couvertures pour l'étude :
  - Couverture = 1 pour la construction de  $i_1$ ,
  - Couverture = 2 pour la construction de  $i_2$ ,
  - Couverture = 3 pour la construction de  $i_4$ .
- Sélectionner les lignes avec la date du premier jour de paiement la plus ancienne.

On obtient la base finale qui contient les données suivantes :

- L'identifiant de l'assuré,
- La date de naissance de l'assuré,
- La date d'effet du contrat,
- La date de fin d'effet du contrat,
- La cause de fermeture de contrat,
- La date d'entrée en dépendance,

- Le degré de dépendance de l'assuré,
- La couverture choisie par l'assuré,
- La date de début d'observation,
- La date de fin d'observation.

### 3. Traitements effectués sur le fichier issu de la concaténation des deux fichiers précédents

On pourra construire les indicateurs suivants, nécessaires aux calculs de Kaplan-Meier :

- L'état des assurés, à chaque instant, parmi les états suivants :
  - L'assuré est valide si sa date de premier jour de paiement est vide, avec une date de décès vide ou supérieure à la date de fin d'observation,
  - L'assuré est dépendant si sa date de premier jour de paiement est comprise dans la période d'observation,
  - L'assuré est censuré si la date de fin d'effet du contrat est comprise dans la période d'observation. Le contrat est donc clôturé pour une autre raison que le décès (résiliation ou impayé...) et l'assuré est sorti de l'observation en étant valide,
  - L'assuré est décédé si la date de décès est comprise dans la période d'observation.
- L'âge (en nombre de jours) sur toute la durée d'exposition avec un pas de 1 jour.

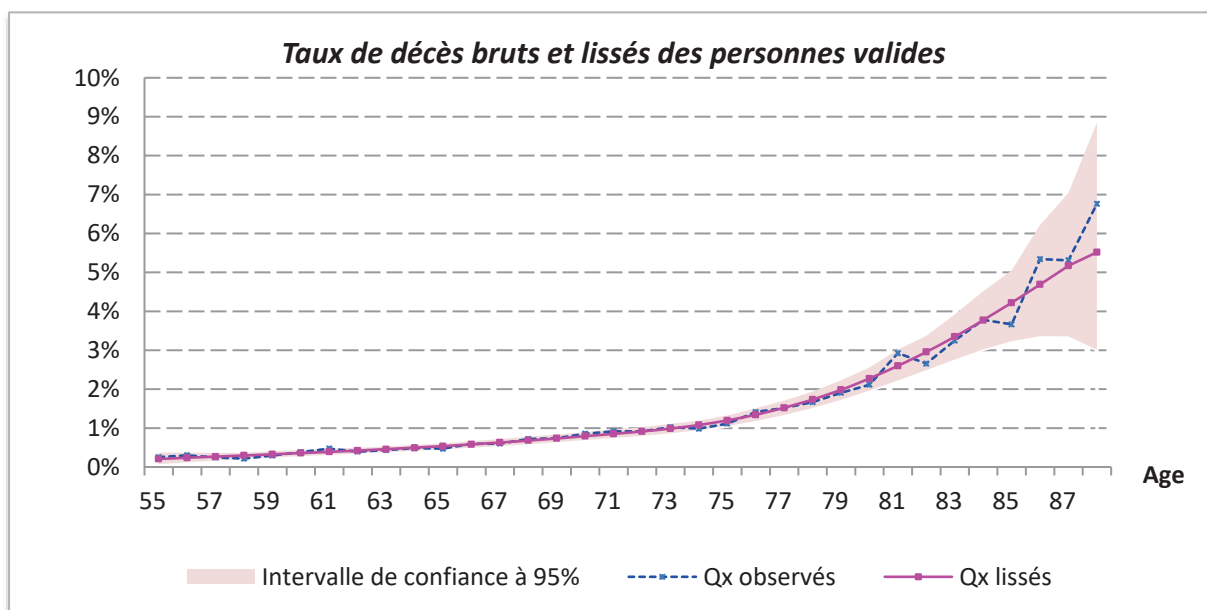
## 3.2. Lois de mortalité des valides

### 3.2.1. Loi de mortalité des valides toutes couvertures confondues

Dans ce cas, le périmètre d'étude pour les taux de décès est l'ensemble des assurés, c'est-à-dire les assurés couverts par une des trois couvertures proposées. On appellera la loi des taux de décès estimés, la loi « *DC\_tot* ».

Le graphique ci-dessous présente les taux de décès observés bruts, lissés, ainsi que l'intervalle de confiance.





*Figure 23 : Taux de décès des personnes valides*

La courbe des taux  $q_{tot}^{val}$  observés est assez régulière sur la tranche 55-85 ans. On remarque que l'intervalle de confiance a tendance à s'élargir à mesure que l'âge augmente. En effet, après 85 ans, les taux deviennent plus volatils, car il y a très peu d'exposition pour la tranche 85-92 ans.

On obtient une courbe lisse et régulière sur la tranche d'âge 55-88 ans. Ensuite, on prolonge la table des taux lissés avec les méthodes suivantes :

- Modèle logit pour la tranche d'âge 0-54 ans,
- Modèle Makeham pour la tranche d'âge 89-120 ans.

L'âge minimum d'adhésion au contrat dépendance individuel est 50 ans. Une exception est faite pour les assurés ayant souscrit un contrat PERP. Dans ce cas, l'assuré peut souscrire au contrat dépendance à partir de 18 ans, d'où la nécessité d'obtenir des tables d'expérience qui commencent à 18 ans. Par harmonisation avec les autres tables réglementaires, on prolonge les tables jusqu'à l'âge 0.

Le graphique ci-dessous donne la comparaison des taux de décès, sur la tranche d'âge 55-88 ans, avec ceux de la table TF00-02 :

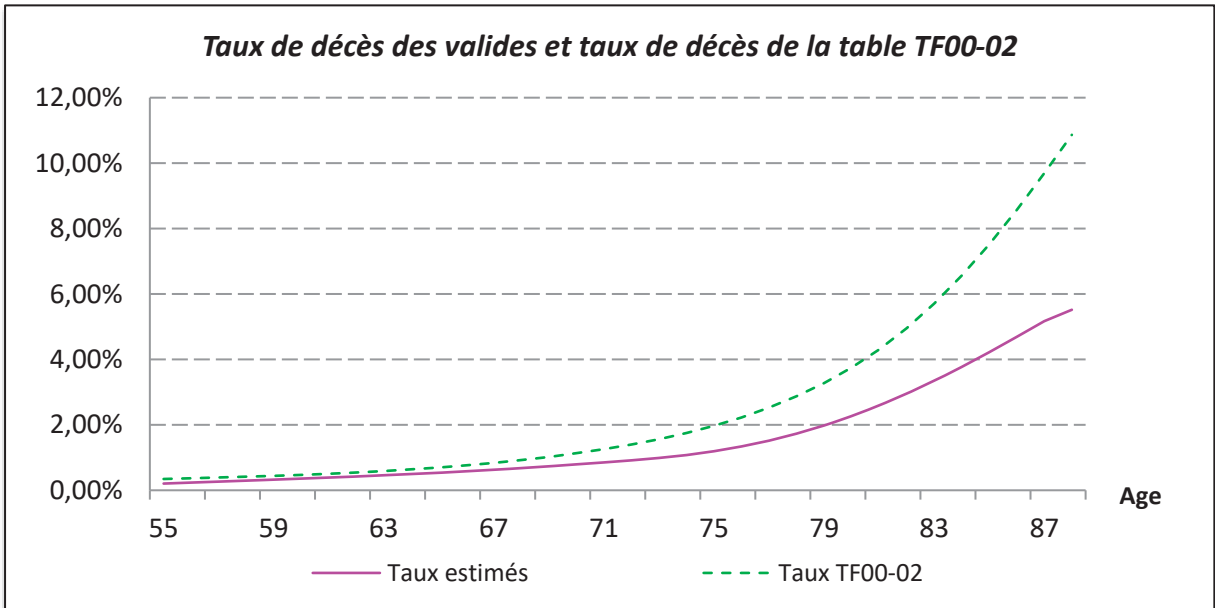


Figure 24 : Comparaison des taux de décès des valides avec les taux de la table TF00-02

On constate que les taux de décès obtenus sont inférieurs aux taux de décès de la table TF00-02. Après 70 ans, l'écart se creuse et à partir de 80 ans, les taux de la table TF00-02 sont deux fois plus grands que les taux estimés.

On applique le modèle logit basé sur la table TF00-02 pour raccorder la courbe sur la tranche d'âge 0-54 ans.

Le graphique ci-dessous compare les taux de décès estimés (lissés et prolongés) avec les taux de la table TPG93 qui ont été utilisés dans la première tarification et dans le provisionnement.

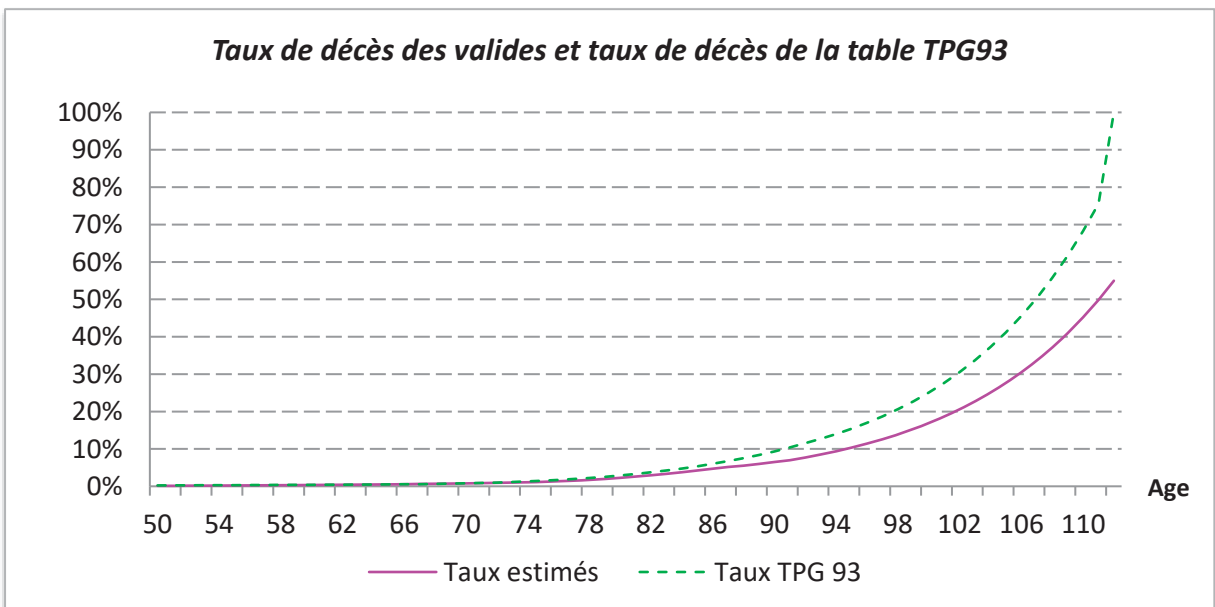


Figure 25 : Comparaison des taux de décès des valides avec les taux de la table TPG93

On constate que les taux de décès de la table TPG93 sont plus élevés que les taux de décès estimés, notamment après 70 ans. En effet, la table TPG93 surestime la mortalité des cotisants, ce qui peut induire un risque de sous-estimation des provisions.

Le tableau suivant donne, par tranche d'âge, l'exposition en années pour les assurés couverts, le nombre de décès observés et le nombre de décès estimés avec la loi *DC\_tot* :

Tranche d'âge	Exposition	Décès observés	Décès estimés (DC_tot)	Ecart d'estimation
50-60	82 000	242	243	0,2 %
61-65	148 559	672	684	1,8 %
66-70	155 566	1 093	1 063	-2,7 %
71-75	132 946	1 319	1 321	0,3 %
76-80	70 826	1 177	1 189	1,0 %
81-85	19 523	612	607	-0,8 %
86-120	2 084	114	106	-6,7 %
<b>Total</b>	<b>611 504</b>	<b>5 229</b>	<b>5 213</b>	<b>-0,3 %</b>

Figure 26 : Exposition et nombre de décès des valides par tranche d'âge

La nouvelle loi donne une estimation du nombre de décès très proche du nombre de décès observés, même si on constate quelques écarts d'estimation au sein de chaque tranche. En valeurs absolues, les écarts par tranche d'âge ne dépassent pas 3 % et au global l'écart d'estimation est de 0,30 %.

La loi a été testée sur chaque type de couverture. Le tableau suivant donne, par couverture, un backtesting du nombre de décès estimés avec cette loi :

Type de couverture	Exposition	Décès observés	Décès estimés (DC_tot)	Ecart d'estimation
1	383 628	3 869	3 523	-9,0 %
2	188 049	1 147	1 380	20,3 %
3	39 827	213	310	45,7 %
<b>Total</b>	<b>611 504</b>	<b>5 229</b>	<b>5 213</b>	<b>0,3 %</b>

Figure 27 : Exposition et nombre de décès des valides par type de couverture

On constate que *DC\_tot* sous-estime le nombre de décès de la couverture 1 et surestime ceux des couvertures 2 et 3.

Le graphique suivant donne les taux de décès observés pour les trois couvertures et les taux de décès de *DC\_tot* pour la tranche d'âge 62-80 ans :

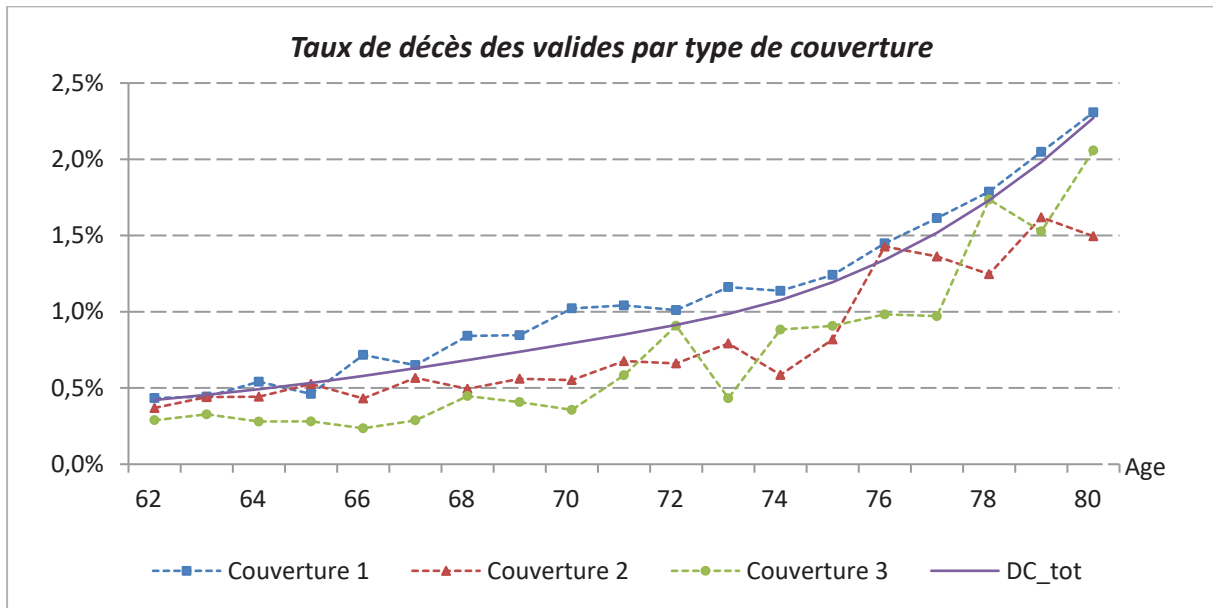


Figure 28 : Taux de décès des valides par type de couverture

Le graphique montre un écart de taux de décès pour les trois types de couverture, par rapport à la loi *DC\_tot*. Cette loi est plus proche de la couverture 1, puisque celle-ci représente 63 % de l'exposition totale et environ 68 % des décès observés.

L'explication des écarts de mortalité restants entre les couvertures peut s'avérer d'ordre sociologique. La catégorie socio-professionnelle, le sexe, la génération de naissance, peuvent être différentes d'une couverture à une autre.

### 3.2.2. Loi de décès des valides par type de couverture

Le graphique ci-dessous présente les taux de décès observés bruts, lissés, ainsi que l'intervalle de confiance à 95 %, en fonction de l'âge pour la couverture 1 :

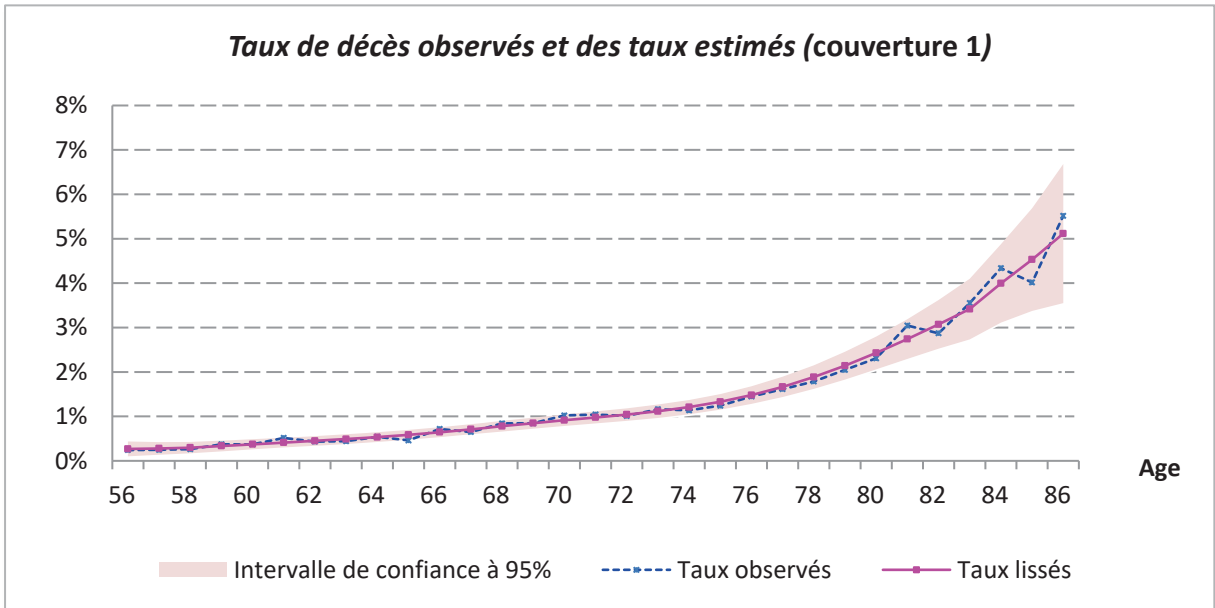


Figure 29 : Taux de décès des valides de la couverture 1

La courbe des taux de  $q_1^{val}$  observés est assez régulière sur la tranche d'âge 56-84 ans. On remarque que l'intervalle de confiance a tendance à s'élargir, à mesure que l'âge augmente. En effet, après 85 ans, les taux deviennent un peu plus volatiles car l'exposition est faible pour cette tranche d'âge.

Par la suite, un test d'adéquation du Khi-Deux sera réalisé afin de vérifier que les taux conditionnels de décès lissés sont conformes aux taux bruts.

De manière similaire à la couverture 1, nous présentons dans le graphique ci-dessous les taux de décès observés bruts, lissés, ainsi que l'intervalle de confiance à 95 %, en fonction de l'âge pour la couverture 2 :

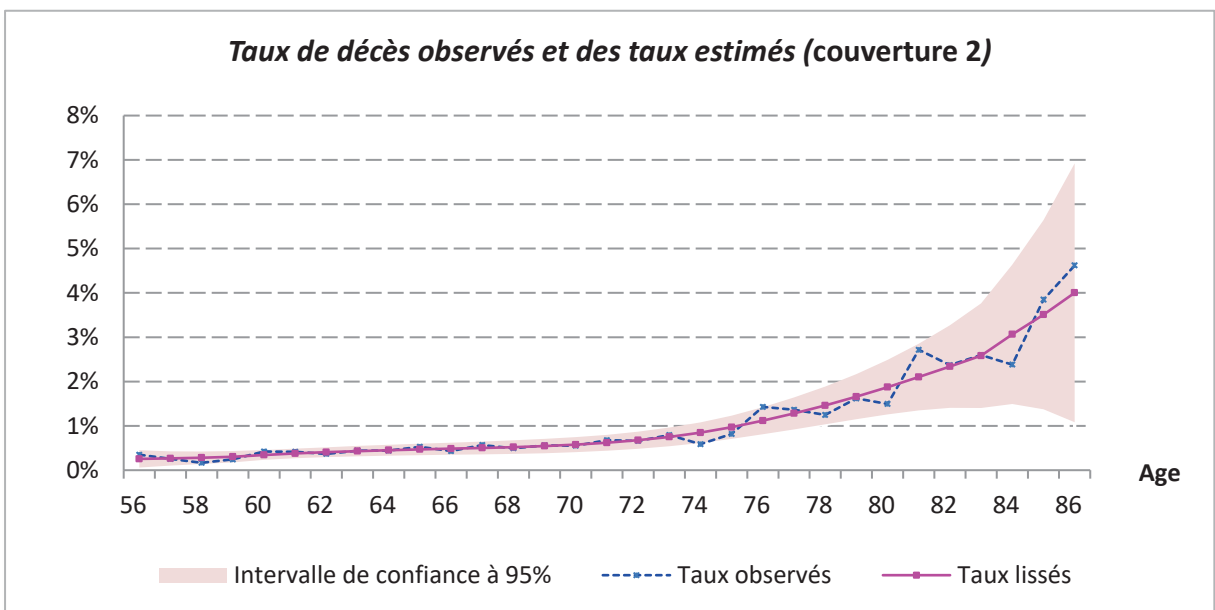


Figure 30 : Taux de décès des valides de la couverture 2

La courbe des taux de  $q_2^{val}$  observés est régulière sur la tranche 56-80 ans. Comme pour la couverture 1, on remarque que l'intervalle de confiance s'élargit à mesure que l'âge augmente. En revanche, les irrégularités commencent plus tôt que celles de la couverture 1 (80 ans contre 84 ans). Au-delà de 80 ans, l'élargissement de l'intervalle de confiance, en raison d'une insuffisance de données ne permet plus une estimation précise.

