

Mémoire présenté devant l'ENSAE Paris
pour l'obtention du diplôme de la filière Actuariat
et l'admission à l'Institut des Actuaires
le 15/03/2021

Par : **Ange Christelle ANO**

Titre : **Étude de la rentabilité des affaires nouvelles
en assurance dépendance**

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

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

Membres présents du jury de la filière

Entreprise : AXA FRANCE

Nom : Wissal SABBAGH

Signature : 

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

Directeur du mémoire en entreprise :

Nom : David LALOUM

Signature : 

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


Secrétariat :

Signature du responsable entreprise



Bibliothèque :

Signature du candidat



Remerciements

Le présent mémoire est le fruit d'une étude de plusieurs mois réalisée au sein de l'équipe rentabilité et réassurance à Axa France. Nous ne saurions occulter les efforts consentis par tous ceux ou celles qui se sont investis dans notre formation et à la réalisation de ce travail. Nous tenons de ce fait à adresser nos sincères et profonds remerciements à :

- Madame Elodie Fourgous, manager de l'équipe rentabilité et réassurance ;
- Monsieur David Laloum, notre maître de stage , chargé d'étude actuarielle ;
- Madame Wissal Sabbagh, notre encadreur pédagogique ;
- L'ensemble du corps administratif et professoral de l'ENSAE pour leur disponibilité ;
- Nos remerciements s'adressent également à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail en particulier aux membres de l'équipe rentabilité et réassurance d'AXA France.

Sigle et abréviation

AGGIR	Autonomie Gérontologique Groupe Iso-Ressources
APA	Allocation Personnalisée d'Autonomie
APE	Annualized Premium Equivalent
AVQ	Actes de la Vie Quotidienne
CART	Classification And Regression Trees
COC	Coût du Capital
DPDT	Dépendance totale + partielle
DT	Dépendance totale
ECR	Economic Combined Ratio
GLM	Generalized Linear Model
IRR	Indicateur de retour du capital
MVM	Market Value Margin
NBV	New Business Value
PMR	Provisions Mathématique de Rentes
PRC	Les Provisions pour Risque Croissant
PSD	Prestation Spécifique Dépendance
SCR	Solvency Capital Required
TME	Taux Moyen d'emprunt d'État
VIF	Value of Inforce

Table des matières

Remerciements	i
Sigles et abréviations	ii
Table des matières	iii
Liste des tableaux	vii
Liste des graphiques	ix
Résumé	xii
Abstract	xiii
Introduction	1
I. Cadre conceptuel et présentation de la dépendance	4
I.1. Marché et enjeux la dépendance en France	4
I.1.1. Définition de la dépendance	4
I.1.2. Les enjeux de la dépendance en France	5
I.1.3. Le marché de la dépendance en France	10
I.2. Critère d'évaluation de la dépendance	11
I.2.1. La grille AGGIR	11
I.2.2. La grille des Actes de la Vie Quotidienne (AVQ)	12
I.2.3. Le test Folstein	13
I.3. Garantie offerte par l'assurance dépendance	14
I.3.1. Contrat individuel / Contrat collectif	14
I.3.2. Dépendance totale / Dépendance partielle	14
I.3.3. Antisélection et délais de carence	15
I.3.4. Sélection Médicale	15
I.3.5. Caractéristiques du contrat dépendance	17

II. Description fonctionnelle du modèle de rentabilité du produit dépendance	19
II.1. Caractéristiques du produit utilisé	19
II.1.1. Description du produit dépendance	19
II.1.2. Définition de la dépendance au sens du contrat	20
II.2. Méthodologie	21
II.2.1. Lois et hypothèses de projections	21
II.2.1.1. Les lois	21
II.2.1.2. Paramètres contractuels de gestion et les hypothèses financières	23
II.2.2. Modélisation de la dépendance	24
II.3. Description des étapes de construction du modèle	26
II.3.1. Description des caractéristiques du cas central	27
II.3.2. Tarification	28
II.3.2.1. Calcul de la prime pure	28
II.3.2.2. Passage à la prime commerciale	29
II.3.2.3. Projection de la prime commerciale	29
II.3.3. Projection des prestations	30
II.3.3.1. Projection des prestations versées	30
II.3.3.2. Projection des prestations provisionnées	33
II.3.4. Projection des résultats	36
II.4. Description des indicateurs de rentabilité	37
II.4.1. New Business Value (NBV)	37
II.4.2. Indicateur de Retour du Capital (IRR)	38
II.4.3. Solvency Capital Required (SCR)	39
II.4.4. Market Value Margin(MVM)	41
II.4.5. Life Economic Combined Ratio (ECR)	42
III.Exploration des données	43
III.1. Présentation des données	43
III.2. Statistiques descriptives	44
III.3. Analyse en composante Principale (ACP)	47
III.3.1. Choix du nombre d'axe factoriel à interpréter	48
III.3.2. Interprétation des axes factoriels	49
III.3.2.1. Nuage des variables	49
III.3.2.2. Nuage des individus	51

IV. Étude de la sensibilité de la New business value (NBV)	53
IV.1. Résultats du modèle de rentabilité	53
IV.2. Sensibilité de la rentabilité du contrat à la variation de certains paramètres du portefeuille	54
IV.2.1. Sensibilité de la rentabilité à la variation du sexe	54
IV.2.2. Sensibilité de la rentabilité à la variation de l'âge	54
IV.2.3. Sensibilité de la rentabilité à la variation du type de garantie	56
IV.2.4. Sensibilité de la rentabilité à la variation du réseau de distribution	57
IV.2.5. Sensibilité de la rentabilité à la variation du fractionnement de la prime	58
IV.3. Analyse de la sensibilité de la rentabilité face à des changements techniques	59
IV.3.1. Sensibilité de la rentabilité à la longévité des autonomes et des dépendants	59
IV.3.2. Sensibilité de la rentabilité à l'augmentation de l'incidence en dépendance	62
IV.3.3. Sensibilité de la rentabilité aux augmentations des frais généraux	63
IV.3.4. Sensibilité de la rentabilité à la variation du taux de résiliation	63
V. Étude de la rentabilité du contrat à l'aide des méthodes de machine learning	67
V.1. Revue de littérature	67
V.2. Méthodologie	69
V.2.1. Modèle Linéaire Généralisé (GLM)	69
V.2.1.1. Fonctionnement du GLM	69
V.2.1.2. Avantages du GLM	70
V.2.2. Classification And Regression Trees (CART)	70
V.2.2.1. Fonctionnement du CART	71
V.2.2.2. Avantages du CART	72
V.2.3. Random Forest	72
V.2.3.1. Fonctionnement du Random Forest	73
V.2.3.2. Avantages du Random Forest	74
V.3. Résultats	74
V.3.1. GLM	74
V.3.2. Random Forest	76
V.3.3. CART	78
V.3.4. Comparaison de la performance des différents modèles	79
Conclusion	80
Bibliographie	83

Annexes

xi

Annexe A : Qualification de la dépendance xi
Annexe B : Compléments de l’exploration des données xiii
Annexe C : Compléments de L’étude de la sensibilité de la New Business Value xv

Liste des tableaux

I.1. Description de l'état de dépendance selon la grille AGGIR	12
II.1. Caractéristiques de l'individu moyen du portefeuille	27
II.2. Tableau descriptif des calculs de prestations	31
III.1. Tableau de description des variables	44
III.2. Tableau des valeurs propres et des variances associé aux axes factoriels	49
III.3. Tableau récapitulatif des résultats des variables de l'axe 1	50
III.4. Tableau récapitulatif des résultats des variables de l'axe 2	50
III.5. Tableau récapitulatif des résultats des variables de l'axe 3	51
IV.1. Caractéristiques de l'individu moyen du portefeuille	53
IV.2. Sensibilité de la NBV suite à la variation du sexe	54
IV.3. Sensibilité de la NBV suite à la variation de l'âge	55
IV.4. Sensibilité de la NBV suite à la variation du type de garantie	56
IV.5. Sensibilité de la NBV suite à la variation du réseau de distribution	58
IV.6. Sensibilité de la NBV suite à la variation du fractionnement de la prime	59
IV.7. Tableau récapitulatif des impacts des différentes actions menées sur la rentabilité du contrat en cas de baisse de la mortalité des dépendants et des autonomes	61
IV.8. Tableau récapitulatif des impacts des différentes actions menées sur la rentabilité du contrat en cas de hausse du taux d'incidence	63
IV.9. Tableau récapitulatif des impacts des différentes actions menées sur la rentabilité du contrat en cas de hausse des frais généraux	63
IV.10. Tableau récapitulatif des impacts des différentes actions menées sur la rentabilité du contrat en cas de hausse des résiliations	65
IV.11. Tableau récapitulatif des impacts des différentes actions menées sur la rentabilité du contrat en cas de baisse des résiliations	65
IV.12. Tableau récapitulatif des impacts des différentes actions menées sur la rentabilité du contrat en cas sortie massive des assurés	65

V.1. Résultats des estimations du GLM	75
V.2. Tableau récapitulatif des RMSE et des MAE des différents modèles	79
V.3. Description de l'état de dépendance selon la grille Colvez	xi
V.4. Description de l'état de dépendance selon l'indicateur EHPA	xii
V.5. Grille de notation KATZ	xiii

Liste des graphiques

1.	Simulation des conséquences financières d'un épisode de dépendance	2
I.1.	Évolution de l'espérance de vie à la naissance de la population française de 1950 à 2019	5
I.2.	Effectifs des personnes âgées dépendantes en France projetés à l'horizon 2060	6
I.3.	Distribution du taux de dépendance de la population masculine française selon l'âge en 2007	7
I.4.	Distribution du taux de dépendance de la population féminine française selon l'âge en 2007	7
I.5.	Répartition des bénéficiaires de l'APA à domicile et en établissement par niveau de dépendance GIR	7
I.6.	Répartition des bénéficiaires de l'APA selon leurs lieux de résidence	7
I.7.	Simulation du reste à charge mensuel des individus en situation de dépendance résidant en établissement et bénéficiant de l'APA en 2011 en fonction de leurs revenus mensuels	9
I.8.	Répartition du nombre de personnes couvertes par l'assurance dépendance en 2017 en fonction des différents acteurs du marché	10
I.9.	Répartition de la collecte des cotisations en 2017 en fonction des acteurs du marché dépendance	11
II.1.	Les différents états de la dépendance totale	24
II.2.	Les différents états de la dépendance totale et partielle	25
II.3.	Les différents états de la dépendance	26
II.4.	Projection de la prime commerciale du cas central sur 70 ans	30
II.5.	Matrice triangulaire supérieure des prestations	32
II.6.	Projection des sinistres réglés pour le portefeuille moyen	33
II.7.	Projection des PMR et des PRC pour le portefeuille moyen	36
II.8.	Projection des résultats pour le portefeuille moyen	37
III.1.	Répartition des assurés en fonction de leur sexe en 2018 et en 2019	44

III.2. Répartition du nombre d'individus par sexe et par produit pour l'année 2018	45
III.3. Répartition du nombre d'individus par sexe et par produit pour l'année 2019	45
III.4. Box plots de la NBV selon le sexe de l'assuré en 2018 et en 2019	45
III.5. Box plots de la NBV margin selon le sexe de l'assuré en 2018 et en 2019	46
III.6. Box plots de la NBV margin selon l'âge de l'assuré en 2018 et en 2019	46
III.7. Matrice de corrélation de l'année 2018	47
III.8. Matrice de corrélation de l'année 2019	47
III.9. Nuage des variables de l'ACP en dimension 1 et 3	51
III.10. Nuage des variables de l'ACP en dimension 1 et 2	51
III.11. Nuage des variables de l'ACP en dimension 1 et 3	52
III.12. Nuage des variables de l'ACP en dimension 1 et 2	52
IV.1. Impact du changement de sexe sur les résultats	55
IV.2. Impact du changement d'âge sur les résultats	55
IV.3. Impact du changement du type de garantie sur les résultats	57
IV.4. Impact du changement du réseau de distribution sur les résultats	58
IV.5. Variation des primes et des sinistres réglés dans le cas de l'application du choc Longevity 1	59
IV.6. Variation des PMR et des PRC dans le cas de l'application du choc Longevity 1	59
IV.7. Variation des résultats dans le cas de la baisse du taux de mortalité des dépendants et des autonomes	60
IV.8. Variation des résultats réglés dans le cas de la variation du taux d'incidence	62
IV.9. Variation des résultats réglés dans le cas de la variation de la résiliation	64
V.1. Exemple d'arbre de régression CART	73
V.2. Importance des variables intervenant dans le modèle random forest	77
V.3. Effets marginaux des variables explicatives sur la NBV margin	77
V.4. Importance des variables intervenant dans le modèle CART	78
V.5. L'arbre de régression CART	79
V.6. Répartition des assurés en fonction du réseau de distribution en 2018	xiv
V.7. Répartition des assurés en fonction du réseau de distribution en 2019	xiv
V.8. Répartition des assurés en fonction de leur âge en 2018	xiv
V.9. Répartition des assurés en fonction de leur âge en 2019	xiv
V.10. Box plots de la prime commerciale en fonction du sexe de l'assuré en 2018 et 2019	xiv
V.11. Box plots de la NBV margin en fonction du réseau de distribution en 2018 et 2019	xv

V.12. Variation des primes, des sinistres réglés et des provisions techniques dans le cas de la variation du type de garantie	xv
V.13. Variation des primes, des sinistres réglés et des provisions techniques dans le cas de la hausse de l'incidence	xvi
V.14. Variation des primes et des sinistres réglés dans le cas de la variation du taux de résiliation	xvi
V.15. Variation des provisions techniques dans le cas de la variation du taux de résiliation .	xvi

Résumé

La dépendance causée principalement par le vieillissement de la population pose un problème de société majeur en France, comme dans la plupart des pays développés. Conscient de ce problème, le gouvernement a mis en place plusieurs mesures dont l'Allocation Personnalisée d'Autonomie (APA) afin de venir en aide aux personnes dépendantes. Cependant, dans la majorité des cas, ces aides sont insuffisantes et les frais restants à la charge de l'individu sont conséquents. Les organismes d'assurances privés sont donc destinés à jouer un rôle fondamental dans la couverture du risque dépendance afin de permettre aux individus de prévenir ce risque lorsqu'ils sont encore valides.

L'objectif de ce mémoire est d'analyser la rentabilité des nouveaux contrats souscrits en assurance dépendance. Pour atteindre cet objectif, nous avons, dans un premier temps, construit un modèle actuariel permettant d'obtenir un indicateur de rentabilité : la New business Value (NBV). Ensuite, nous avons fait varier différentes caractéristiques des individus et du contrat afin d'observer l'effet de leurs variations sur la rentabilité du produit dépendance.

Enfin, nous avons déterminé les principales caractéristiques qui impactent la rentabilité d'un individu qui souscrit nouvellement à un contrat de dépendance avec différents modèles de machine learning (GLM, CART, RANDOM FOREST). Les résultats de l'étude montrent que plusieurs variables ont un impact important sur la rentabilité d'un individu dont le sexe, le produit et l'âge, la surprime. En effet, le fait d'être un homme, le fait d'appliquer une surprime, le fait de souscrire à un contrat de dépendance totale uniquement influencent positivement la rentabilité du contrat contrairement à l'âge qui a une influence négative.

Mots clés : Assurance dépendance, Rentabilité, Tarification, Provisionnement , GLM, CART, Random Forest.

Abstract

Dependency caused mainly by an aging population is a major social problem in France, as in most developed countries. Aware of this problem, the government has implemented several measures including the Allocation Personnalisée d'Autonomie (APA) to help dependent people. However, in the majority of cases, this assistance is insufficient and the remaining costs to be borne by the individual are substantial. Private insurance organizations are therefore intended to play a fundamental role in covering the risk of dependency in order to enable individuals to prevent this risk while they are still valid.

The objective of this paper is to analyze the profitability of new dependency insurance policies. To achieve this objective, we first built an actuarial model to obtain a profitability indicator : the New Business Value (NBV). Next, we varied various individual and policy characteristics in order to observe the effect of their variations on the profitability of the dependency product.

Finally, we determined the main characteristics that impact the profitability of an individual who newly subscribes to a dependency contract with different machine learning models (GLM, CART, RANDOM FOREST). The results of the study show that several variables have a significant impact on the profitability of an individual, including gender, product and age, and premium surcharge. Indeed, the fact of being a man, the fact of applying an extra premium, the fact of subscribing only to a total dependency contract only positively influence the profitability of the contract contrary to age which has a negative influence.

Keywords : dependancy Insurance, profitability, Pricing, Provisioning, GLM, CART, Random Forest.

Introduction

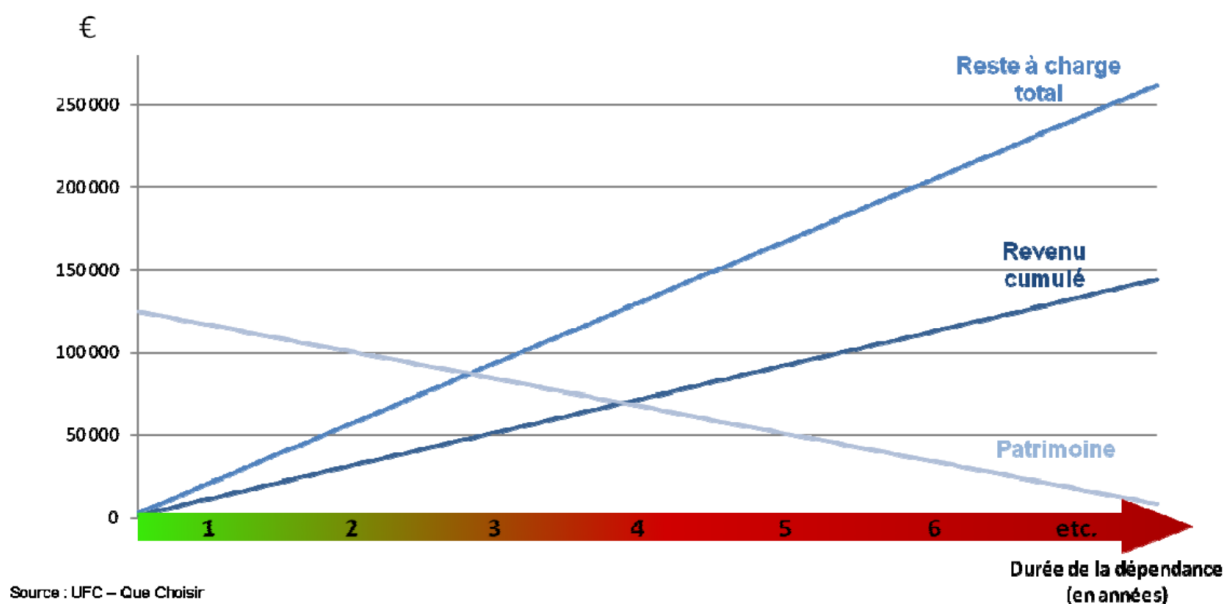
Contexte et justification

Depuis plusieurs décennies, la dépendance constitue une problématique majeure en France, comme dans la plupart des pays développés. Au 1er janvier 2019, l'INSEE estimait à 7 555 116 le nombre de personnes âgées de plus de 60 ans vivant en France et ce nombre devrait atteindre 23,6 millions en 2060. Cet accroissement de la population des plus de 60 ans s'explique principalement par deux raisons : L'augmentation de l'espérance de vie et l'arrivée aux grands âges des générations Baby-boom (Papy-boom) dans les années à venir. Cette augmentation des personnes âgées favorisera la hausse de personnes susceptibles d'être en perte d'autonomie entraînant ainsi une demande plus forte en assurance dépendance.

Par ailleurs, conscient de ce problème le gouvernement a mis en place plusieurs mesures afin de venir en aide aux personnes dépendantes et à leurs familles. C'est pourquoi, le 1er janvier 2002, l'Allocation Personnalisée d'Autonomie (APA) succède à la Prestation Spécifique Dépendance (PSD). Financé par la solidarité nationale, L'APA est un droit universel qui s'adresse aux personnes en perte d'autonomie nécessitant un soutien de la collectivité. Toutes les personnes de plus de 60 ans qui résident légalement sur le territoire français et qui appartiennent au groupe 1 à 4 de la grille Autonomie Gérontologique Groupe Iso-Ressources (AGGIR) peuvent y prétendre. L'APA aide alors l'individu à soit financer du personnel aidant ou acquérir du matériel approprié si la personne décide de rester à domicile, soit financer la partie « tarif dépendance » en cas d'accueil dans un établissement spécialisé. Cependant l'APA est plafonnée, ce qui limite l'aide apportée aux cas les plus sévères. Dans la plupart des cas, les aides octroyées par l'État sont insuffisantes et les frais restants à la charge de l'individu sont conséquents.

La simulation financière d'un épisode de dépendance (Graphique1) réalisée par l'UFC-Que Choisir illustre parfaitement la dégradation au cours du temps de la situation financière d'une personne dépendante. Malgré l'augmentation du revenu cumulé au fil des ans, les restes à charge pour une personne dépendante restent énormes et ne cessent de croître. En effet, pour une personne souhaitant être placée en établissement, le reste à charge a été estimé en moyenne à 1400 €, alors que la moitié des retraités touchent une pension inférieure à 1000 €.

Graphique 1 – Simulation des conséquences financières d’un épisode de dépendance



Source :UFC-Que Choisir

De plus, les frais mensuels liés à la dépendance peuvent osciller entre 300 € et 5000 € à domicile et entre 1800 € et 6000 € en établissement suivant la gravité des cas.

La dépendance est donc un risque financier majeur auquel les assureurs peuvent apporter une solution en complémentarité des aides publiques.

Problématique

Le calcul de la rentabilité d’un produit en assurance est un exercice important avant son lancement. Les indicateurs de rentabilité permettent de déterminer si le produit en question génère de la valeur, et donc de voir s’il est rentable avant son lancement : le produit doit générer une marge suffisante pour contribuer au financement des frais généraux de l’entreprise. Ainsi à Axa, l’évaluation de la rentabilité s’adresse aux investisseurs (actionnaires), et vise à quantifier leur retour sur investissement. De ce fait, le produit dépendance étant prometteur et en plein essor, l’assureur doit être en mesure de déterminer correctement la rentabilité des individus qui souscrivent nouvellement à ce contrat.

L’objectif de ce mémoire est donc d’analyser la rentabilité des affaires nouvelles en assurance dépendance. De façon plus spécifique, les objectifs de cette étude sont :

- développer un modèle de calcul de rentabilité d’un produit dépendance qui prend en compte les aspects de Solvabilité 2 ;
- identifier les caractéristiques du contrat et des individus susceptibles d’influencer la rentabilité du produit dépendance.

Pour atteindre cet objectif, nous devons répondre aux questions suivantes :

Qu'est-ce qu'un produit de dépendance ?

Quelles sont les différentes étapes intervenant dans la construction d'un modèle de rentabilité ?

Quelles sont les hypothèses nécessaires pour le calcul de rentabilité d'un produit de dépendance ?

Quelles sont les caractéristiques individuelles et contractuelles susceptibles d'impacter la rentabilité du contrat ?

Méthodologie

Pour cette étude, nous disposons de données fournies par l'équipe rentabilité et réassurance sur les individus ayant souscrit à un contrat d'assurance dépendance en 2018 et 2019. La démarche méthodologique est fondée dans un premier temps sur une revue documentaire. Elle consistera à consulter des ouvrages généraux et rapports sur la construction du modèle de rentabilité pour le produit dépendance et sur les études de rentabilité de façon générale afin de trouver la méthode économétrique adéquate pour notre étude. Dans un second temps, notre démarche méthodologique nous conduira à traiter et analyser les données selon les méthodes de statistique descriptive et selon les prescriptions des modèles retenues.