Le graphique ci-dessous présente les taux de décès observés bruts, lissés, ainsi que l'intervalle de confiance à 95 %, en fonction de l'âge pour la couverture 3 :

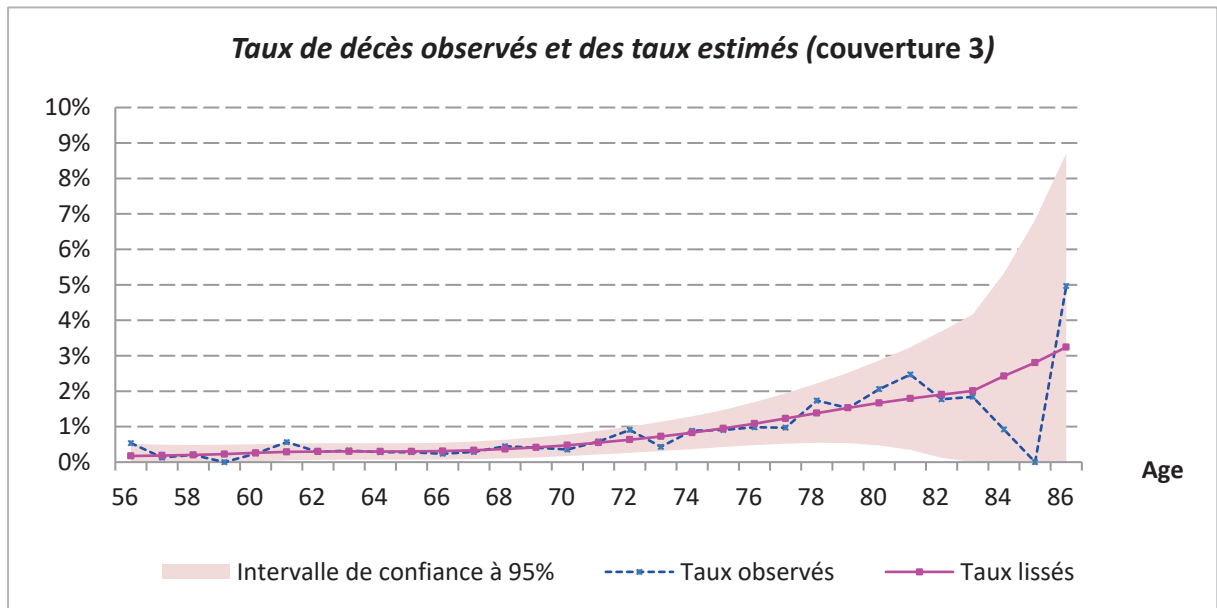


Figure 31 : Taux de décès des valides de la couverture 3

La courbe des taux de  $q_4^{val}$  observés est légèrement plus volatile que les deux courbes précédentes. Cela est dû au faible nombre d'expositions et de décès. Afin de remédier à cela, on a appliqué le lissage par la méthode de Whittaker-Henderson qui a permis de corriger de façon significative les irrégularités de la loi empirique. Un test d'adéquation du Khi-Deux est ensuite réalisé afin de vérifier que les taux de décès lissés sont conformes aux taux bruts.

### 3.2.3. Test du Khi deux

On effectue un test du *Khi deux* afin de vérifier la validité du lissage par la méthode de Whittaker-Henderson,

- $\alpha = 5 \%$ ,
- $\vartheta$  : le nombre de degrés de liberté qui est égal au nombre d'âges retenus moins le nombre de paramètres estimés moins un, ici  $\vartheta=29$ .

On obtient la valeur de  $\chi^2_{1-\alpha}(\vartheta) = 42,5$  pour les trois couvertures, car ce sont les mêmes paramètres pour les trois couvertures.

Suivant la couverture choisie, on obtient les résultats suivants :

	Couverture 1	Couverture 2	Couverture 3
Valeur du khi deux	24,91	25,34	19,58

Figure 32 : Test de khi deux par type de couverture

On constate que toutes les valeurs sont inférieures à 42,5, donc on peut accepter l'hypothèse que les taux lissés sont proches des taux bruts.

### 3.2.4. Raccordement aux âges extrêmes

Les données observées, ainsi que les estimations, s'arrêtent à 86 ans. Il devient donc nécessaire de développer des techniques qui permettent d'extrapoler la mortalité aux grands âges.

A partir des taux de décès observés, on a testé différentes méthodes de raccordement. Ensuite, on a choisi celle qui a donné les résultats les plus proches de l'observation, en prenant un raccordement à partir de l'âge de 87 ans, même si on observe encore des expositions et des décès sur la tranche 87 - 91 ans.

Cette dernière tranche d'âge (87 - 91 ans) servira pour comparer le nombre de décès observés avec le nombre de décès estimés, après le raccordement des tables aux grands âges.

On a testé trois raccordements :

- Le modèle logit,
- Le modèle Makeham,
- La table réglementaire TF 00-02.

Les résultats du back-testing des trois raccordements sur la tranche 87 - 91 ans mettent en évidence que le raccordement par une loi de Makeham donne des résultats très proches de l'observation.

Couverture	Exposition (année)	Décès observés	Raccordement de la loi de décès de tranche d'âge 87-91 ans par		
			Logit	Makeham	TF 00-02
1	1 652	96	90	96	131
2	356	16	15	16	26
3	76	4	2	3	5
<b>Total</b>	<b>2 084</b>	<b>116</b>	<b>108</b>	<b>115</b>	<b>162</b>

Figure 33 : Comparaison du nombre de décès sur la tranche d'âge 87-91 ans

On retient donc, comme méthode de raccordement, modèle de Makeham.

Le graphique suivant représente les trois lois de décès construites par type de couverture :

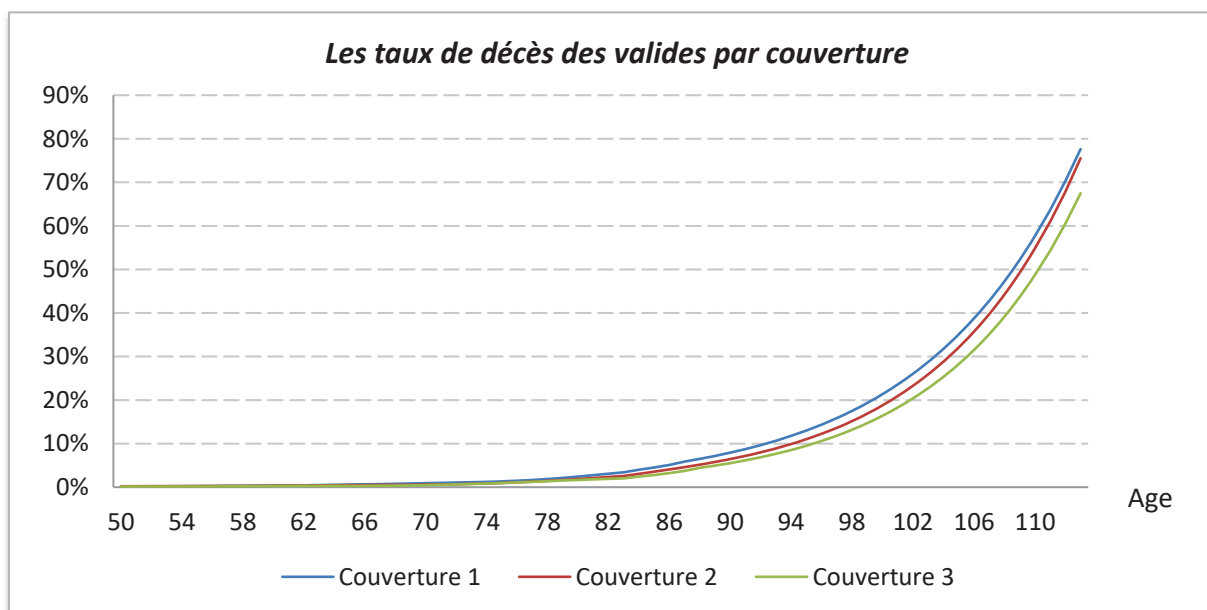


Figure 34 : Taux de décès des valides par couverture

Comme on l'a constaté précédemment, les taux de décès pour la couverture 1 sont supérieurs à ceux de la couverture 2 qui sont eux-mêmes supérieurs à ceux de la couverture 3. Ces lois seront utilisées par la suite pour en déduire les probabilités de survie  $p_{gm}^{val}(x)$ .

### 3.3. Lois d'incidence

#### 3.3.1. Définition et périmètre

Les taux d'incidence représentent la probabilité pour les valides de devenir dépendants. Pour la construction du tarif, il est nécessaire de considérer une loi d'incidence selon chaque niveau de couverture. Les états de dépendance doivent également être considérés de façon cumulative.

Ainsi, les assiettes à considérer pour la construction des taux d'incidence ( $i_1, i_2, i_4$ ) sont identiques à celle des lois de décès :

- L'exposition de  $i_1$  est l'ensemble des personnes assurées en couverture 1,
- L'exposition de  $i_2$  est l'ensemble des personnes assurées en couverture 2,
- L'exposition de  $i_4$  est l'ensemble des personnes assurées en couverture 3.



### 3.3.2. Calcul des taux d'incidence

De la même manière que pour la construction des taux de décès, la construction des taux d'incidence par couverture est réalisée de la manière suivante :

- Les taux sont estimés selon la méthode de Kaplan-Meier par âge, ils sont ensuite lissés selon la méthode de Whittaker-Henderson, sur l'intervalle [67 ans, 84 ans],
- Les taux sont prorogés par le modèle Makeham, sur l'intervalle [0 an , 66 ans],
- Les taux sont prorogés par un polynôme de 2<sup>nd</sup> degré sur l'intervalle [85 ans, 120 ans], en vérifiant à chaque âge la condition suivante :

$$p_{gm}^{val} + q_{gm}^{val} + i_{gm} = 1.$$

Lorsque pour les grands âges, la somme des probabilités est supérieure à 1, alors :

$$p_{gm}^{val} = 0 \text{ et } i_{gm} = 1 - q_{gm}^{val}.$$

Le graphique ci-dessous compare, par âge, les taux d'incidence observés bruts et lissés pour la couverture 1 avec ceux utilisés dans le calcul du tarif.

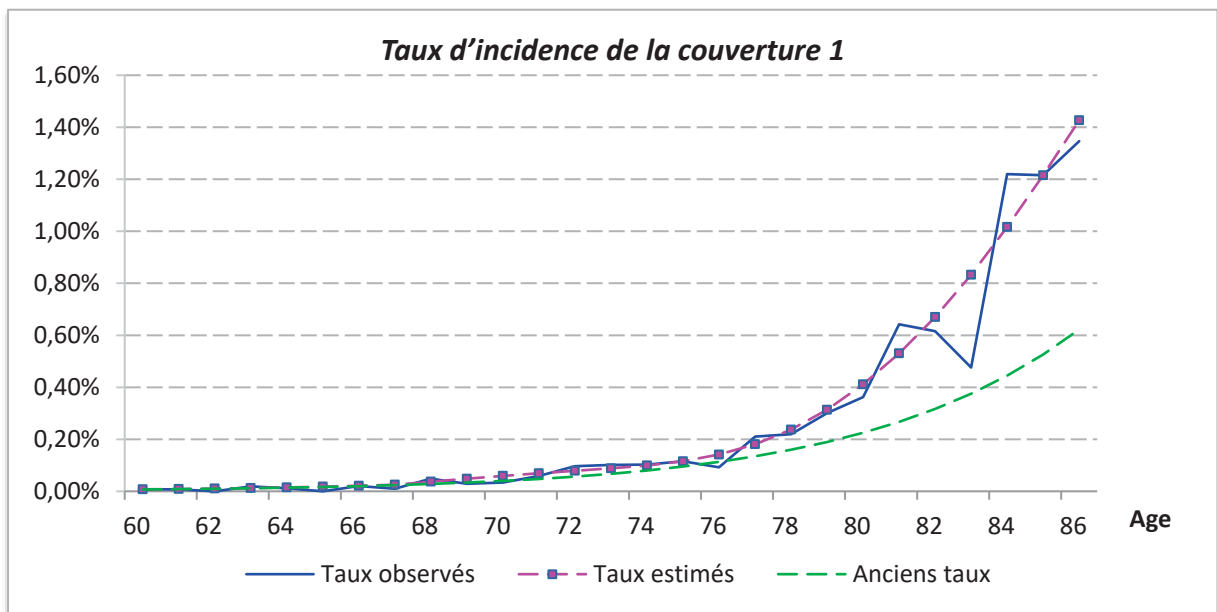


Figure 35 : Comparaison des taux d'incidence de la couverture 1

On perçoit une lente progression du taux brut d'entrée en dépendance jusqu'à l'âge de 78 ans environ avec un taux qui reste inférieur à 0,2 %. C'est seulement après 80 ans que les taux d'incidence augmentent exponentiellement.

Par ailleurs, on constate que les nouveaux taux d'incidence lissés sont très proches des anciens taux d'incidence sur la tranche d'âge 67-77 ans. Après 78 ans, les nouveaux taux d'incidence estimés sont plus élevés que les anciens taux d'incidence. Par exemple, le taux d'incidence estimé à 86 ans est de 1,4 % contre 0,6 % pour les anciens taux.

Le graphique ci-dessous compare, par âge, les taux d'incidence observés bruts et lissés pour la couverture 2 avec ceux utilisés dans le calcul du tarif.

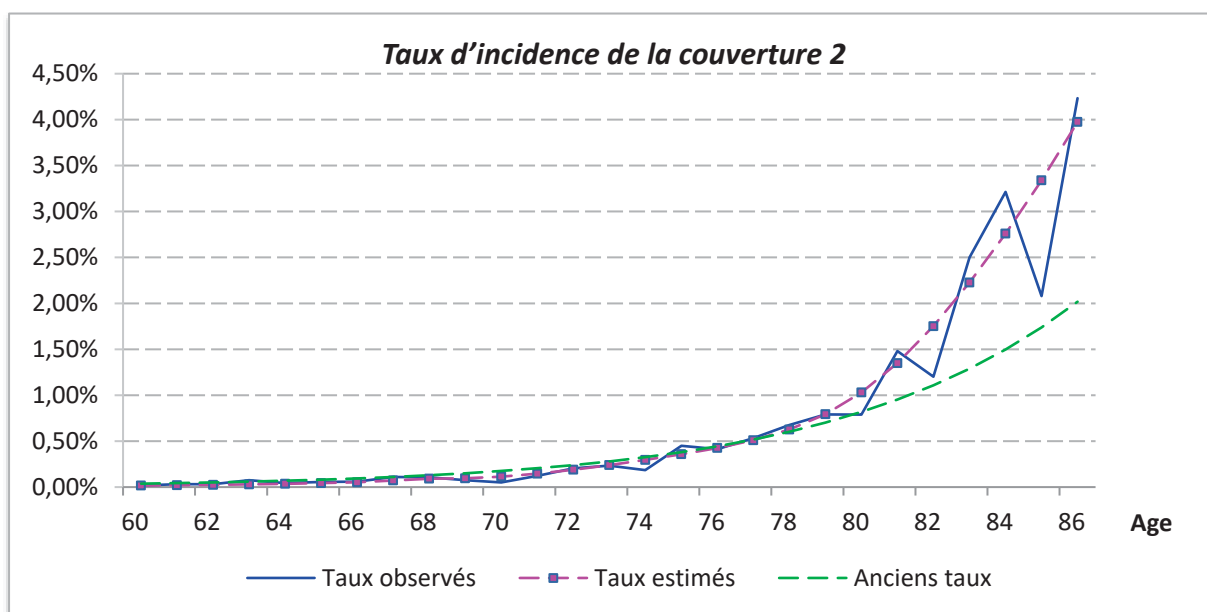


Figure 36 : Comparaison des taux d'incidence de la couverture 2

Tout comme pour les taux d'incidence de la couverture 1, on constate une faible entrée en dépendance avant 80 ans. En revanche, après cet âge, les taux augmentent plus vite que précédemment. En effet, ici, on compte, en plus de l'entrée en dépendance en GIR 1, l'entrée en dépendance dans l'état GIR2, qui se déclenche plus fréquemment que l'entrée en GIR1. Ensuite, bien évidemment, on retrouve une augmentation exponentielle. Par exemple, le taux d'incidence estimé à 86 ans est de 4 % contre 2 % pour les anciens taux.

Le graphique ci-dessous compare, par âge, les taux d'incidence observés bruts et lissés pour la couverture 3 avec ceux utilisés dans le calcul du tarif.

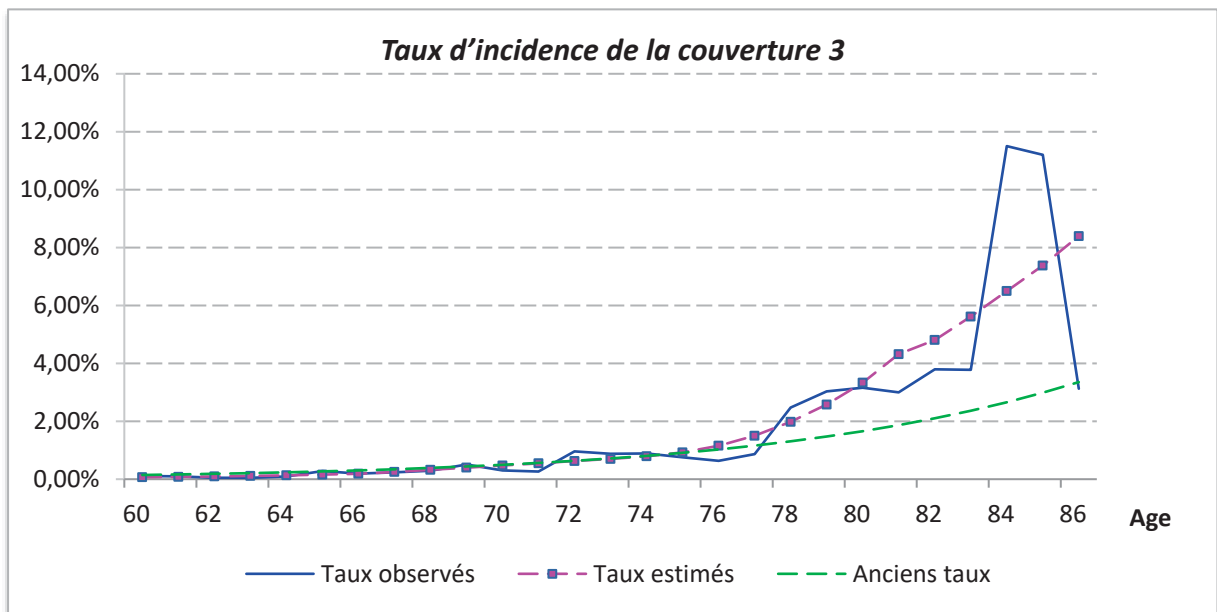


Figure 37 : Comparaison des taux d'incidence de la couverture 3

Naturellement, il est plus fréquent de rentrer dans un état de dépendance partielle plutôt que dans un état de dépendance totale, donc les entrées dans cet état surviennent plus rapidement. Comme on le constate sur le graphique ci-dessus, les taux d'incidence en dépendance partielle commencent à augmenter à partir de 78 ans par rapport aux anciens taux. A partir de 80 ans, on dépasse un taux d'incidence de 3 % pour arriver à 8 % à 86 ans contre respectivement 1,7 % et 3,4 % pour les anciens taux. Les taux observés pour cette couverture restent supérieurs aux taux correspondant des couvertures 1 et 2.

Après raccordement aux grands âges, on obtient les taux d'incidence estimés suivants :

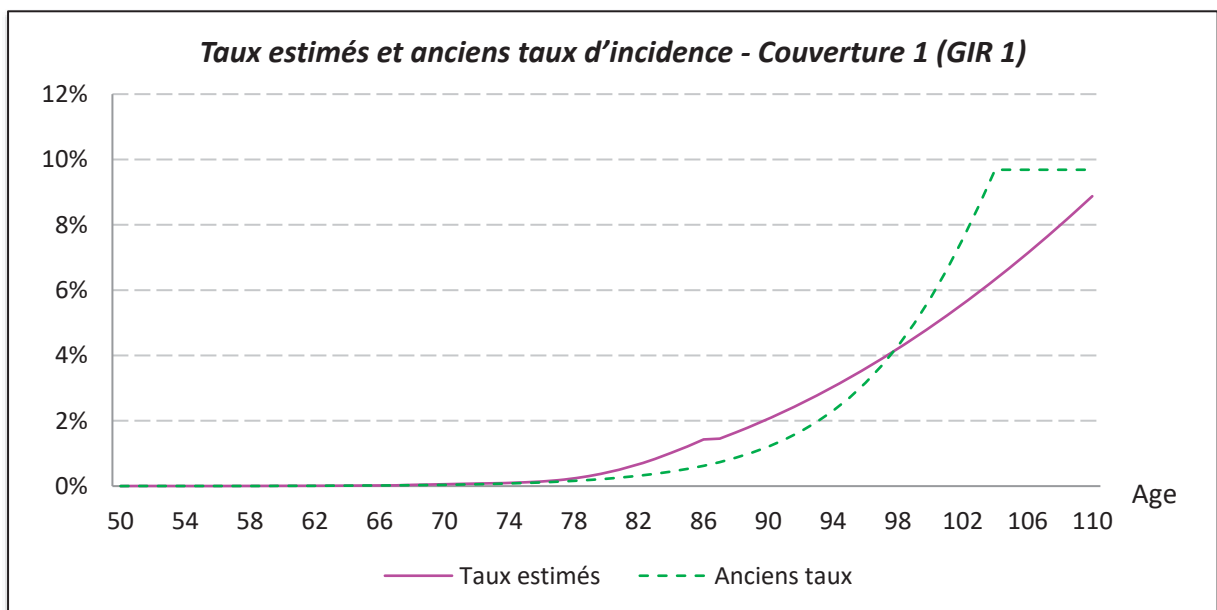


Figure 38 : Comparaison des anciens et des nouveaux taux d'incidence GIR 1

Globalement, les nouveaux taux d'incidence  $i_1$  (GIR 1) sont très supérieurs aux taux de l'ancienne loi.

Sur la tranche d'âge 70-97 ans, les nouveaux taux sont en moyenne deux fois supérieurs aux anciens taux, alors qu'ils sont inférieurs sur la tranche 98-104 ans.

Le graphique suivant présente les nouveaux taux d'incidence estimés (lissés et raccordés) pour la couverture 2 :

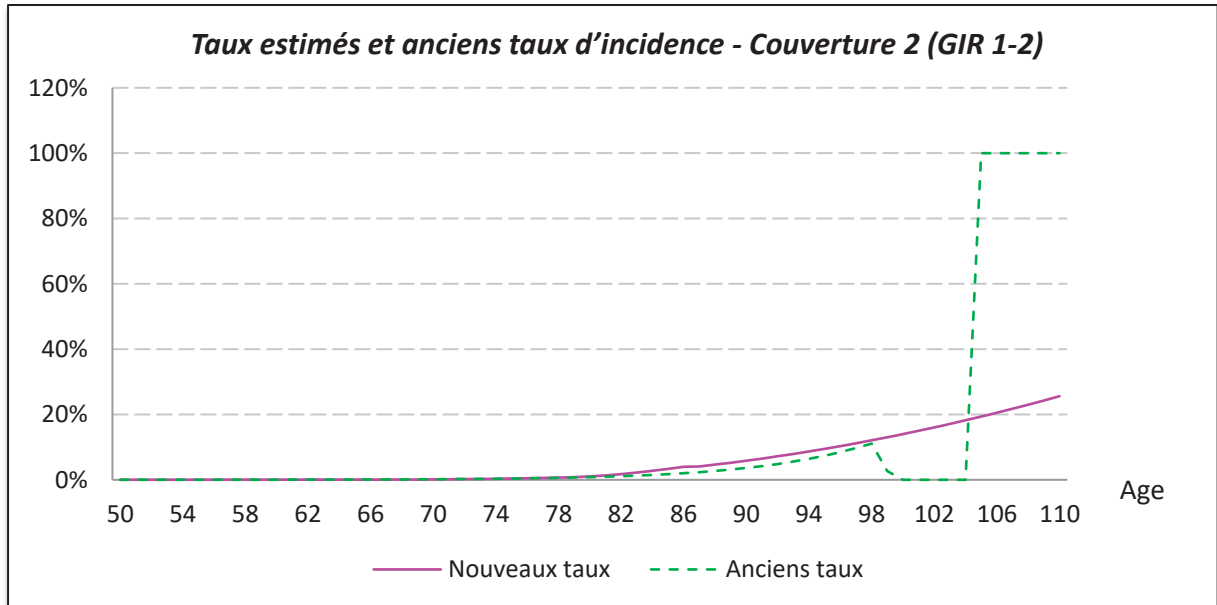


Figure 39 : Comparaison des anciens et des nouveaux taux d'incidence GIR 1 à 2

Pour la comparaison des lois de la couverture 2, on distingue trois tranches d'âge :

- 50-77 ans et 105-110 ans : les nouveaux taux d'incidence  $i_2$  estimés sont inférieurs aux anciens taux,
- 78-104 ans : les nouveaux taux sont supérieurs aux anciens taux.

Le graphique suivant présente les nouveaux taux d'incidence estimés (lissés et raccordés) pour la couverture 3 :

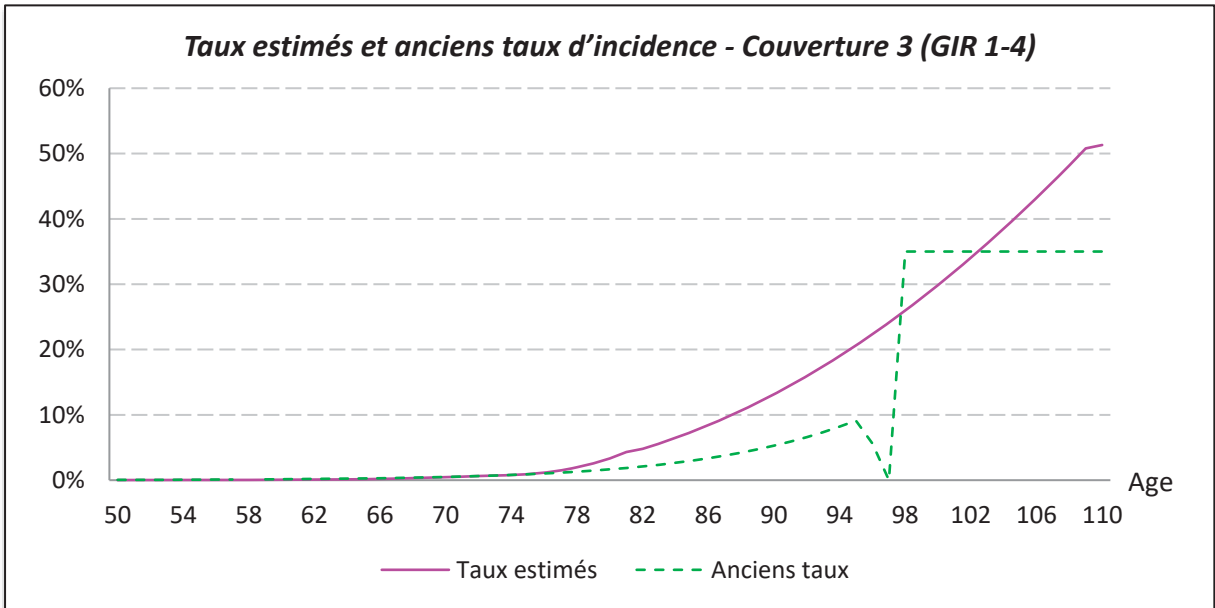


Figure 40 : Comparaison des anciens et des nouveaux taux d'incidence GIR 1 à 4

On peut faire le même constat que pour la couverture 2, en distinguant quatre tranches d'âge :

- 50-74 ans et 98-102 ans : les nouveaux taux d'incidence  $i_4$  estimés sont inférieurs aux anciens taux,
- 75-97 ans et 103-120 ans : les nouveaux taux sont supérieurs aux anciens taux, ils dépassent même le double des anciens taux sur la tranche 80-96 ans.

Le graphique suivant présente les trois nouvelles lois d'incidence :

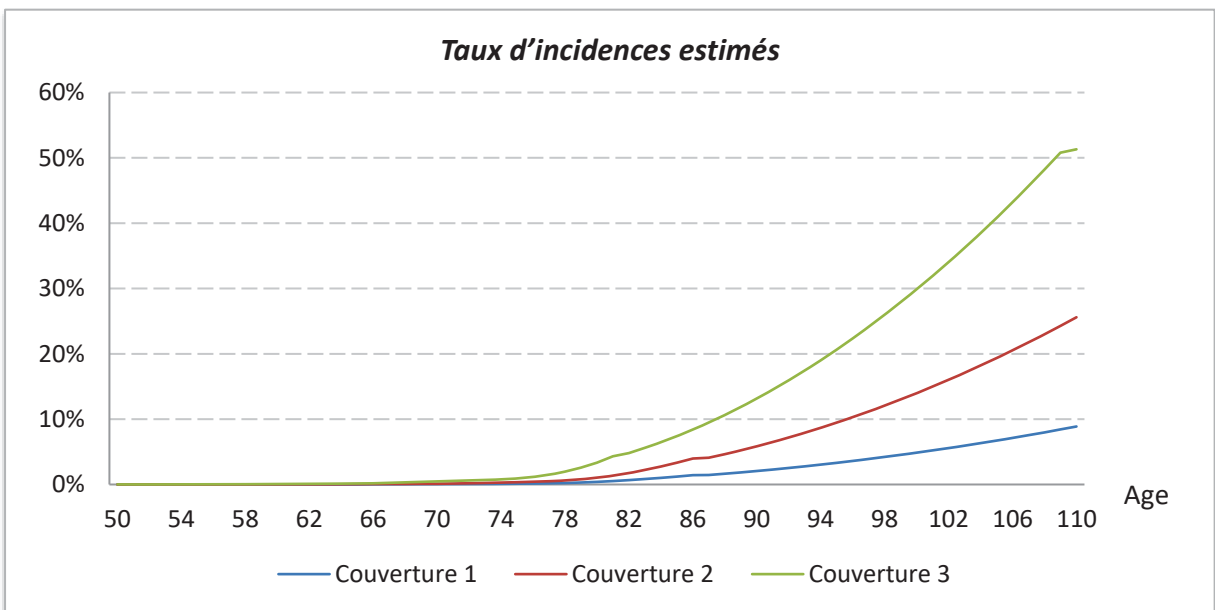


Figure 41 : Taux d'incidences finaux par couverture

Les taux d'incidence sont croissants avec l'âge pour les trois couvertures.

On constate également que, pour tout âge, les taux d'incidence  $i_4$  de la couverture 3 sont 2 à 4 fois supérieurs aux taux d'incidence  $i_2$  de la couverture 2, eux-mêmes 2 à 3 fois supérieurs aux taux d'incidences  $i_1$  de la couverture 1.

### 3.3.3. Test du Khi deux

Comme dans le cas des taux de décès, on effectue un test du *Khi deux*, afin de vérifier la validité du lissage par la méthode de Whittaker-Henderson.

Dans notre cas on retiendra :

- $\alpha = 5\%$ ,
- $\vartheta$  : le nombre de degrés de liberté qui est égal au nombre d'âges retenus moins le nombre de paramètres estimés moins un, ici  $\vartheta = 19$ .

On obtient la valeur de  $\chi^2_{1-\alpha}(\vartheta) = 30,14$ .

Suivant l'état de dépendance, on obtient les résultats suivants :

	Couverture 1	Couverture 2	Couverture 3
Valeur du khi deux	17,95	14,40	26,01

Figure 42 : Test de khi deux par type de couverture

On constate que toutes les valeurs sont inférieures à 30,14. On peut donc accepter l'hypothèse selon laquelle les taux lissés sont proches des taux bruts.

### 3.4. Lois de survie des valides

La construction du tarif nécessite de considérer une loi de survie en état valide différente selon chaque type de couverture.

A partir des lois de décès et d'incidence établies précédemment, on en déduit les probabilités de survie grâce à la formule :

$$p_{gm}^{val}(x) = 1 - q_{gm}^{val}(x) - i_{gm}(x) \quad \text{avec} \quad gm = \{1,2,4\}.$$

Le graphique suivant compare les taux de survie observés, estimés avec la nouvelle loi de survie construite  $p_1^{val}$  avec ceux de l'ancienne loi.

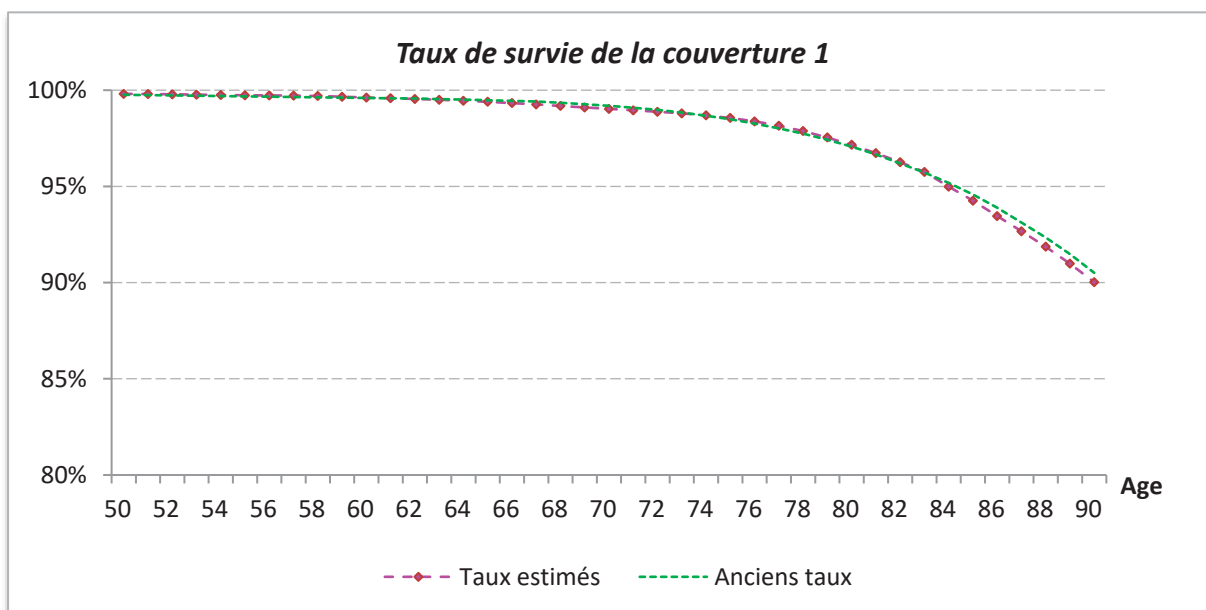


Figure 43 : Taux de survie de la couverture 1

Les nouveaux taux de survie de la couverture 1 sont très proches des anciens taux. Ces taux de sortie résultent de la baisse des taux de décès et la hausse des taux d'incidence.

Le graphique suivant compare les taux de survie observés, estimés avec la nouvelle loi de survie construite  $p_2^{val}$  avec ceux de l'ancienne loi.

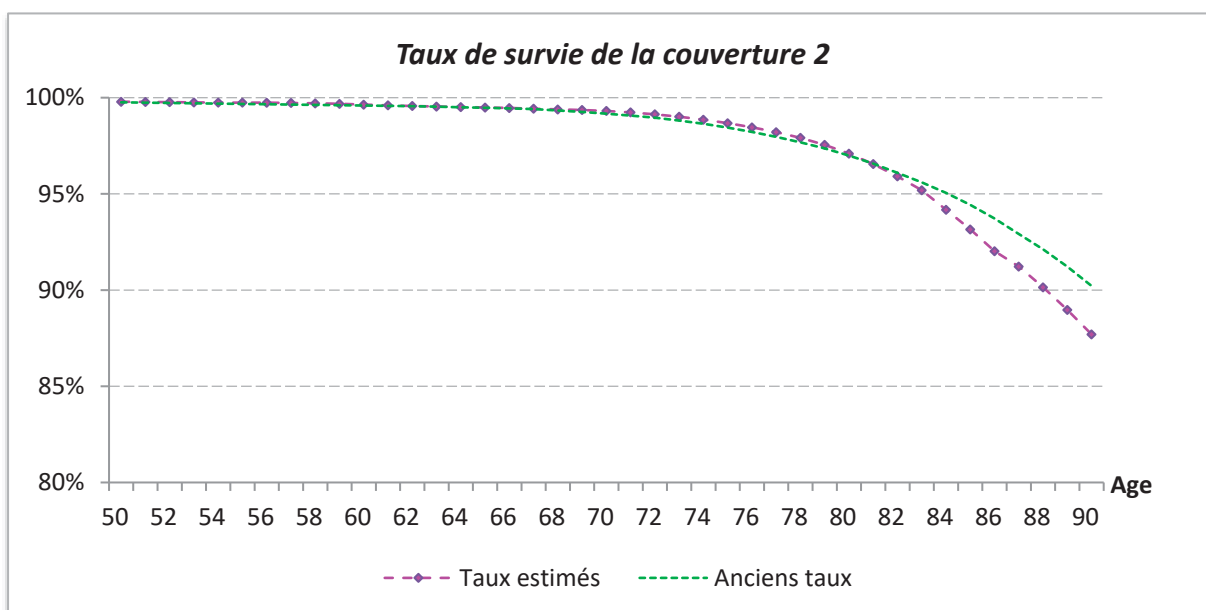


Figure 44 : Taux de survie de la couverture 2

Les nouveaux taux de sortie de la couverture 2 sont assez proches des anciens taux de sortie jusqu'à 84 ans. A partir de cet âge, les taux de survie deviennent inférieurs car les taux d'incidence ont augmenté.

Le graphique suivant compare les taux de survie observés, estimés avec la nouvelle loi de survie construite  $p_4^{val}$  avec ceux de l'ancienne loi.

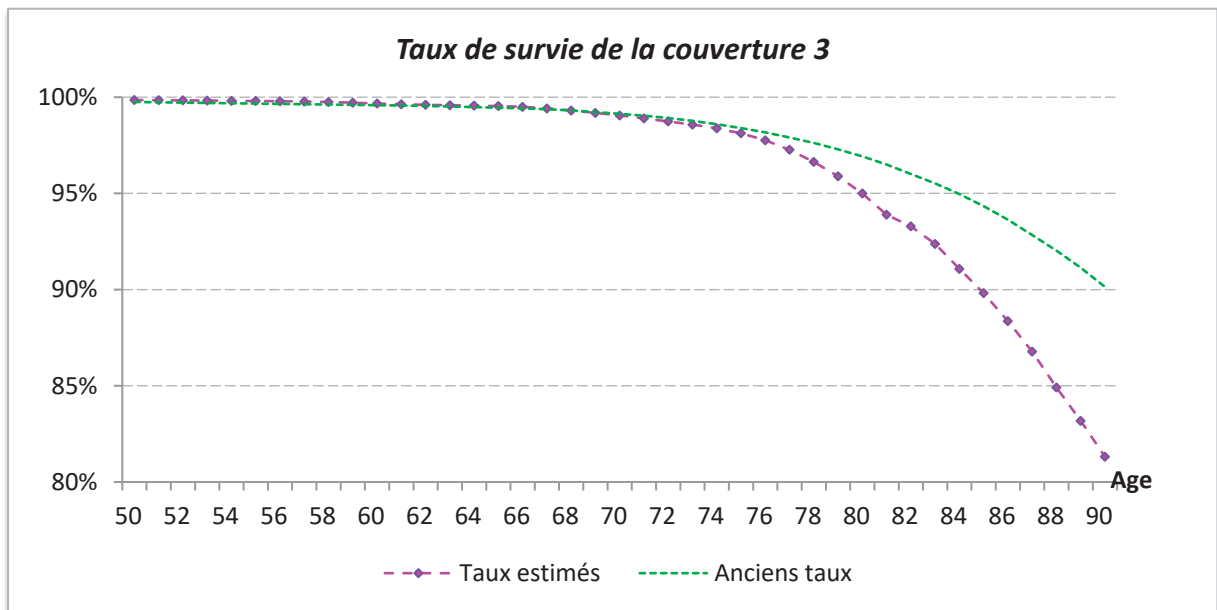


Figure 45 : Taux de survie de la couverture 3

L'écart entre les nouveaux taux de survie  $p_4^{val}$  et les anciens taux est plus important à partir de 75 ans. Les nouveaux taux baissent plus vite sur la tranche d'âge 75-90 ans. Cela est dû à la hausse des taux d'incidence de la couverture 3.

Le graphique suivant donne les nouveaux taux de survie pour les trois couvertures :

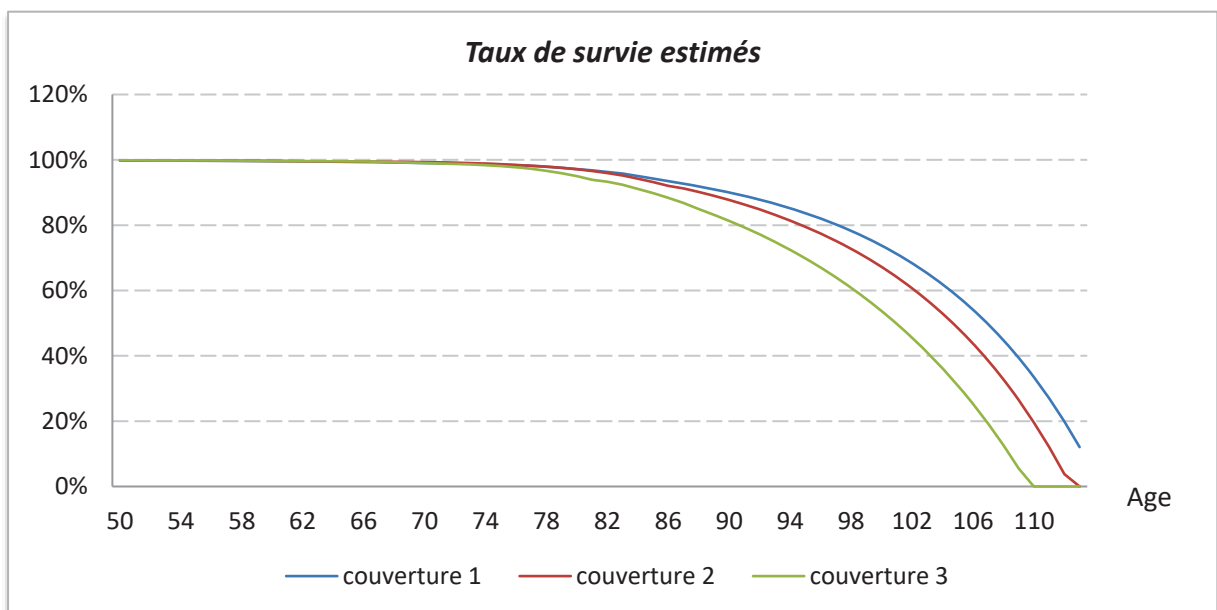


Figure 46 : Taux de survie finaux des trois types de couvertures



### **3.5. Loi de mortalité des dépendants**

En raison du nombre trop faible (1 033 dépendants) de données du portefeuille « Complément Dépendance BTP », la construction de la loi de mortalité des dépendants n'a pas été effectuée sur ce portefeuille.

Puisqu'on dispose d'un nombre important de données pour le contrat « Frais Médicaux Individuels des Retraités », on a choisi de construire une table de maintien sur la population de dépendants de ce contrat.

#### **3.5.1. Description des données**

Les données utilisées sont stockées dans des bases de données SAS. Pour mener à bien l'étude, il est nécessaire d'analyser les bases de données concernant les assurés qui bénéficient d'une prestation dépendance. Ces données existent depuis juillet 2012.

Chaque ligne de la table correspond à une prestation accordée par exercice de paiement de la cotisation. Une sélection des variables, à partir du fichier de base, a été réalisée, afin de retenir les variables les plus utiles à notre étude, comme :

- Le numéro de l'assuré (MUNPA),
- Le type de lien avec l'adhérent (TIT, CJT),
- La date de début de la dépendance,
- La date de fin de la dépendance,
- La date de naissance,
- La date de décès,
- Le niveau de dépendance,
- La date de mise à jour du dossier,
- Le sexe,
- La date de début d'effet de la prestation de l'année,
- La date de fin d'effet de la prestation de l'année,
- Le montant annuel de la réduction.

Avant de procéder aux retraitements, plusieurs analyses ont été effectuées sur la base brute, afin de mieux comprendre les informations contenues dans celle-ci.

Un assuré a autant de lignes dans la base que d'années pendant lesquelles il a bénéficié d'une prestation dépendance.

### 3.5.2. Choix du périmètre d'étude

Puisque l'année 2012 est une année de reprise de portefeuille, on observe les dépendants sur les années 2013 et 2014, après stabilisation de la reprise de portefeuille.

Le tableau suivant montre la répartition des dépendants par sexe et type de dépendance en 2013 et 2014 :

Type de dépendance	Femmes		Hommes		Total	
	Nombre	Répartition	Nombre	Répartition	Nombre	Répartition
<b>Totale</b>	13 335	40 %	5 150	15 %	18 485	55 %
<b>Partielle</b>	10 902	32 %	4 241	13 %	15 143	45 %
<b>Total</b>	<b>24 237</b>	<b>72 %</b>	<b>9 391</b>	<b>28 %</b>	<b>33 628</b>	<b>100 %</b>

Figure 47 : Répartition des dépendants par type de dépendance et sexe

Le tableau ci-dessus montre que 55 % des dépendants sont en dépendance totale et que 72 % des dépendants sont des femmes.

Maintenant, on doit s'assurer que la sinistralité des assurés pendant les années choisies pour la période d'observation reste stable.