Plan de travail

Ce document comporte cinq (05) chapitres. Le premier est consacré à la définition des concepts nécessaires à la bonne compréhension des résultats de l'étude. Il présente par la même occasion le marché de la dépendance en France. Le deuxième chapitre présente le modèle actuariel utilisé pour le calcul de rentabilité des produits de dépendance. Dans cette partie, sont présentées de manière succincte les différentes étapes intervenant dans la mise en place d'un modèle de rentabilité pour un produit de dépendance. Le troisième chapitre quant à lui est dédié essentiellement à la présentation des données, des variables retenues pour l'étude, ainsi qu'à l'analyse descriptive. Le quatrième chapitre servira à la présentation des résultats obtenus à la suite de l'application du modèle de rentabilité sur un modèle point. Enfin, le dernier chapitre est consacré à la présentation de la modélisation économétrique utilisée afin de déterminer les variables susceptibles d'influencer la rentabilité. Il s'agira donc dans cette partie d'exposer la méthodologie des modèles utilisés ainsi que de l'interprétation des différents résultats obtenus.

- Chapitre I -

Cadre conceptuel et présentation de la dépendance

L'objectif du premier chapitre est de définir les concepts clés et de parcourir différentes généralités liées à la dépendance.

I.1 Marché et enjeux la dépendance en France

I.1.1 Définition de la dépendance

La dépendance se définit comme le besoin d'aide des personnes âgées pour accomplir certains actes essentiels de la vie quotidienne. Elle est liée non seulement à l'état de santé de l'individu, mais aussi à son environnement matériel. La dépendance constitue une perte d'autonomie physique ou psychique qui nécessite soit une surveillance régulière ; pour les personnes qui ont perdu leur autonomie du fait d'une altération de leurs facultés intellectuelles ; soit une aide pour les personnes ne pouvant plus accomplir les actes essentiels de la vie (s'alimenter, se déplacer à l'intérieur de son logement, se laver et se vêtir, se lever et se coucher). Physiquement elle peut se manifester par des troubles de l'équilibre tels que des trébuchements ou des chutes, des difficultés à se lever, une marche hésitante, une perte de poids, la fatigue, une baisse de l'activité physique, etc.... Et mentalement elle se manifeste en général par des changements des habitudes alimentaires, la diminution de l'hygiène, des troubles de la mémoire, altérations de l'humeur (agressivité, apathie, tristesse...), l'isolement social, etc....

Plusieurs incidents (accident et maladie) peuvent être la cause de la survenue ou de l'aggravation de la dépendance. De manière plus spécifique, les causes récurrentes de la dépendance sont :

- Les maladies dégénératives du système nerveux central comme la maladie d'Alzheimer, ou la maladie de Parkinson qui entraîne une perte de mobilité,
- Les maladies qui touchent les articulations et conduisent à des problèmes de mobilité : arthrose de la hanche, du genou...

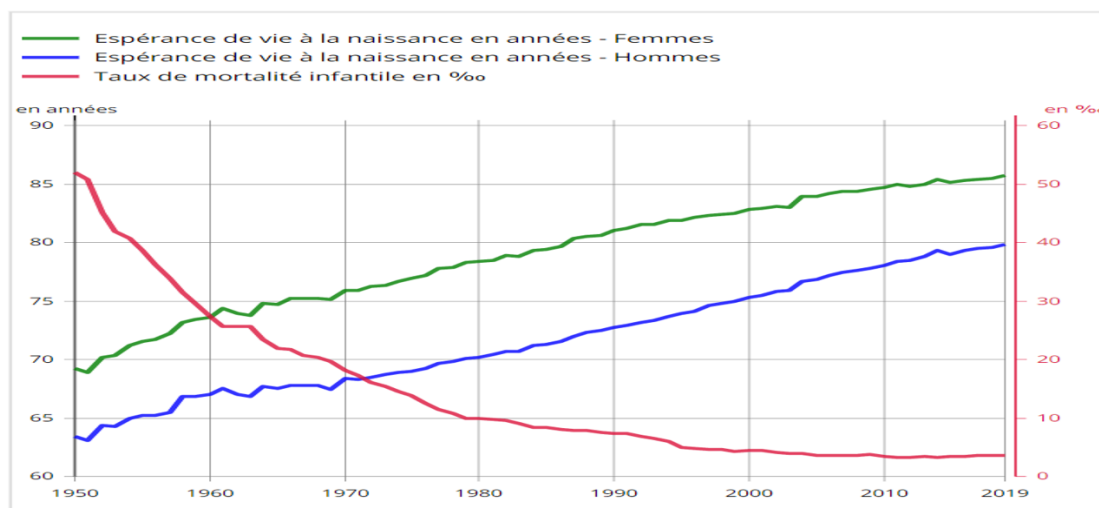
- Les maladies cardiovasculaires (Accident vasculaire cérébral, malformations congénitales, hypertension artérielle, problème de valves, arythmie, maladies coronaires)

D'après (Lagrué 2012), les affections de longue durée (ALD) tels que les pathologies mentales et neuro-dégénératives, Accidents vasculaires cérébraux, Pathologies rhumatologiques sévères... sont par leur caractère chronique et souvent invalidant, à l'origine de nombreux cas de dépendance. L'auteur montre que 96 % de la dépendance survenue sur sa population d'étude ¹ était dû aux affections de longue durée. De plus, 50 % des sinistres sont des dépendances psychologiques causées par des pathologies mentales et neuro-dégénératives comme la maladie d'Alzheimer. ²

I.1.2 Les enjeux de la dépendance en France

La dépendance est un phénomène qui atteint en général les personnes âgées (60 ans et plus). L'arrivée à des âges élevés de la génération du baby-boom ainsi que l'allongement de l'espérance de vie vont conduire à une hausse sensible du nombre de personnes âgées dans les années à venir. D'abord, l'espérance de vie à la naissance ne fait que s'accroître d'une année à une autre. En effet, on peut observer sur le graphique I.1 que l'espérance de vie augmente linéairement depuis 1950, allant d'un peu moins de 70 ans pour les femmes et d'un peu moins de 65 ans pour hommes à environ 85 ans pour les femmes et 80 pour les hommes en 2019.

Graphique I.1 – Évolution de l'espérance de vie à la naissance de la population française de 1950 à 2019



Source : INSEE

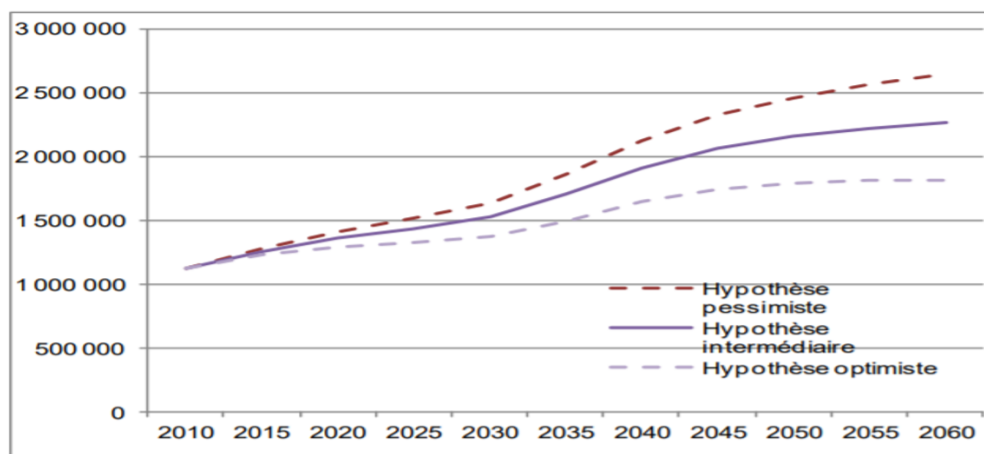
1. L'auteur travaille sur des données d'assurés disposant de la garantie décès et éventuellement d'une garantie incapacité d'un produit non-emprunteur individuel d'AXA France sur période de janvier 1998 à décembre 2011.

2. L'auteur travaille sur des données d'assurés disposant de la garantie décès et éventuellement d'une garantie incapacité d'un produit non-emprunteur individuel d'AXA France sur période de janvier 1998 à décembre 2011.

Par ailleurs, selon les projections de l'INSEE, l'espérance de vie à la naissance devrait atteindre 86 ans pour les hommes et 91,1 ans pour les femmes en 2060. Ensuite, à la sortie de la deuxième guerre mondiale, l'Europe a connu une explosion de naissance (baby-boom) et les bébés de l'époque ont atteint les 60 ans dans cette décennie. Cette augmentation de personnes âgées favorisera la hausse de personnes susceptibles d'être dépendantes.

Selon les chiffres officiels du ministère de la santé, on compte en France plus de 1,3 millions de personnes dépendantes en 2019 et ce chiffre ne cessera pas de croître au fil des années. C'est ce qu'illustre le graphique I.2 qui nous présente la projection du nombre de dépendants à l'horizon 2060. La projection se fait selon trois hypothèses : pessimiste, réaliste et optimiste. Le graphique présente deux phases importantes dans la progression ; une première caractérisée par une faible progression du nombre de personnes dépendantes et une seconde caractérisée par une accélération de la progression de ce nombre vers 2030. Ces résultats sont cohérents avec ceux issus d'études antérieures (Colin (2003) et Kerjosse (2003)).

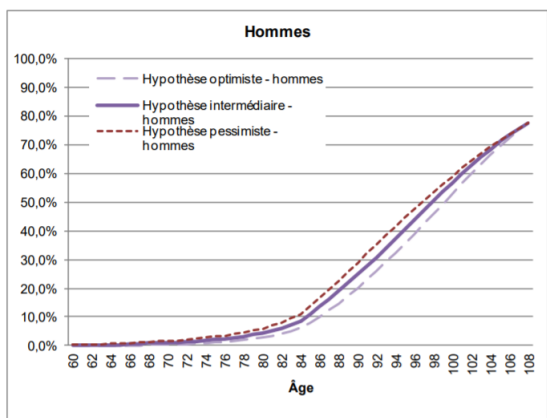
Graphique I.2 – Effectifs des personnes âgées dépendantes en France projetés à l'horizon 2060



Source : INSEE projections de population 2007-2060 ; calculs DREES

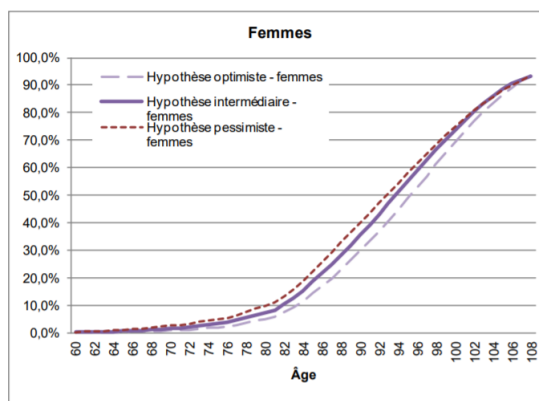
Cette accélération s'explique par le fait que, c'est vers cette date que les générations du baby-boom atteindront 80 à 85 ans. Et c'est à cet âge qu'un individu a une forte probabilité de rentrer dans un état de dépendance. De plus, le taux de dépendance est d'autant plus grand lorsque l'individu est âgé (graphique I.3 et I.4). En effet, on remarque que pour un individu le taux tend vers 0 en début de vie jusqu'à ce qu'il atteigne 80 ans et commence à croître de manière accélérée.

Graphique I.3 – Distribution du taux de dépendance de la population masculine française selon l'âge en 2007



Source : INSEE, calculs DREES

Graphique I.4 – Distribution du taux de dépendance de la population féminine française selon l'âge en 2007

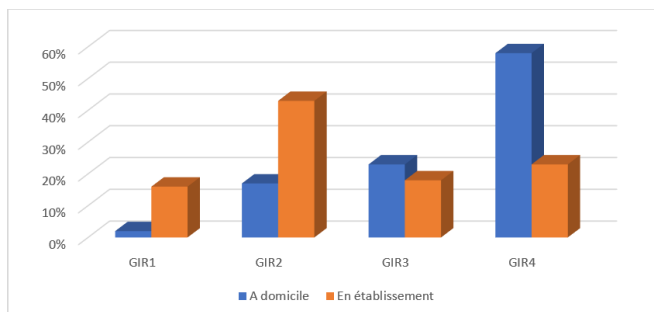


Source : INSEE ; calculs DREES

En outre, il apparaît sur les graphiques I.3 et I.4 que le taux de dépendance est plus élevé chez les femmes que chez les hommes, ce qui est logique vu que l'espérance de vie des femmes est plus élevée. En effet, elles vivent plus longtemps, elles ont donc plus de chances de perdre leur autonomie et de rentrer en dépendance. C'est pourquoi d'après l'enquête aide sociale de la DREES les femmes représentaient une grande majorité (70%) au niveau des bénéficiaires de l'APA en fin 2017.

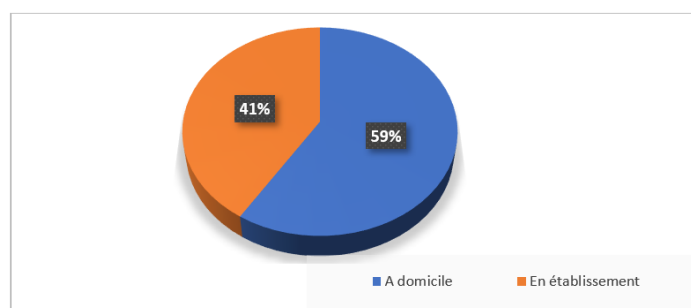
Les bénéficiaires de l'APA profitent soit d'une aide à domicile soit d'une assistance dans les établissements spécialisés d'aide aux personnes âgées. Le graphique ci-dessous (Graphique I.5 et I.6) montre qu'on dénombre plus de personnes âgées qui sont dans leur propre domicile que dans les établissements spécialisés.

Graphique I.5 – Répartition des bénéficiaires de l'APA à domicile et en établissement par niveau de dépendance GIR



Source : Enquête Aide sociale 2017, DREES

Graphique I.6 – Répartition des bénéficiaires de l'APA selon leurs lieux de résidence



Source : Enquête Aide sociale 2017, DREES

On remarque également sur les graphiques I.3 et I.4 que plus le niveau de dépendance est élevé chez une personne plus elle a de chance d'être placée en établissement (dépendance caractérisée par les niveaux GIR1-4).

Encadré 1 : Allocation personnalisée d'Autonomie (APA)

Allocation personnalisée d'Autonomie (APA)

Le 1er Janvier 2002, l'Allocation Personnalisée d'Autonomie (APA) succède à la prestation spécifique dépendance (PSD) qui a été mise en place en 1997. La PSD ne répondait pas suffisamment aux enjeux imposés par l'évolution démographique de la société actuelle :

- Le plafond des revenus requis pour en bénéficier était relativement bas. (Ce qui éliminait plusieurs personnes susceptibles d'avoir besoin de l'aide)
- Seules les personnes des groupes 1 à 3 de la grille AGGIR avaient accès à cette aide. Peu de personnes bénéficiaient de ce dispositif, comparé aux besoins de la population.
- Le calcul de la prestation défini par les départements causait des inégalités territoriales.
- La PSD pouvait faire l'objet de récupération sur la succession. Des personnes préféraient ne pas se signaler et se soignaient mal pour ne pas léser leurs héritiers.

Financée par la solidarité nationale, L'APA est un droit universel qui s'adresse aux personnes en perte d'autonomie nécessitant un soutien de la collectivité. Toutes les personnes de plus de 60 ans qui résident légalement sur le territoire français et qui appartiennent au groupe 1 à 4 de la grille AGGIR peuvent y prétendre. Dès lors la personne dépendante se voit proposée un plan d'aide personnalisé auquel elle peut demander des modifications. L'APA aide alors l'individu à soit financer du personnel aidant ou l'acquisition de matériel approprié si la personne décide de rester à domicile, soit financer la partie « tarif dépendance » en cas d'accueil dans un établissement spécialisé. Une partie du coût, appelée aussi ticket modérateur, reste à la charge du bénéficiaire, elle est calculée en fonction de ses revenus.

Le ticket modérateur varie de 0% pour les revenus les plus faibles jusqu'à 90% pour les revenus les plus aisés. Cependant l'APA est plafonnée, ce qui limite l'aide apportée aux cas les plus sévères. Dans la plupart des cas les aides octroyés par l'état sont insuffisants et les frais restants à la charge de l'individu sont conséquents. Pour une personne souhaitant être placée en établissement, le reste à charge a été estimé en moyenne à 1400€, alors que la moitié des retraités touchent une pension inférieure à 1000€. De plus les frais mensuels liés à la dépendance peuvent osciller entre 300€ et 5000€ à domicile et entre 1800€ et 6000€ en établissement suivant la gravité des cas. La dépendance est donc un risque financier majeur auquel les assureurs peuvent apporter une solution en complémentarité des aides publiques.

En effet, en 2017 parmi les dépendants bénéficiaires de l'APA qui résident à domicile nous avons plus 55% qui ont un faible niveau de dépendance (niveau GIR4). A contrario plus de la moitié

des individus résidant en établissement ont un fort niveau de dépendance (GIR1 et 2). Malgré cette aide conséquente de l'Etat qui s'élevait par exemple à 5,8 milliards d'euros en 2016, les individus dépendants doivent encore faire face à d'énormes dépenses qui restent à leurs charges. Ces dépenses sont dans la plupart du temps supérieures aux revenus des individus.

Graphique I.7 – Simulation du reste à charge mensuel des individus en situation de dépendance résidant en établissement et bénéficiant de l'APA en 2011 en fonction de leurs revenus mensuels



Source : DREES

Grâce aux données des remontées individuelles APA-ASH, la DREES a développé "Autonomix", un modèle de micro-simulation permettant d'estimer le reste à charge des bénéficiaires de l'APA à domicile et en établissement. Le reste à charge est défini comme le montant qu'un individu doit régler pour ses différents frais liés à sa dépendance une fois les aides de l'État ont été déduites. Le graphique (Graphique I.7) présentant les résultats de la simulation du reste à charge des familles bénéficiaires de l'APA résidant dans des établissements en 2011 montre d'une manière générale que plus le revenu mensuel est élevé plus le montant restant à la charge de l'individu et de sa famille afin de couvrir les frais liés à sa dépendance est élevé. Par exemple, pour un individu dépendant résidant dans un établissement spécialisé(par exemple un EPHAD) qui a des ressources mensuelles comprises entre 1 200 € et 1 400 € a des dépenses mensuelles qui ne sont pas pris en charge par les aides aux dépendants de 1 720 €.

De plus, d'après le DREES la pension moyenne tous régimes confondus en 2018 s'établit, 1 504 € bruts mensuels pour les retraités résidant en France alors que le prix médian d'une chambre individuelle en EHPAD s'élève à 1 977 € par mois pour cette même année.³

Il faut donc chercher dans la plupart des cas une autre source de revenus afin de financer ces sommes qui ne sont pas pris en charge par l'État. La nécessité pour les individus de souscrire à des polices

3. source : Caisse Nationale de Solidarité pour l'Autonomie

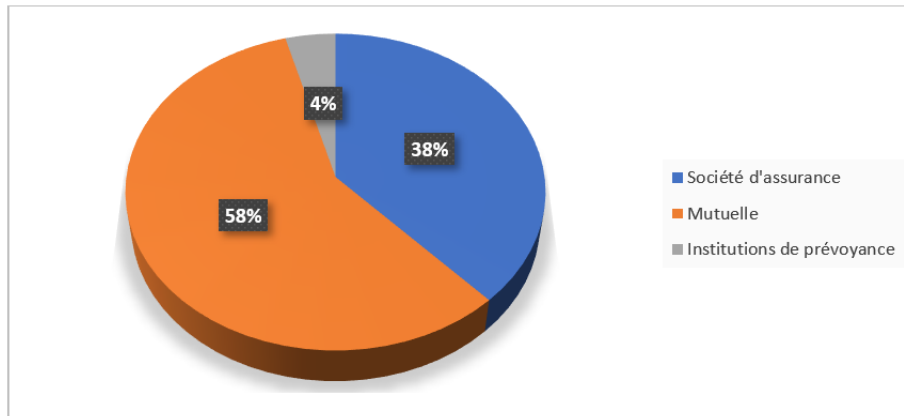
d'assurance se faire alors ressentir pour qu'ils puissent être pris en charge correctement lorsqu'ils sont en situation de dépendance.

I.1.3 Le marché de la dépendance en France

La dépendance est une situation qui requiert d'importantes dépenses pour s'octroyer les services d'une aide à domicile ou pour être admis dans des centres spécialisés. Or la seule aide fournie par l'État reste dans la plupart des cas insuffisante pour faire face aux dépenses occasionnées. C'est pourquoi les assureurs proposent des contrats qui préviennent ce risque. Trois catégories d'acteurs interviennent sur le marché de l'assurance dépendance : les sociétés d'assurances régies par le code des assurances (compagnies d'assurances, mutuelles d'assurances, etc.), les mutuelles de santé régies par le code de la mutualité, et les institutions de prévoyance régies par le code de la sécurité sociale.

Selon la FFA, en fin 2017, environ 7,1 millions de personnes ont souscrit à un contrat pour se couvrir du risque de dépendance (contrat collectif et individuel) auprès de ces différentes sociétés et la répartition de ces personnes est donnée par le graphique I.8.

Graphique I.8 – Répartition du nombre de personnes couvertes par l'assurance dépendance en 2017 en fonction des différents acteurs du marché



Source : FFA

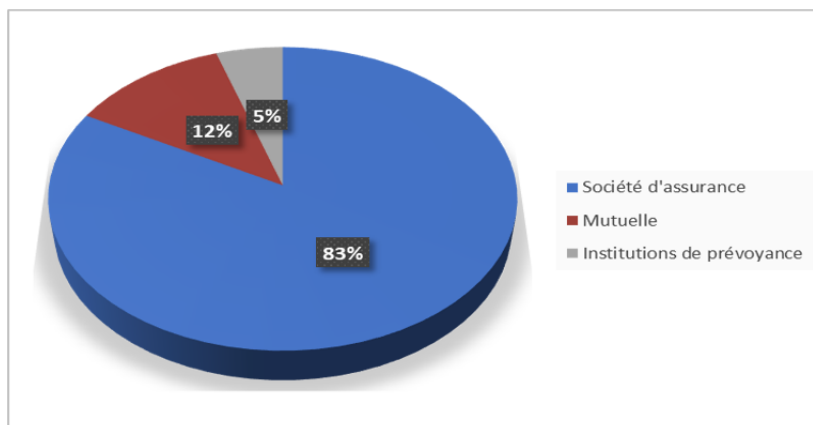
Plus de la moitié de ces personnes (58%) ont fait le choix de souscrire auprès des mutuelles, 38% ont souscrit auprès des sociétés d'assurance et seulement 4% de ces personnes se sont tournées vers les institutions de prévoyance.