Le tableau suivant indique le nombre de dépendants et de décès pendant les deux années observées :

Année	Dépendance Totale			Dépendance Partielle			Total		
	Stock	Décès	Qx	Stock	Décès	Qx	Stock	Décès	Qx
2013	18 370	4 021	21,9 %	15 507	1 544	10,0 %	33 877	5 565	16,4 %
2014	14 498	3 211	22,1 %	13 679	1 560	11,4 %	28 177	4 771	16,9 %
<b>Total</b>	<b>32 868</b>	<b>7 232</b>	<b>22,0 %</b>	<b>29 186</b>	<b>3 104</b>	<b>10,6 %</b>	<b>62 054</b>	<b>10 336</b>	<b>16,7 %</b>

Figure 48 : Statistiques des dépendants pour les années 2013 et 2014

D'après le tableau ci-dessus, on constate que :

- Entre 2013 et 2014, le nombre de dépendants baisse de 17 % et le nombre de décès diminue de 14 %,
- Les taux de décès de la dépendance totale (Qx) sont deux fois plus élevés que ceux de la dépendance partielle,
- Les taux de décès de 2014 sont supérieurs à ceux de 2013, ce qui pourrait être dû au vieillissement de la population étudiée.

Le tableau suivant indique par période d'observation, l'âge moyen au début de chaque année et l'âge moyen de décès :

Année	Dépendance Totale		Dépendance Partielle	
	Age en début de période	Age de décès	Age en début de période	Age de décès
2013	86,7	88,7	84,2	86,8
2014	87,2	89,4	85,0	87,7

Figure 49 : Age des dépendants par type de dépendance

L'âge en début de période augmente de 0,6 année entre 2013 et 2014, pendant que l'âge de décès augmente de 0,7 an pour la dépendance totale et de 0,9 an pour la dépendance partielle.

Le graphique ci-dessous donne la répartition des dépendants en dépendance totale par sexe et par tranche d'âge :

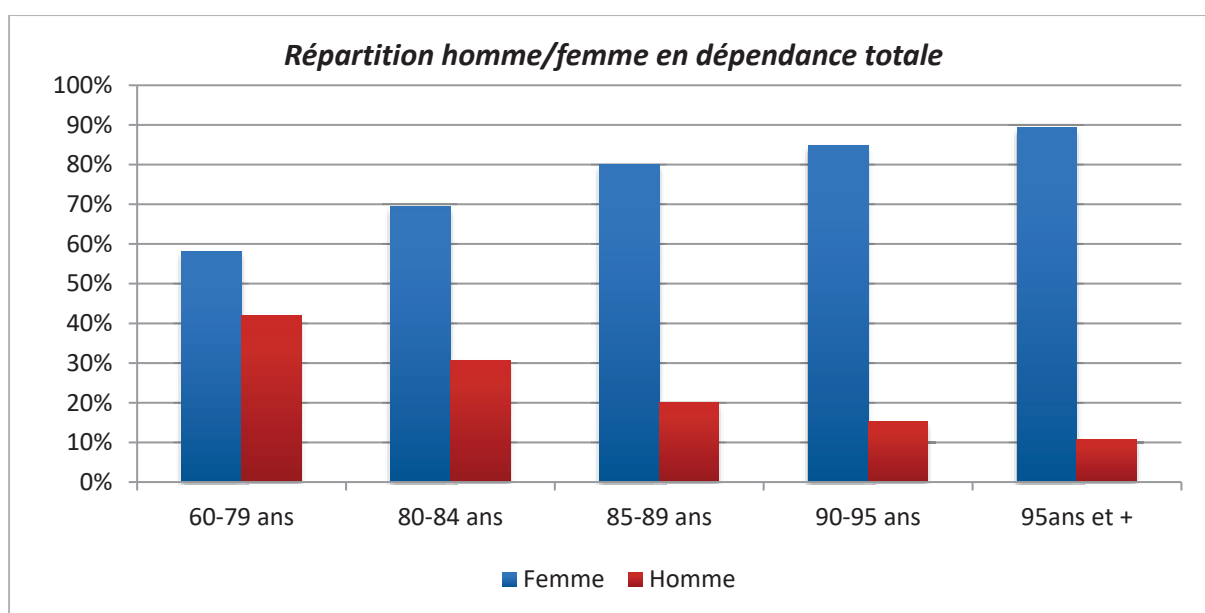


Figure 50 : Répartition homme/femme en dépendance totale

On constate que la proportion de femmes augmente avec l'âge. Pour la tranche d'âge 80-84 ans, la population féminine est environ 2 fois supérieure à celle des hommes, puis l'écart s'amplifie, au point que les hommes ne représentent plus que 10 % de la population pour la tranche d'âge 95 ans et plus.

Le graphique ci-dessous montre la répartition des dépendants en dépendance partielle par sexe et par tranche d'âge :

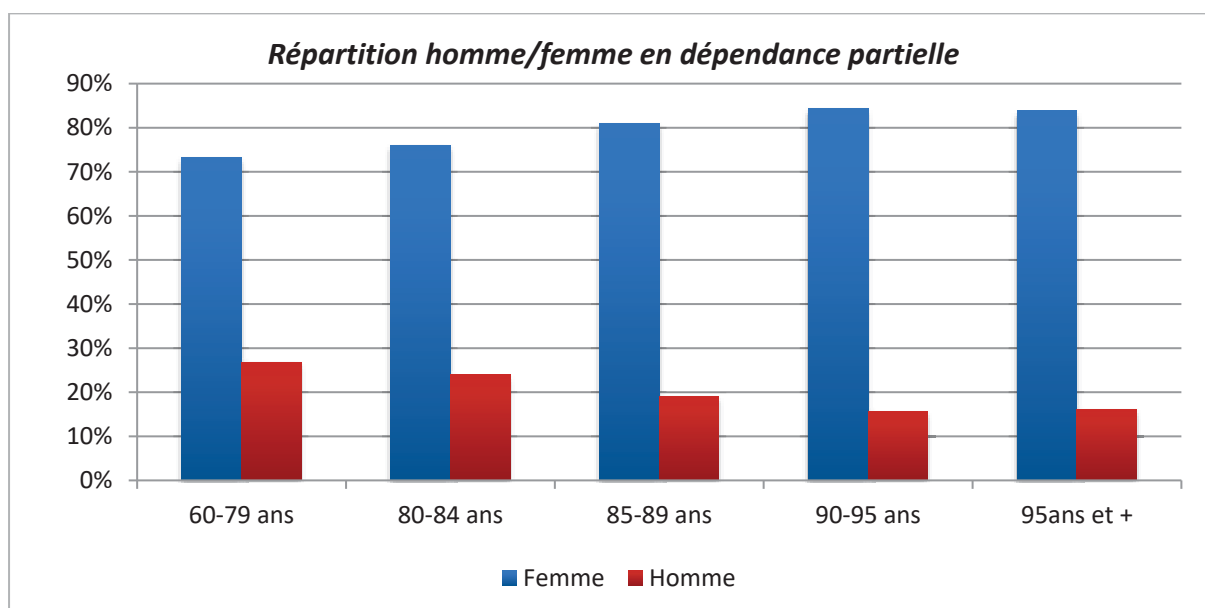


Figure 51 : Répartition homme/femme en dépendance partielle

De la même manière que pour la dépendance totale, les femmes sont majoritaires et leur proportion dans la population totale augmente avec l'âge. La population féminine est 2 à 5 fois supérieure à celle des hommes selon l'âge.

Le tableau suivant donne les taux de décès par tranche d'âge, sexe et type de dépendance :

Age	Dépendance Totale		Dépendance Partielle	
	Homme	Femme	Homme	Femme
60-79 ans	18 %	12 %	10 %	5 %
80-84 ans	24 %	15 %	13 %	7 %
85-89 ans	31 %	20 %	18 %	10 %
90-95 ans	36 %	24 %	23 %	15 %
95ans et +	44 %	34 %	29 %	21 %
<b>Total</b>	<b>27 %</b>	<b>21 %</b>	<b>15 %</b>	<b>9 %</b>

Figure 52 : Taux de décès des dépendants par âge, sexe et type de dépendance

On constate que, pour une tranche d'âge donnée, les taux de décès des hommes sont supérieurs à ceux des femmes quelle que soit la tranche d'âge et quel que soit le type de dépendance. Au global, un écart de 6 points de mortalité est constaté entre les femmes et les hommes, que ce soit en dépendance totale ou partielle.

Comme le portefeuille observé contient un nombre important d'expositions et de décès, les écarts constatés ci-dessus par sexe et par type de dépendance, nous amènent à construire des tables de mortalité par sexe et par type de dépendance.

### 3.5.3. Estimation des taux bruts

De la même manière que pour les lois précédentes, on a utilisé la méthode de Kaplan-Meier pour la construction des lois de maintien en dépendance. Les taux bruts obtenus ont été lissés avec la méthode de Whittaker-Henderson en deux dimensions. Un intervalle de confiance des Qx lissés a également été déterminé.

Le raccordement est effectué avec le modèle logit pour les deux tranches suivantes :

- Pour le raccordement avant l'âge de 69 ans : l'intervalle des âges retenus pour la régression linéaire est celui où les effectifs sont les plus importants, soit la tranche 70-80ans,
- Pour le raccordement après l'âge de 105 ans : l'intervalle des âges retenus pour la régression linéaire est celui où les effectifs sont les plus importants, soit la tranche 95-105 ans.

Sur ces tranches, les taux observés sont proches des taux de la table TF00-02, donc on choisit cette table pour raccorder notre courbe aux âges extrêmes.

L'ensemble des résultats est présenté par la suite sous forme de tableaux en fonction du type de dépendance, du sexe et de l'âge.

#### 1. Dépendance totale

Le tableau suivant résume, par tranche d'âge, le nombre d'expositions et de décès pour la dépendance totale (GIR 1, 2 et Etablissements).

Age	Hommes		Femmes	
	Expositions	Nombre de décès	Expositions	Nombre de décès
60-79 ans	1 557	320	2 179	280
80-84 ans	1 836	511	4 160	686
85-89 ans	1 637	618	6 801	1 532
90-95 ans	1 130	494	6 604	1 859
95 ans et +	208	133	1 889	799
<b>Total</b>	<b>6 367</b>	<b>2 076</b>	<b>21 633</b>	<b>5 156</b>

Figure 53 : Nombre d'expositions et de décès en dépendance totale

Les graphiques ci-dessous présentent les taux de décès observés bruts, lissés, ainsi que l'intervalle de confiance associé des personnes en dépendance totale.

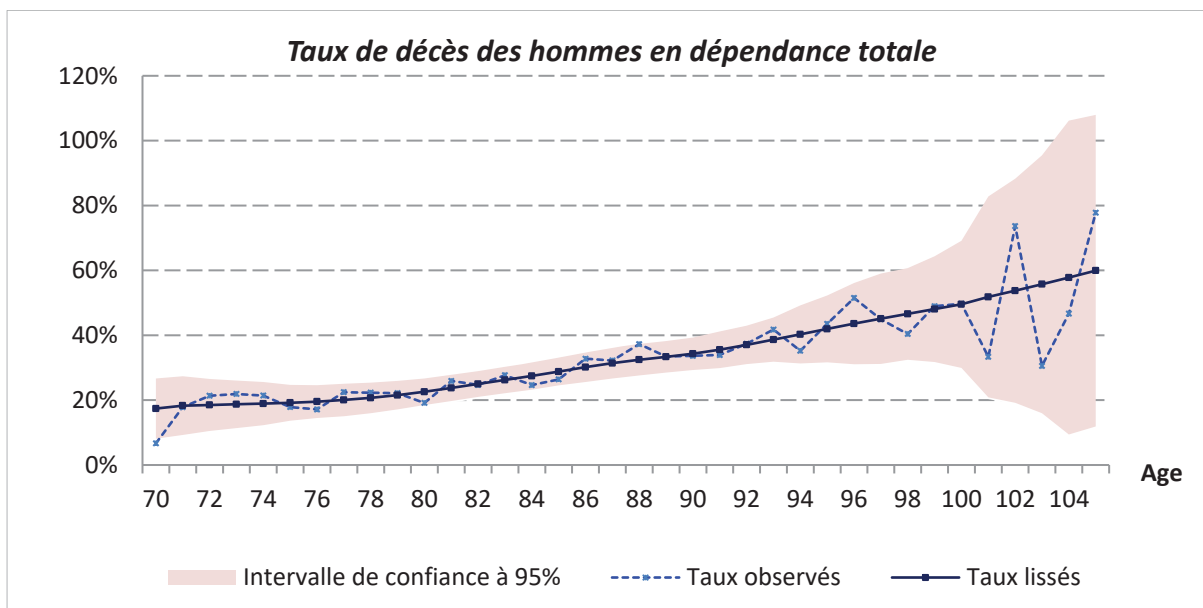


Figure 54 : Taux de décès des hommes en dépendance totale

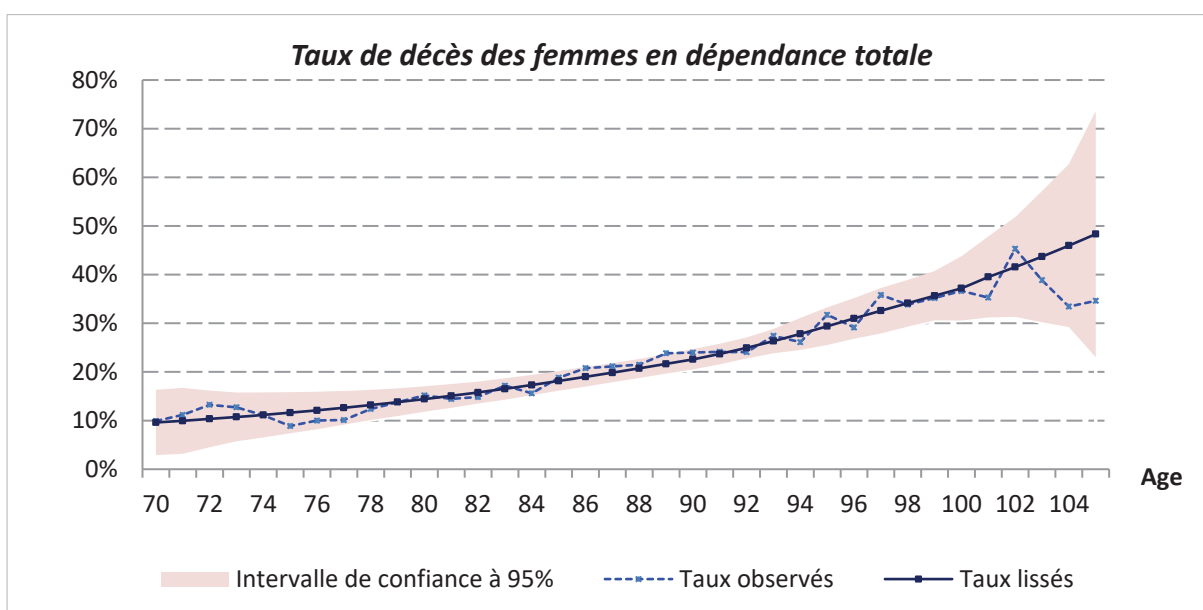


Figure 55 : Taux de décès des femmes en dépendance totale

Des fluctuations importantes, dues au nombre d'observations moins important, sont constatées aux âges extrêmes étudiés. Cela donne des intervalles de confiance plus larges. Néanmoins, une tendance croissante de la mortalité est observée en fonction de l'âge.

Le graphique ci-dessous présente les taux de décès des hommes et des femmes lissés et prolongés, ainsi que les taux des tables réglementaires (TF00-02 pour les raccordements des taux observés et TD73-77 pour le calcul du maintien en dépendance dans le tarif et les provisions du contrat « Complément Dépendance BTP »).

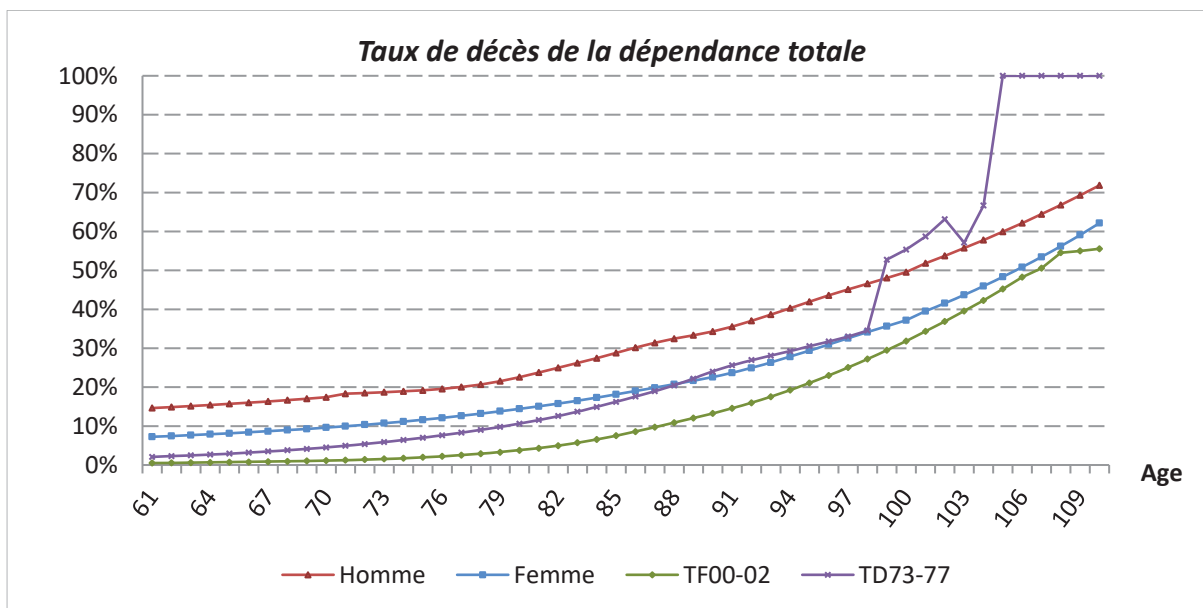


Figure 56 : Taux de décès de la dépendance totale

Les taux de décès des hommes sont plus importants que ceux des femmes d'environ 10 points à tous les âges.

La table du tarif, TD73-77 :

- Sous-estime d'environ 12 points la mortalité des hommes en dépendance totale âgés de moins de 98 ans,
- Sous-estime d'environ 3 points la mortalité des femmes en dépendance totale âgées de moins de 88 ans,
- Surestime la mortalité aux grands âges, à partir de 89 ans pour les femmes et 99 ans pour les hommes.

## 2. Dépendance partielle

Pour la construction de la table de maintien en dépendance partielle, on procède de la même manière que pour la dépendance totale.

Age	Hommes		Femmes	
	Expositions	Nombre de décès	Expositions	Nombre de décès
60-79 ans	1 427	152	4 032	211
80-84 ans	1 714	247	5 528	438
85-89 ans	1 447	287	6 355	676
90-95 ans	775	207	4 282	681
95ans et +	127	42	640	163
<b>Total</b>	<b>5 491</b>	<b>935</b>	<b>20 837</b>	<b>2 169</b>

Figure 57 : Nombre d'expositions et de décès pour la dépendance partielle

Les graphiques ci-dessous présentent les taux de décès observés bruts, lissés, ainsi que l'intervalle de confiance associé des personnes en dépendance partielle :

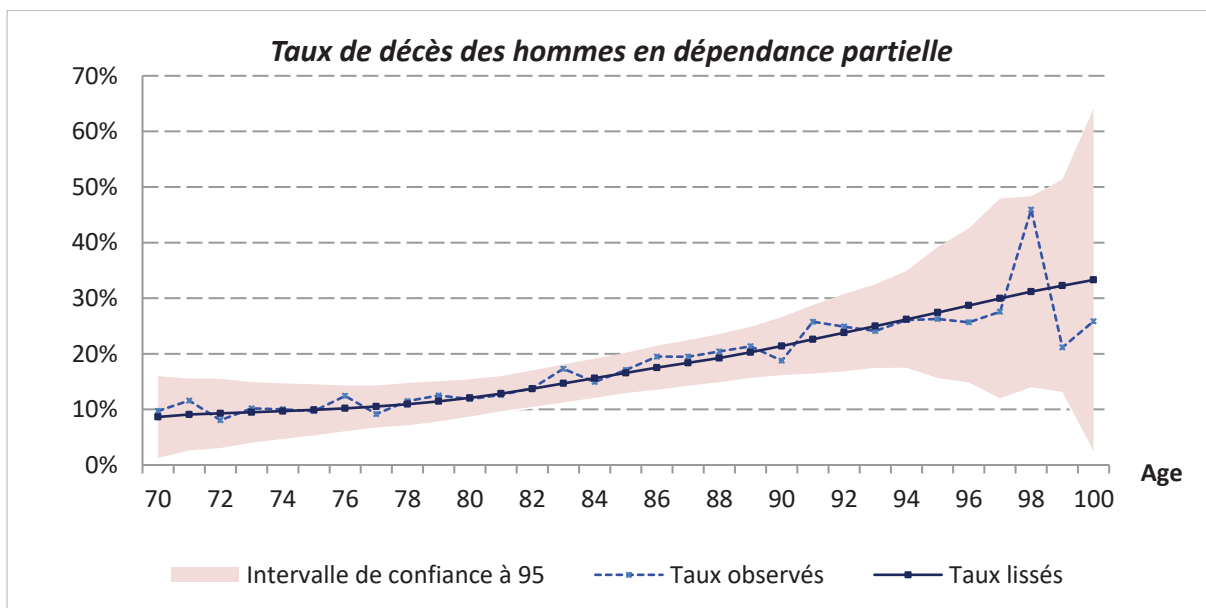


Figure 58 : Taux de décès des hommes en dépendance partielle

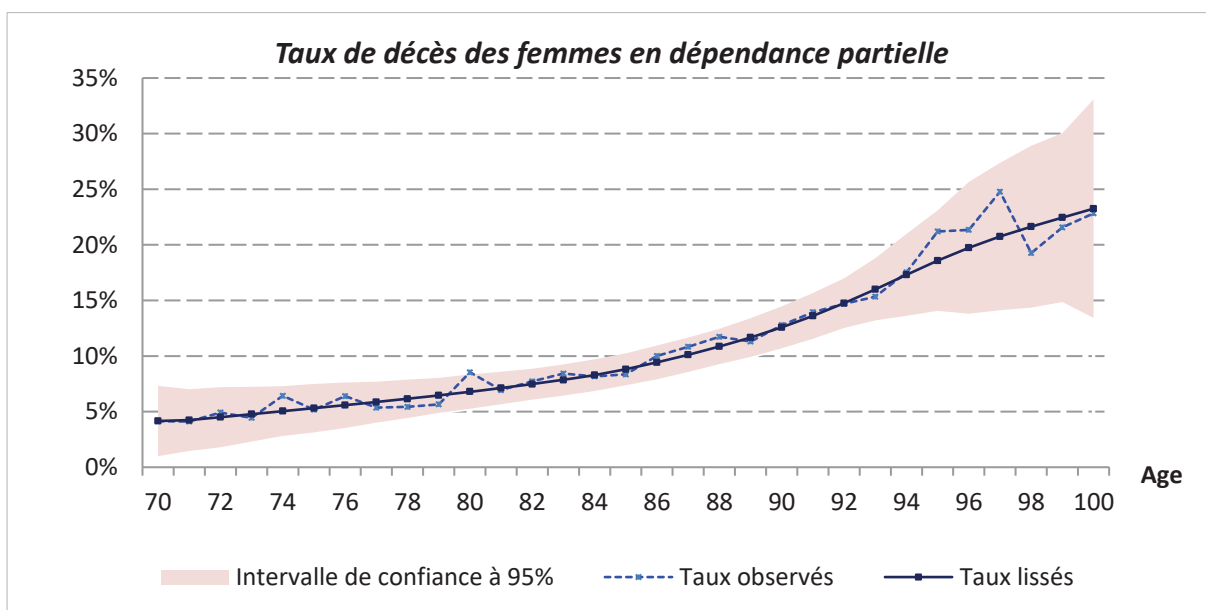


Figure 59 : Taux de décès des femmes en dépendance partielle

Le graphique ci-dessous présente les taux de décès des hommes et des femmes lissés et prolongés, ainsi que les taux des tables réglementaires (TF00-02 pour les raccordements des taux observés et TD73-77 pour le calcul du maintien en dépendance dans le tarif et les provisions du contrat « Complément Dépendance BTP »).