De plus, les cotisations globales de l'année 2017 s'élèveraient à 783 millions⁴ (accroissement de plus de 235 millions d'euros de 2010 à 2017) pour 6,7 milliards d'euros de provisions techniques. Cependant, la répartition selon les acteurs du marché dépendance est totalement différente dans ce cas. D'après le graphique I.9 on remarque aisément que les sociétés d'assurance représentent 38

4. Ces termes seront définis plus bas dans le rapport

% des personnes couvertes pour 83 % des cotisations, tandis que les mutuelles représentent 58 % des personnes couvertes et 12% des cotisations collectées. En outre, 9 des contrats souscrits sur 10 étaient des contrats individuels et facultatifs. ⁵

Graphique I.9 – Répartition de la collecte des cotisations en 2017 en fonction des acteurs du marché dépendance



Source : FFA

I.2 Critère d'évaluation de la dépendance

I.2.1 La grille AGGIR

La grille AGGIR (Autonomie Gérontologique Groupe Iso-Ressources) est la mesure qu'utilise l'État pour définir le degré de dépendance d'une personne ; notamment pour l'attribution de l'APA. Elle se définit sur six niveaux de dépendance : de GIR 6 à GIR 1. Les personnes de la catégorie GIR 1 et GIR 2 sont les plus touchées par la perte d'autonomie : elles sont confinées au lit ou au fauteuil. Les personnes GIR3 à GIR5 sont dépendantes que partiellement. La catégorie GIR 6 regroupe des personnes qui ont conservé leur autonomie pour les actes principaux de la vie. Le tableau ci-dessous décrit l'état dans lequel pourrait se trouver un individu dépendant par niveau (GIR1-6) de la grille AGGIR.

5. Chiffres FFA 2017

Tableau I.1 – Description de l'état de dépendance selon la grille AGGIR

Niveau	Description de l'état de dépendance selon la grille AGGIR
GIR1	- Personne confinée au lit ou au fauteuil, dont les fonctions mentales sont gravement altérées et qui nécessite une présence indispensable et continue d'intervenants - Personne en fin de vie
GIR2	- Personne confinée au lit ou au fauteuil, dont les fonctions mentales ne sont pas totalement altérées et dont l'état exige une prise en charge pour la plupart des activités de la vie courante - Personne dont les fonctions mentales sont altérées, mais qui est capable de se déplacer et qui nécessite une surveillance permanente
GIR3	- Personne ayant conservé son autonomie mentale, partiellement son autonomie locomotrice, mais qui a besoin quotidiennement et plusieurs fois par jour d'une aide pour les soins corporels
GIR4	- Personne n'assurant pas seule ses transferts mais qui, une fois levée, peut se déplacer à l'intérieur de son logement, et qui a besoin d'aides pour la toilette et l'habillage - Personne n'ayant pas de problèmes locomoteurs mais qui doit être aidée pour les soins corporels et les repas
GIR5	- Personne ayant seulement besoin d'une aide ponctuelle pour la toilette, la préparation des repas et le ménage
GIR6	- Personne encore autonome pour les actes essentiels de la vie courante

I.2.2 La grille des Actes de la Vie Quotidienne (AVQ)

La grille AVQ mesure la capacité d'une personne dépendante à effectuer correctement les actions basiques du quotidien. Elle est souvent utilisée par les organismes d'assurance soit en complément soit à la place de la grille AGGIR. La grille AVQ mesure le niveau de dépendance d'une personne en se basant sur quatre à six actes fondamentaux de la vie courante :

- Les transferts : Passer de chacune des positions couché / assis /debout ;
- Les déplacements à l'intérieur : pouvoir évoluer sur une surface plane sans aide ;
- L'alimentation : Se nourrir et boire seul ;
- La toilette : Laver l'ensemble du corps seul ;
- L'habillage : S'habiller ou se dévêtir sans aide ;
- La continence : Assurer l'hygiène de l'élimination.

Le niveau de dépendance de la personne est calculé en fonction du nombre d'actes qu'elle pourra correctement effectuer :

- Niveau 1 : incapacité d'effectuer deux actes de la vie courante sur six ;
- Niveau 2 : incapacité d'effectuer trois actes de la vie courante sur six ;
- Niveau 3 : incapacité d'effectuer quatre actes de la vie courante sur six ;
- Niveau 4 : incapacité d'effectuer cinq ou six actes de la vie courante sur six.

I.2.3 Le test Folstein

La plupart des tests mesurent la perte de dépendance physique, alors que la dépendance se manifeste également sous forme de démence quelques fois. En effet, selon les chiffres de l'INSEE, plus de 40% des bénéficiaires de l'APA qui sont atteints de dépendance lourde ont la maladie d'Alzheimer. Il est également primordial de détecter ce genre de maladie. L'un des tests les plus utilisés pour déterminer ce genre de dépendance est le test de Folstein.

Développé en 1975, le test de Folstein, ou Mini Mental Score (MMS), est un outil d'évaluation cognitive utilisé pour mesurer l'état de dépendance psychologique. Il est souvent utilisé lorsque l'on soupçonne une démence et la maladie d'Alzheimer. Le test de Folstein est effectué par un médecin neurologue ou psychiatre.

Il comporte ainsi 30 questions pour évaluer les troubles éventuels de :

- L'orientation dans le temps et l'espace ;
- La mémoire ;
- L'attention ;
- Le langage (parole, compréhension, lecture, écriture) ;
- L'exécution d'actes moteurs.

Hormis ces principaux indicateurs, plusieurs autres mesures sont utilisées afin de définir l'état de dépendance d'une personne ; l'échelle KATZ⁶ par exemple.

6. Les autres indicateurs seront définis en annexes

I.3 Garantie offerte par l'assurance dépendance

I.3.1 Contrat individuel / Contrat collectif

Plusieurs types de contrats dépendance et de garanties peuvent protéger contre le risque de dépendance. Les deux types de contrats auxquels peuvent souscrire les individus sont les contrats individuels et les contrats collectifs.

- **Les contrats individuels**

Ils sont signés de manière volontaire entre l'assureur et le souscripteur, qui dans la plupart des cas est l'assuré. Dans ce cas de figure, les assureurs proposent des contrats de prévoyance pure ou des couvertures accessoires à un contrat d'assurance-vie épargne.

Dans le cas des contrats de prévoyance l'assuré perçoit une prestation sous forme de rente mensuelle dans l'éventualité où celui-ci rentrerait en dépendance. Et dans le cas où la dépendance représente une couverture accessoire à un contrat d'assurance vie, la garantie principale est la constitution d'une épargne (par exemple la retraite).

- **Les contrats collectifs**

Les contrats collectifs quant à eux sont souscrits par une entreprise, une mutuelle ou une association. L'assuré n'a pas la qualité de souscripteur, mais de bénéficiaire. En effet, les contrats de prévoyance d'entreprise couvrent généralement les risques de décès, d'invalidité et d'incapacité de travail. Cependant, ils peuvent aussi inclure une garantie dépendance collective en cas de perte d'autonomie. Ces contrats sont obligatoires pour les assurés et ne nécessitent pas de sélection médicale à l'entrée au-delà d'un certain nombre d'assurés.

I.3.2 Dépendance totale / Dépendance partielle

Généralement, l'assuré peut lors de la souscription choisir entre un contrat de dépendance totale exclusivement (DT) et un contrat de dépendance totale et partielle (DPDT). Dans le premier cas, le versement de la rente s'effectue à hauteur de 100% du montant prévu par le contrat lorsque l'assuré est déclaré dépendant (DT). Dans le second cas, lorsque l'assuré entre en dépendance totale il se retrouve exactement dans la situation précédente et reçoit 100% de la rente et s'il est en dépendance partielle le montant de la rente versée correspond à un pourcentage fixé lors de la signature du contrat de la rente prévue en cas de dépendance totale. Ce pourcentage peut varier en fonction du degré de dépendance. La tarification est évidemment différente pour les deux types de garanties car les lois et les tables d'expériences qui interviennent dans le processus de calcul sont différents.⁷

7. On retrouvera les formules de calcul du tarif dans le chapitre II.

I.3.3 Antisélection et délais de carence

La littérature montre que l'assurance dépendance peut être sujet à des comportements d'anti-sélection (Sloan et Norton, 1997). En effet, les assureurs ont des difficultés importantes à identifier les hauts risques de dépendance, de ce fait, il peut naître des comportements opportunistes dus aux asymétries d'information. En théorie la sélection médicale et les contrats différenciés peuvent permettre à l'assureur de se prémunir contre les conséquences financières de l'antisélection en amenant l'assuré à révéler sa classe de risque par son choix de contrats. Mais le succès de cette démarche repose sur la connaissance d'informations précises sur les différentes classes de risque et des données. Afin de limiter les risques comme celui de l'antisélection, il est exigé par l'assureur à la souscription, un délai de carence qui désigne une période pendant laquelle l'assuré ne recevra pas de prestation en cas de dépendance. Ce délai varie selon le type de cause ayant entraîné la dépendance. Ainsi, les risques potentiellement déjà réalisés à la souscription ne seront pas assurés et le risque d'opportunisme pré contractuel sera écarté. Les garanties dépendance prennent effet après l'application d'un délai défini ainsi :

- 0 an en cas de dépendance à la suite d'un accident ;
- 1 an en cas de dépendance à la suite d'une maladie ;
- 3 ans en cas de dépendance à la suite d'une maladie neurodégénérative.

En outre, si la dépendance totale survient pendant ces délais, l'ensemble des cotisations est remboursé à l'assuré, cependant si la dépendance partielle survient pendant ces délais, et que l'assuré a souscrit la formule dépendance partielle et totale, seules les cotisations versées au titre de la garantie en cas de dépendance partielle lui sont remboursées, les autres garanties sont maintenues.

Il est cependant difficile d'observer des comportements d'aléa moral car l'état de dépendance engendre une diminution du bien-être, il semble peu probable que le fait d'être assuré incite l'individu à volontairement augmenter sa probabilité de devenir dépendant.

De plus, une fois la dépendance constatée, certains assureurs imposent un délai de franchise qui sera une période relativement courte (généralement 90 jours à compter de la date de reconnaissance de l'état de dépendance) pendant laquelle l'assuré ne reçoit pas de rente.

I.3.4 Sélection Médicale

Tous les candidats à la souscription d'un contrat d'assurance dépendance individuel ou facultatif en garantie principale sont soumis à une sélection médicale (afin d'éviter la dissimulation de certaines pathologies, pour limiter l'asymétrie d'information). Lors de la demande de souscription,

la personne doit en effet donner des informations sur son état de santé. L'adhésion se fait sur les déclarations de la personne, ou de son médecin traitant, et, souvent, sur la base de questionnaires détaillés. La sélection est graduelle, notamment avec le montant de la rente choisi. Elle peut prendre la forme d'une attestation de santé sur l'honneur ou questionnaire simplifié (notamment pour les rentes de faible montant) ou d'un questionnaire détaillé. Les questionnaires et les examens sont étudiés par le médecin conseil de l'assureur afin de refuser l'adhésion ou de l'accepter, avec ou sans aménagements (surprime, augmentation du délai de carence...). Toute fausse déclaration entraîne la nullité du contrat sans remboursement des cotisations payées. Cette sélection médicale peut être révisée en cas d'évolution de la réglementation ou dans le cadre de la mise en place du label Garantie Assurance Dépendance (GAD) qui préconise des formalités allégées. En effet, certains contrats d'assurance dépendance peuvent être labellisés et le label GAD (Encadré 2) qui est délivré par la Fédération Française de l'Assurance (FFA) peut être accordé aux contrats d'assurance dépendance respectant certains critères comme le versement d'une rente minimale de 500 € en cas de dépendance lourde, l'absence de sélection médicale (questionnaire, examen, etc.) pour toute souscription avant l'âge de 50 ans ou encore le maintien partiel des droits en cas d'interruption de paiement des cotisations, etc... .

Encadré 2 : Les 9 points clés du label GAB



Les 9 points clés du label GAD :

- ∞ 1 - un vocabulaire commun permettant plus de clarté dans l'expression des garanties ;
- ∞ 2 - une définition commune de la dépendance lourde basée sur des Actes élémentaires de la Vie Quotidienne (AVQ) ;
- ∞ 3 - une garantie viagère, quelle que soit la date de survenance d'une situation définitive de dépendance lourde ;
- ∞ 4 - un niveau minimal de la rente servie en cas de dépendance lourde de 500 € par mois ;
- ∞ 5 - des modalités de revalorisation des garanties, des prestations et des cotisations définies contractuellement ;
- ∞ 6 - une absence de sélection médicale avant 50 ans (sauf invalidité ou ALD préexistante) ;
- ∞ 7 - des actions de prévention ou des prestations d'accompagnement pour l'assuré ou ses proches qui seront proposées dès la souscription/adhésion du contrat ;
- ∞ 8 - une information annuelle ;
- ∞ 9 - des conditions de maintien des droits en cas d'interruption de paiement des cotisations.

I.3.5 Caractéristiques du contrat dépendance

Le contrat d'assurance dépendance est un contrat qui couvre l'assurance lourde (caractérisé généralement par GIR 1 et 2) et la dépendance partielle (caractérisé généralement par GIR 3 et 4) . La souscription peut être envisagée au moins jusqu'à l'âge de 70 ans. Après 77 ans, il n'est généralement plus possible de s'assurer⁸. La prime mensuelle versée par l'assurée dépend de l'âge auquel il souscrit et du niveau de rente qu'il souhaite recevoir en cas de dépendance mais pas de son sexe. Lorsque son niveau de dépendance , l'assuré cesse de verser ses primes et perçoit une rente mensuelle ou un capital qui lui permet de financer sa prise en charge. Et en cas de non-paiement des primes, le souscripteur peut exclure l'assuré du contrat. De plus, la rente varie généralement entre 600 et 3500 euros par mois. Les garanties proposées peuvent être détaillées de la manière suivante :

- **Rente en cas de dépendance totale**

La garantie Rente dépendance totale permet à l'assuré de percevoir une rente mensuelle lorsqu'il est reconnu en dépendance totale par l'assureur. Le montant de cette garantie, doit être défini à l'adhésion.

- **Rente en cas de dépendance partielle**

La garantie Rente dépendance partielle permet à l'assuré de percevoir une rente mensuelle lorsqu'il est reconnu en dépendance partielle par l'assureur. Le montant de cette garantie correspond à un pourcentage du montant de la rente dépendance totale .

- **Capital premiers frais en cas de dépendance totale**

La garantie Capital équipement en cas de dépendance totale permet à l'assuré de percevoir un capital lorsque l'assureur le reconnaît en dépendance totale. Le montant du capital est forfaitaire son versement met fin à la garantie.

- **Capital premiers frais en cas de dépendance légère ou partielle ou totale**

La garantie Capital équipement en cas de dépendance légère, partielle ou totale permet à l'assuré de percevoir un capital dès que l'assureur le reconnaît en dépendance légère ou partielle ou totale. Le montant du capital est forfaitaire son versement met fin à la garantie.

Il existe également plusieurs contrassurances proposées :

8. Source : FFA

- **Capital décès**

La garantie Capital décès forfaitaire permet le versement d'un capital forfaitaire au(x) bénéficiaire(s) désigné(s) pour cette garantie. Ce capital est versé quel que soit l'état de l'assuré au moment du décès. Cette garantie ne peut pas être souscrite simultanément à la garantie Capital décès Remboursement des cotisations.

- **Capital décès Remboursement des cotisations**

La garantie Capital décès Remboursement des primes permet le versement d'un capital correspondant au cumul des cotisations versées au(x) bénéficiaire(s) désigné(s) pour cette garantie. Ce capital est versé au bénéficiaire uniquement si l'assuré est décédé sans avoir été dépendant. Cette garantie ne peut pas être souscrite simultanément à la garantie Capital décès. Exonération des cotisations dès lors que l'assuré perçoit une rente, qu'elle soit totale ou partielle, il est exonéré de l'ensemble des cotisations du contrat. Cette garantie est proposée en inclusion.

- Chapitre II -

Description fonctionnelle du modèle de rentabilité du produit dépendance

Dans ce chapitre, nous décrivons les principaux calculs intervenants dans notre modèle de rentabilité pour le produit de dépendance.

II.1 Caractéristiques du produit utilisé

II.1.1 Description du produit dépendance

Le produit dépendance étudié est un contrat de prévoyance individuel à durée viagère proposant des garanties d'assurance et d'assistance en cas de dépendance (totale ou partielle) ou de décès ; la dépendance constituant le risque principal. L'âge d'adhésion est compris entre 40 et 75 ans. Les garanties proposées sont :

- une rente viagère en cas de dépendance totale ou en cas de dépendance partielle ;
- un capital premier frais en cas de dépendance totale ou partielle ;
- un capital décès remboursement des cotisations. ¹

Ces garanties sont versées à l'assuré lorsqu'il rentre en dépendance en contrepartie d'une prime versée chaque année de façon mensuelle, trimestrielle, semestrielle ou annuelle. Le fractionnement du versement de la prime est au préalable défini dans le contrat à la souscription.

De plus, Il existe plusieurs niveaux de sélection médicale qui dépendent de l'âge de l'assuré, du montant de la garantie souscrite et du type de contrat (dépendance totale ou dépendance partielle ou totale).

Ces niveaux se déclinent de la manière suivante :

Garantie dépendance totale

1. Nous nous limiterons aux seules garanties de rente ; le coût des autres garanties (notamment en capital) est en effet négligeable devant celui des prestations viagères

- Si la rente souscrite est inférieure à 1800 € et que son âge est inférieur à 70 ans : l'assuré devra répondre à une unique question ;
- Si la rente souscrite est inférieure à 1800 € et que son âge est supérieur à 70 ans : l'assuré devra répondre au questionnaire de santé en mode de vie spécifique à la dépendance ;
- Si l'âge à la souscription est supérieur à 70 ans, l'assuré devra répondre au questionnaire de santé en mode de vie spécifique à la dépendance, quel que soit le montant de rente souscrit.

Garantie dépendance partielle ou totale

- Si la rente souscrite est inférieure à 1800 € et que l'âge est inférieur à 65 ans : l'assuré devra répondre à un questionnaire de santé en mode de vie spécifique à la dépendance ;
- Si la rente souscrite est inférieure à 1800 € et l'âge est supérieur à 65 ans : l'assuré devra répondre à un rapport médical spécifique à la dépendance ;
- Si l'âge à la souscription est supérieur à 65 ans : l'assuré devra répondre au questionnaire de santé en mode de vie spécifique à la dépendance, quel que soit le montant de rente souscrit.

La question unique est la suivante : l'assuré bénéficie-t-il du remboursement à 100 % de ses dépenses de santé par la sécurité sociale au titre d'une affection longue durée ou en a-t-il fait la demande ?

Les surprimes temporaires et permanentes sont déterminées via cette sélection médicale. Cette dernière prend en compte les caractéristiques des assurés ayant un pouvoir prédictif de l'incidence. En effet, à la souscription, le tarif d'un assuré peut être obtenu de différentes façons selon le risque qu'il représente. Le but des surprimes permanentes est de compenser la sursinistralité que peut représenter un assuré. Ici les surprimes temporaires seront considérées comme permanentes.

Aussi, les conditions sont plus sévères en garantie dépendance partielle et totale car, l'assuré à une couverture plus grande contre le risque dépendance.

II.1.2 Définition de la dépendance au sens du contrat

L'état de dépendance se caractérise par l'une des deux situations définies ci-dessous. Cet état doit être consolidé, permanent et être reconnu par le Médecin Conseil d'AXA. À tout moment, le Médecin Conseil d'AXA peut mettre en oeuvre un contrôle médical afin de constater la réalité de l'état de dépendance de l'assuré.

- **Dépendance totale**

Un assuré est considéré comme étant en état de dépendance totale, si son état de santé justifie

définitivement de l'assistance d'une tierce personne et qui est dans l'une des situations de dépendance suivante :

- dépendance physique : être incapable d'exercer seul au moins 4 des 6 Actes de la Vie Quotidienne (AVQ);
- dépendance psychique : être atteint d'une démence médicalement diagnostiquée et constatée après examen des résultats au test psychotechnique « folstein » en obtenant un score inférieur à 10. L'évaluation du score est établie par le Médecin Conseil d'AXA.
- dépendance mixte : être atteint d'une démence médicalement diagnostiquée et constatée après examen des résultats au test psychotechnique « folstein » en obtenant un score inférieur à 15. L'évaluation du score est établie par le Médecin Conseil d'AXA et être incapable d'exercer seul au moins 3 des 6 actes de la vie quotidienne.

• **Dépendance partielle**

Est considéré comme étant en état de dépendance partielle, l'assuré satisfaisant aux deux conditions cumulatives suivantes :

- être reconnu dans une situation de dépendance correspondant aux groupes 1, 2 ou 3 de la grille AGGIR,
- selon la nature de la dépendance :
 - * dépendance physique : être incapable d'exercer seul au moins 3 des 5 Actes de la Vie Quotidienne (AVQ),
 - * dépendance psychique : être atteint d'une démence médicalement diagnostiquée et constatée après examen des résultats au test psychotechnique « folstein » en obtenant un score inférieur à 15. L'évaluation du score est établie par le Médecin Conseil d'AXA.

II.2 Méthodologie

II.2.1 Lois et hypothèses de projections

II.2.1.1 Les lois

Plusieurs lois sont indispensables au pilotage d'un contrat dépendance. Nous avons entre autres :

- La loi d'incidence (entrée en dépendance) par âge i_x correspondant à la probabilité pour un assuré autonome à la date t d'être dépendant à la date $t+1$. Elle est fonction de l'âge et du

genre ;

- La loi de décès des autonomes par âge q_x^a .
- La loi de maintien des autonomes par âge $Q_x^a = \begin{cases} 100000 & \text{pour } x=x^* \\ \text{Max}(0, Q_{x-1}^a * (1 - i_{x-1} - q_{x-1}^a)) \end{cases}$ qui représente le nombre de personnes autonomes vivantes à l'âge x . La loi des autonomes est établie avec les tables réglementaires TH-002 et TF-002 auxquels l'on applique un coefficient d'abattement de pour tenir compte du fait que la mortalité des autonomes est moins élevée que celle de la population générale (incluant les dépendants) ;
- La loi de maintien des dépendants $Q_{x,k}^i$ par âge d'entrée en dépendance x et par ancienneté k . Elle permet de déterminer si l'assuré dépendant à la date t sera encore dépendant à la date $t+1$. Elle nécessite de tenir compte de l'âge et du genre, mais également de l'âge d'entrée dans l'état de dépendance ;
- La loi de maintien des dépendants les 12 premiers mois après survenance $Q_{x,k}^{i,m}$, m étant le mois. Il s'agit d'une loi mensuelle pour gérer les franchises ;
- Le nombre de personnes en dépendance les 12 premiers mois après survenance ; On suppose que l'incidence arrive à mi-année, on calcule alors un taux de présence moyen entre l'année t et $t+1$ avec la loi de maintien des dépendants.

– pour $m=0$ (survenance) :

$$L_{x,0}^i = \frac{Q_x^a \times i_x}{Q_{x^*}^a} \times P^s$$

où P^s est le pourcentage d'homme ou de femme.

– pour $m > 0$

$$L_{x,0}^{i,m} = \frac{Q_x^{i,m} + Q_{x+1}^{i,m}}{2Q_x^{i,0}} \times L_{x,0}^i$$

- Le nombre de personnes en dépendance par âge d'entrée en dépendance x et par ancienneté k :

$$L_{x,k}^i = \frac{Q_{x,k}^i + Q_{x+1,k}^i}{2Q_x^{i,0}} \times L_{x,0}^i$$

- La loi de résiliation q_x^w .
- La loi de maintien des autonomes dans le cas de la résiliation

$$Q_x^a = \text{Max}(0, Q_{x-1}^a * (1 - i_{x-1} - q_{x-1}^a - q_{x-1}^w))$$

II.2.1.2 Paramètres contractuels de gestion et les hypothèses financières

- Les paramètres contractuels de gestion

On trouve notamment :

- Le montant R de la rente annuelle servie en cas de dépendance lourde ;
- Le fractionnement p des primes ;
- Le taux de chargement sur primes g ;
- Le taux de chargement sur sinistres Cr ;
- Les paramètres pour les frais généraux : D1 (frais d'acquisition), D2 (frais de gestion des contrats) et D3 (frais de gestion des sinistres) ;
- Les taux de commission selon l'ancienneté du contrat, notés %Comt ;
- La marge technique MT.
- La marge de réduction mgreduc.