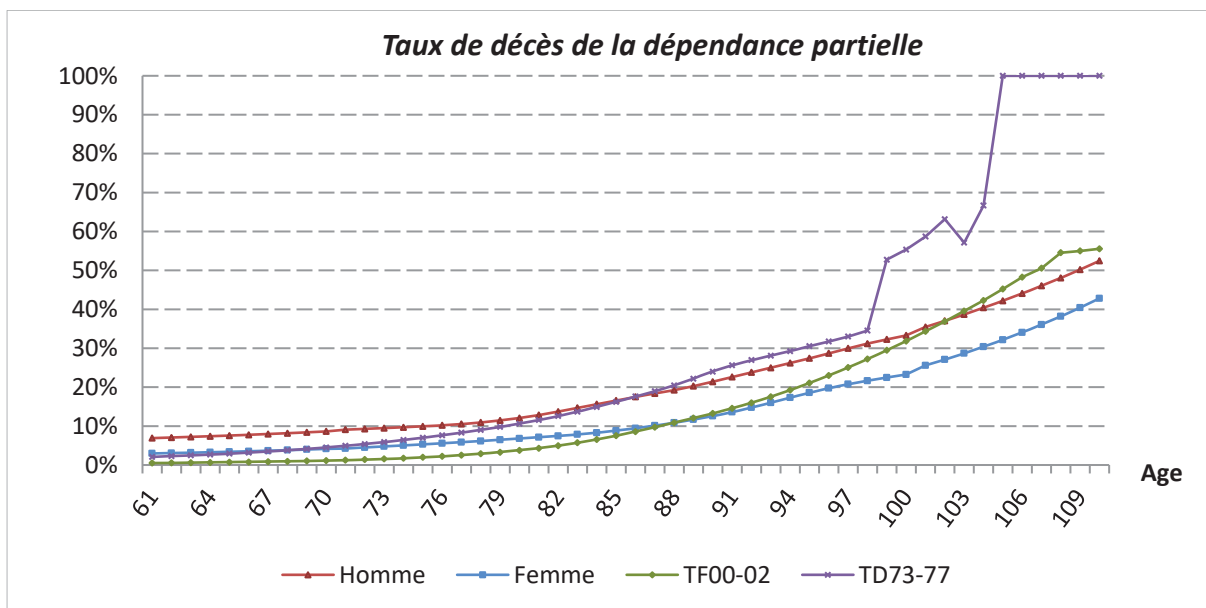


Figure 60 : Taux de décès de la dépendance partielle

On peut déduire de ce graphique que :

- Les taux de décès des hommes sont supérieurs à ceux des femmes d'environ 7 points,
- La table TD73-77 sous-estime la mortalité des hommes pour les âges inférieurs à 82 ans et la surestime ensuite,
- La table TD73-77 surestime la mortalité des femmes quel que soit l'âge.

L'écart entre la mortalité des hommes en dépendance totale et ceux en dépendance partielle varie de 10 à 20 points en fonction de l'âge, comme le montre le graphique suivant :

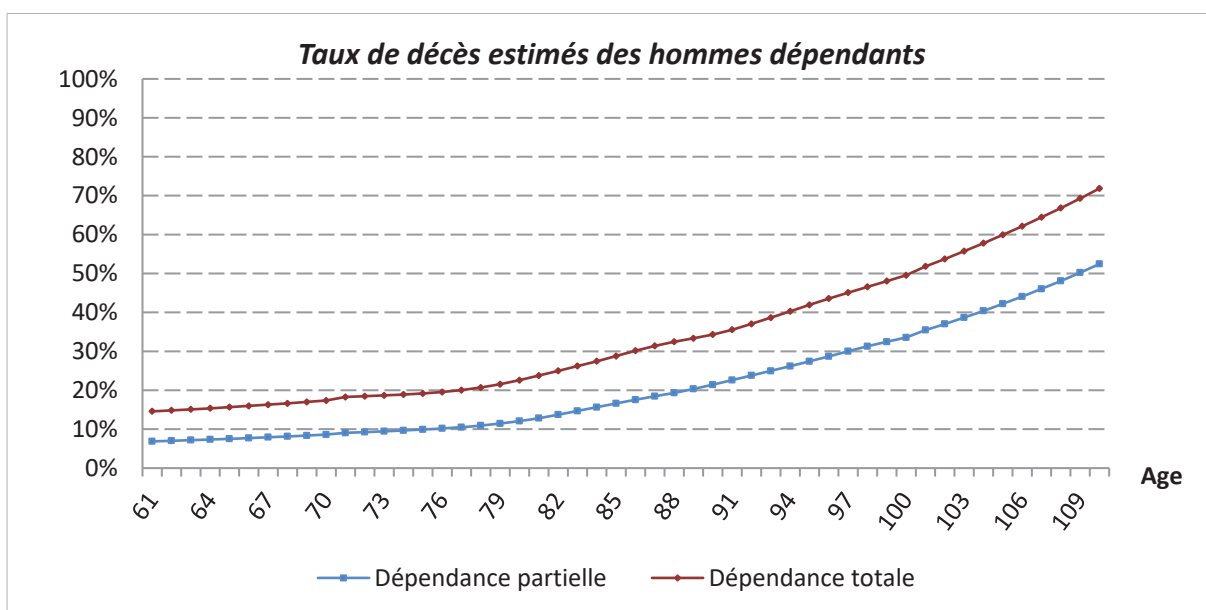


Figure 61 : Taux de décès des hommes dépendants

Quant à l'écart entre la mortalité en dépendance totale et la mortalité en dépendance partielle des femmes, elle varie de 5 à 20 points en fonction de l'âge, comme le montre le graphique ci-dessous :

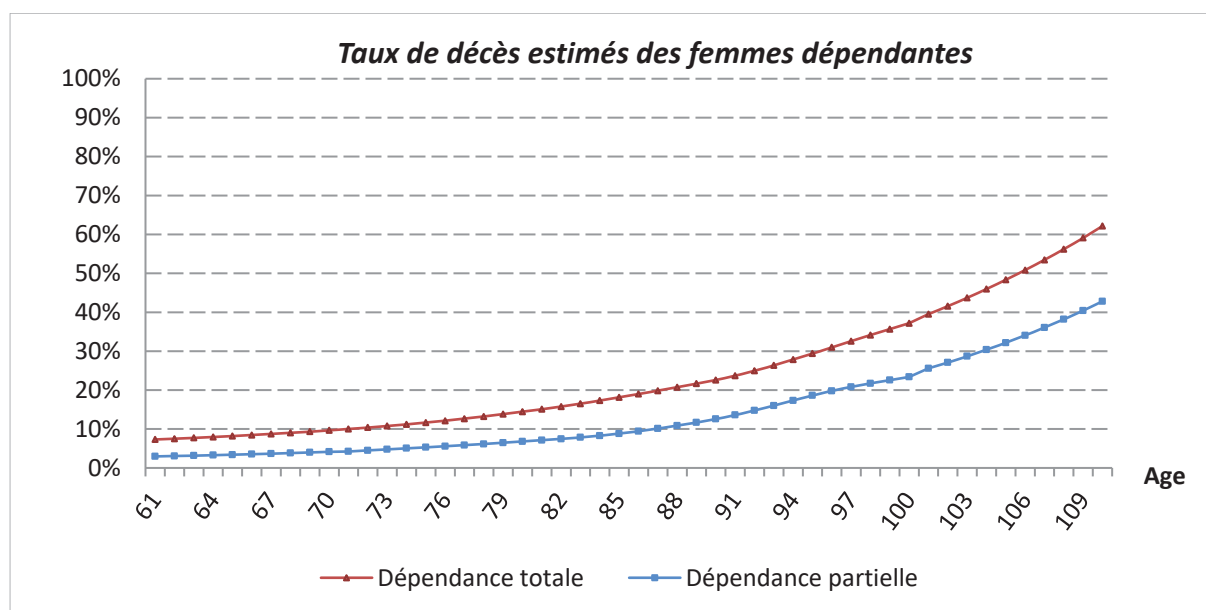


Figure 62 : Taux de décès des femmes dépendantes

Tant pour les hommes que pour les femmes, on constate que les taux de décès en dépendance totale sont supérieurs à ceux en dépendance partielle. Ce constat permet une vérification qualitative des résultats, puisque plus les personnes sont dépendantes, plus leur taux de décès est élevé.

Pour pouvoir utiliser la table des taux lissés, on s'assure de la régularité recherchée via les intervalles de confiance et les tests du *Khi deux*.

On peut également vérifier cette robustesse par un backtesting. Pour cela, on compare les sorties de l'état de dépendance sur une période d'observation passée aux sorties théoriques prédites par les tables d'expérience sur la même période.

Dans le tableau suivant, on retrouve, pour les années d'exposition 2013 et 2014, le nombre de décès observés et prédits pour la dépendance totale et partielle :

Type de dépendance	Type de dépendance	Expositions	Décès observés	Décès Estimées	Observé/Estimé
Totale	Homme	6 367	2 076	2 085	0,43 %
	Femme	21 638	5 156	5 187	0,60 %
Partielle	Homme	5 491	935	939	0,46 %
	Femme	20 835	2 169	2 173	0,20 %
<b>Total</b>	<b>Total</b>	<b>54 331</b>	<b>10 336</b>	<b>10 384</b>	<b>0,47 %</b>

Figure 63 : Backtesting des dépendants

Le nombre de décès estimés est très proche du nombre de décès observés pour les deux types de dépendance, quel que soit le sexe des dépendants.

Le portefeuille « Complément Dépendance BTP » est constitué d'environ 50 % d'hommes et 50 % de femmes. Par la suite, on n'utilisera qu'une seule table de mortalité qu'on nommera « Table de décès des dépendants du BTP » (homme/femme) où le taux de décès correspond à la moyenne pondérée des taux de décès des hommes et des femmes.

### 3.5.4. Analyses de la cohérence des résultats

Dans ce paragraphe, on vérifie la cohérence entre :

- Les tables du tarif du produit « Complément Dépendance BTP »,
- L'étude des bénéficiaires de l'APA (Etudes et résultats N°724 avril 2010),
- Les résultats obtenus avec les lois de maintien en dépendance construites précédemment.

Le tableau ci-dessous donne, par tranche d'âge, l'espérance de vie selon la table TD 73-77, qui est utilisée dans l'ancien tarif du contrat « Complément Dépendance BTP » :

	<b>TD 73-77 (en années)</b>
<b>60-79 ans</b>	11,01
<b>80-84 ans</b>	5,27
<b>85-89 ans</b>	3,84
<b>90 ans et +</b>	1,31

Figure 64 : Espérance de vie de la table du tarif TD73-77

Les tableaux suivants donnent la durée de maintien en dépendance par sexe et par tranche d'âge, à partir des données de l'APA est la suivante :

<b>APA Hommes</b>	<b>Dépendance Totale (en années)</b>	<b>Dépendance Partielle (en années)</b>	<b>APA Femmes</b>	<b>Dépendance Totale (en années)</b>	<b>Dépendance Partielle (en années)</b>
<b>60-79 ans</b>	3,21	3,92	<b>60-79 ans</b>	4,75	5,75
<b>80-84 ans</b>	2,25	2,92	<b>80-84 ans</b>	4,13	4,79
<b>85-89 ans</b>	2,17	2,88	<b>85-89 ans</b>	4,08	4,67
<b>90 ans et +</b>	1,58	2,50	<b>90 ans et +</b>	3,29	3,83

Figure 65 : Durée de maintien en dépendance de l'APA par sexe

En retenant la répartition du portefeuille « Complément Dépendance BTP », soit 50 % d'hommes et 50 % de femmes, l'espérance de vie est donnée par le tableau ci-dessous :

APA 50 % d'hommes et 50 % de femmes	Dépendance Totale (en années)	Dépendance Partielle (en années)
60-79 ans	3,98	4,83
80-84 ans	3,19	3,85
85-89 ans	3,13	3,77
90 ans et +	2,44	3,17

Figure 66 : Durée de maintien en dépendance pour le portefeuille dépendance

On constate de grands écarts d'espérance de vie entre la table TD 73-77 et ceux de l'APA, dont les plus importants sont :

- Pour les assurés de moins de 80 ans, l'espérance de vie de la TD 73-77 est plus de 2 fois supérieure à celle de l'APA pour la dépendance totale et la dépendance partielle,
- Pour les assurés de plus de 90 ans, l'espérance de vie de la TD 73-77 est environ deux fois inférieure à celle de l'APA pour la dépendance totale et de plus de deux fois inférieure pour la dépendance partielle.

Les espérances de vie obtenues avec la table d'expérience construite précédemment « Table de décès des dépendants du BTP » sont données par les tableaux suivants :

Tables d'expérience 50 % d'hommes et 50 % de femmes	Dépendance Totale (en années)	Dépendance Partielle (en années)
60-79 ans	4,96	8,62
80-84 ans	3,79	6,43
85-89 ans	3,10	5,09
90 ans et +	2,37	3,85

Figure 67 : Espérance de vie des dépendants

On constate que les tables d'expérience donnent :

- Des espérances de vie très proches de celles de l'APA en dépendance totale, sauf pour la tranche d'âge 60-79 ans où les tables d'expérience sont supérieures d'une année à celles de l'APA,
- Des espérances de vie plus élevées pour les tables d'expérience de la dépendance partielle par rapport à celles de l'APA,
- Des espérances de vie différentes de celles de la table du tarif TD 73-77, que ce soit pour la dépendance partielle ou totale.

Ensuite, on compare la mortalité des rentiers du contrat « Complément Dépendance BTP » aux données théoriques issues de la table d'expérience.

Le tableau suivant donne les durées de paiement des rentes par tranche d'âge :

	Dépendance totale (en années)		Dépendance partielle (en années)	
	Rentes fermée	Rentes en cours	Rentes fermée	Rentes en cours
60-79 ans	1,39	2,82	2,38	4,27
80-84 ans	1,39	2,07	2,48	2,90
85-89 ans	0,92	1,65	1,72	2,16
90 ans et +	0,56	1,14	-	1,13

Figure 68 : Durée de paiement des rentes

On constate que les durées de paiement des rentes dépendance du produit « Complément Dépendance BTP » sont inférieures aux espérances de vie estimées avec les nouvelles tables de décès construites sur le produit « Frais Médicaux Individuels des Retraités ». Il se peut que la sinistralité de ces deux produits soit différente.

De ce fait, on compare :

- Les taux de décès observés en GIR 1 et 2 du produit « Complément Dépendance BTP » avec les taux de décès estimés en dépendance totale (couvre GIR 1 et 2) du produit « Frais Médicaux Individuels des Retraités »,
- Les taux de décès observés en GIR 3 et 4 du produit « Complément Dépendance BTP » avec les taux de décès estimés en dépendance partielle (couvre GIR 3 et 4) du produit « Frais Médicaux Individuels des Retraités ».

On obtient, pour la dépendance totale :

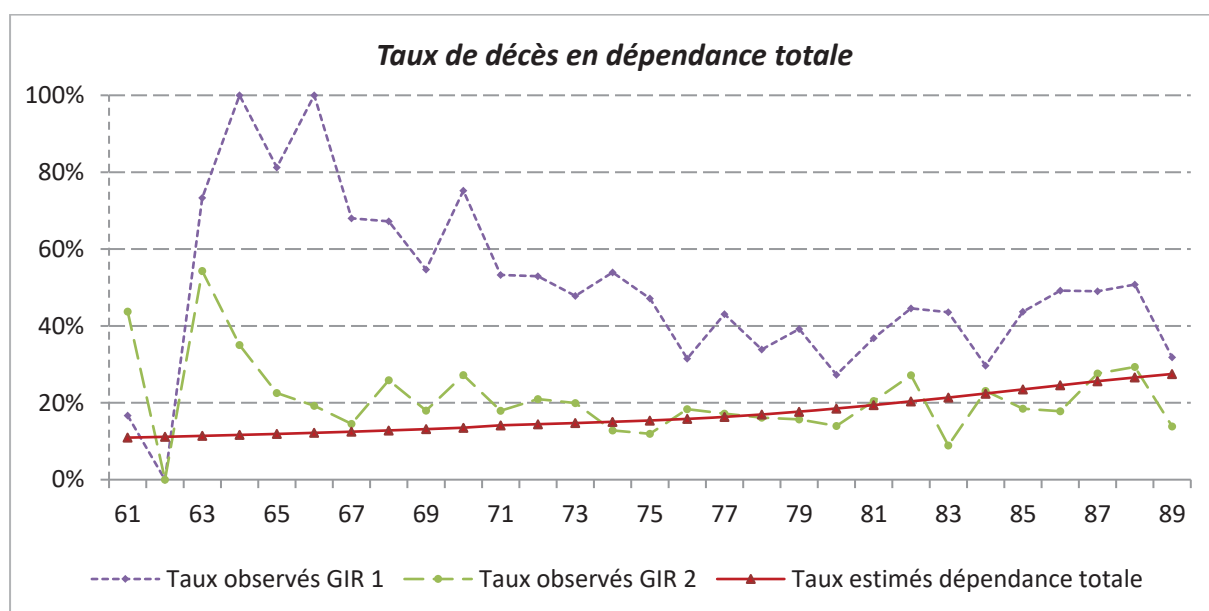


Figure 69 : Taux de décès en dépendance totale

Les taux de décès estimés pour la dépendance totale sur le contrat « Frais Médicaux Individuels des Retraités » sont proches des taux de décès observés des personnes en GIR 2 du contrat

« Complément Dépendance BTP ». En revanche, ils sont très inférieurs aux taux de décès observés pour les dépendants en GIR 1 du contrat « Complément Dépendance BTP ».

On constate également que les taux de décès des dépendants GIR 1 sont deux fois supérieurs à ceux qui sont dans un état de dépendance de type GIR 2.

Comme vu dans le chapitre 1, plus de deux tiers des données utilisées pour la construction des taux de décès pour la dépendance totale ont un GIR non renseigné, car les dépendants sont dans un établissement médical. A partir des résultats de ce backtesting, on pourrait supposer que les dépendants étaient majoritairement en GIR 2.

En analysant les décès des dépendants du portefeuille « Complément Dépendance BTP », on constate que :

- 430 dépendants sont décédés dans un état de dépendance totale, dont 295 en « GIR1 » et 135 en « GIR2 »,
- Les dépendants de type « GIR1 » ont une espérance de vie de 0,93 an,
- Les dépendants de type « GIR2 » ont une espérance de vie de 1,27an.

Même si le nombre de décès n'est pas suffisant pour garantir la significativité des résultats, il semble que l'espérance de vie des dépendants de type GIR2 est supérieure en moyenne de 30 % à celle de dépendants de type GIR1.

De ce fait, on considérera par la suite que :

- La loi estimée en dépendance totale peut être utilisée pour le GIR 2 du contrat « Complément Dépendance BTP »,
- Pour le GIR 1, afin de s'approcher des taux observés, on majore les taux estimés de 30 %, ce qui reste prudent.

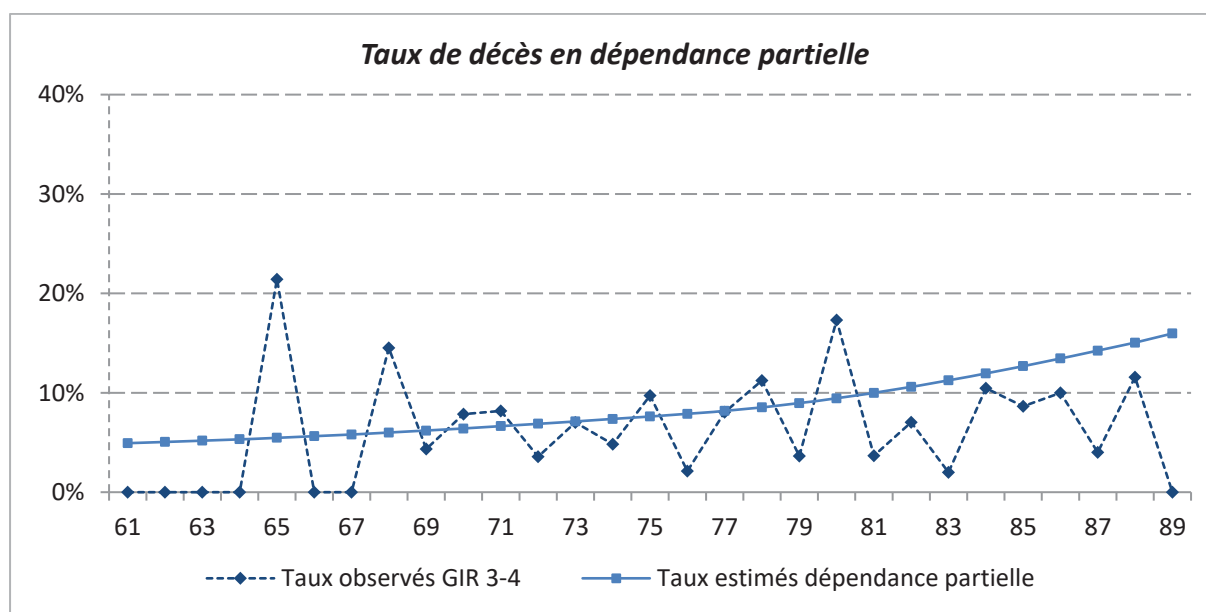


Figure 70 : Taux de décès en dépendance partielle

On constate que les taux de décès estimés pour la dépendance partielle du contrat « Frais Médicaux Individuels des Retraités » sont proches des taux observés des dépendants en GIR3 et 4 du contrat « Complément Dépendance BTP ». On utilisera, dans la suite, ces taux estimés pour le produit « Complément Dépendance BTP ».

Le graphique suivant donne les taux de décès estimés :

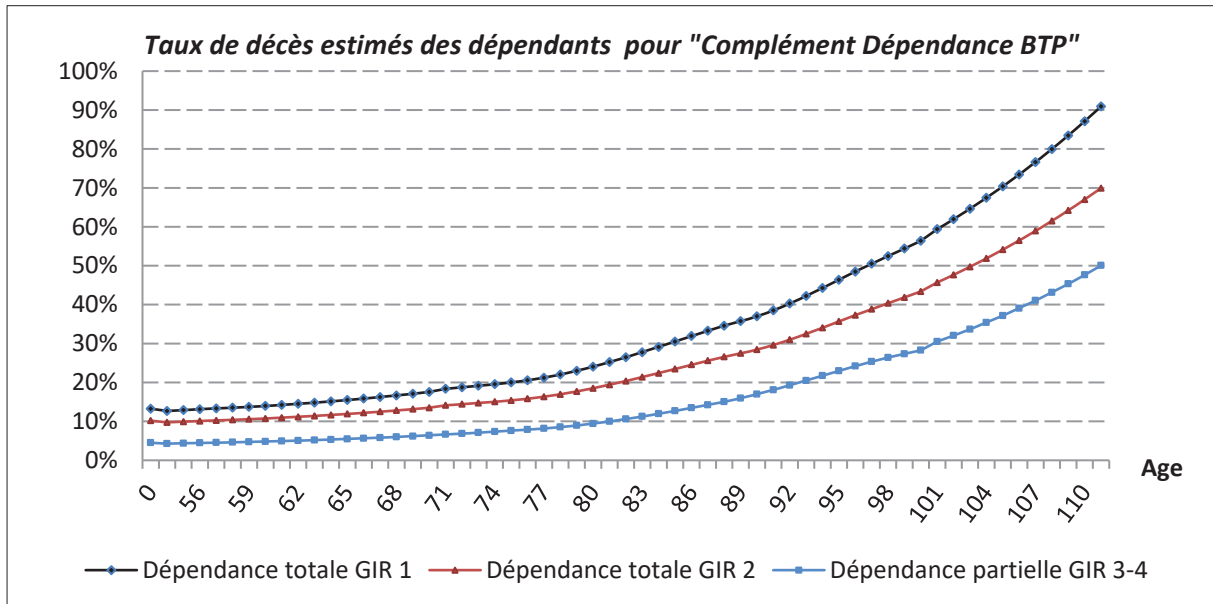


Figure 71 : Taux de décès estimés des dépendants pour « Complément Dépendance BTP »

**PARTIE III : TARIFICATION ET  
PROVISIONNEMENT DU CONTRAT  
« COMPLEMENT DEPENDANCE  
BTP »**



Dans cette partie, on présentera la méthode retenue pour tarifier le risque dépendance pour un contrat individuel, ainsi que l'impact des nouvelles tables d'expérience sur le tarif. Ensuite, on détaillera les provisions techniques du produit dépendance et l'impact des nouvelles tables d'expérience sur le provisionnement.

Soient les notations suivantes :

- $x$  : l'âge à la souscription,
- $anc$  : l'ancienneté du contrat,
- $r$  : le taux d'intérêt technique,
- $R$  : le montant de la rente annuelle,
- $fg$  : les frais de gestion sur primes,
- $fr$  : les frais de gestion sur les arrérages versés,
- $ms$  : les frais pour la constitution de la marge de solvabilité,
- $l_{gm}^{val}(x)$  : le nombre de personnes valides d'âge  $x$ , n'étant pas dans un état de dépendance GIR inférieure ou égale à  $gm$ , calculés à partir des nouvelles tables de survie,
- $l_{gm}^{dep}(x)$  : le nombre de personnes dépendantes d'âge  $x$  et de type dépendance  $gm$ , calculés à partir de la nouvelle table du maintien en dépendance,
- $i_{gm}(x)$  : la probabilité d'entrer en dépendance dans un degré au moins égal à  $gm$  à l'âge  $x$ ,
- $k$  : indice de durée courue.

## 1. Tarification

### 1.1. Prime pure annuelle de la garantie rente dépendance pour 1€ de rente

Les probabilités de survie des valides et des dépendants pour un âge  $x$ , une durée  $k$  et un niveau de GIR  $gm$  sont :

- $p_{gm}^{val}(x, k) = \frac{l_{gm}^{val}(x+k)}{l_{gm}^{val}(x)}$  Pour les valides
- $p_{gm}^{dep}(x, k) = \frac{l_{gm}^{dep}(x+k)}{l_{gm}^{dep}(x)}$  Pour les dépendants

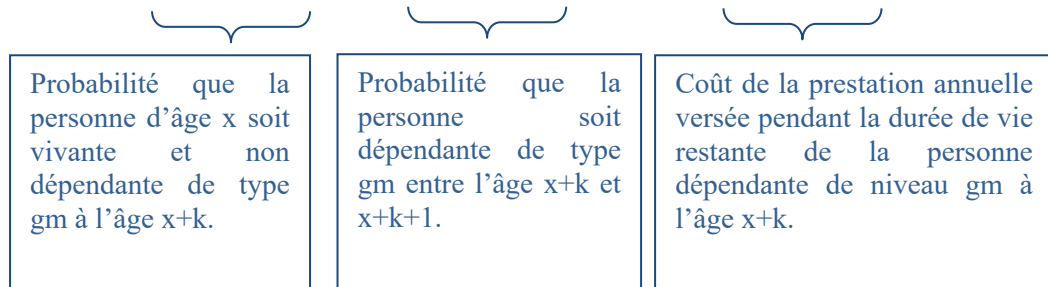
Soit la valeur actuelle de 1€ de rente payée à terme échu à partir de l'âge  $x$  compte tenu d'un fractionnement mensuel :

$$a(x, gm) = \sum_{k=0}^{\omega-x} p_{gm}^{dep}(x, k+1) \times (1+r)^{-(k+1)} + \frac{13}{24}$$

Où le coefficient  $\frac{13}{24}$  correspond au passage du fractionnement annuel au fractionnement mensuel.

Alors, la prime pure unique pour 1€ de rente est :

$$\pi_{rente}(x, gm) = \sum_{k=0}^{\omega-x} p_{gm}^{val}(x, k) \times i_{gm, x+k} \times (1+r)^{-k} \times a(x+k, gm)$$



## 1.2. Prime commerciale trimestrielle de la garantie rente dépendance

On définit la prime commerciale trimestrielle :

$$Pcom(R, x, gm) = \frac{1}{4} \times \frac{(1+fr) \times (1+ms)}{(1-fg)} \times \frac{\pi_{rente}(x, gm)}{av(x, gm)} \times R$$

Avec :

$$av(x, gm) = \sum_{k=0}^{\omega-x} p_{gm}^{val}(x, k+1) \times (1+r)^{-(k+1)} + \frac{5}{8}$$

Le coefficient av correspond au nombre d'années pendant lesquelles l'assuré payera la cotisation trimestrielle à terme d'avance. Par simplification, on utilise  $\frac{5}{8}$  le coût du fractionnement.

Le coefficient C1 correspond à un niveau de rente :

$$C1(\text{niveau}) = \begin{cases} 0,33 & \text{si niveau} = 33 \text{ (rente de 33 \%)} \\ 0,50 & \text{si niveau} = 50 \text{ (rente de 50 \%)} \\ 1 & \text{si niveau} = 100 \text{ (rente de 100 \%)} \\ 1,5 & \text{si niveau} = 150 \text{ (rente de 150 \%)} \\ 2 & \text{si niveau} = 200 \text{ (rente de 200 \%)} \end{cases}$$

La prime commerciale trimestrielle est calculée selon la couverture et le niveau de rente :

- Couverture 1 :  $Pcom(R, x, 1) \times C1(\text{Niveau})$
- Couverture 2 :  $Pcom(R, x, 2) \times C1(\text{Niveau})$
- Couverture 3 :  $\left[ \frac{2}{3} \times Pcom(R, x, 4) + \frac{1}{3} \times Pcom(R, x, 2) \times \frac{av(x,2)}{av(x,4)} \right] \times C1(\text{Niveau})$

Le tarif de la couverture 3 correspond à la somme du tarif :

- D'une rente dépendance de type GIR 3 ou 4 où la rente mensuelle est deux tiers de R,
- D'une rente dépendance de type GIR 1 ou 2 où la rente mensuelle est un tiers de R.

Cette définition suppose que lorsque l'assuré est en dépendance de type GIR 3 ou 4, il continue à verser la cotisation relative au type GIR 1 ou 2. Or, en réalité, dès que l'assuré est en dépendance, le versement des cotisations cesse, d'où le terme  $\frac{av(x,2)}{av(x,4)}$  qui est appliqué au tarif de la rente totale.

### 1.3. Impact des tables d'expérience estimées sur le tarif

L'impact sera étudié en deux étapes :

- Changement des tables des valides,
- Changement des tables des valides et des dépendants.

Impact du changement des tables des valides sur le tarif			
Age	Couverture 1	Couverture 2	Couverture 3
50	55 %	25 %	29 %
55	55 %	25 %	32 %
60	56 %	27 %	38 %
65	58 %	30 %	47 %
70	60 %	35 %	60 %
75	64 %	43 %	81 %

Figure 72 : Impact du changement des tables des valides sur le tarif

L'introduction des nouvelles lois de décès et d'incidence conduisent, au global, à une forte hausse du tarif des trois types de couverture pour tous les âges, avec une tendance croissante par âge.

Impact du changement des tables des valides et des dépendants sur le tarif			
Age	Couverture 1	Couverture 2	Couverture 3
50	-5 %	-2 %	43 %
55	-5 %	-2 %	47 %
60	-4 %	0 %	54 %
65	-3 %	3 %	65 %
70	0 %	8 %	82 %
75	4 %	16 %	110 %

Figure 73 : Impact du changement des tables des valides et des dépendants sur le tarif

L'introduction des nouvelles tables de maintien en dépendance montre que les anciennes tables de maintien en dépendance surestimaient l'espérance de vie des dépendants de la couverture 1 et 2 et sous-estimaient, en revanche, celle de la couverture 3.

L'effet cumulé de ces trois nouvelles lois (décès des valides, incidence et maintien en dépendance) conduisent au total à une légère baisse de tarif pour la couverture 1 avant 70 ans et pour la couverture 2 avant 60 ans, suivie, pour les deux couvertures, d'une hausse du tarif. Quant à la couverture 3, on constate une augmentation importante du tarif à tous les âges.

Ce risque de sous-tarification dans une activité à déroulement lent ne peut être accepté, d'où l'importance de stipuler des clauses contractuelles qui permettent clairement l'augmentation des primes, sans augmentation des garanties, si un dérapage de la sinistralité est constaté.

Globalement, le tarif de la couverture 1 est équilibré. La couverture 2 serait équilibrée avec une augmentation globale du tarif de 4 %. Le tarif de la couverture 3 semble, quant à lui, insuffisant, puisqu'il faudrait l'augmenter de 60 % pour arriver à l'équilibre.

## 2. Provisions techniques

Le calcul des provisions techniques en normes comptables répond à une réglementation spécifique qui se veut prudente pour protéger les assurés. Les provisions techniques sont déterminées dans le but d'assurer le paiement des prestations aux bénéficiaires et de couvrir les frais de gestion. Etablies de manière prudente, fiable et objective, les provisions techniques doivent intégrer les différents risques encourus, ainsi que toutes les garanties et options figurant dans les contrats. De cette manière, les assurés sont protégés et les assureurs connaissent la valeur réelle de leurs engagements.

Pour ce contrat individuel, on calcule les provisions techniques suivantes :

- Provision pour Risques Croissants (PRC),
- Provision Mathématique (PM),
- Provision pour Sinistres A Payer (PSAP),
- Provision pour Participation Aux Excédents (PPAE),
- Provision d'Egalisation (PE),
- Provision pour Frais de Gestion des Sinistres (PFGS).

### 2.1. Provision pour Risques Croissants

L'article R343-7 des Code des Assurances stipule que la provision pour risques croissants doit être égale à la différence des valeurs actuelles des engagements respectivement pris par l'assureur et par les assurés.

Elle permet d'assurer l'équilibre à long terme d'un contrat dont les primes payées par l'assuré sont constantes dans le temps (*prime nivelée*), alors que le risque de l'assureur croît au cours des années. Ainsi :

- L'assureur perçoit des primes supérieures au risque couvert au cours des premières années de la vie du contrat,
- Cette tendance s'inverse ensuite et l'assureur doit faire face en fin de contrat à des niveaux de risques supérieurs au montant des primes encaissées.

C'est ce mécanisme qui justifie la constitution de la provision :

- En début de vie du contrat, l'excédent entre la prime payée et le niveau du risque est mis en réserve pour alimenter la provision pour risques croissants,
- Cette réserve est ensuite utilisée lorsque le niveau du risque devient supérieur à la cotisation payée.

Elle est calculée dossier par dossier en fonction de l'âge et de l'ancienneté de l'assuré, par la différence entre la valeur actuelle probable des flux de prestations et de cotisations :

$$\text{PRC} = \text{VAP}(\text{assureur}) - \text{VAP}(\text{assuré})$$

Pour la couverture 1 ou 2 donc  $gm = \{1,2\}$  :

$$\begin{aligned} \text{VA}(\text{assureur}) &= (1 + fr) \times R \times \pi(R, x + anc, gm) \\ &= (1 + fr) \times R \\ &\quad \omega^{-(x+anc)} \\ &\quad \times \sum_{k=0} p_{gm}^{val}(x + anc, k) \times i_{gm, x+anc+k} \times (1 + r)^{-k} \times a(x + anc + k, gm) \end{aligned}$$

Pour la couverture 3 :

$$\begin{aligned} \text{VAP}(\text{assureur}) &= (1 + fr) \times R \times \pi(R, x + anc, 4) \\ &= (1 + fr) \times R \\ &\quad \times \left[ \frac{1}{3} \times \sum_{k=0}^{\omega-(x+anc)} p_2^{val}(x + anc, k) \times i_{2, x+anc+k} \times (1 + r)^{-k} \times \right. \\ &\quad \times a(x + anc + k, 2) + \frac{2}{3} \times \sum_{k=0}^{\omega-(x+anc)} p_4^{val}(x + anc, k) \times i_{4, x+anc+k} \times (1 + r)^{-k} \\ &\quad \left. \times a(x + anc + k, 4) \right] \end{aligned}$$

Pour toutes les couvertures :

$$\text{VAP}(\text{assuré}) = Pcom(R, x, gm) \times 4 \times \frac{(1 - fg)}{(1 + ms)} \times av(x, gm)$$

## 2.2. Provision Mathématique

Cette provision est précisée par l'article R343-7 du Code des Assurances comme la valeur actuelle des engagements de l'assureur en ce qui concerne les rentes et accessoires de rentes mis à sa charge.

La provision mathématique des rentes est constituée pour les contrats dont le risque est déjà survenu.

Ainsi, la provision mathématique des rentes est égale à la valeur actuelle probable de la rente à servir tant que l'assuré est en vie et qu'il reste dans un état de dépendance couvert par le contrat.

La provision mathématique est calculée dossier par dossier, en fonction de l'âge du bénéficiaire, d'un taux d'actualisation et du GIR. Elle est donnée par la formule suivante :

$$PM = VAP(\text{assureur}) = R \times a(x + anc, gm)$$

Avec :

$$a(x + anc, gm) = \sum_{k=0}^{\omega-(x+anc)} p_{gm}^{dep}(x + anc, k + 1) \times (1 + r)^{-(k+1)} + \frac{13}{24}$$

## 2.3. Provision pour Sinistres A Payer

Cette provision est calculée par niveau de couverture, sur la base du nombre de sinistres tardifs constatés sur les exercices antérieurs et du capital moyen constitutif des rentes payées.

## 2.4. Provision pour Participation Aux Excédents

La provision pour participation aux excédents est notamment destinée à l'amélioration des garanties, la majoration des prestations en cours de service ou la compensation comptable des effets d'une réduction exceptionnelle du tarif appelé.

En cas de non utilisation de la provision à l'échéance d'une période de huit exercices suivant sa constitution, elle devra obligatoirement être versée aux assurés ou transformée en provision mathématique.

La distribution annuelle d'une fraction de la PPAE est décidée par le Directoire de la société d'assurance. Au cours des dernières années, elle a notamment été utilisée pour financer la partie restante de la revalorisation, une fois les produits financiers de l'année entièrement distribués.

La provision pour participation aux excédents est alimentée par :

- Une fraction du solde créditeur du compte de résultat défini à l'article 15, après dotation à la provision pour égalisation, sur décision de la société,

- L'excédent, éventuellement constaté, entre les intérêts produits par les provisions techniques calculés avec un taux technique et ceux calculés au taux de rendement des actifs affectés en représentation des engagements du contrat,
- Les intérêts produits par la provision pour participation aux excédents et la provision d'égalisation, calculés au taux de rendement des actifs affectés en représentation des engagements du contrat.

## 2.5. Provision pour Egalisation

La provision pour égalisation a pour objectif de régulariser les fluctuations du risque et de stabiliser la cotisation. Elle est prévue par l'article R343-7 du Code des Assurances. La dotation annuelle à la provision d'égalisation est limitée à 75 % du solde technique des produits dépendance. Le montant global de la provision ne peut pas excéder 100 % de la cotisation (ce plafond peut varier selon l'effectif couvert par le contrat).

## 2.6. Provision pour Frais de Gestion des Sinistres

La provision de gestion est destinée à couvrir les frais de gestion des sinistres futurs. Cette provision est calculée à partir des taux moyens de frais des prestations constatés sur les trois dernières années et des prestations futurs probables.

## 2.7. Impact des nouvelles lois sur les provisions techniques

Seules les provisions pour risques croissants et les provisions mathématiques sont impactées par les changements de tables de survie, d'incidence et de maintien en dépendance.

Le tableau ci-dessous donne l'évolution de ces deux provisions en changeant les anciennes lois par les nouvelles lois :

Couverture	Provision pour Risques Croissants		Couverture	Provision mathématique des rentes
	VAP Assureur	VAP Assuré		
1	0 %	-1 %	1	-45 %
2	10 %	-4 %	2	-34 %
3	78 %	-18 %	3	-5 %
<b>Total</b>	<b>18 %</b>	<b>-6 %</b>	<b>Total</b>	<b>-27 %</b>

Figure 74 : Impact des nouvelles lois sur le provisionnement

D'après le tableau ci-dessus, on constate que les nouvelles lois engendrent :

- Une baisse de la provision mathématique pour les trois couvertures,
- Une stabilité de la PRC pour la couverture 1,
- Une augmentation importante de la PRC pour les couvertures 2 et 3.

En effet, les déviations des éléments biométriques ont des conséquences lourdes : par exemple une aggravation de l'incidence par rapport à l'hypothèse tarifaire a un effet immédiat en générant plus d'entrées en dépendance que prévu et peut conduire à une hausse importante de la PRC.

Par ailleurs, comme vu précédemment, la couverture 3 est sous-tarifée. Le tarif d'équilibre est supérieur d'environ 60 % au tarif actuel. Cependant, une hausse tarifaire brutale pourrait avoir d'importantes conséquences commerciales néfastes pour l'assureur. Cela pourrait engendrer des résiliations ou des réductions massives de contrats.

Dans le cadre de ce mémoire, afin de rééquilibrer le contrat, on prendra l'hypothèse tarifaire suivante :

- Augmentation de 5,3 % par an pendant 5 ans, à partir du 01/01/2017, afin d'atteindre une augmentation totale de 30 % au bout de 5 ans.

Le tableau suivant donne les impacts sur la PRC par couverture après cette augmentation :

Couverture	Provision pour Risques Croissants	
	VAP Assureur	VAP Assuré
1	0 %	-1 %
2	10 %	-4 %
3	78 %	-6 %
<b>Total</b>	<b>18 %</b>	<b>-4 %</b>

Figure 75 : Impact des nouvelles lois sur le provisionnement après la hausse tarifaire de la couverture 3

Cette augmentation de la couverture 3 ne permet pas d'absorber la totalité de l'écart généré par le changement des lois. La VAP assuré passe de -18 % à -6 %.

En cas d'intégration des nouvelles tables dans le calcul de la PRC et de la PM, l'assureur pourrait reprendre la provision d'égalisation et l'écart restant diminuerait ses fonds propres. Dans ce contexte, il est indispensable de se doter d'un dispositif de suivi du risque qui permette de détecter l'amplitude de la déviation des prestations réelles par rapport au prestations prévues par les tables utilisées dans le tarif, puis de décrire la politique de correction tarifaire associée.



**PARTIE IV : LE RISQUE DE  
SOUSCRIPTION DU CONTRAT  
« COMPLEMENT DEPENDANCE  
BTP »**

La construction des tables d'expérience s'inscrit dans un objectif formulé par la Directive européenne Solvabilité II, qui exige de la part des assureurs de mesurer et maîtriser les risques inhérents à leur activité et d'évaluer les besoins en capitaux.

Pour mettre en place les mesures de risques demandées par Solvabilité II et le calcul du capital de solvabilité requis, les assureurs doivent calculer les provisions mathématiques Best Estimate qui sont basées sur leur propre expérience de survenance des sinistres.

Dans cette dernière partie, on rappellera tout d'abord les principaux axes de Solvabilité II. Ensuite, on présentera les impacts des nouvelles lois sur le calcul du Best Estimate et du SCR de Souscription Santé SLT. Enfin, on proposera des scénarios de modélisation pour réduire ce SCR de Souscription.

## **1. Le risque dépendance**

La réforme Solvabilité II ne traite pas spécifiquement le risque dépendance. Néanmoins, l'annexe C des Actes Délégués concernant la classification des contrats santé, la mentionne explicitement sous le libellé « Long Term Care Insurance ».

Conformément aux Actes Délégués, le risque dépendance du contrat « Complément Dépendance BTP » peut être classé dans la catégorie « Santé Similaire à la Vie », puisque :

- Le règlement des prestations est viager,
- Il comporte un risque dominant d'invalidité et / ou de morbidité, majoritairement influencé par l'incidence de la dépendance,
- La prestation est une « rente santé », dont le versement est conditionné à la fois par la survie et par l'état de santé de l'assuré.

## **2. Les risques associés au contrat**

Dans le cadre du pilier I, il y a lieu de calculer le Capital de Solvabilité Requis (SCR), qui représente le besoin en capital dont une entité d'assurance a besoin pour poursuivre son activité. L'entité doit disposer de fonds propres suffisants pour couvrir ce capital.

Le calcul du SCR prend en compte l'ensemble des risques qui peuvent survenir à horizon 1 an avec une probabilité de 99,5 %.

Les Actes Délégués précisent, pour chaque type de contrat, l'ensemble des risques qui peuvent apparaître.

Les risques sous-jacents à la gestion du contrat « Complément Dépendance BTP » sont : le risque de Souscription Santé, le risque de Marché, le risque Opérationnel et le risque de Contrepartie.