- Les hypothèses financières

Le modèle intègre plusieurs hypothèses financières :

- le taux technique i^2 : On utilise ici la référence applicable en assurance non-vie. Ce taux est égal à 75% de la moyenne mobile sur 24 mois du taux moyen d'emprunt d'état (TME).
On en déduit ν , le facteur d'actualisation $\nu = \frac{1}{1+i}$;
- une courbe de taux d'actualisation ;
- une courbe de taux d'inflation .

2. Au niveau strictement réglementaire, la dépendance est un contrat de prévoyance qui relève de la branche d'activité dommage numéro 2 du code des assurances. Les règles d'assurance non-vie doivent s'y appliquer, bien que la dépendance soit parfois considérée comme de l'assurance-vie

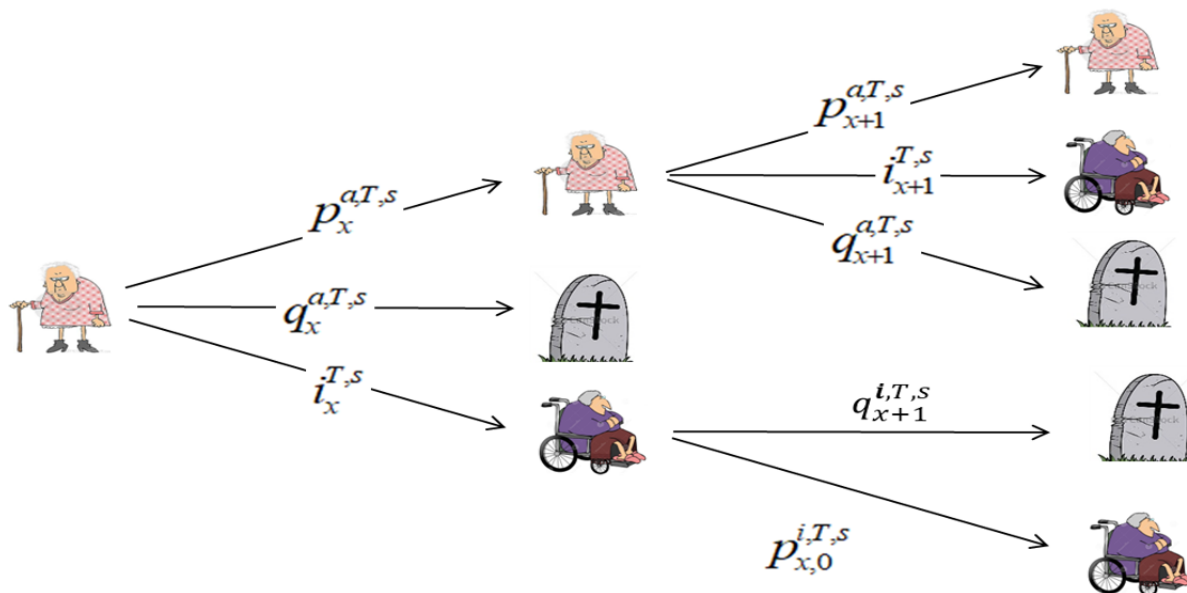
II.2.2 Modélisation de la dépendance

Dans cette étude, nous avons deux éventualités : l'assuré souscrit soit à un contrat d'assurance dépendance totale soit à un contrat d'assurance dépendance totale + partielle. Dans le premier cas (dépendance totale), à un instant t donné l'assuré peut être soit :

- « Valide », noté a comme autonome (valide = autonome + dépendance partielle) ;
- « Dépendant », noté i comme inactif, on parle ici de dépendance totale ;
- « Décédé ».

Il existe donc 3 états présentés dans le graphique II.1 :

Graphique II.1 – Les différents états de la dépendance totale



Source : Note technique AXA

avec $p_x^{a,T,x} = \frac{Q_x^a}{Q_{x^*}^a}$; $p_x^{i,T,x} = \frac{Q_x^i}{Q_{x^*}^i}$. x^* étant l'âge à la souscription du contrat.

Ce modèle en temps discret se prête aisément à une formalisation en terme de chaînes de Markov. En effet, il se caractérise par la donnée d'un espace d'états et de lois de passage ne dépendant que de l'âge de l'assuré, de son ancienneté en dépendance et de son état immédiatement antérieur. Nous pouvons ainsi définir une matrice de transition $M(x)$ résumant les probabilités de passage entre les états autonome, dépendant et décédé s'appliquant à un assuré d'âge x :

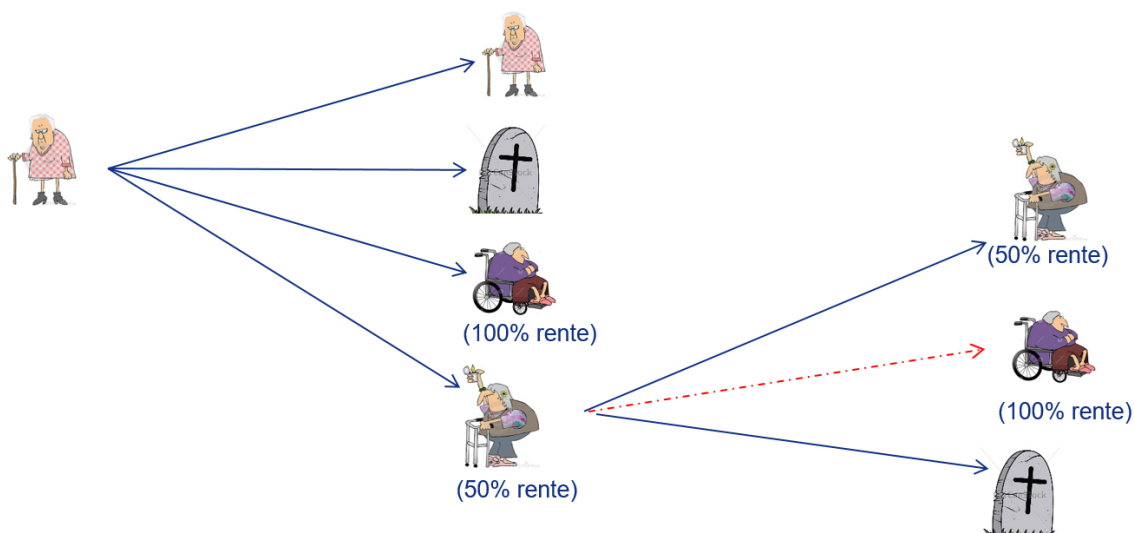
$$M(x) = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} \\ 0 & p_{22} & p_{23} \\ 0 & 0 & p_{33} \end{pmatrix} \text{ tel que } \forall i, \sum_{j=1}^3 p_{ij} = 1$$

Notre modèle est sans rémission, c'est-à-dire que nous ferons l'hypothèse, proche de la réalité, que le retour à un état plus favorable est impossible. Aussi, ce modèle sera non prospectif, c'est-à-dire que les lois sous-jacentes présentées ultérieurement n'évoluent pas dans le temps. Ainsi, la probabilité qu'un valide d'âge x devienne dépendant entre les âges $x+k$ et $x+k+1$ est la même que la probabilité qu'un valide d'âge $x+k$ devienne dépendant dans l'année, alors que les 2 évènements ne se déroulent pas à la même époque.

Cependant, si l'assuré souscrit à un contrat d'assurance dépendance totale + partielle, l'on devrait considérer un état supplémentaire qui serait «dépendance partielle» (on aura donc 4 états dans ce modèle). A un instant t l'assuré pourra être :

- « Valide », noté a comme autonome ; (valide = autonome seulement) ;
- « Dépendant partiellement » ;
- « Dépendant totalement » ;
- « Décédé ».

Graphique II.2 – Les différents états de la dépendance totale et partielle



Source : Note technique AXA

Nous ne disposons pas aujourd'hui de suffisamment de données pour mesurer toutes ces probabilités de transition notamment l'incidence de la dépendance partielle à la dépendance totale.

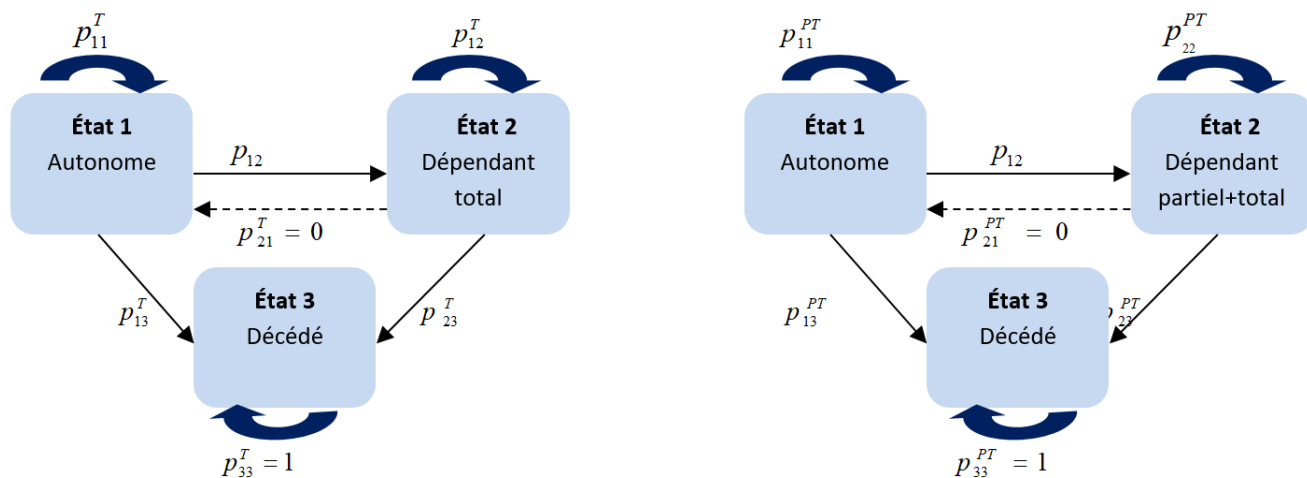
Ainsi pour remédier à ce problème, une solution est de construire 2 modèles à 3 états. Ce n'est pas une approximation du premier modèle mais une autre vision. Dans le premier modèle (modèle DT), les 3 états dans lesquels peuvent se trouver la population sont :

- « Être valide », noté a comme autonome (valide = autonome + dépendance partielle);
- « Être dépendant », noté i comme inactif, on parle ici de dépendance totale;
- « Être Décédé ».

Dans le deuxième modèle (modèle DT+DP), les 3 états dans lesquels peuvent se trouver la population sont :

- « Être valide », noté a comme autonome;
- « Être dépendant », noté i comme inactif, on parle ici de dépendance totale + dépendance partielle;
- « Être Décédé ».

Graphique II.3 – Les différents états de la dépendance



Source : Note technique AXA

II.3 Description des étapes de construction du modèle

Les grandes étapes de la construction du modèle sont :

- La tarification : Calcul de la prime pure et de la prime commerciale;
- La projection des prestations versées et provisionnées;
- La projection des cash-flows générés par le contrat .

II.3.1 Description des caractéristiques du cas central

Nous allons à présent décrire les grandes étapes de la construction du modèle en nous aidant d'un cas central qui représentera la moyenne des caractéristiques des individus présents dans notre portefeuille afin d'illustrer les différents points énumérés. Les caractéristiques de cet individu moyen sont :

Tableau II.1 – Caractéristiques de l'individu moyen du portefeuille

Variable	Valeur
Sexe	Femme
Âge	60
Type de contrat (DP ou DPDT)	DT
Réseau	RS
Surprime	25%
Prime commerciale	700,68
Garantie souscrite	7 821,82
Fractionnement de la prime	12
Fractionnement de la rente	12
Frais de gestion	f%
Taux de commission	a%
Coûts de sinistre	s %

L'individu moyen est donc représenté par une femme âgée de 60 ans qui a choisi de souscrire à une garantie dépendance totale uniquement, à qui l'assureur attribue une surprime de 25%. Ce contrat a été apporté par le réseau RS et la prime commerciale annuelle est de 700,68 €. Pour cette prime commerciale, l'assurée attend une rente annuelle de 7821,82 € lorsqu'elle sera en dépendance. De plus, la prime sera perçue mensuellement par l'assureur.

Remarque : Il existe différents types de réseaux de distribution qui feront que les frais de gestion, les frais de sinistres et les commissions ne seront pas les mêmes. Dans notre cas nous avons trois réseaux de distribution :

- RS : Réseau salarié
- AGA ; Agent généraux
- A2P : Agent de prévoyance et de patrimoine.

II.3.2 Tarification

II.3.2.1 Calcul de la prime pure

On calcule la prime pure de rente à la souscription en x^* . Elle correspond à l'engagement de l'assureur de payer 1 € de rente en cas de dépendance totale. Elle correspond également au montant du sinistre moyen auquel devra faire face l'assureur pour le risque. Elle vaut donc la somme actualisée du capital constitutif d'un dépendant multiplié par la probabilité de survie d'un autonome et la survenance de la dépendance.

La prime pure de rente est donc égale à :

$$\pi_{x^*,\text{rente}} = \sum_{k=0}^{\infty} v^{k+1} \cdot {}_k p_{x^*}^a \cdot i_{x^*+k} \cdot a_{x^*+k,0}^i \quad \text{où } a_{x^*+k,0}^i = \sum_{t=0}^{+\infty} v^t \times p_{x^*+k,t}^i$$

est le capital constitutif d'une rente annuelle unitaire payable à terme échu, en r fractions annuelles, $x^* + k$ désignant l'âge d'entrée en dépendance et t la durée passée en dépendance.

Pour une rente en cas de dépendance totale :

$$a_{x,t}^{i(r),T} = \sum_{k=1}^{\infty} v^k \cdot p_{x^*+k}^{i,T}$$

Pour une rente en cas de dépendance partielle :

$$a_{x,t}^{i(r),PT} = \sum_{k=1}^{\infty} v^k \cdot p_{x+k}^{i,PT}$$

De plus, pour un contrat dépendance totale et partielle, l'on calcule la prime pure dans le cas de la dépendance partielle et la prime pure dans le cas de la dépendance totale et la prime totale du modèle sera égale à la moitié des deux primes calculées :

$$\Pi_x^{R,PT} = 50\% \cdot \Pi_x^{R,T} + 50\% \Pi_x^{R,P}$$

Remarque : Suite à la réglementation de l'UE sur la tarification unisexe en matière d'assurance, les assureurs Européens devront appliquer aux femmes et aux hommes des tarifs identiques pour des produits d'assurance identiques, sans distinction fondée sur le sexe.

II.3.2.2 Passage à la prime commerciale

Pour couvrir ses frais et les différentes charges, l'assureur calcule la prime commerciale en appliquant à la prime pure un certain taux de chargement qui prend en compte :

- les frais de gestion ;
- les coûts de réassurance ;
- la rémunération du capital.

La politique commerciale de certaines entreprises peut les pousser à prendre d'autres facteurs en compte tels que l'ancienneté de l'individu et son statut matrimonial pour calculer ce taux de chargement. Ce geste commercial les rend plus compétitifs sur le marché. Au final on a :

$$PAC = PP_{x,Rente}^{T,R} \frac{(1 + \text{FraisFrac}) \cdot (1 + \text{ssp}) \cdot (1 + \text{sst}) \cdot (1 - \text{réduction Promotionnelle}) \cdot (1 - \text{réduction couple})}{(1 - g)}$$

Par exemple, pour une prime commerciale de X euros payés annuellement par un assuré, il sera déduit a% de frais de gestion, b% de commission et c % de rémunération du capital de telle sorte qu'il restera la prime pure qui égale à (1-a-b-c)% de X. Cette prime représentera le montant du sinistre moyen auquel devra faire face l'assureur pour le risque dépendance.

Remarque : Dans la suite de notre étude, nous n'utiliserons pas les primes fournies par notre modèle mais plutôt celles établie par la Direction Marché Prévoyance. En effet, L'objectif de l'équipe "Rentabilité et réassurance" est d'évaluer la rentabilité du produit une fois la prime commerciale établie par la Direction Marché Prévoyance. Nous allons donc utiliser les primes fournies (primes réellement appliquées aux individus en 2018 et 2019) par cette direction dans le but d'obtenir de meilleurs résultats pour notre étude de rentabilité.

II.3.2.3 Projection de la prime commerciale

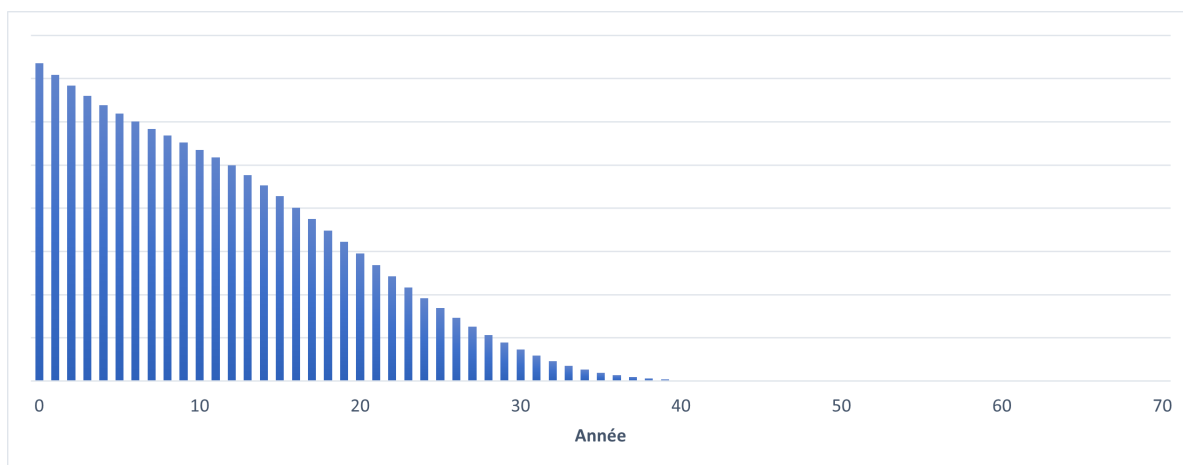
La rentabilité d'un contrat d'assurance doit être étudiée sur toute la durée de celui-ci (Primes, prestations, commissions, marges financières, coûts de gestions, provisions ...), ce qui nécessite de réaliser une projection de tous les cash flows futurs probables générés par le contrat qui correspond à des gains et à des pertes. Dans notre cas nous allons nous limiter à 70 ans. Ces cash flows sont donc inconnus à l'avance mais peuvent être estimés par l'assureur via des tables d'expérience ou des méthodes statistiques ou stochastiques.

Dans notre nouveau cas, nous allons projetés la prime reçue par la Direction Marché Prévoyance

(mentionné dans les caractéristiques du cas central plus haut dans le document) sur 70 ans.

La prime est projetée en supposant qu'elle est versée en début de période, à partir de la première année de projection (année 1) et jusqu'à la fin de projection par les personnes présentes dans le portefeuille en fin de période précédente (pris en compte des décès et des rachat total) et le montant peut être augmenté (indexation) ou réduit en fonction de l'expérience client constatée par produit.

Graphique II.4 – Projection de la prime commerciale du cas central sur 70 ans



Source : Note technique AXA

La représentation de la projection de la prime du cas central à la date de souscription (Graphique II.4) montre que celle-ci décroît au cours du temps car la projection des primes prend en compte la probabilité de survie des dépendants ainsi que la probabilité de résiliation. Et plus on avance dans le temps, la probabilité pour que l'individu meurt, résilie ou soit dépendant devient de plus en plus forte, donc la prime probable diminue également. Pour un portefeuille donné l'assureur se retrouve donc avec moins de cotisation au fil du temps.

II.3.3 Projection des prestations

II.3.3.1 Projection des prestations versées

L'une³ des hypothèses fortes de ce modèle est que la survenance de la dépendance se fait en milieu d'année. Dès lors, pour le calcul des prestations versées au cours de la première année, l'assureur ne prend en compte que les 6 premiers mois (les franchises éventuelles). Pour les années suivantes, il prend en compte dans le calcul, les 6 derniers mois de l'année précédente et les 6 premiers mois de l'année en cours. Le nombre de dépendants d'une année est donc égal à la moyenne

3. Toutes les formules énoncées dans ce document sont issues des notes techniques du modèle dépendance de l'équipe EEV et de l'équipe rentabilité et réassurance.

entre le nombre de dépendants en début de l'année en cours et le nombre de dépendants en fin de l'année précédente. En cas de dépendance de l'assuré, un délai de franchise est appliqué, il correspond à la durée entre le moment où la dépendance est médicalement constatée et le versement de la rente dépendance. Le marché applique généralement une franchise de trois mois qui laisse le temps à l'assureur de traiter le dossier. Les prestations se calculent comme suit :

Tableau II.2 – Tableau descriptif des calculs de prestations

$\forall x, k = 0$	$prest_{x,0} = \sum_{m=1}^6 1_{\text{franchise}} \times L_{x,0}^{i,m} \times v^{-\frac{m-1}{r}} \times \frac{1}{r}$
$\forall x, k = 1$	$prest_{x,1} = \left(\sum_{m=7}^{12} 1_{\text{franchise}} \times L_{x,0}^{i,m} \times v^{\frac{m-1}{r}} + \left(L_{x,1}^i \times b_i + L_{x,2}^i \times b_s \right) \times \frac{r}{2} \right) \times \frac{1}{r}$
$\forall x, 1 < k < 70$	$prest_{x,k} = \left(\left(L_{x,k-1}^i \times b_i + L_{x,k}^i \times b_s \right) \times \frac{r}{2v} + \left(L_{x,k}^i \times b_i + L_{x,k+1}^i \times b_s \right) \times \frac{r}{2} \right) \times \frac{1}{r}$

avec, $b_i = \frac{r-1}{2rv^{1/2}}$ et $b_s = \frac{r+1}{2r} \times v^{1/2}$

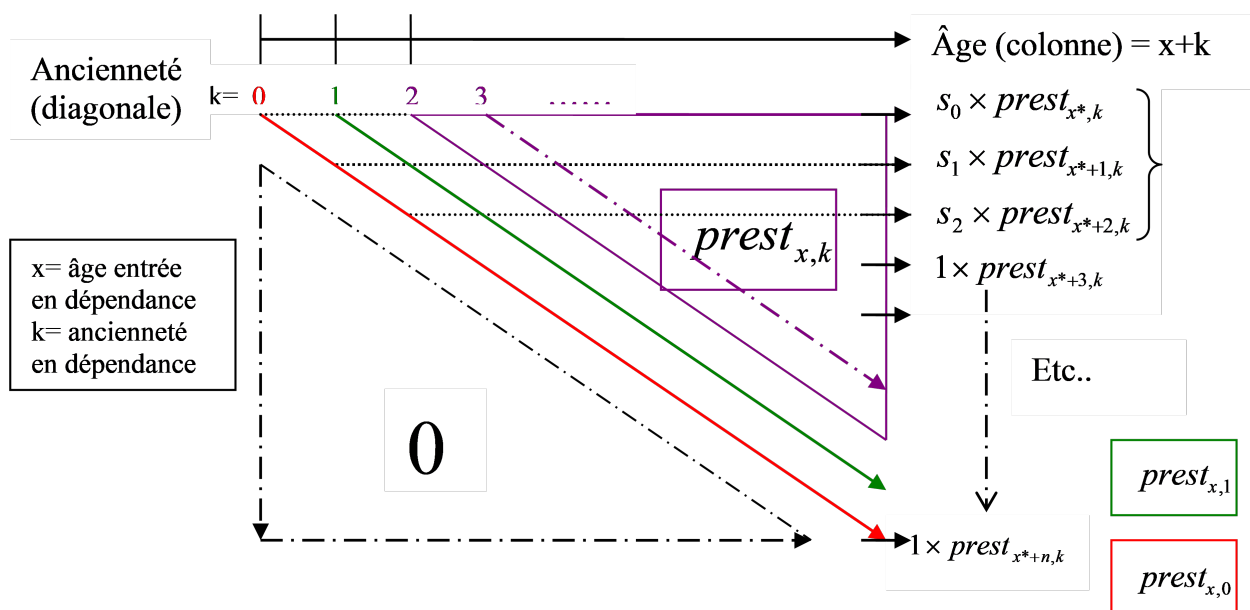
Remarque : Les projections se font sur 70 ans.