Ces risques sont représentés dans le graphique ci-dessous :

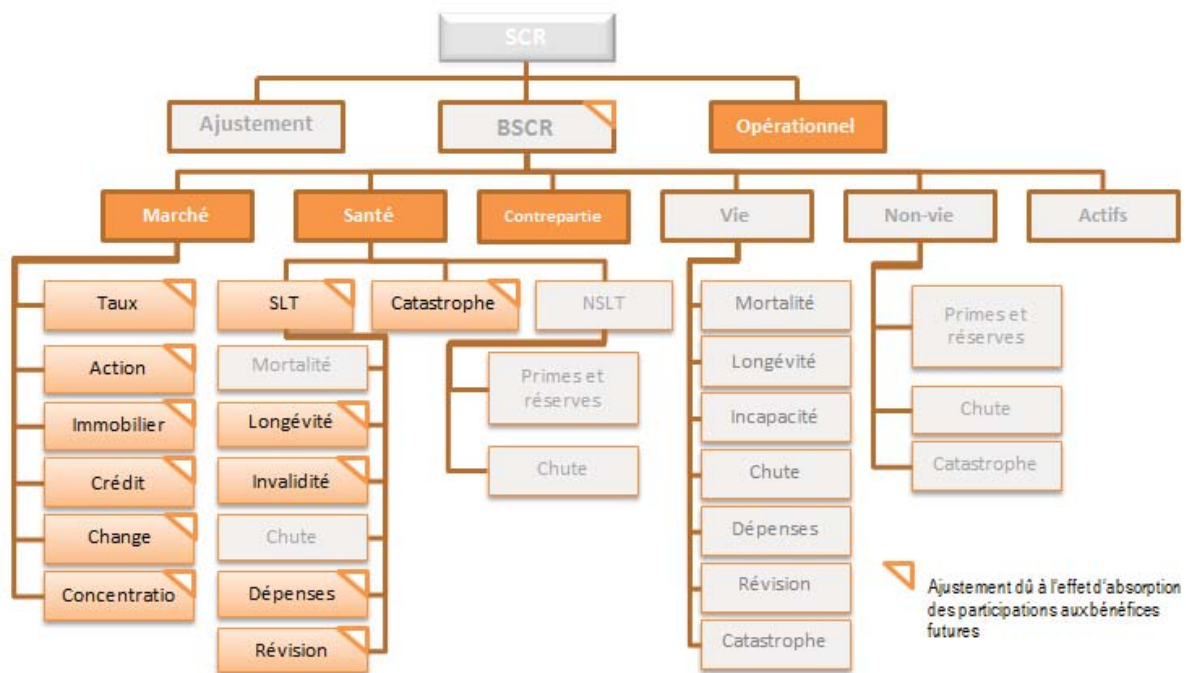


Figure 76 : Risques du contrat sous Solvabilité II

Ensuite, on se concentrera uniquement sur l'impact des nouvelles tables sur la modélisation du besoin de capital au titre du risque de Souscription Santé SLT.

Dans ce cadre, les risques de souscription auxquels le contrat est soumis sont :

- Longévité,
- Invalidité/Morbidité,
- Révision,
- Dépenses.

Bien que recommandé par la Directive, le choc relatif au rachat des contrats (risque de chutes) ne sera pas pris en compte à cause d'absence de possibilité de rachat pour un contrat dépendance.

## 2.1. Risque de Longévité

Le risque de longévité est le risque lié à l'augmentation de la durée de vie. Pour les contrats dépendance, le risque de longévité intervient dans deux cas :

- Pour les assurés non dépendants, une diminution des taux de mortalité a comme effet d'augmenter l'exposition d'entrée en dépendance,
- Pour les assurés dépendants, les prestations sont versées sous forme de rente viagère, l'augmentation de la durée de vie en dépendance entraîne donc une hausse de prestations futures.

Dans le cadre du calcul du SCR, le choc de longévité sert à évaluer l'impact sur les engagements de l'assureur en cas d'évolution des taux de décès, lorsqu'une diminution de ces taux entraîne une augmentation des engagements de l'assureur. Il s'agit de mesurer le besoin en capital supplémentaire qu'une baisse du taux de décès impliquerait. Le choc appliqué est une baisse permanente de 20 % des taux de décès à tous les âges, à la fois pour les personnes valides et pour les personnes dépendantes.

## **2.2. Risque d'Invalidité/Morbidité**

Il s'agit du risque de perte de fonds propres dus à l'évolution défavorable des taux d'invalidité/morbidité.

Le choc appliqué est une combinaison de trois chocs instantanés :

- Une hausse de 35 % du taux d'incidence au cours des 12 mois suivant la date d'arrêt,
- Une hausse de 25 % du taux d'incidence au-delà des 12 mois suivant la date d'arrêt,
- Une baisse de 20 % des sorties de l'état de dépendance sur toute la période de projection.

## **2.3. Risque de Révision**

Il s'agit du risque de perte de fonds propres induit par une hausse des prestations versées qui peuvent s'expliquer par :

- L'inflation,
- Les évolutions du cadre réglementaire,
- Une aggravation de l'état de santé de l'assuré.

Puisque, pour la couverture 3, le contrat permet le paiement des rentes en cas de dépendance partielle et totale, la dégradation de l'état de santé des dépendants en GIR 3 et 4 peut conduire à l'augmentation des prestations en GIR 1 et 2. Comme les prestations payées au titre de la dépendance totale (GIR 1 et 2) sont plus importantes que celles de la dépendance partielle, cela conduirait à l'augmentation des prestations.

Le choc à appliquer est une augmentation de 4 % des prestations en dépendance partielle.

## **2.4. Risque de Dépenses**

Il s'agit d'une hausse de frais de gestion sur les exercices à venir.

Le choc est appliqué sur le taux de frais de gestion de la façon suivante :

- Une hausse instantanée de 10 % sur l'exercice N+1,
- Une augmentation annuelle de 1 % sur les exercices suivants.

### **3. Frontière du contrat**

#### **3.1. Conditions Générales du contrat**

Les Conditions Générales du contrat stipulent que le contrat « Complément Dépendance BTP » est un contrat annuel. Il se renouvellera ensuite annuellement par tacite reconduction, pour une durée d'un an, sauf dénonciation par l'une ou l'autre des parties.

##### **1. Résiliation**

La résiliation du contrat ne s'appliquera pas aux adhérents dont la date d'adhésion est antérieure à la date de fin du contrat, les garanties leur restant acquises, sous réserve de la poursuite du paiement des cotisations les concernant. La résiliation sera également sans effet sur les rentes en cours de service qui seront versées jusqu'à leur terme. De nouvelles adhésions ne seront plus acceptées.

##### **2. Réduction**

Dès lors que cinq ans de cotisations ont été payés, l'adhérent peut demander la réduction de son adhésion. Elle consiste à maintenir un niveau de garantie alors que les cotisations ne sont plus payées. Les valeurs de réduction en fonction de la couverture souscrite sont fixées chaque année par le Directoire de la société.

##### **3. Révision**

Lorsqu'une décision législative, réglementaire ou contractuelle, vient à modifier la partie des engagements de l'assureur, celui-ci se réserve le droit de proposer, pour la date d'effet, des modifications, soit des conditions d'ouverture du droit à prestations et du montant de celles-ci, soit du montant de la cotisation.

Les conséquences ne prendront effet qu'après accord explicite avec le souscripteur. Faute d'accord, les montants et modalités des garanties de l'assureur seront déterminés sur les anciennes bases.

##### **4. Modification tarifaire**

La cotisation pourra être ajustée à la hausse ou à la baisse par l'assureur en liaison avec le souscripteur. Tout ajustement à la hausse devra être motivé par l'observation d'une des situations suivantes :

- Insuffisance de la provision pour participation aux excédents pour financer la revalorisation des prestations,
- Insuffisance de la provision pour égalisation, après affectation, au 31 décembre, pour financer un déficit du compte de résultat technique,
- Sous-tarification constatée sur un ou plusieurs niveaux de couverture.

## 3.2. Règlement Délégué

Par rapport aux Conditions Générales et conformément à l'article 18 du Règlement Délégué, l'assureur a la possibilité unilatérale de résilier le contrat et de changer le tarif ou les garanties à partir du 31/12 qui suit la date d'arrêté, alors :

- Les affaires souscrites à partir du 31/12 qui suit la date d'arrêté ne sont pas à prendre en compte dans le calcul des engagements à la date d'arrêté,
- Il s'agit alors d'intégrer dans le calcul des provisions Best Estimate tous les flux futurs de prestations issues des primes payées jusqu'au 31/12 qui suit la date d'arrêté. Comme il s'agit d'un contrat à primes périodiques nivelées, cela conduit à simuler une réduction des contrats en cours de paiement de primes au 31/12 qui suit la date d'arrêté, pour le calcul du Best Estimate.

Pour pouvoir intégrer les primes futures dans le calcul des provisions Best Estimate, il faudrait modifier Conditions Générales du produit.

## 4. Calcul du Best Estimate

Les provisions Best Estimate reposent sur la projection des cash-flows futurs, à l'aide d'hypothèses de projection probabilistes et réalistes, l'actualisation à la courbe des taux sans risque<sup>1</sup> et la revalorisation future<sup>2</sup>. Les calculs seront réalisés en portefeuille fermé, ce qui signifie que nous ne prendrons pas en compte les nouvelles souscriptions.

Nous considérons également une absence de réassurance, ce qui constitue une hypothèse forte.

L'évaluation du *Best Estimate* dans notre modèle se base sur la projection des cash-flows suivants :

- Les primes futures probables,
- Les prestations futures probables,
- Les frais probables.

Le Best Estimate ne contient aucune marge de prudence implicite dans les hypothèses biométriques.

Bien que le SCR relatif au risque de marché soit important dans le cadre de la couverture du passif, ce mémoire se focalisera sur le calcul du SCR relatif au risque de Souscription en Santé SLT.

---

<sup>1</sup> La courbe d'actualisation utilisée pour le calcul des provisions Best Estimate est la courbe des taux sans risque fournie par l'EIOPA.

<sup>2</sup> La revalorisation annuelle du scénario central est l'inflation anticipée.

## 5. Définition du SCR Souscription Santé SLT

Pour chacun des chocs mentionnés dans le paragraphe 1.2, le SCR associé correspond à la différence entre les provisions Best Estimate avant et après application du choc.

$$\text{SCR} = \max(0; \text{Provisions}_{\text{BE}}^{\text{Choc}} - \text{Provisions}_{\text{BE}}^{\text{Central}})$$

Le SCR Souscription Santé SLT est donné par la formule suivante :

$$\text{SCR}_{\text{Souscription}}^{\text{Santé SLT}} = \sqrt{\sum_{i,j} \rho_{ij} * \text{SCR}_i * \text{SCR}_j}$$

Avec :

$\rho_{ij}$  : paramètre de corrélation entre les risques  $i$  et  $j$

## 6. Calcul du SCR Souscription Santé SLT

Dans ce paragraphe, on étudie les impacts de la frontière du contrat sur le calcul du SCR Souscription Santé SLT au 31/12/2016, en testant les hypothèses suivantes :

- Réduction des contrats au bout d'un an,
- Prise en compte des primes futures sans révision tarifaire,
- Prise en compte des primes futures avec une révision tarifaire.

Les résultats sont présentés bruts de réassurance.

### Scénario 1 : Réduction des contrats au bout d'un an

On fait l'hypothèse que les tous les contrats sont réduits au bout d'un an et que les primes et les prestations sont revalorisées. La rente réduite est obtenue par application des coefficients de réduction contractuels. Ces coefficients dépendent de l'ancienneté du contrat et de l'âge à la souscription. Ils intègrent également une marge de prudence. La pénalité de réduction est intégrée dans la provision pour participation aux excédents.

Le tableau suivant donne la duration des flux de primes et de prestations :

<i>Duration (en années)</i>	Scénario central	Choc de longévité	Choc d'invalidité	Choc de frais	Choc de révision
<b>Prestations</b>	11,19	12,62	11,21	11,26	11,18
<b>Primes</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>BE</b>	<b>12,21</b>	<b>13,39</b>	<b>12,0</b>	<b>12,25</b>	<b>12,19</b>

Figure 77 : Duration des flux de primes et de prestations

Dans ce cas, le choc qui augmente le plus la duration est le choc de longévité. Il influe uniquement sur la duration des flux de prestations, qui augmente de 1,5 année.

Scénario	Type	VA (Prestations + Frais + Revalorisation)	VA Primes	VA (Prestations + Frais + Revalorisation – Primes)	
<b>Bilan</b>	Valeur actuelle	368,2	217,7	150,5	
<b>Scénario central (SC)</b>	Valeur actuelle	170,5	14,4	156,1	
<b>Choc de longévité</b>	Valeur actuelle	245,0	14,5	230,5	
	Ecart avec SC	<b>44 %</b>	<b>0 %</b>	74,5	<b>48 %</b>
<b>Choc d'invalidité</b>	Valeur actuelle	203,7	14,4	189,3	
	Ecart avec SC	<b>19 %</b>	<b>0 %</b>	33,3	<b>21 %</b>
<b>Choc de frais</b>	Valeur actuelle	174,1	14,4	159,6	
	Ecart avec SC	<b>2 %</b>	<b>0 %</b>	3,6	<b>2 %</b>
<b>Choc de révision</b>	Valeur actuelle	170,8	14,4	156,4	
	Ecart avec SC	<b>0 %</b>	<b>0 %</b>	0,3	<b>0 %</b>
<b>SCR souscription</b>				<b>83,2</b>	
<b>SCR après absorption</b>				<b>28,0</b>	

Figure 78 : Provisions Best Estimate en M€

Les provisions Best Estimate du scénario central sont légèrement supérieures aux provisions en normes comptables (+ 4 %). Avec une seule année de primes prise en compte, le BE de primes s'élève, lui, à - 2,7 M€.

L'application des différents chocs entraîne une modification du montant des provisions Best Estimate.

### Choc de longévité

La baisse de 20 % des taux de décès des vivants valides et des dépendants, augmente de + 48 % les provisions Best Estimate. En effet, dans cette situation, les valides sont plus nombreux à atteindre des âges où l'incidence est forte. De plus, la durée de vie en dépendance est plus importante, ce qui augmente le BE de sinistres. En revanche, l'impact de ce choc est faible sur l'engagement de l'assuré qui est nul au-delà de la première année de projection, en raison de la réduction des contrats.

### Choc d'invalidité

Le choc modifie la probabilité d'entrée en dépendance des individus vivants valides.

L'application du choc invalidité entraîne une modification de l'engagement de l'assureur et plus précisément du montant de la PRC. Cela augmente les provisions Best Estimate de + 21 %.



### Choc de frais

La hausse des provisions Best Estimate (+ 2 %) due à l'application de ce choc est relativement faible par rapport aux autres chocs. Elle provient uniquement d'une augmentation de l'engagement de l'assureur due à l'augmentation des frais futurs des prestations.

### Choc de révision

L'impact du choc de révision reste marginal car le nombre de dépendants actuels ne dépasse pas les 500.

### SCR

Le SCR de souscription s'élève à 83,2 M€ et représente 53 % du montant des provisions Best Estimate. Les chocs longévité et invalidité, qui représentent respectivement 67 % et 30 % du SCR de souscription, en sont les composantes les plus importantes.

En revanche, si on fait l'hypothèse qu'en cas de choc, les primes et les prestations ne sont pas revalorisées, alors on obtient un SCR de souscription de 28 M€.

En effet la prise en compte de la revalorisation entraîne une hausse de l'engagement de l'assureur supérieure à la hausse provenant des primes dont la revalorisation n'a lieu que sur une seule année, en raison de la réduction des contrats.

### Comparaison avec l'Exigence de Marge de Solvabilité

Comparons maintenant l'exigence de marge de solvabilité (EMS) sous la norme Solvabilité I avec l'exigence de capital en norme Solvabilité II que nous venons de calculer.

L'Exigence de Marge de Solvabilité (EMS) correspond au montant de marge de solvabilité minimum à détenir selon la norme Solvabilité I. Pour un portefeuille dépendance, l'EMS est donné par la formule suivante :

$$\text{➤ EMS} = \text{Max}( 18 \% \times P, 26 \% \times S ) \times \text{Taux de rétention}$$

Ou :

P= Montant de primes émises

S= Charges moyennes de sinistres sur les trois dernières années (brutes de réassurance)

Taux de rétention = Max [50 % ; Charge de sinistre nette de réassurance / Charge des sinistres brute de réassurance]

Dans le cadre de ce mémoire, le taux de rétention est donc égal à 1.

Selon nos hypothèses de modélisation, l'exigence de marge de solvabilité (EMS) sous la norme Solvabilité I s'élève à 3 M € soit 27 fois moins que le besoin en capital au titre du risque de souscription (83,2 M€) calculé selon la norme Solvabilité II dans le scénario 1.

A noter que sans aucune revalorisation des primes, ni des prestations, l'estimation du besoin en capital au titre du risque de souscription (28,0 M€) représente près de 9 fois l'exigence de marge de solvabilité en norme Solvabilité I pour notre portefeuille.

Ces résultats nous indiquent que la nouvelle directive Solvabilité II est beaucoup plus exigeante en termes de fonds propres à détenir pour assurer la solvabilité de l'entreprise.

### **Scénario 2 : Prise en compte des primes futures sans révision tarifaire**

Dans un cadre économiquement plus réaliste, les contrats ne sont pas réduits au bout d'un an. Les primes et les prestations sont projetées jusqu'à l'extinction du portefeuille et sont revalorisées en tenant compte de l'inflation.

<i>Duration (en années)</i>	<b>Scénario central</b>	<b>Choc de longévité</b>	<b>Choc d'invalidité</b>	<b>Choc de frais</b>	<b>Choc de révision</b>
<b>Prestations</b>	16,47	17,99	16,43	16,54	16,46
<b>Primes</b>	10,31	10,98	10,03	10,31	10,31
<b>BE</b>	<b>21,83</b>	<b>21,76</b>	<b>20,18</b>	<b>21,74</b>	<b>21,81</b>

Figure 79 : Duration des flux de primes et de prestations

Seul le choc longévité à un impact significatif sur les durations : augmentation de 0,7 année pour les primes et de 1,4 année pour les prestations.

<b>Scénario</b>	<b>Type</b>	<b>VA (Prestations + Frais + Revalorisation)</b>	<b>VA Primes</b>	<b>VA (Prestations + Frais + Revalorisation - Primes)</b>	
<b>Bilan</b>	Valeur comptable	368,2	217,7	150,5	
<b>Scénario central (SC)</b>	Valeur actuelle	484,4	224,2	260,2	
<b>Choc de longévité</b>	Valeur actuelle	705,6	245,7	460,0	
	Ecart avec SC	<b>46 %</b>	<b>10 %</b>	199,8	<b>77 %</b>
<b>Choc d'invalidité</b>	Valeur actuelle	586,5	215,9	370,6	
	Ecart avec SC	<b>21 %</b>	<b>-4 %</b>	110,4	<b>42 %</b>
<b>Choc de frais</b>	Valeur actuelle	495,8	224,2	271,6	
	Ecart avec SC	<b>2 %</b>	<b>0 %</b>	11,4	<b>4 %</b>
<b>Choc de révision</b>	Valeur actuelle	484,7	224,2	260,5	
	Ecart avec SC	<b>0 %</b>	<b>0 %</b>	0,3	<b>0 %</b>
		<b>SCR souscription</b>		<b>233,8</b>	
		<b>SCR après absorption</b>		<b>82,5</b>	

Figure 80 : Provisions Best Estimate en M€

Nous constatons également que les chocs longévité et invalidité ont plus grand impact que dans le scénario 1. En effet, la hausse de l'engagement assuré provenant d'une espérance de vie plus longue des vivants valides n'est pas suffisante pour compenser la forte augmentation de l'engagement assureur causée par une espérance de vie plus importante de la population des dépendants et des vivants valides.

Dans le cadre de ce scénario, le SCR de souscription avant absorption s'élève à 233,8 M€.

L'application des chocs de la formule standard selon la norme Solvabilité II au titre du risque de souscription conduisent à un besoin en capital élevé par rapport à l'EMS. Dans notre modélisation, le SCR de souscription après absorption de PB (82,5 M€) correspond encore à 28 fois l'exigence de capital selon la norme Solvabilité I.

Etant donné la durée élevée des engagements et le niveau que peut atteindre le SCR de souscription, il est indispensable pour un assureur détenteur d'un portefeuille dépendance de définir des leviers de pilotage à actionner afin de réduire le besoin en capital. L'intégration des décisions futures de management en cas de dérives des risques sous-jacents (augmentation tarifaires, revalorisation des cotisations et des prestations...) permettrait à l'assureur de répondre aux exigences réglementaires de la norme Solvabilité II tout en assurant la pérennité du contrat dépendance.

Il est donc nécessaire de disposer d'un modèle de projection prenant en compte la politique de révision tarifaire et de distribution de la participation aux bénéfices de l'assureur à long terme.

Dans le cadre du scénario 2, l'assureur pourra procéder à une révision tarifaire à condition qu'il ait mis des clauses contractuelles qui permettent clairement l'augmentation des primes, sans augmentation des garanties, en cas de dérive de la sinistralité.

### **Scénario 3 : Prise en compte des primes futures avec une révision tarifaire**

La modélisation suivante correspond au cas où les primes futures sont révisées en cas de choc et où les primes et les prestations futures sont revalorisées en fonction de l'inflation.

En effet, les Conditions Générales stipulent que la cotisation pourra être ajustée à la hausse en cas de sous-tarifcation constatée sur un niveau de couverture. Dans le cas d'un allongement de la durée de vie, d'une augmentation des taux d'incidence, des frais, le tarif actuel serait insuffisant, ce qui conduirait l'assureur à augmenter les primes.

Si on recalcule le tarif dépendance, en tenant compte des chocs de longévité et d'invalidité, on obtient les impacts suivants :

- Une augmentation tarifaire de + 37 % en cas de survenance du choc de longévité,
- Une augmentation tarifaire de + 22 % en cas de survenance du choc d'invalidité.

Ces augmentations peuvent être appliquées en une seule fois ou lissées sur une période de temps donnée. Dans notre cas, nous lissons ces augmentations tarifaires sur une période de 10 ans. Il s'agit de révisions tarifaires contractuellement prévues et programmées selon la date du choc.

Le tableau ci-dessous donne les écarts des provisions Best Estimate entre le scénario central et les différents scénarios de choc :

Scénario	Avant révision tarifaire	Après révision tarifaire
Choc de longévité	199,8	125,0
Choc d'invalidité	110,4	75,1
Choc de frais	11,4	3,5
Choc de révision	0,3	0,3
<b>SCR souscription</b>	<b>233,8</b>	<b>147,6</b>
<i>SCR après absorption</i>	<i>82,5</i>	<i>19,1</i>

*Figure 81 : Ecart de Provisions Best Estimate en M€*

Une baisse de 37 % du SCR Souscription Santé SLT est constatée par rapport au scénario 2.

Dans le cas d'une absorption maximale de la PB, le SCR Souscription Santé SLT, qui n'a, dans ce cas, plus qu'une composante correspondant au choc de longévité, est égal à 19,1 M€, ce qui représente 6 fois l'exigence de capital en norme Solvabilité I.