De plus, si l'on prend en compte les effets des délais de carence, les prestations à verser deviennent, en reprenant les notations précédentes (Graphique II.4) :

$$prest_{x,k} = \begin{cases} s_0 \times prest_{x^*,k} & \text{si } x=x^* \\ s_1 \times prest_{x^*+1,k} & \text{si } x=x^*+1; \\ s_2 \times prest_{x^*+2,k} & \text{si } x=x^*+2; \\ prest_{x,k} & \text{sinon} \end{cases}$$

Avec $s_0 = 10 \%$, $s_1 = 40 \%$ et $s_2 = 70 \%$

Graphique II.5 – Matrice triangulaire supérieure des prestations



Source : Note technique AXA

Par la suite, il faudra faire un produit matriciel entre cette matrice et la chronique des rentes que l'assuré percevra pour pouvoir obtenir les projections des garanties perçues par année. Cependant pour les assurés ayant rompu leur contrat avant 8 ans, il faudra prendre en compte la réduction. En effet, une personne entrée en dépendance dans l'année aura pour rente RM_t durant toute la durée de projection : la valeur de la rente reste inchangée du fait que la personne entrée en dépendance gardera toujours la même garantie.

Si l'assuré rompt son contrat et que son ancienneté est strictement inférieure à 8 ans, alors l'engagement assureur initialement provisionné se réduit à 0. Si l'assuré réduit avec une ancienneté supérieure à 8 ans, il pourra bénéficier lors de son passage en dépendance à une rente réduite.

Ainsi, pour les individus n'ayant pas résilié durant les 8 premières années, s'ils tombent en dépendance, la garantie moyenne s'élèvera à hauteur de celle initialement souscrite :

$$RM_0 = RM_1 = \dots = RM_8 = R$$

La garantie diffère ainsi à partir de la 10ème année et s'élève à :

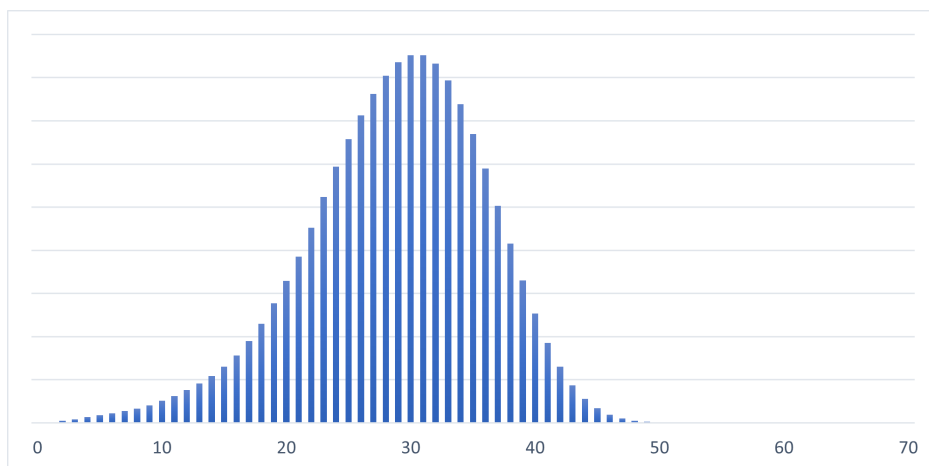
- Si l'assuré entre en dépendance en 9.5, la garantie moyenne s'élève à : $\begin{cases} R \text{ s'il n'a pas résilié en } 8,5 \\ Tx_8 \cdot R \text{ s'il a résilié en } 8,5 \end{cases}$
- Si l'assuré entre en dépendance en 10.5, la garantie moyenne s'élève à : $\begin{cases} R \text{ s'il n'a pas résilié en } 8,5 \\ Tx_8 \cdot R \text{ s'il a résilié en } 8,5 \\ Tx_9 \cdot R \text{ s'il a résilié en } 9,5 \end{cases}$

Dans ce cas on a :

$$RM_{10} = R \cdot \bar{c}_8 \cdot \bar{c}_9 + R \cdot Tx_8 \cdot c_8 + R \cdot Tx_9 \cdot \bar{c}_8 \cdot c_9$$

Lorsqu'on reprend l'exemple du cas central (Graphique II.6), on remarque que les prestations versées, augmentent progressivement dans un premier temps avant de décroître. En effet, les garanties versées aux assurés sont faibles les premières années car il y a très peu de sinistralités, les individus sont en général jeunes et ont de faibles chances d'entrer en dépendance ou de mourir. Au fur et à mesure que le temps avance, les sinistres augmentent avec l'accroissement de l'incidence puis baissent par la suite avec l'augmentation de la mortalité des individus.

Graphique II.6 – Projection des sinistres réglés pour le portefeuille moyen



Source : Auteur

II.3.3.2 Projection des prestations provisionnées

En vue de garantir la sécurité des assurés, la réglementation impose aux sociétés d'assurance de constituer des réserves (provisions techniques) à partir de tout ou d'une partie des primes ou d'un autre moyen de financement si celle-ci s'avérait insuffisante. Ces provisions leur permettront de régler les sinistres et constituent une dette envers les assurés. Les provisions se définissent alors

comme la différence entre les valeurs actuelles des engagements respectivement pris par l'assureur et par l'assurée.

Dans notre modèle nous constituons deux types de provisions :

- Les provisions pour risque croissant (PRC) : ce sont les provisions associées aux sinistres non encore survenus ;
- Les provisions mathématiques de rente.

Les provisions pour risque croissant (PRC) : Le risque de dépendance augmentant avec le temps. Il existe un écart entre la prime annuelle payée et la couverture du risque de l'année, d'où la nécessité de constituer une provision pour risque croissant (PRC). Dans les premières années du contrat, l'assureur perçoit des primes supérieures au risque assuré, laissant un excédent qui peut être mis de côté pour doter la PRC. Ces réserves seront utilisées plus tard, lorsque l'assureur sera confronté à des niveaux de risque plus élevés que les primes perçues, en raison d'une incidence accrue de la dépendance. Le calcul de cette réserve au cours de l'année t est basé sur la différence entre la valeur actuelle des engagements pris par l'assureur et par l'assuré. Elle n'est provisionnée que pour l'assuré vivant probable et valide.

$$PRC = \text{Engagement assureur} - \text{Engagement assuré}$$

- Engagement assureur à chaque pas de temps t pour un assuré d'âge x^* en $t = 0$:

$$\forall t \in N, \text{Eng}_{x^*}^{eur}(t) = p_{x^*}^{a,T,s} \cdot \left(\sum_{j=0}^{60} p_{x^*+j}^{a,T,s} \cdot i_{x^*+t+j} \cdot a_{x^*+t+j+\frac{1}{2}}^{i(r),df,T,s} \cdot v^j \right) \cdot R \cdot (1 + cr)$$

En prenant en compte la réduction on a :

$$\text{Eng}_{x^*}^{eur}(t) \text{ total} = \text{Eng}_{x^*}^{eur}(t) \cdot \left(\bar{c}_0 \cdot \bar{c}_1 \cdot \dots \cdot c_{t-1} + \frac{ptr_{t-1}}{p_x^{a,T,s}} \right)$$

- Engagement assuré

$$\text{Eng}_{x^*}^{\text{ré}}(x, m, s, PP) = PP_{x^*, \text{Rente}}^{T, R} \cdot \left(\sum_{j=0}^{\infty} v^j \cdot p_{x^*+j}^{a, T, s} - \frac{m-1}{2m} \right)$$

En prenant en compte la réduction on a :

$$\text{Eng}_{x^*}^{\text{ré}}(x, m, s, PP) = PP_{x, \text{Rente}}^{T, R} p_{x^*+t}^{a, c} \cdot \left(\sum_{j=0}^{\infty} v^j \cdot p_{x+j}^{a, T, s} - \frac{m-1}{2m} \right)$$

Les provisions mathématiques de rente : Il s'agit de la valeur actuelle probable des montants qui seront versés, sous forme de rentes, postérieurement à la clôture de l'exercice au titre d'événements qui se sont réalisés antérieurement à la clôture de l'exercice. On fait un produit matriciel entre le vecteur de la garantie souscrite et la table de calcul intermédiaire ci-dessus capitalisée en 1 an :

$$(PMR_{0+0.5}, \dots, PMR_{60+05}) = (R, \dots, R)_{(1,60)} \begin{pmatrix} p_{x^*}^a \cdot i_{x^*} \cdot p_{x^*+1/2,0}^f \cdot a_{x^*+1/2,1}^{i(r)T,df,s} \\ \vdots \\ p_{x^*+70}^a \cdot i_{x^*+70} \cdot p_{x^*+70+1/2,0}^f \cdot a_{x^*+70+1/2,1}^{i(r)T,df,s} \end{pmatrix}$$

Ce qui nous permet d'obtenir à chaque pas de temps $t \in \mathbb{N}$

$$PMR_{t+0.5} = \left(\sum_{j=0}^{70} 1_{j < t} \cdot p_{x^*+j}^{a, T, s} \cdot i_{x^*+j} \cdot a_{x+j+1/2, t-j}^{i(r)T, df, s} \right) \cdot R$$

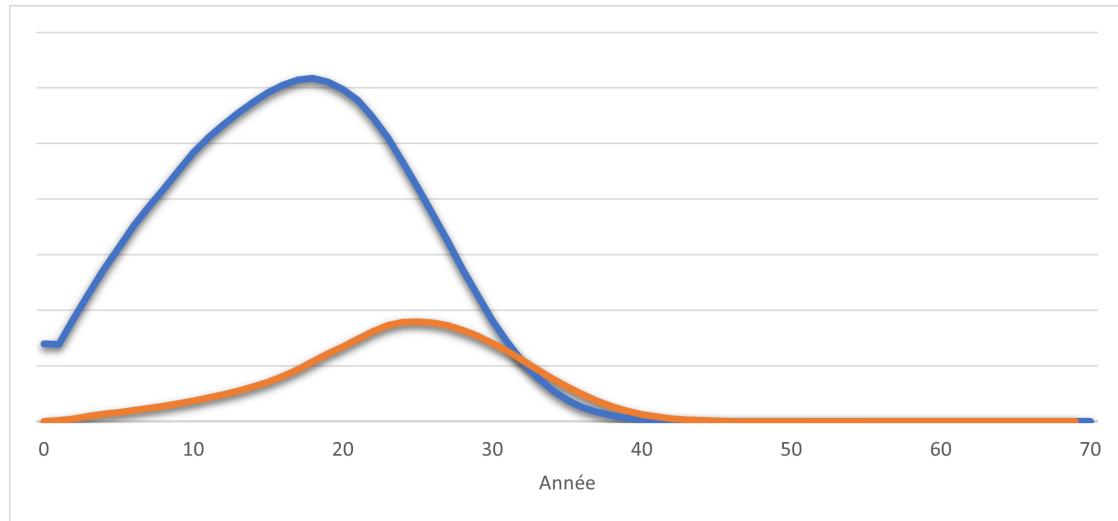
Pour prendre en compte la réduction, on remplace le montant de la rente souscrite par celui de la rente réduite calculée plus haut.

$$(PMR_{0+0.5}, \dots, PMR_{60+05}) = (GM_0, \dots, GM_{70})_{(1,70)} \begin{pmatrix} p_{x^*}^a \cdot i_{x^*} \cdot p_{x^*+1/2,0}^f \cdot a_{x^*+1/2,1}^{i(r)T,df,s} \\ \vdots \\ p_{x^*+70}^a \cdot i_{x^*+70} \cdot p_{x^*+70+1/2,0}^f \cdot a_{x^*+70+1/2,1}^{i(r)T,df,s} \end{pmatrix}$$

Ce qui nous permet d'obtenir à chaque pas de temps t , $t \in \mathbb{N}$:⁴

$$PMR_{t+0.5} = \left(\sum_{j=0}^{70} 1_{j < t} \cdot p_{x^*+j}^{a,T,s} \cdot i_{x^*+j} \cdot a_{x+j+1/2,t-j}^{i(r)T,df,s} \cdot GM_j \right)$$

Graphique II.7 – Projection des PMR et des PRC pour le portefeuille moyen



Source : Auteur

Le graphique II.7 représente la projection des provisions (PRC, PMR) au cours du temps du cas central. On observe que les courbes des deux provisions ont sensiblement la même allure. En effet, elles croissent dans un premier temps avant de décroître par la suite. Ce qui est logique vu que les premières années l'assureur constitue des provisions afin de pouvoir les utiliser plus tard lorsqu'il ne recevra plus de primes suffisantes pour couvrir le montant des sinistres qui surviennent.

II.3.4 Projection des résultats

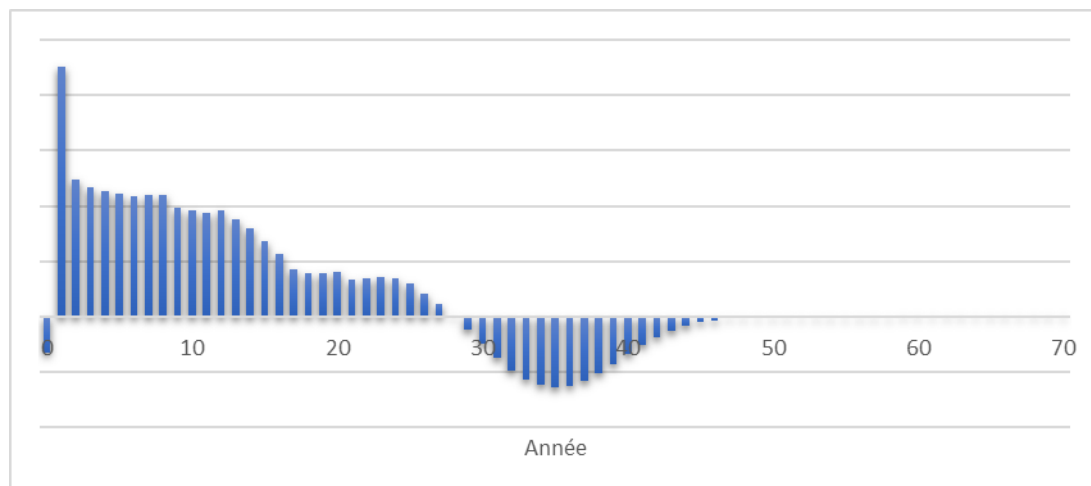
Suite aux calculs des prestations, du tarif et des provisions, la prochaine étape va consister à retrouver les résultats statutaires (Statutory Earnings) qui représentent les résultats après impôts générés par un produit, en tenant compte de l'ensemble des marges (provenant essentiellement de la marge financière et des chargements) et coûts (commissions payées aux distributeurs et participation aux frais généraux de l'entreprise).

Le résultat statuaire avant impôt sera donc égal à :

$$\mathbf{Résultat}_t = \mathbf{Prime commerciale}_t + \mathbf{Pfi}_t - \mathbf{Prestations}_t - \mathbf{coût}_t - \mathbf{commissions}_t - \mathbf{\Delta provisions}_t$$

4. En ce qui concerne les contrats de dépendance partielle et totale (DPDT), le tarif ainsi que les prestations sont obtenues en prenant 50% des résultats obtenus avec le calcul des lois en dépendance totale et 50% des résultats obtenus avec le calcul des lois en dépendance partielle.

Graphique II.8 – Projection des résultats pour le portefeuille moyen



Source : Auteur

Par exemple, dans notre cas central, les résultats statutaires peuvent être subdivisés en 3 phases :

- une première phase caractérisée par les résultats de la première année qui sont négatifs. En effet, le résultat de la première année appelée « Strain » est généralement négatif à cause des frais d'acquisition élevés et du coût du capital immobilisé en début de contrat ;
- une deuxième phase caractérisée par les résultats des 30 années suivantes. Ces résultats sont positifs car pendant cette période la prime probable est élevée par rapport à la sinistralité probable ;
- une dernière phase, où l'on retrouve des résultats négatifs à cause de hausse de la probabilité d'entrée en dépendance. Cependant, ils tendent à s'annuler car le taux de mortalité tend pratiquement vers 1 .

II.4 Description des indicateurs de rentabilité

II.4.1 New Business Value (NBV)

La NBV est la valeur attendue d'un nouveau produit pour l'actionnaire. Cette valeur correspond à la somme actualisée des résultats statutaires de l'année 0 à la fin de la projection.

Schématiquement, la NBV se compose de deux termes :

- Le Strain : résultat statutaire de l'année 0, généralement négatif (commissions et coûts) ;
- La VIF (Value of Inforce) : valeur du portefeuille une fois le produit lancé qui correspond à la somme actualisée des résultats statutaires de l'année 1 à la fin de la projection.

La NBV peut donc s'exprimer comme suit :

$$NBV = \text{Strain} + \text{VIF}$$

On pourra ensuite utiliser l'Annualized Premium Equivalent (APE) pour former des indicateurs de rentabilité en taux, permettant ainsi de comparer la rentabilité de produits ayant des niveaux de primes différents. En effet, L'APE est l'équivalent d'une année de prime. On calcule alors la NBVm (NBV Margin) qui est la NBV rapportée à l'APE :

$$NBVm = \frac{NBV}{APE}$$

Dans le cas central, nous allons prendre une APE équivalente à la moyenne de 10 premières années de prime. APE est égal à 685,76 €. Nous obtenons une NBV positive de 3206,87 € et une NBV margin de 467% pour ce contrat. Ce qui signifie que pour chaque euro cotisé par le client, l'assureur réalise, sur l'ensemble de la durée de vie du contrat 4,67 € de bénéfices nets. De plus, la rentabilité attendue par l'entreprise équivaut à NBVmargin de 100%. Au final, l'objectif de rentabilité est atteint dans ce cas.

Dans la suite de notre document nous allons essentiellement nous concentrer sur cet indicateur néanmoins il existe d'autres indicateurs de rentabilité tels que l'indicateur de retour du capital, le Risk margin, etc que nous décrirons brièvement dans cette partie.

II.4.2 Indicateur de Retour du Capital (IRR)

À l'inverse de la NBV, l'IRR s'appuie sur les résultats distribuables, c'est-à-dire de prendre en compte le capital immobilisé (ainsi que produits financiers et impôts sur ce capital). C'est le taux de rendement global d'un produit. C'est donc le taux avec lequel il faut actualiser les résultats distribuables pour compenser l'investissement initial.

L'IRR est le taux de rendement d'un portefeuille de contrats pour :

- Comparer différents produits au regard de leur durée de vie et du résultat initial ;
- Prendre en compte le coût du capital à immobiliser (ignoré par la NBV).

En notant CF_t les cash-flows en année t , l'IRR se définit alors comme suit :

$$\sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} = 0$$

L'IRR est très pénalisé par le Strain. Par ailleurs, il a l'inconvénient de ne pas tenir compte du coût des options et garanties et de ne pas être stochastique.

Remarque : Les résultats distribuables dégagés annuellement sont la différence de deux termes :

- les résultats statutaires ;
- le coût du capital CoC : les flux de capital immobilisé + Produits financiers et impôts associés.

$$CoC_t = \Delta(\text{Capital Immobilisé}) - Pfi_t^{\text{Capital Immobilisé}} + Impot_t^{\text{Capital Immobilisé}}$$

Ainsi, le calcul du CoC va nécessiter le capital défini par la réglementation solvabilité II : SCR (Solvency Capital Required) en formule standard, STEC en modèle interne AXA.

II.4.3 Solvency Capital Required (SCR)

Le SCR représente le montant des fonds propres dont doit disposer la compagnie pour faire face à une ruine économique à horizon 1 an et au niveau 99,5%.

Le SCR est obtenu par une approche modulaire : via une matrice de corrélation, on agrège les montants des pertes économiques produites par un choc sur chacun des modules de risque auquel la compagnie est exposée.

Dans notre cas, nous utiliserons trois grands modules de SCR :

- SCR Technique (ici, SCR Vie);
- SCR Marché;
- SCR Crédit.

On aura :

$$SCR_t = \begin{pmatrix} & \text{Life} & \text{Market} & \text{Credit} \\ \text{Life} & 1 & 0.5 & 0.25 \\ \text{Market} & 0.5 & 1 & 0.25 \\ \text{Credit} & 0.25 & 0.25 & 1 \end{pmatrix}$$

Dans ce mémoire, nous ne nous intéressons qu'au calcul du SCR vie car le SCR marché et Crédit sont calculés par une autre équipe.

SCR vie

Les composantes du SCR se calculent comme l'écart entre la VIF avant impôts en "Base Case" (méthode classique permettant de déterminer la NBV) et la VIF choquée (différents chocs appliqués indépendamment ce qui donne de nouveau résultat).

Ces chocs sont :

- Longévité 1 et 2 : Ce choc consiste à impacter les lois de mortalités des autonomes et des dépendants. Par exemple, l'on peut souhaiter calculer la VIF si la mortalité des autonomes diminuait de 10% et celle des dépendants de 10% ;
- Disability : Ce choc consiste à modifier la loi d'incidence c'est-à-dire la probabilité d'entrer en dépendance ;
- Expense : Ce choc agit sur les frais de gestion des contrats ;
- Lapse Mass, Lapse UP, Lapse Down : Ces trois chocs s'appliquent sur le taux de sortie des individus c'est à dire sur la probabilité de rachat des individus.

Une fois ces différents sous-modules calculés, on les agrège pour obtenir le SCR_{vie} à l'aide d'une matrice de corrélation M^5 utilisée dans le modèle interne d'AXA. Le SCR_{vie} est donné par :

$$SCR_{vie} = \sqrt{SCR^T \times M \times SCR}$$

Avec

$$SCR = \begin{pmatrix} SCR_{mortalite} \\ SCR_{longevite} \\ SCR_{rachat} \\ SCR_{incidence} \\ SCR_{frais} \\ SCR_{massif} \end{pmatrix}$$

En plus des différents chocs, la NBV choquée sera également modifiée par l'ajout de différents "managements actions" qui sont directement liés au choc exécuté. Si l'on applique la longévité 1 qui implique par exemple une diminution du taux de mortalité des autonomes et des dépendants de 5%, on peut par la suite décider comme "management action" d'augmenter le tarif de 2% sur un certain nombre d'années à partir du moment où l'on constate ce changement.⁶ En effet, l'intégration des actions de gestion dans le calcul du SCR doit répondre à plusieurs critères :

5. Par soucis de confidentialité nous ne donnerons pas la matrice dans ce document

6. Les chiffres exacts et plus de détails de calcul ne sont pas mentionnés dans le document pour une question de confidentialité.

- Objectivité : détermination d'un plan d'action compréhensible qui explique les raisons pour lesquelles le changement a été fait ;
- Faisabilité : il ne doit pas avoir d'interaction entre le plan décrit et les termes du contrat ou les lois en vigueur ;
- Réalisme : les changements envisagés doivent être réalisables et en adéquation avec la stratégie globale de l'assureur. Leurs pertinences peuvent être justifiées par les résultats et actions passées ;

L'établissement d'un plan d'action nécessite la validation des dirigeants. Par conséquent, les actions de gestion sont spécifiques à chaque entreprise. En cas de dépendance, l'assureur a la possibilité de revoir les primes payées par l'assuré si les résultats techniques le justifient. Vous pouvez également modifier en cours de contrat le barème de réduction des garanties en cas de résiliation après huit ans de service. Cette échelle n'est pas garantie à la signature du contrat.

II.4.4 Market Value Margin(MVM)

La MVM (Market Value Margin) appelée également Risk Margin sous S2 représente le coût du capital non couvrable à mobiliser pour toutes les années futures. Elle peut se définir comme le montant supplémentaire que demanderait un agent extérieur pour reprendre le business en run-off. En plus des réserves qui reflètent l'engagement de l'assureur envers les assurés, l'assureur s'expose également à immobiliser un certain capital économique (SCR) pour faire face aux imprévus. Cette immobilisation de capital représente un coût d'opportunité. Il y a perte financière par rapport aux performances du marché que génère l'immobilisation prudente de capitaux.

Pour estimer cette perte, on évalue le spread de rentabilité et on l'applique à la valeur présente du capital technique et opérationnel (hors capital associé aux risques de marché et de contrepartie, car ces risques sont couvrables via des instruments financiers) immobilisé sur toute la durée de la projection. On évalue le spread de rentabilité (ou coût d'opportunité) à 6%.

$$MVM_t = 6\% \times \sum_{k=t}^{70} \frac{SCR_{Tech}}{(1+i)^k}$$

En règle générale, pour projeter le STEC et en déduire la MVM, on utilise des drivers pour éviter un

temps de calcul trop important (car on devrait sinon faire du stochastique dans du stochastique pour déterminer les valeurs projetées de SCR à chaque pas de temps).

II.4.5 Life Economic Combined Ratio (ECR)

la NBV et l'IRR peuvent parfois donner des messages antagonistes, ce qui rend la prise de décision compliquée.

Une nouvelle métrique a été créée pour simplifier la prise de décision : il s'agit du **Life Economic Combined Ratio (ECR)**, qui tient compte à la fois du coût des options et garanties et du coût d'immobilisation du capital. Un dépassement du seuil de 100% équivaut à une perte pour AXA.

- Chapitre III -

Exploration des données

Ce chapitre exposera les statistiques descriptives qui auront pour objectif d'une part de donner une vision globale sur la répartition de notre portefeuille, et d'autre part permettront de mieux s'imprégner des caractéristiques des individus afin de pouvoir dégager des premières pistes d'explications intéressantes pour notre variable cible.

III.1 Présentation des données

Les données soumises à notre étude proviennent de la base client AXA. Nous étudierons les données des individus ayant souscrit à un nouveau contrat dépendance en 2018 et en 2019. La base 2018 contient 285 lignes, celle de l'année 2019 comprend quant à elle 251 lignes. Il faut également noter que chaque ligne de la base forme un modèle point, c'est-à-dire qu'une ligne est une moyenne de caractéristiques d'un groupe d'individus. Les deux bases de données comprennent 13 variables qui sont décrites dans le tableau ci-dessous.

Remarque : La NBV et la NBV margin ont été obtenues grâce au modèle dont la construction a été exposée dans la partie II.

Tableau III.1 – Tableau de description des variables

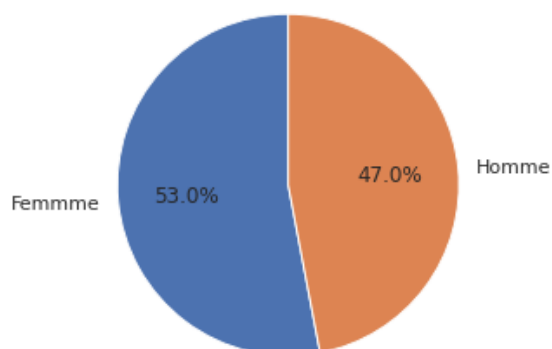
Variables	Descriptions
Produit	Produit choisi (soit la garantie DT : dépendance totale seule ou la garantie DTDP : dépendance partielle + dépendance totale)
Age	Age de l'assuré
Sexe	Sexe de l'assuré
Réseau	Distributeur par laquelle le contrat a été obtenu. (AGA, RS, A2P)
Fractionnement prime	Fractionnement de la prime (mensuel, trimestriel, semestriel, annuel)
PAC	Prime commerciale
Emissibilité	Prime commerciale effectivement collecté à l'année n
PP	Prime pure
Surprime permanent	Surprime permanent
Surprime temporaire	Surprime temporaire (est nulle dans nos deux bases de données)
Rente	Montant de la garantie souscrite
NBV	NBV
NBV margin	NBV/APE

III.2 Statistiques descriptives

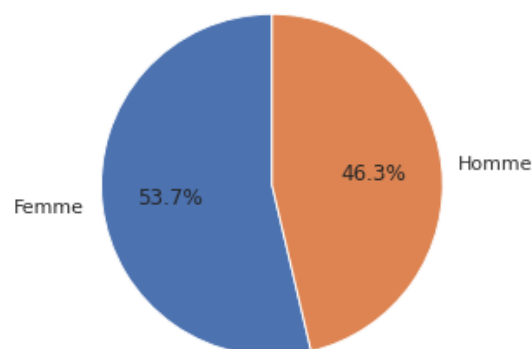
Dans les deux bases la répartition des hommes et des femmes est sensiblement identique.

Graphique III.1 – Répartition des assurés en fonction de leur sexe en 2018 et en 2019

Répartition des assurés en fonction de leur sexe en 2018



Répartition des assurés en fonction de leur sexe en 2019

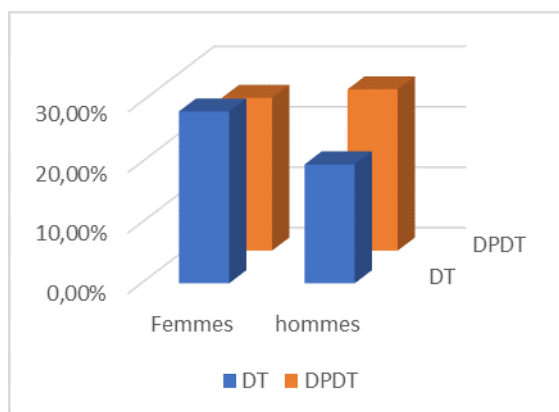


Source : Auteur

Le graphique précédent montre que les femmes sont plus représentées que les hommes, nous avons environ 53% de femme contre 47 % d'hommes. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les femmes vivent plus longtemps que les hommes. De ce fait, elles seront plus enclines à subir d'énormes charges sur une longue période lorsqu'elles seront dans un état de dépendance.

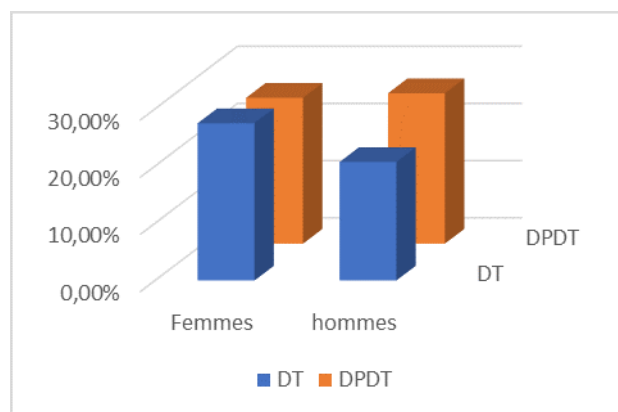
De plus, les graphiques III.2 et III.3 montrent que les hommes sont plus enclins à choisir la garantie DPDT que DT et que les femmes souscrivent à proportion quasi égale aux deux types de garantie.

Graphique III.2 – Répartition du nombre d'individus par sexe et par produit pour l'année 2018



Source : Auteur

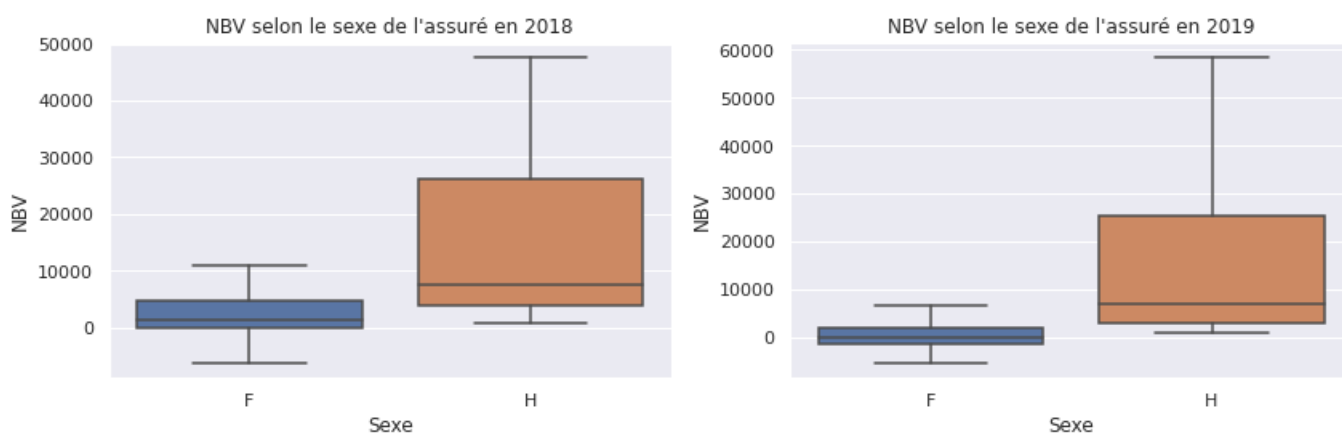
Graphique III.3 – Répartition du nombre d'individus par sexe et par produit pour l'année 2019



Source : Auteur

Cependant, l'analyse des boxplots de la NBV par sexe (voir Graphique VI.4), montre que les femmes ont en général une NBV plus faible que celle des hommes sur les deux années.

Graphique III.4 – Box plots de la NBV margin selon le sexe de l'assuré en 2018 et en 2019



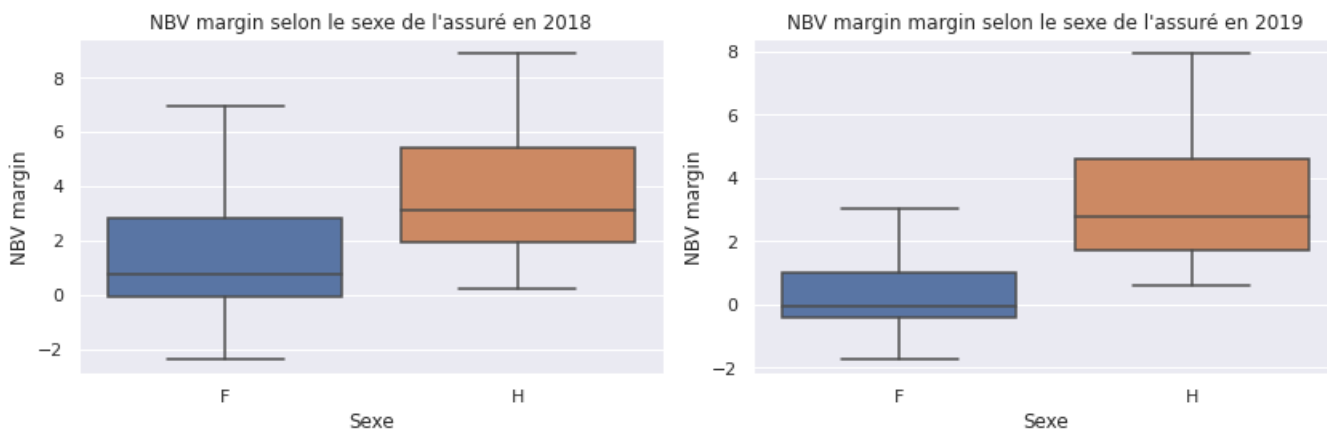
Source : Auteur

La répartition de la NBV est assez similaire en 2018 et en 2019. Elle est moins dispersée chez les femmes que chez les hommes. Chez ces dernières, quoique la médiane soit proche de zéro, plus de 75% ont une NBV>0. A contrario, chez les hommes la bonne inférieure est supérieure à 0, ce qui signifie que tous les contrats souscrits par des hommes sont rentables.

Lorsque nous éliminons l'effet de la prime sur l'indicateur de rentabilité en faisant le rapport de la NBV et l'APE, les dispersions augmentent chez les femmes et diminuent chez les hommes.

De plus, les souscriptions faites en 2018 donnent de meilleurs résultats que celles de l'année 2019 car le box plot (Graphique III.5) de l'année 2018 est plus haute dans le repère que celui de l'année 2019. En effet, nous avons 27,49% des contrats qui sont non rentables (NBV<0) en 2018 contre

Graphique III.5 – Box plots de la NBV margin selon le sexe de l’assuré en 2018 et en 2019

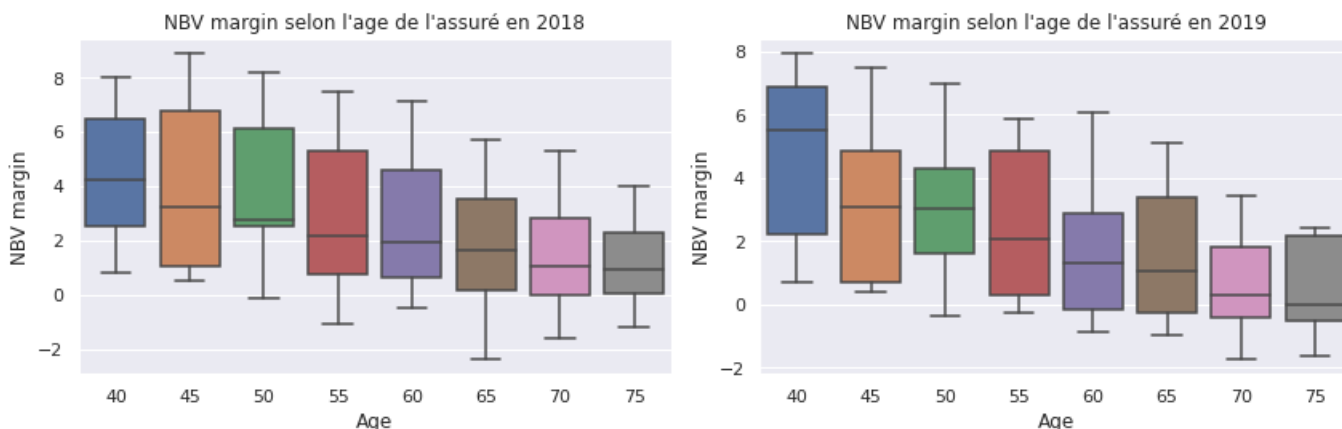


Source : Auteur

seulement 14,73% non rentables en 2018. Cependant nous ne pouvons pas nous prononcer chez les hommes car la dispersion est quasiment identique les deux années.

L’âge à la souscription du contrat dans la base est compris entre 40 et 70 ans et les modèles points formés initialement font que l’âge est représenté par pas de 5. Les individus les plus représentés sont ceux de 60 ans (19%) et 65 ans(19%) et les moins représentée sont ceux de 40 ans qui sont seulement 4% dans la base de données. (Annexe B)

Graphique III.6 – Box plots de la NBV margin selon l’âge de l’assuré en 2018 et en 2019



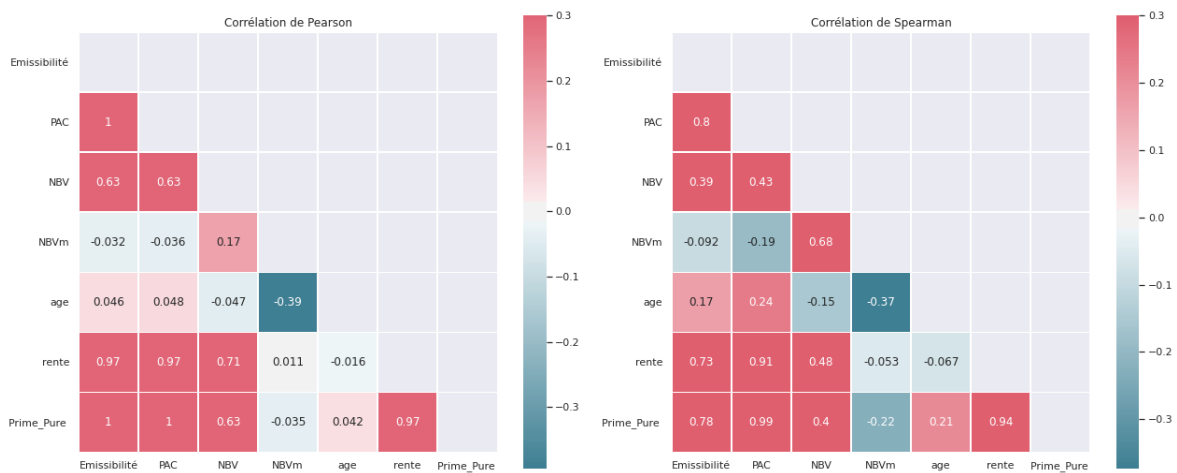
Source : Auteur

En analysant les box plots de la NBV margin (Graphique III.6) selon l’âge, nous pouvons voir que la dispersion de la NBV margin est beaucoup plus élevée chez ceux qui souscrivent au contrat en étant plus jeune. Aussi, plus les individus sont jeunes à la souscription du contrat plus la NBV est élevée.

III.3 Analyse en composante Principale (ACP)

Avant d'effectuer l'ACP nous testons les corrélations existantes entre les différentes variables. Les calculs des corrélations ont été faits selon les méthodes de Pearson et Spearman. En effet, Pearson évalue la relation linéaire entre deux variables continues c'est-à-dire la modification de l'une des variables est associée à une modification proportionnelle de l'autre variable. Tandis que la corrélation de Spearman évalue la relation monotone entre deux variables. Les variables ont tendance à changer ensemble, mais pas forcément de manière proportionnelle.

Graphique III.7 – Matrice de corrélation de l'année 2018



Source : Auteur

Graphique III.8 – Matrice de corrélation de l'année 2019



Source : Auteur

Le calcul de la matrice des corrélations permet d'analyser les relations bilatérales existant entre les différentes variables quantitatives. Ici, la matrice permet par exemple d'observer des relations positives entre plusieurs variables mais également les relations négatives entre d'autres variables qui sont notifiées ci-dessous :

- **Corrélation positive**

- Prime pure et prime commerciale
- Prime pure et Emissibilité
- Prime pure et rente
- Prime pure et NBV
- Rente et prime commerciale
- Rente et la NBV
- NBV et la prime commerciale

- **Corrélation négative**

- Âge et NBV margin

Toutes ces corrélations entre variables vont conditionner la composition des axes factoriels dont le sens et la signification s'interpréteront en fonction de leurs corrélations avec chaque variable.

De plus, les résultats des matrices de corrélation de 2018 et 2019 nous montrent (Graphique III.7 et Graphique III.8) qu'il existe une forte corrélation entre l'émissibilité, la prime pure, la prime commerciale et le montant de la garantie souhaitée (rente attendue). Ce résultat nous emmène à sélectionner qu'une de ces variables dans nos différentes régressions pour éviter les problèmes de multicolinéarité.

III.3.1 Choix du nombre d'axe factoriel à interpréter

Il existe trois principales méthodes qui permettent de déterminer le nombre d'axes factoriels :

- le critère de KAISER : Selon ce critère, il faut retenir les axes pour lesquels la valeur propre est supérieur à 1.
- le critère d'information suffisante : il faut retenir les axes pour lesquels le taux d'inertie cumulé est supérieure à 80%.
- le critère du coude : On observe souvent de fortes valeurs propres au départ puis ensuite de faibles valeurs avec un décrochage dans le diagramme. On retient les axes qui précèdent le « coude ».

Tableau III.2 – Tableau des valeurs propres et des variances associé aux axes factoriels

Eigen value	percentage of variance	cumulative percentage of variance
4,96	61,95	61,95
1,19	14,84	76,79
0,95	11,92	88,71
0,86	10,78	89,71
0,04	0,45	99,93
0,00	0,06	99,99
0,00	0,00	100
0,00	0,00	100

Chaque ligne du tableau III.2 représente les résultats associés à un axe factoriel (ici, il y a $p=8$ axes factoriels), la première colonne donne les valeurs propres de la matrice associées à chaque axe, la deuxième colonne donne le taux d'inertie expliquée par l'axe et la dernière le taux d'inertie cumulé (c'est-à-dire expliqué par le sous-espace constitué par l'axe et les précédents).

Nous constatons que les deux premiers axes ont des valeurs propres supérieures à 1 donc selon le critère de Kaiser il faudrait retenir les deux premiers axes factoriels. Cependant selon le critère d'information suffisante il faudrait retenir les trois axes car le taux d'inertie cumulée des premiers axes est inférieur à 80%. Aussi vu que la valeur propre du troisième axe est proche de 1 nous allons retenir les trois premiers axes pour la suite de notre analyse.

III.3.2 Interprétation des axes factoriels

L'interprétation des axes factoriels se fera de manière séquentielle : on commencera par interpréter séparément chaque axe.

L'interprétation de chaque axe factoriel retenu se fait à l'aide des contributions des points à l'inertie de cet axe ainsi que de la qualité de la représentation (\cos^2).

III.3.2.1 Nuage des variables

- **Axe1**

Plusieurs variables contribuent fortement à la formation de l'axe 1. Ce sont Emissibilité avec 20,10% de contribution, la prime commerciale (20,12%), la prime pure (20,13%), la rente (19,49%) et l'APE (20,04%). Intéresserons-nous maintenant à la qualité de représentation de chaque individu à travers le \cos^2 . En effet, Un \cos^2 élevé indique une bonne représentation de la variable sur les axes principaux en considération et un faible \cos^2 indique que la variable n'est pas parfaitement représentée par les axes principaux. De plus, on remarque généralement que les variables les

Tableau III.3 – Tableau récapitulatif des résultats des variables de l'axe 1

Variables	Dim.1	ctr	cos2
Emissibilité	0,998	20,109	0,997
PAC	0,999	20,121	0,997
Prime pure	0,999	20,126	0,997
NBV	0,059	0,070	-0,003
NBVm	-0,006	0,001	0,000
Age	0,042	0,036	0,002
APE	0,997	20,045	0,993
Rente	0,983	19,493	0,966

Source : Auteur

mieux représentées sont aussi celles qui contribuent le plus à la formation des axes. Cette qualité de représentation peut être observée graphiquement. En effet, plus un point est éloigné de l'origine, meilleure est sa représentation et plus grand a été son rôle dans la détermination de l'axe. Comme on peut le voir par exemple avec APE et la NBV margin sur le graphe des variables formé par l'axe 1 et 3 (Graphique III.9). De plus, on remarque que Emissibilité, la prime commerciale la prime, la rente, et l'APE sont corrélés positivement.