# CONCLUSION

L'objectif de ce mémoire était de modéliser des tables d'expérience pour le risque dépendance à partir des données des portefeuilles de PROBTP, en s'appuyant sur la méthode d'estimation de Kaplan–Meier et d'étudier leur impact sur le tarif, le provisionnement et le SCR de souscription.

L'étude du produit « Complément Dépendance BTP » a fait apparaître certaines limites. En raison d'un nombre de données insuffisant, il n'a pas été possible de construire une table de maintien en dépendance, ni d'estimer les taux de décès et d'incidence des valides aux âges extrêmes.

C'est pourquoi, dans un premier temps, les observations de la garantie dépendance du produit « Frais Médicaux Individuels des Retraités » ont également été utilisées, afin de pallier au manque de données de maintien en dépendance. Dans un second temps, l'utilisation de méthodes statistiques a permis de prolonger les résultats aux âges extrêmes.

L'étude réalisée met en évidence une baisse de 22 % des taux de décès estimés des valides par rapport aux taux de la table utilisée pour la tarification (TPG93), sur la tranche d'âge 70 – 85 ans. De plus, sur cette tranche d'âge, les taux de décès de la couverture 3 (GIR 1 à 4) sont inférieurs de 35 % en moyenne par rapport à la couverture 1 (GIR 1). Ces écarts s'expliquent principalement par des différences de génération, de sexe et de catégorie socioprofessionnelle.

Concernant les taux d'incidence, l'étude montre que les nouveaux taux estimés sont supérieurs aux anciens taux, notamment après 70 ans. A titre d'exemple, à 80 ans, les nouveaux taux d'incidence augmentent de 45 % pour la couverture 1 (GIR 1), de 20 % pour la couverture 2 (GIR 1 à 2) et de 50 % pour la couverture 3 (GIR 1 à 4).

L'étude des tables de maintien en dépendance a permis de constater que :

- La population des dépendants est majoritairement féminine (76 % des femmes pour le contrat « Frais Médicaux Individuels des Retraités »),
- Les taux de décès des hommes sont supérieurs à ceux des femmes d'environ 10 points en dépendance totale et de 7 points en dépendance partielle,
- L'écart de mortalité entre des individus en dépendance totale et des individus en dépendance partielle varie, en fonction de l'âge, de 10 à 20 points pour les hommes et de 5 à 20 points pour les femmes,
- Les espérances de vie obtenues avec les nouvelles tables de maintien sont différentes de celles obtenues avec la table utilisée dans le tarif du produit « Complément Dépendance BTP » (TD73-77).

L'application de ces nouvelles tables d'expérience a montré des conséquences non négligeables au niveau de la tarification (+ 4 % pour la couverture 2 et +60 % pour la couverture 3) du produit « Complément Dépendance BTP ».

Les progrès médicaux futurs (dépistage précoce des cancers, traitement contre la maladie d'Alzheimer) pourraient modifier la survenance du risque dépendance dans les années à venir. C'est pourquoi un suivi régulier des évolutions du portefeuille doit être effectué pour mieux maîtriser le risque. De plus, afin d'obtenir des lois qui décrivent au mieux la réalité, il apparaît nécessaire de construire des tables prospectives et de segmenter plus finement le portefeuille selon des critères comme le sexe, la génération ou la catégorie socio-professionnelle.

De plus, la nouvelle réglementation Solvabilité II engendre de nouvelles problématiques, comme celle liée à la notion de frontière de contrat, qui devient un enjeu majeur dans la modélisation de ce risque long et qui influe sur le calcul des provisions Best Estimate et du SCR Souscription Santé SLT. En effet, la prise en compte des primes futures dans la modélisation du contrat « Complément Dépendance BTP » entraîne une augmentation du SCR de souscription de 181% qui pourrait en partie être absorbée par la baisse de revalorisation future des prestations ou par des augmentations tarifaires.

Ce travail d'analyse pourrait par la suite être intégré dans le cadre d'une démarche ORSA, qui a entre autres pour objectif de vérifier la pertinence des calculs déterminant la solvabilité et les engagements.

Il faudrait alors :

- Identifier les risques futurs, en les quantifiant et en réalisant des stress tests pour connaître leurs impacts,
- Calculer ses chocs pour déterminer son vrai profil de risque,
- Déterminer des leviers de pilotage qui devront être mis en place tels que :
  - Des plans de révisions tarifaires,
  - Une politique de revalorisation long terme moins distributrice,
  - Des modifications de la politique de souscription,
  - La mise en place de couverture de réassurance.

## BIBLIOGRAPHIE

### Livres :

- F. PLANCHET, P. THEROND, « Modèles de durée, Applications actuarielles », Economica, 2006,
- A.DELWARDE, M.Denuit, « Construction de tables de mortalité périodiques et prospectives », Economica, 2006.

### Mémoires :

- Alexandre ARMBRUSTER (2010) : Estimation du Best Estimate sur le risque dépendance, UAS,
- Olivier PEROU (2008) : Modélisation de l'assurance dépendance à partir de données issues des bénéficiaires de l'Allocation Personnalisée d'Autonomie, CNAM.

### Documentation :

- Etudes et résultats de la DREES concernant les données individuelles APA 2006-2007,
- Etude de la DREES les bénéficiaires de l'aide sociale départementale en 2014,
- EIOPA (2013) Technical Specification on the Long Term Guarantee Assessment,
- Institut des Actuaire (2011) Groupe de travail sur la dépendance,
- <http://drees.social-sante.gouv.fr/IMG/pdf/dt200.pdf> (au 31/12/2014),
- Le Règlement Délégué (UE) 2015/35 de la Commission du 10/10/2014 complétant la Directive Solvabilité II du 25/11/2009 (2009/138/CE),
- La documentation EIOPA qui complète les références précédentes (CP14/047 du 27/11/2014).
- <https://www.ined.fr/fr/tout-savoir-population/chiffres/france/mortalite-cause-deces/esperance-vie/>



## ANNEXES

### Annexe 1 : Grilles d'évaluation du niveau de dépendance

#### 1. La grille COLVEZ

La grille COLVEZ est une grille d'appréhension de la dépendance (au sens du besoin d'aide) qui mesure la perte de mobilité ; elle est parfois complétée en incluant l'existence de troubles psychiques. Elle décrit les personnes par quatre degrés de la maladie :

- Niveau 1 : Personnes confinées au lit ou au fauteuil.
- Niveau 2 : Personnes non confinées au lit ou au fauteuil, ayant besoin d'aide pour la toilette et l'habillement.
- Niveau 3 : Personnes ayant besoin d'aide pour sortir de leur domicile ou de l'institution mais n'appartenant pas aux niveaux 1 et 2.
- Niveau 4 : Autres personnes considérées comme non dépendantes.

On définit les niveaux 1 et 2 comme étant de la dépendance lourde, le niveau 3 constituant la dépendance partielle. Grâce à sa simplicité, la grille COLVEZ a permis de fournir des estimations sur la population dépendante française depuis le début des années 90.

#### 2. La grille EHPA (Etablissements d'Hébergement pour Personnes Agées)

La grille EHPA regroupe les notions de dépendance physique et psychique. Elle croise les quatre niveaux de la grille COLVEZ sur la dépendance physique avec deux groupes définis selon l'existence ou non de troubles du comportement ou de désorientation dans l'espace et dans le temps. On peut alors distinguer huit groupes répartissant les personnes dépendantes, qui incluent les deux notions définies par la dépendance.

Les huit groupes EHPA créés sont les suivants :

- EHPA 11 : Dépendance psychique et confiné au lit ou au fauteuil,
- EHPA 12 : Dépendance psychique et besoin d'aide pour la toilette et l'habillement,
- EHPA 13 : Dépendance psychique et besoin d'aide pour sortir,
- EHPA 14 : Dépendance psychique et pas de dépendance physique,
- EHPA 21 : Peu ou pas de dépendance psychique et confiné au lit ou au fauteuil,
- EHPA 22 : Peu ou pas de dépendance psychique et besoin d'aide pour la toilette et l'habillement,
- EHPA 23 : Peu ou pas de dépendance psychique et besoin d'aide pour sortir,
- EHPA 24 : Peu ou pas de dépendance psychique et pas de dépendance physique.

#### 3. La grille selon les actes de la vie quotidienne (AVQ)

Cette classification est proposée par Katz, mais n'intègre pas l'aspect de déficience psychique. Elle comporte les différents AVQ suivants :

- AVQ 1 : Se laver entièrement,
- AVQ 2 : S'habiller,

- AVQ 3 : Aller aux toilettes et les utiliser,
- AVQ 4 : Se coucher ou quitter son lit et s'asseoir ou quitter son siège,
- AVQ 5 : Contrôler ses selles et ses urines,
- AVQ 6 : Manger des aliments déjà préparés (cuisinés et coupés).

A partir des AVQ, Katz propose alors 8 niveaux qui mesurent l'état de dépendance du sujet :

- Niveau 1 : Indépendant pour les six activités,
- Niveau 2 : Dépendant pour une seule des six activités,
- Niveau 3 : Dépendant pour deux des six activités dont la première,
- Niveau 4 : Dépendant pour trois des six activités dont les deux premières,
- Niveau 5 : Dépendant pour quatre des six activités dont les trois premières,
- Niveau 6 : Dépendant pour cinq des six activités dont les quatre premières,
- Niveau 7 : Dépendant pour les six activités,
- Niveau 8 : Dépendant pour au moins deux activités sans être dans les autres niveaux.

## Annexe 2 : Durée de perception de l'APA

### 3.5.1 Les nouveaux bénéficiaires à domicile

Les nouveaux bénéficiaires sont ceux définis au paragraphe 3.4.4 c'est-à-dire les personnes qui n'ont pas eu de changement de situation depuis leur ouverture des droits à l'APA.

Tableau 6 - Durée (\*\*) de perception de l'APA des nouveaux bénéficiaires à domicile

6a : Femmes

Âge révolu à l'ouverture des droits	GIR(*)	Durée moyenne	Écart type	1er quartile	médiane	3ème quartile
De 60 à 79 ans	GIR 4	5 ans et 11 mois	4 ans et 8 mois	2 ans et 4 mois	4 ans et 10 mois	8 ans et 4 mois
	GIR 3	5 ans et 7 mois	4 ans et 8 mois	2 ans et 0 mois	4 ans et 5 mois	7 ans et 11 mois
	GIR 2	4 ans et 10 mois	4 ans et 5 mois	1 an et 6 mois	3 ans et 8 mois	6 ans et 10 mois
	GIR 1	4 ans et 8 mois	5 ans et 0 mois	1 an et 3 mois	3 ans et 2 mois	6 ans et 5 mois
De 80 à 84 ans	GIR 4	5 ans et 0 mois	3 ans et 10 mois	2 ans et 1 mois	4 ans et 2 mois	7 ans et 1 mois
	GIR 3	4 ans et 7 mois	3 ans et 9 mois	1 an et 8 mois	3 ans et 8 mois	6 ans et 6 mois
	GIR 2	4 ans et 2 mois	3 ans et 9 mois	1 an et 4 mois	3 ans et 1 mois	5 ans et 11 mois
	GIR 1	4 ans et 1 mois	4 ans et 5 mois	1 an et 0 mois	2 ans et 9 mois	5 ans et 8 mois
De 85 à 89 ans	GIR 4	4 ans et 11 mois	3 ans et 7 mois	2 ans et 1 mois	4 ans et 3 mois	6 ans et 12 mois
	GIR 3	4 ans et 5 mois	3 ans et 7 mois	1 an et 8 mois	3 ans et 7 mois	6 ans et 5 mois
	GIR 2	4 ans et 1 mois	3 ans et 7 mois	1 an et 3 mois	3 ans et 1 mois	5 ans et 11 mois
	GIR 1	4 ans et 1 mois	4 ans et 4 mois	1 an et 1 mois	2 ans et 9 mois	5 ans et 9 mois
90 ans ou plus	GIR 4	4 ans et 1 mois	3 ans et 2 mois	1 an et 8 mois	3 ans et 5 mois	5 ans et 9 mois
	GIR 3	3 ans et 7 mois	3 ans et 1 mois	1 an et 3 mois	2 ans et 10 mois	5 ans et 1 mois
	GIR 2	3 ans et 2 mois	3 ans et 1 mois	0 an et 11 mois	2 ans et 3 mois	4 ans et 6 mois
	GIR 1	3 ans et 5 mois	3 ans et 10 mois	0 an et 9 mois	2 ans et 2 mois	4 ans et 7 mois

(\*) GIR lors de la première évaluation.

(\*\*) Durée restante jusqu'à la fermeture des droits à l'APA, y compris si le bénéficiaire réside par la suite en établissement.

Sources : Données individuelles APA 2006-2007, DREES, calculs DREES.

Lecture : Un quart (1<sup>er</sup> quartile) des femmes âgées de 85 à 89 ans, vivant à leur domicile et évaluées en GIR 1 à leur ouverture des droits à l'APA percevront l'APA moins de 1 an et un mois. La moitié (médiane) la percevront pendant moins de 2 ans et 9 mois et un quart (3<sup>er</sup> quartile) le percevront plus de 5 ans et 9 mois.

## 6b : hommes

Âge révolu à l'ouverture des droits	GIR(*)	Durée moyenne	Écart type	1er quartile	médiane	3ème quartile
De 60 à 79 ans	GIR 4	4 ans et 0 mois	3 ans et 8 mois	1 an et 5 mois	3 ans et 0 mois	5 ans et 7 mois
	GIR 3	3 ans et 10 mois	3 ans et 8 mois	1 an et 2 mois	2 ans et 9 mois	5 ans et 5 mois
	GIR 2	3 ans et 2 mois	3 ans et 6 mois	0 an et 9 mois	2 ans et 0 mois	4 ans et 5 mois
	GIR 1	3 ans et 3 mois	4 ans et 4 mois	0 an et 6 mois	1 an et 8 mois	4 ans et 3 mois
De 80 à 84 ans	GIR 4	3 ans et 2 mois	2 ans et 8 mois	1 an et 2 mois	2 ans et 6 mois	4 ans et 5 mois
	GIR 3	2 ans et 8 mois	2 ans et 6 mois	0 an et 10 mois	1 an et 11 mois	3 ans et 9 mois
	GIR 2	2 ans et 4 mois	2 ans et 5 mois	0 an et 7 mois	1 an et 6 mois	3 ans et 2 mois
	GIR 1	2 ans et 2 mois	2 ans et 10 mois	0 ans et 4 mois	1 an et 1 mois	2 ans et 10 mois
De 85 à 89 ans	GIR 4	3 ans et 1 mois	2 ans et 6 mois	1 an et 2 mois	2 ans et 5 mois	4 ans et 5 mois
	GIR 3	2 ans et 8 mois	2 ans et 4 mois	0 an et 10 mois	1 an et 11 mois	3 ans et 9 mois
	GIR 2	2 ans et 3 mois	2 ans et 4 mois	0 an et 6 mois	1 an et 6 mois	3 ans et 3 mois
	GIR 1	2 ans et 1 mois	2 ans et 10 mois	0 an et 4 mois	1 an et 1 mois	2 ans et 10 mois
90 ans ou plus	GIR 4	2 ans et 9 mois	2 ans et 3 mois	1 an et 1 mois	2 ans et 3 mois	3 ans et 11 mois
	GIR 3	2 ans et 3 mois	2 ans et 0 mois	0 an et 9 mois	1 an et 8 mois	3 ans et 2 mois
	GIR 2	1 an et 11 mois	2 ans et 1 mois	0 an et 6 mois	1 an et 3 mois	2 ans et 8 mois
	GIR 1	1 an et 3 mois	1 an et 5 mois	0 an et 3 mois	0 an et 9 mois	1 an et 10 mois

(\*) GIR lors de la première évaluation.

(\*\*) Durée restante jusqu'à la fermeture des droits à l'APA, y compris si le bénéficiaire réside par la suite en établissement.

Sources : Données individuelles APA 2006-2007, DREES, calculs DREES.

Lecture : Un quart (1<sup>er</sup> quartile) des hommes âgés de 85 à 89 ans, vivant à leur domicile et évalués en GIR 1 à leur ouverture des droits à l'APA percevront l'APA moins de 4 mois.

Un quart (3<sup>ème</sup> quartile) des femmes âgées de 85 à 89 ans, vivant à leur domicile et évalués en GIR 1 à leur ouverture des droits à l'APA percevront l'APA plus de 2 ans et 10 mois.

## **Annexe 3 : Détails des trois piliers de Solvabilité II**

### **Pilier 1**

Les organismes d'assurance sont soumis à deux niveaux de prudence spécifiques :

- Au niveau du calcul des provisions techniques (qui contrôlent les risques liés aux sinistres),
- Au niveau de l'exigence des fonds propres : le Solvency Capital Requirement « SCR » et le Minimum Capital Requirement « MCR ».

L'évaluation des provisions techniques constitue le principal élément de ce pilier puisque le montant des provisions influera directement sur les exigences de solvabilité.

De plus, dans Solvabilité II, les exigences de fonds propres se basent sur des actifs et passifs évalués selon le marché (contrairement à Solvabilité I). L'EIOPA a mis en place deux indicateurs de la solvabilité :

- Le MCR : représente le niveau minimum de fonds propres de l'entreprise en-dessous duquel le régulateur interviendra automatiquement pour mettre en place un plan de redressement (plan de redressement, retrait d'agrément...).
- Le SCR : représente le niveau de capital nécessaire pour permettre à la société de remplir ses obligations à un horizon de temps d'une année et en fonction d'un niveau de confiance de 99,5 %. Par conséquent, tous les risques importants que la société d'assurance pourrait subir (risques de souscription, d'investissement, opérationnel, de contrepartie) doivent être pris en compte dans le calcul du SCR.

### **Pilier 2**

Le 2<sup>ème</sup> pilier correspond aux exigences qualitatives et à la surveillance prudentielle. Il a pour objectif de s'assurer que l'entreprise est bien gérée et est en mesure de calculer et maîtriser ses risques et qu'elle est bien capitalisée. Ce pilier implique une gestion interne des risques qui consiste à mettre en place des processus efficaces pour évaluer, gérer et mesurer les risques existants ou auxquels l'entreprise peut être confrontée.

En effet, le régulateur aura le pouvoir de contrôler les risques financiers et organisationnels des organismes d'assurance et vérifier que les modèles internes décrivent bien la réalité de l'entreprise au fil des années. Dans le cas où ces principes ne sont pas respectés, il aura aussi le pouvoir d'imposer une marge de solvabilité complémentaire (capital add-on).

### **Pilier 3**

Le pilier 3 a pour objectif d'adapter les rapports de publication pour augmenter la transparence de l'information délivrée aussi bien aux autorités de contrôle, qu'aux assurés ou aux investisseurs. et permettre au public (assurés, actionnaires..) et aux autorités de contrôle de juger si l'analyse effectuée reflète bien la réalité.

Les assureurs et réassureurs auront donc à fournir les informations clés nécessaires à la détermination de leur exigence de capital. Les compagnies d'assurance devront publier un

rapport aux superviseurs et un rapport de solvabilité et de situation financière à destination du public.

Ces informations devront, en particulier, couvrir les éléments suivants :

- Performance de souscription et financière,
- Profils de risques, données et hypothèses sur lesquelles ils sont basés,
- Mesures d'incertitudes, incluant les mesures d'adéquation des estimations antérieures et la sensibilité des résultats à la volatilité du marché.

## **Annexe 4 : Principes de la norme Solvabilité I et II**

### **Les principes de la norme Solvabilité I**

Les premières normes de solvabilité européennes ont été adoptées dans les années 1970 (en 1973 pour la non-vie et en 1979 pour la vie), afin d'établir un référentiel réglementaire commun dans les pays de la Communauté Economique Européenne.

Ces normes visaient à protéger les assurés en imposant des règles strictes sur :

- Le provisionnement des engagements des assureurs,
- Le montant minimum des capitaux réglementaires,
- La composition des actifs en représentation de ces engagements.

Ces normes ont fait l'objet de quelques aménagements en 2001, sous le nom Solvabilité I.

### **Les insuffisances de Solvabilité I**

Les atouts de Solvabilité I étaient essentiellement sa simplicité et la possibilité de comparer les résultats obtenus par les entreprises. Le calcul était simple et fondé sur des données comptables.

Toutefois, cette directive comportait certaines limites qui ont été mises en évidence :

- L'exigence minimale de marge ne prenait pas en compte tous les risques auxquels sont soumises les entreprises d'assurance,
- L'évaluation des actifs et des passifs ne se basait pas réellement sur une approche cohérente avec le marché. De plus, la diversification ainsi que les corrélations des actifs et des passifs n'étaient pas pris en compte.
- La mauvaise gestion, qui est la principale cause de faillite des assureurs, n'était pas prise en compte,
- Elle n'encourageait pas les compagnies à analyser, gérer et contrôler leurs propres risques,
- En assurance vie, plus les provisions techniques étaient prudentes, plus l'exigence de fonds propres augmentait,
- En assurance non-vie, on était confronté à un autre paradoxe : pour un risque équivalent, une hausse tarifaire entraînait automatiquement une hausse du besoin en fonds propres.

C'est pourquoi le législateur européen a décidé la mise en place d'une nouvelle directive Solvabilité II.

Une des principales conséquences concerne la révision du rapport entre le capital détenu par les compagnies et les risques qu'elles portent réellement.

## Les nouvelles règles prudentielles Solvabilité II

Le monde de l'assurance traverse aujourd'hui de profonds changements avec l'avènement de la nouvelle réglementation Solvabilité II.

Dans la lignée de Bâle II pour les banques, son objectif est de moderniser et d'harmoniser les règles de solvabilité applicables aux entreprises d'assurances, afin de renforcer la protection des assurés, d'inciter les entreprises à améliorer leur gestion des risques et d'assurer une application harmonisée de la réglementation dans l'Union Européenne.

La directive européenne Solvabilité II est entrée en vigueur le 01/01/2016. Elle propose des principes pour mieux évaluer, gérer et contrôler les risques, définir la gouvernance, et améliorer la communication et l'information financière des entreprises d'assurance.

Solvabilité II a également pour but de moderniser et d'harmoniser les règles de solvabilité applicables par les organismes d'assurance, en :

- Améliorant la protection des consommateurs,
- Incitant les entreprises à améliorer la gestion de leurs risques,
- Assurant une harmonisation entre les pays de l'Union Européenne,
- Permettant aux autorités de contrôle de disposer d'outils adaptés pour évaluer la solvabilité globale des entreprises.

Sous Solvabilité II, les techniques de valorisation des actifs et des passifs sont basées sur des valeurs de marché.

A l'instar de son homologue « Bâle II », la directive Solvabilité II s'articule autour de trois piliers :

- Le pilier I traite des exigences quantitatives : calcul du Capital de Solvabilité Requis (SCR) et du Minimum de Capital Requis (MCR),
- Le pilier II traite des exigences qualitatives : gouvernance, gestion et contrôle des risques, vision prospective de la solvabilité,
- Le pilier III traite des exigences en matière de communication et d'information financière vis-à-vis du marché, des clients, des assurés, des créanciers et des régulateurs.