- **Axe2**

Tableau III.4 – Tableau récapitulatif des résultats des variables de l'axe 2

Variables	Dim.2	ctr	cos2
Emissibilité	-0,016	0,027	0,000
PAC	- 0,015	0,023	0,000
Prime pure	-0,017	0,029	0,000
NBV	0,669	47,004	0,448
NBVm	0,021	0,047	0,000
Age	0,710	52,838	0,504
APE	-0,006	0,003	0,000
Rente	-0,0016	0,028	0,000

Source : Auteur

Les variables qui contribuent fortement à la formation de l'axe 2 sont la NBV (29,17%), la NBV margin(42,58%) et l'âge (27,97%) et ce sont ces mêmes variables qui sont les mieux représentées sur ses axes. De plus, la variable âge est corrélée négativement à l'axe tandis que la NBV et la NBV margin est corrélée positivement.

- **Axe3**

Tableau III.5 – Tableau récapitulatif des résultats des variables de l'axe 3

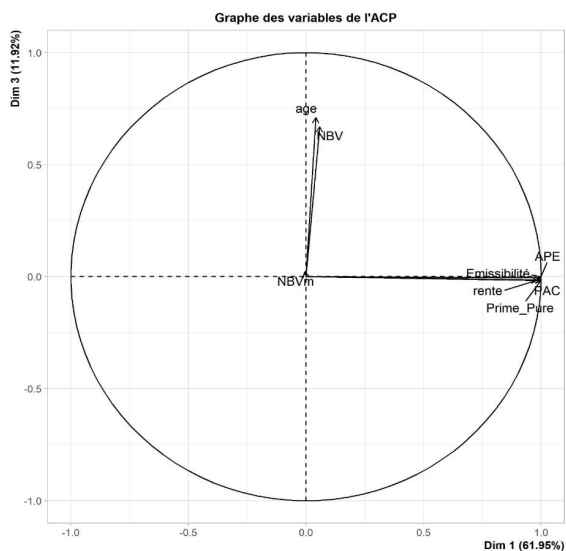
Variables	Dim.1	ctr	cos2
Emissibilité	0,998	20,109	0,997
PAC	0,999	20,121	0,997
Prime pure	0,999	20,126	0,997
NBV	0,059	0,070	-0,003
NBVm	-0,006	0,001	0,000
Age	0,042	0,036	0,002
APE	0,997	20,045	0,993
Rente	0,983	19,493	0,966

Source : Auteur

Seul les variables NBV et âge contribuent fortement à la formation de l'axe 3 et ce sont ces mêmes variables qui sont les mieux représentés sur ses axes. De plus ces deux variables sont corrélées positivement.

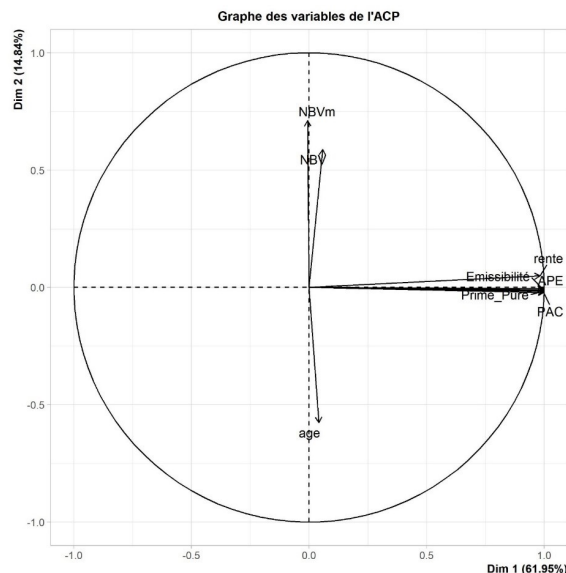
Au final, On peut voir que toutes les variables quantitatives ont une certaine importance dans notre base car elles participent toutes à la formation d'un axe.

Graphique III.9 – Nuage des variables de l'ACP en dimension 1 et 3



Source : Auteur

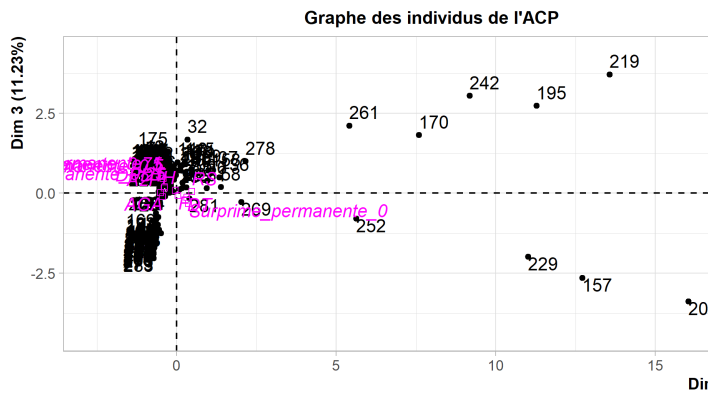
Graphique III.10 – Nuage des variables de l'ACP en dimension 1 et 2



Source : Auteur

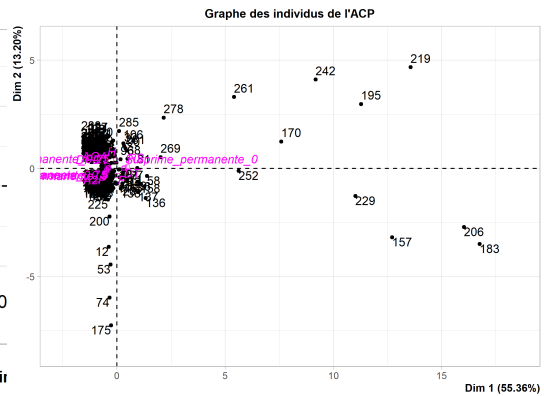
III.3.2.2 Nuage des individus

Graphique III.11 – Nuage des individus de l’ACP en dimension 1 et 3



Source : Auteur

Graphique III.12 – Nuage des individus de l’ACP en dimension 1 et 2



Source : Auteur

Dans ce cas de figure, nous remarquons que les individus sont trop nombreux pour pouvoir fournir une information cohérente. Néanmoins, nous remarquons que la plupart des individus ne sont pas bien représentés dans les plans (1,2); (1,3). En effet, plus un point est éloigné de l’origine, meilleure est sa représentation et plus grand a été son rôle dans la détermination de l’axe. Comme on peut le voir sur les graphiques ci-dessous, la plupart des points sont proches de l’origine.

- Chapitre IV -

Étude de la sensibilité de la New business value (NBV)

L'un des principaux objectifs de notre modèle est de mettre en place des indicateurs de rentabilité pour évaluer si les nouveaux contrats d'assurance dépendance sont rentables ou encore d'être capable d'estimer la rentabilité d'un nouveau produit avant sa commercialisation. L'indicateur principal calculé dans notre modèle est la New Business Value (NBV). Dans ce chapitre, nous allons étudier la sensibilité de la NBV à différents changements techniques et contractuels.

IV.1 Résultats du modèle de rentabilité

Dans cette section nous allons reprendre notre cas central vu dans le chapitre II. et nous allons faire varier certaines de ses caractéristiques afin d'étudier la sensibilité de la NBV à ces changements. Nous rappelons les différentes caractéristiques du cas central ci dessous :

Tableau IV.1 – Caractéristiques de l'individu moyen du portefeuille

Variable	Valeur
Sexe	Femme
Âge	60
Type de contrat (DP ou DPDT)	DT
Réseau	RS
Surprime	25%
Prime commerciale	700,68
Garantie souscrite	7 821,82
Fractionnement de la prime	12
Fractionnement de la rente	12
Frais de gestion	f%
Taux de commission	a%
Coûts de sinistre	s %

La NBV obtenue avec ce cas central est positive (3206,8 €), la NBV margin de 4,67 . Ce qui

signifie que pour chaque euro cotisé par le client, l'assureur réalise, sur l'ensemble de la durée de vie du contrat 4,67 € de bénéfices nets. De plus, la rentabilité attendue par l'entreprise équivaut à NBVmargin de 100% (NBVm=1). Au final, l'objectif de rentabilité est atteint dans ce cas.

IV.2 Sensibilité de la rentabilité du contrat à la variation de certains paramètres du portefeuille

Nous allons étudier l'impact du changement de certains paramètres du portefeuille moyen sur les indicateurs de rentabilité

IV.2.1 Sensibilité de la rentabilité à la variation du sexe

Nous supposons que l'individu moyen du portefeuille est un homme au lieu d'être une femme toutes choses égales par ailleurs.

Tableau IV.2 – Sensibilité de la NBV suite à la variation du sexe

	NBV margin	Ecart vs.scénario central
Scénario central(Femme)	4.67	
Homme	6.35	48.27%

Source : Auteur

Dans un premier temps, lorsque la variable "sexe" est changée dans le scénario central, la NBV évolue de 48%. Toutes choses égales par ailleurs, le fait d'être un homme améliore la rentabilité du contrat par rapport au fait d'être une femme.

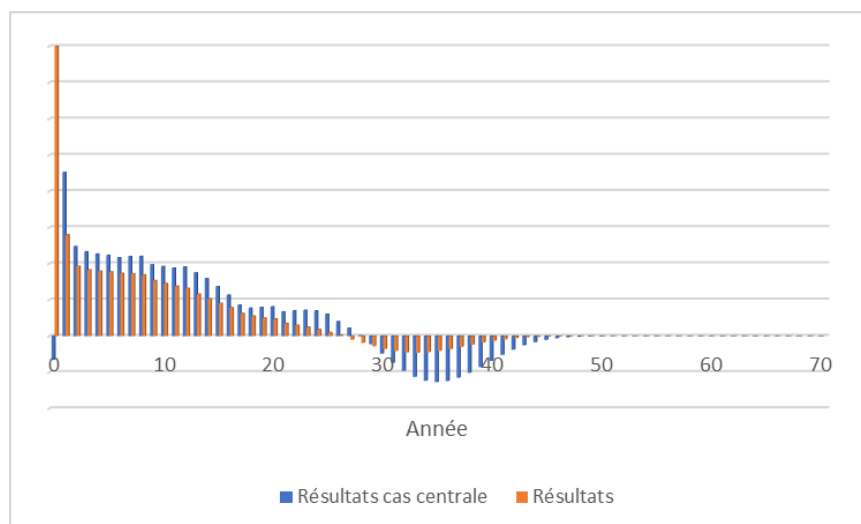
Dans un second temps, on remarque que dans ce scénario, le Strain est positif, ce résultat est principalement dû au fait que les PRC de la première année sont négatives et très élevées (Graphique IV.1). De plus, les résultats décroissent au fur et à mesure que le temps s'écoule avant de s'annuler comme dans le scénario central.

Un portefeuille qui serait constitué par plus de femmes que prévu dans le tarif, aurait un impact négatif sur la marge technique du fait du tarif unisexe.

IV.2.2 Sensibilité de la rentabilité à la variation de l'âge

Nous étudions à présent l'impact de l'évolution de l'âge sur les résultats obtenus. Nous serons confrontés à deux cas de figure : dans le premier cas, nous supposons que l'individu est plus jeune et que l'âge moyen est de 59 ans au lieu de 60 et dans le deuxième cas nous rajoutons 1 an à la

Graphique IV.1 – Impact du changement de sexe sur les résultats



Source : Auteur

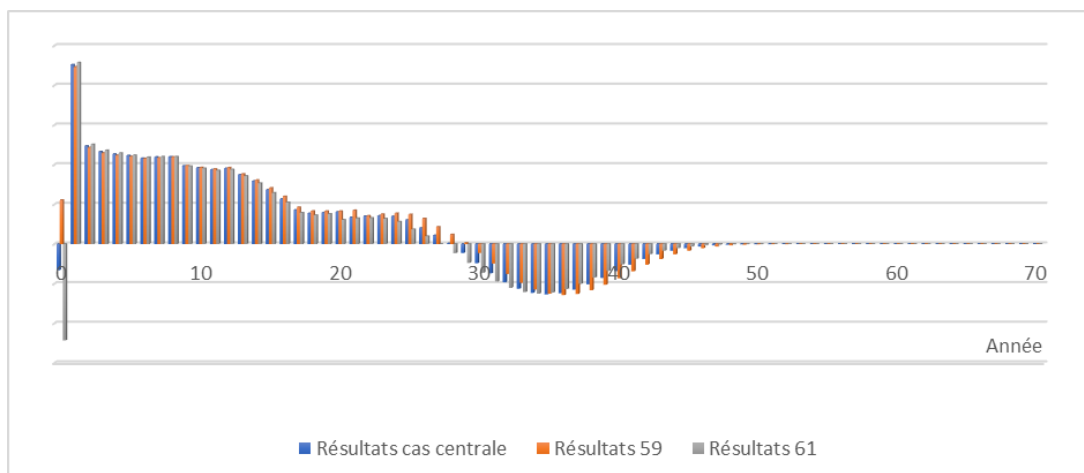
moyenne d'âge, ce qui la ramène à 61 ans au lieu de 60 ans.

Tableau IV.3 – Sensibilité de la NBV suite à la variation de l'âge

	NBV margin	Ecart vs.scénario central
Scénario central(60 ans)	4.67	
61 ans	5,11	9.33%
59 ans	4,22	-9.71%
50 ans	8,23	76.11%
70 ans	-0,35	-107.58 %

Source : Auteur

Graphique IV.2 – Impact du changement d'âge sur les résultats



Source : Auteur

Le graphique IV.2 présente la projection des résultats obtenus par l'individu moyen à différents âges

sur la période d'étude (59 ans, 60 ans et 61 ans). Les trois courbes ont presque la même allure, caractérisée par une première phase (en dehors du strain) où les résultats annuels sont positifs et ensuite une seconde phase où les résultats sont négatifs avant de s'annuler en fin de période. Il apparaît sur le graphique que plus l'individu est jeune plus la période où les résultats sont positifs est longue, ce qui assure une meilleure rentabilité à l'individu plus jeune. En effet, l'on obtient une meilleure rentabilité si l'on suppose que la moyenne d'âge du portefeuille est 59 ans au lieu de 60. La NBV diminue de 9,17 % dans ce cas par rapport au scénario central. De plus, lorsqu'on diminue l'âge de 10 ans la NBV diminue de 107,58%. Dans ce cas la NBV devient alors négative et l'individu n'est plus rentable.

Ces résultats s'expliquent principalement par le fait que l'individu qui souscrit au contrat de dépendance plus jeune cotise sur une longue période par rapport à l'individu qui souscrit tardivement au contrat de dépendance. Ainsi, avec une prime identique l'assureur se fait plus de marge sur le contrat de celui qui souscrit plus jeune. Cependant, toutes choses égales par ailleurs, la prime d'un individu qui souscrit un contrat à 50 ans sera relativement basse par rapport à celui qui souscrit le contrat à 60 ans en réalité. De plus, l'assureur doit tenir compte du risque de résiliation qui est plus élevé chez un individu qui souscrit tôt au contrat d'assurance.

IV.2.3 Sensibilité de la rentabilité à la variation du type de garantie

Supposons maintenant que l'assuré moyen souscrit à un contrat de dépendance DPDT (dépendance partielle + dépendance totale) au lieu du contrat DT (dépendance totale) et analysons l'impact de ce changement sur les résultats obtenus.

Tableau IV.4 – Sensibilité de la NBV suite à la variation du type de garantie

	NBV margin	Ecart vs.scénario central
Scénario central(DT)	4.67	
DPDT	-0,72	-115,53 %

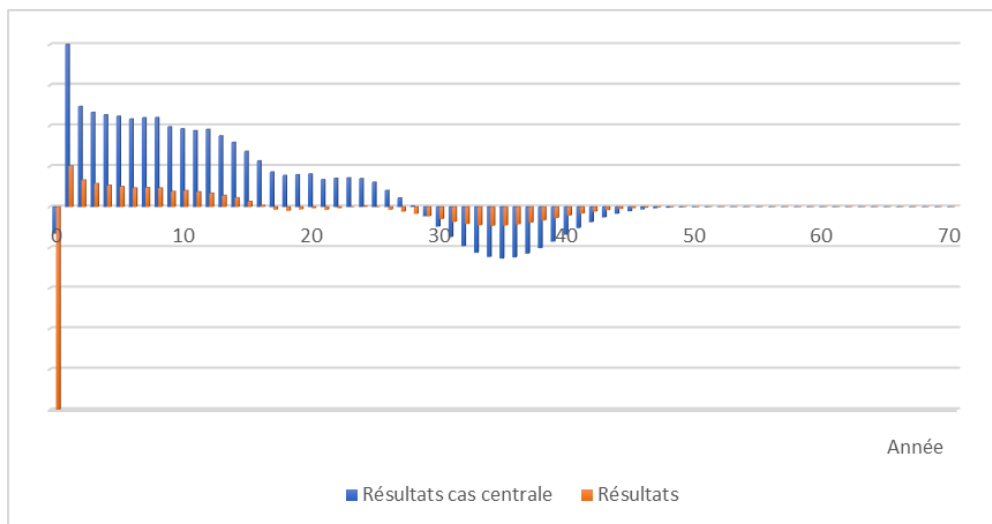
Source : Auteur

Il apparaît une tendance générale similaire dans les deux situations. Cependant, on obtient des résultats plus faibles dans le cas où l'individu souscrit au contrat DPDT. La NBV varie de -115,53% par rapport au scénario de départ. le portefeuille n'est plus rentable dans ce cas et l'on s'éloigne de l'objectif de la société d'avoir une NBV margin de 100%. En effet, dans ce cas la NBV margin est de -7,2%, cela signifie que pour chaque euro investi par le client l'assureur perd 72 centimes au lieu d'en gagner.

De plus, L'analyse des prestations versées et des provisions techniques (voir annexe c) montre qu'ils seront plus élevés dans ce cas que dans le cas du contrat DT. Ce qui est logique car dans le cas

du contrat DPDT l'assureur est confronté à plus de risque, il sera donc emmené à faire plus de provisions afin de prévenir la hausse de sinistralité. En effet, si l'assuré est déclaré partiellement dépendant, l'assureur devra reverser des rentes à ce dernier. Ce qui n'est pas le cas lorsque l'assuré opte uniquement pour la garantie en dépendance totale lors de la souscription de son contrat.

Graphique IV.3 – Impact du changement du type de garantie sur les résultats



Source : Auteur

IV.2.4 Sensibilité de la rentabilité à la variation du réseau de distribution

Comme nous l'avons mentionné plus haut, les contrats sont obtenus via 3 réseaux de distribution : les réseaux des salariés (RS), les agents généraux (AGA) et les agents de prévoyance et de patrimoine (AGA) qui génèrent des commissions, des frais de gestion et de sinistres différents. Dans notre cas central nous supposons qu'il est prélevé $f\%$ de la prime commerciale pour les frais de gestion de l'assureur, $s\%$ pour les coûts liés aux règlements de sinistres et que les commissions reversées au réseau RS sont de $a\%$ de la prime commerciale. Lorsque le réseau change ces frais peuvent diminuer ou augmenter.

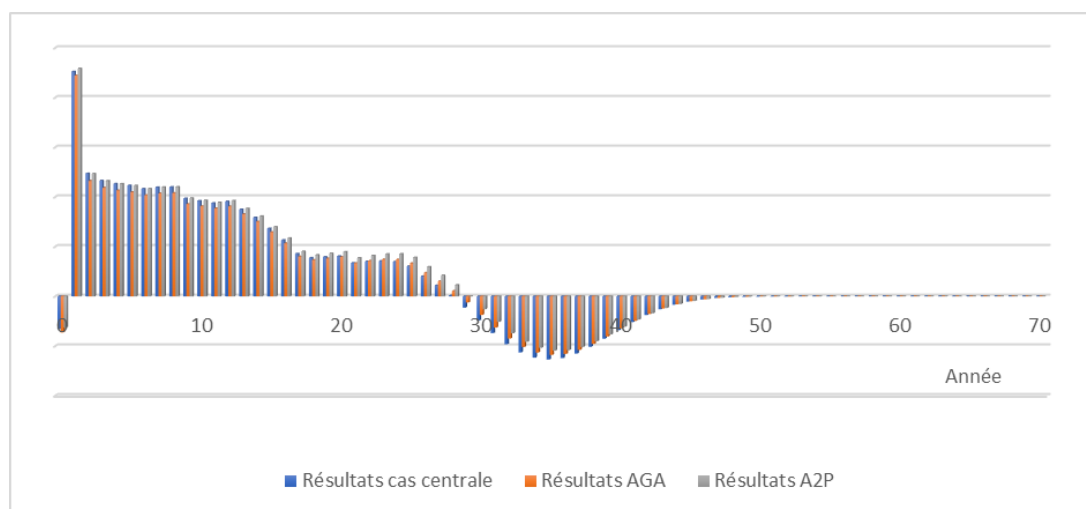
- Pour le réseau AGA nous observons une augmentation de 11,93% des commissions, une diminution de 10,97% des frais de gestion et une diminution des coûts de sinistres de 3% par rapport au réseau RS.
- Pour le réseau A2P nous observons une augmentation de 10,77% des commissions, une diminution de 12,33% des coûts de sinistres et une diminution de 6,18 % des frais de gestion par rapport au réseau RS.

Tableau IV.5 – Sensibilité de la NBV suite à la variation du réseau de distribution

	NBV margin	Ecart vs.scénario central
Scénario central(RS)	4.67	
AGA	4,54,11	-2,88%
A2P	5,09	9 %

Source : Auteur

Graphique IV.4 – Impact du changement du réseau de distribution sur les résultats



Source : Auteur

Lorsque nous faisons varier le réseau de distribution en gardant tous les autres paramètres du portefeuille moyen inchangés, nous obtenons une amélioration des résultats (augmentation de la NBV de 9%) dans le cas où le réseau de distribution change de RS à A2P et une diminution (diminution de la NBV de 2,88 %) lorsque le réseau passe de RS à AGA qui est principalement dû à la forte augmentation de la commission perçue par le réseau. Néanmoins ces impacts restent relativement faibles par rapport aux sensibilités calculées précédemment car les changements respectent toujours l'objectif recherché par l'entreprise en terme de rentabilité. Cependant l'assureur augmentera sa rentabilité si plusieurs contrats sont apportés par le réseau A2P.

IV.2.5 Sensibilité de la rentabilité à la variation du fractionnement de la prime

A la souscription du contrat, l'assuré peut décider de verser sa prime de 4 façons différentes :

- mensuelle ;
- trimestrielle ;
- semestrielle ;
- annuelle.

Nous voulons voir si le fait de choisir une façon ou une autre de payer sa prime a un impact sur les résultats obtenus par l'assureur.

Tableau IV.6 – Sensibilité de la NBV suite à la variation du fractionnement de la prime

	NBV margin	Ecart vs.scénario central
Scénario central(Mensuelle)	4.67	
Annuelle	4,67	0,00 %
Trimestrielle	4,65	0,00 %
Semestrielle	4,65	0,00 %

Source : Auteur

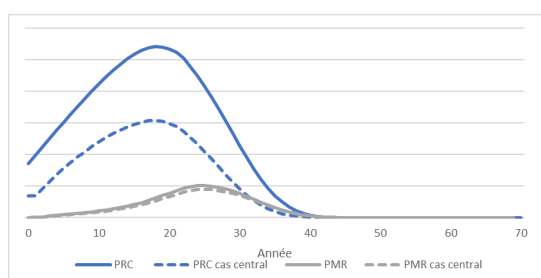
Nos résultats montrent que nous obtenons presque aucune variation de la NBV lorsque nous appliquons les différents types de fractionnement de la prime. Nous pouvons dire que le choix du paiement de la prime par l'assuré n'a aucun effet sur la rentabilité du contrat souscrit par celui-ci.

IV.3 Analyse de la sensibilité de la rentabilité face à des changements techniques

IV.3.1 Sensibilité de la rentabilité à la longévité des autonomes et des dépendants

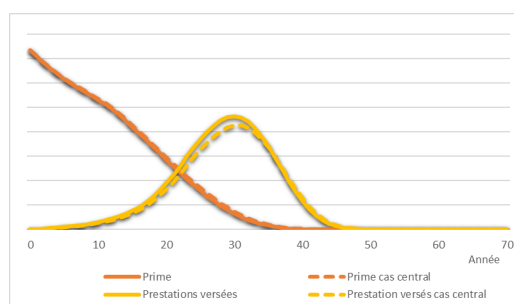
Nous allons procéder à une baisse de la mortalité des autonomes et des dépendants à chaque âge (et à chaque ancienneté en dépendance pour les dépendants) de 20% par rapport à la table du scénario central. Nous allons dans un premier temps analyser les effets de ces baisses sans changements de la part de l'assureur et voir comment l'assureur peut agir sur les primes et les réductions afin de pouvoir améliorer les résultats obtenus.

Graphique IV.5 – Variation des primes et des sinistres dans le cas de l'application du choc Longevity 1



Source : Auteur

Graphique IV.6 – Variation des PMR et des PRC dans le cas de l'application du choc Longevity 1

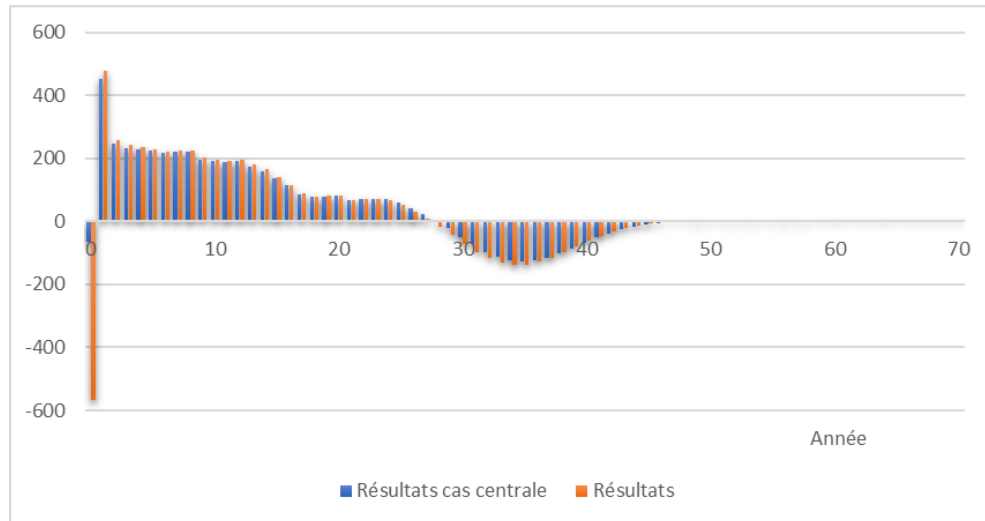


Source : Auteur

Nous remarquons sur le graphique IV.5 qu'il n'y a presque pas de variation de la prime commerciale versée par l'assurée. Cependant, toutes les autres chroniques (provisions techniques et sinistres réglés) ont augmenté avec la diminution de la mortalité des dépendants et des autonomes. La différence du montant des garanties versées par rapport au scénario central est faible en début de contrat

et devient de plus en plus grande au fil du temps. En effet, avec la diminution de la mortalité des dépendants, l'assureur est obligé de reverser des rentes à un nombre d'individus plus élevé que dans le scénario de départ puisque le taux d'incidence n'ayant pas changé, les individus vont vivre plus longtemps lorsqu'ils seront en dépendance. Pour cette raison, l'assureur est également obligé de faire plus de provisions (PRC et PMR) afin de pouvoir faire face à ses engagements.

Graphique IV.7 – Variation des résultats dans le cas de la baisse du taux de mortalité des dépendants et des autonomes



Source : Auteur

Finalement, avec cette augmentation des provisions et des garanties versées, les résultats sont impactés négativement (Graphique IV.7). Le strain est plus grand que celui du scénario central. Cependant, les premières années où la probabilité d'incidence est faible, les résultats sont meilleurs que ceux du scénario central à cause de la diminution de la mortalité des autonomes qui va engendrer plus de primes pour l'assureur en début de contrat.

Par la suite, nous appliquons certains management actions dans le but de voir si les résultats reviennent au niveau initial . En effet, les instances dirigeantes peuvent avoir un impact sur les engagements et les résultats futurs en prenant certaines décisions en fonction du contexte dans lequel l'entreprise se trouve.

L'intégration des actions de gestion doit répondre à plusieurs critères :

- Objectivité : détermination d'un plan d'action compréhensible qui explique les raisons pour lesquelles le changement a été fait ;
- Faisabilité : il ne doit pas avoir d'interaction entre le plan décrit et les termes du contrat ou les lois en vigueur ;
- Réalisme : les changements envisagés doivent être réalisables et en adéquation avec la straté-

gie globale de l'assureur. Leurs pertinences peuvent être justifiées par les résultats et actions passées ;

De plus, plusieurs types d'actions peuvent être menées pour ce type de contrat :

- L'assureur peut agir sur les primes dans le but d'améliorer les résultats.
- L'assureur peut agir sur la revalorisation des garanties qui ne sont pas explicitement fixées par le contrat. Elle se traduit d'une part, par une indexation des primes et des garanties pour les assurés cotisants et d'autre part, par la revalorisation des rentes des assurés dépendants
- L'assureur peut également agir sur les taux de réduction qui s'applique aux rentes des individus ayant résilié leurs contrats après 8 ans. Ce taux n'étant pas fixé à la souscription du contrat l'assureur peut s'en servir afin d'améliorer sa rentabilité.

Les actions que nous avons décidé d'appliquer sont :

- **Action 1** : Augmentation annuelle de 10% des primes les 10 premières années et baisse de 25% la 1ère année, de 23,5 % la deuxième ... de 10% la 10 -ème année... du taux de réduction appliqué sur la garantie des individus ayant résilié leurs contrats après 8 ans.
- **Action 2** : Augmentation annuelle de 10% des primes les 15 premières années et baisse de 30 % la 1ère année, de 28,5 % la deuxième ... de 15% la 10 -ème année... du taux de réduction appliqué sur la garantie des individus ayant résilié leurs contrats après 8 ans.

Tableau IV.7 – Tableau récapitulatif des impacts des différentes actions menées sur la rentabilité du contrat en cas de baisse de la mortalité des dépendants et des autonomes

	NBV margin	Ecart vs.scénario central
Scénario central	4,67	
Cas sans management action	3,96	-15.31%
Cas avec management action 1	4,21	-9.79 %
Cas avec management action 2	4,45	-4.63 %

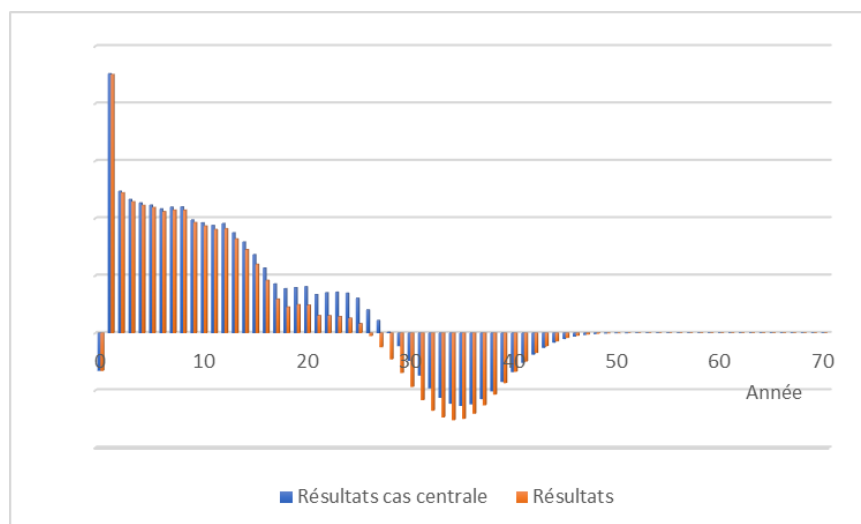
Source : Auteur

Les actions appliquées améliorent la rentabilité du contrat même si celui-ci ne retrouve pas son niveau initial. Initialement lorsque la baisse de mortalité des dépendants et des autonomes est pris en compte la NBV subit une baisse de 15,31% et augmente au fur et à mesure des actions menées. Finalement avec l'application de l'action 2 en plus de la baisse de mortalité des dépendants et des autonomes la NBV ne subit qu'une baisse de 4,63% par à celui du scénario initial. L'assureur dispose de certains outils tels qu'alléger des primes et la diminution du taux de réduction qui est appliqué sur les rentes des individus ayant résilié leur contrat afin d'améliorer sa rentabilité globale.

IV.3.2 Sensibilité de la rentabilité à l'augmentation de l'incidence en dépendance

Dans ce cas nous allons modifier la loi d'incidence c'est-à-dire la probabilité d'entrer en dépendance des autonomes. Il y aura une augmentation de l'incidence de 20% par rapport à la loi centrale. Les impacts de ce choc sont visibles sur les PMR et les prestations versés en cas de dépendance (Annexe). Cette modification agit sur les PMR car ce sont les réserves qui sont faites directement en fonction du nombre de personnes qui entrent en dépendance. De plus, pour un même niveau de mortalité des individus, la probabilité d'entrer en dépendance des individus augmentent, les garanties versées par l'assureur vont donc également augmenter (Annexe C).

Graphique IV.8 – Variation des résultats réglés dans le cas de la variation du taux d'incidence



Source : Auteur

Finalement, nous pouvons voir sur le graphique IV.8, que cette modification a un impact négatif sur les résultats obtenus par l'assureur. Cet impact est faible au début et s'accroît au fur et à mesure du temps.

De plus, nous appliquons les mêmes actions que dans la partie précédente et nous analysons leur effet sur la rentabilité du contrat. C'est-à-dire :

- **Action 1** : Augmentation annuelle de 10% des primes les 10 premières années et baisse de 25% la 1^{ère} année, de 23,5 % la deuxième ... de 10% la 10^{-ème} année... du taux de réduction appliqué sur la garantie des individus ayant résilié leurs contrats après 8 ans.
- **Action 2** : Augmentation annuelle de 10% des primes les 15 premières années et baisse de 30 % la 1^{ère} année, de 28,5 % la deuxième ... de 15% la 10^{-ème} année... du taux de réduction appliqué sur la garantie des individus ayant résilié leurs contrats après 8 ans.

Tableau IV.8 – Tableau récapitulatif des impacts des différentes actions menées sur la rentabilité du contrat en cas de hausse du taux d'incidence

	NBV margin	Ecart vs.scénario central
Scénario central	4.67	
Cas sans management action	3.59	-23.08%
Cas avec management action 1	3.86	-17.40 %
Cas avec management action 2	4,12	-11.89 %

Source : Auteur

Nous remarquons également une nette amélioration de la NBV avec l'application de ces différentes mesures. Cependant les actions menées restent toujours inefficaces pour revenir au niveau initial (NBV scénario de départ). Il faut aussi noter que ces actions sont plus efficaces dans le cas de la longévité des dépendants et des autonomes que dans ce cas-ci.

IV.3.3 Sensibilité de la rentabilité aux augmentations des frais généraux

Dans ce cas de figure, nous agirons sur les frais de gestion des contrats. On observera une augmentation des frais de l'assureur de 12 %. Ce sont généralement les frais d'acquisition, les frais de gestion de sinistres, les frais administratifs générés par le contrat.

Tableau IV.9 – Tableau récapitulatif des impacts des différentes actions menées sur la rentabilité du contrat en cas de hausse des frais généraux

	NBV margin	Ecart vs.scénario central
Scénario central	4.67	
Cas sans management action	4.39	-6.08 %
Cas avec management action	4.69	0.37 %

Source : Auteur

La hausse de frais généraux entraîne une légère baisse de la rentabilité du contrat (baisse de 6,08 % de la NBV par rapport au scénario initial). Cependant une augmentation des primes de 10 % pendant les 7 premières années après la détection de la baisse réussit à ramener la NBV à son niveau initial. Le problème de la hausse de frais de gestion est un problème qui peut être rapidement réglé par l'assureur en appliquant une légère augmentation des primes pendant un laps de temps.

IV.3.4 Sensibilité de la rentabilité à la variation du taux de résiliation

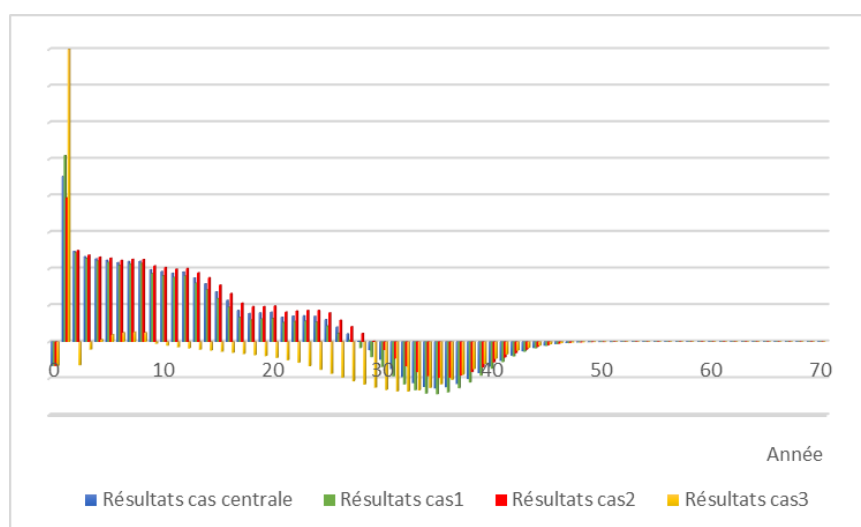
Nous notons trois cas de figure dans ce cas :

- Cas1 : On supposera que les taux de résiliations vont augmenter de 30% ;

- Cas2 : On supposera que les taux de résiliations vont baisser de 30% ;
- Cas3 : On supposera qu'il y aura une sortie massive des assurés c'est-à-dire plus 25 % aux taux de résiliation initial.

Si le taux de résiliation était par exemple de 3% la première année, ce taux passera à 3,9% pour le cas 1. Dans le cas 2, les taux de résiliations vont plus tôt baisser du même pourcentage que dans le cas 1 donc le taux passera à 2,1%. Le cas 3 quant à lui suppose une sortie massive des individus, donc à chaque taux de résiliation il va s'ajouter une valeur constante de 25%. En reprenant notre exemple, on aura un taux de résiliation de 28% dès la première année.

Graphique IV.9 – Variation des résultats réglés dans le cas de la variation de la résiliation



Source : Auteur

Au niveau du cas2, les paiements de sinistres et les primes perçues vont augmenter par rapport au scénario initial (Annexe C). La probabilité pour que l'individu résilie est plus faible que dans le cas central donc cela aura un effet bénéfique sur la prime probable de l'assureur. Cette situation a un effet bénéfique sur les résultats obtenus par l'assureur donc sur la rentabilité du contrat (Graphique IV.9).

Au niveau du cas 1, nous allons assister au scénario contraire à celui du cas 2. La probabilité pour que l'individu résilie est plus grande que dans le cas central donc cela aura un effet négatif sur la prime probable de l'assureur. En effet face à une hausse de la résiliation, l'assureur a moins d'assurés dans le portefeuille, ce qui aura un impact négatif sur la rentabilité de celui-ci.

Au niveau du cas 3, les sinistres réglés et les primes versées par l'assureur subissent une baisse considérable. En effet, une sortie massive des assurés du portefeuille entraîne la diminution dramatique des primes perçues par l'assureur au fil du temps. Cependant, ce dernier versera également moins de rente car les assurés qui résilient leurs contrats avant 8 ans ne recevront pas d'indemnité lorsqu'ils seront en dépendance malgré leurs mensualités déjà versées et ceux qui résilient après 8

ans ne recevront qu'une partie de la garantie fixée lors de la souscription du contrat.

Nous allons appliquer les actions suivantes :

- **Action 1** : Augmentation annuelle de 10% des primes les 10 premières années et baisse de 25% la 1ère année, de 23,5 % la deuxième ... de 10% la 10 -ème année... du taux de réduction appliqué sur la garantie des individus ayant résilié leurs contrats après 8 ans.
- **Action 2** : Augmentation annuelle de 10% des primes les 15 premières années et baisse de 30 % la 1ère année, de 28,5 % la deuxième ... de 15% la 10 -ème année... du taux de réduction appliqué sur la garantie des individus ayant résilié leurs contrats après 8 ans.

Tableau IV.10 – Tableau récapitulatif des impacts des différentes actions menées sur la rentabilité du contrat en cas de hausse des résiliations

	NBV margin	Ecart vs.scénario central
Scénario central	4.67	
Cas sans management action	4.11	-11.89 %
Cas avec management action	4.56	-2.27 %
Cas avec management action	4.77	2.21 %

Source : Auteur

Tableau IV.11 – Tableau récapitulatif des impacts des différentes actions menées sur la rentabilité du contrat en cas de baisse des résiliations

	NBV margin	Ecart vs.scénario central
Scénario central	4.67	
Cas sans management action	5.34	14.43 %

Source : Auteur

Tableau IV.12 – Tableau récapitulatif des impacts des différentes actions menées sur la rentabilité du contrat en cas de sortie massive des assurés

	NBV margin	Ecart vs.scénario central
Scénario central	4.67	
Cas sans management action	-0.20	-104.45 %
Cas avec management action	-0.09	-101.90 %
Cas avec management action	-0.08	-101.75 %

Source : Auteur

Après l'application des différents managements actions sur le cas 1 et 3, nous constatons que les deux actions menées ont un impact bénéfique sur les résultats le cas 1 (augmentation du taux de résiliation de 30% chaque année). En effet avec l'application du cas 1 nous arrivons à retrouver un

résultat semblable à celui du scénario central. En revanche, dans le cas du cas 3 ces actions n'ont pas un grand impact sur la rentabilité obtenue.

- Chapitre V -

Étude de la rentabilité du contrat à l'aide des méthodes de machine learning

A la suite des résultats obtenus (NBV) avec le modèle de dépendance, il serait intéressant de segmenter notre population de clients et de voir quel type de client est rentable et quelles sont les caractéristiques susceptibles d'influencer la rentabilité de ce dernier. Ainsi, nous utilisons dans ce chapitre différentes méthodes de machine learning afin de pouvoir dans un premier temps déterminer les variables qui influencent la rentabilité d'un client et dans un second temps pouvoir fournir une segmentation du portefeuille selon différentes caractéristiques du client. Ce chapitre expose d'abord quelques études utilisant des méthodes de machine learning pour résoudre des problématiques similaires à la nôtre. Il présente ensuite les méthodes de machine learning retenues pour notre étude et enfin les résultats obtenus suite à leurs utilisations.

V.1 Revue de littérature

Ces dernières années, l'utilisation des méthodes de machine learning pour résoudre les problèmes dans le domaine de l'assurance a été de plus en plus fréquente. Les machines learning sont considérées comme un sous-domaine de l'intelligence artificielle et concerne le développement de techniques et de méthodes qui permettent à l'ordinateur « d'apprendre » à partir des données. En termes simples, il s'agit du développement d'algorithmes qui permettent à la machine d'apprendre et d'exécuter des tâches et des activités. Elles sont utilisées dans différentes branches d'activité. Par exemple pour : établir le tarif du client, détecter une fraude, améliorer des méthodes de calcul des provisions techniques

A titre d'exemples, Kim (2005) a utilisé la régression logistique (GLM logit) pour expliquer les rachats individuels d'un portefeuille coréen, en considérant diverses variables explicatives catégorielles ou continues telles que l'âge, le sexe ou même le taux de chômage. Kouo (2017) a utilisé le GLM et les réseaux de neurones afin de tarifier la garantie des contrats d'assurance auto de Generali. En outre, la rentabilité d'un client ou d'un portefeuille de client est une notion très importante pour les entreprises. De ce fait, plusieurs études utilisant les méthodes de machine learning ont été me-

nées sur cette thématique.

Dans le but d'estimer la rentabilité et le potentiel économique de chaque client d'un portefeuille d'assurance, Le Roux (2018) essaie de modéliser un indicateur qu'il nomme « la valeur client » via des méthodes de machine learning. Cette valeur client obtenue à l'issue de la modélisation va permettre à l'entreprise de connaître et de définir des stratégies de relation client proportionnées à la marge dégagée par chaque client ou segment de clients. Il définit la valeur du client comme la somme actualisée des marges générées sur toute la durée de vie du client, en tenant compte de son historique de comportement et de ses données sociodémographiques. Cet indicateur se rapproche fortement de la NBV, utilisée comme indicateur de rentabilité dans notre cas. Ensuite pour pouvoir déterminer la valeur de son indicateur, l'auteur utilise les méthodes de machine learning suivantes : les arbres de décision; le classifieur bayésien naïf; l'analyse discriminante; les réseaux de neurones; les machines à vecteur de support (SVM); le random forest; le gradient boosting. Il arrive à la conclusion selon laquelle l'âge de l'assuré et son ancienneté dans le portefeuille sont les deux variables majeures qui impactent la valeur client. La composition familiale, le jour d'ouverture des droits, le niveau des garanties, le canal d'entrée, le type de vente, le sexe et le lieu d'habitation sont les autres facteurs discriminants.

Dans la même logique, Kuangnan (2016) compare plusieurs modèles de prévision afin de voir laquelle est plus efficace pour permettre de mesurer la contribution réelle des clients du secteur de l'assurance (leur rentabilité). Il met en place une régression linéaire simple, un arbre de décision simple, un random forest, le SVM. Il constate que le random forest donne de meilleurs résultats comparativement aux autres modèles. Il révèle également que la région, l'âge, le statut d'assurance, le sexe et la source du client sont les facteurs les plus importants pour prévoir la rentabilité des clients.

Aussi, tout comme d'autres auteurs, Maisonnave (2019) ne s'intéresse pas à la rentabilité à proprement dit du client mais à une autre variable qui s'y rapproche. Il s'intéresse dans son cas à la rentabilité des agents de distribution. En effet, son objectif était de créer un modèle de rentabilité des agents, d'en dégager les facteurs qui influencent cette rentabilité et de permettre aux agents d'augmenter cette dernière. Il estime que la rentabilité des agents doit être appréciée grâce à plusieurs indicateurs, chacun expliquant tout ou en partie la rentabilité technique :

- le ratio de sinistralité ($S=P$);
- le ratio combiné (en anglais CoR pour Combined Ratio);
- la valeur client;
- le taux d'UC pour les produits vie.

Il s'emploie alors à modéliser ses indicateurs en appliquant les méthodes d'apprentissage automatique telles que les forêts aléatoires et le gradient boosting. En parallèle il met en place une méthode plus classique (CAH) consistant à créer des groupes d'agents "comparables", puis à utiliser les résultats de la modélisation pour classer les agents dans chacun des groupes, en faisant ressortir la rentabilité de l'agent vis-à-vis de la rentabilité du groupe auquel il est assigné.

Ainsi, au vu de ces différentes études, nous allons retenir trois modèles à appliquer sur nos données. Il s'agit des modèles suivants :

- Le modèle linéaire généralisé (GLM) ;
- Classification And Regression Trees (CART) ;
- Random forest.

V.2 Méthodologie

V.2.1 Modèle Linéaire Généralisé (GLM)

Le modèle linéaire généralisé (GLM) représente l'un des modèles les plus utilisés dans ce type de modélisation. Proposé par Nelder et Wedderburn (1972), il s'agit d'une extension du modèle linéaire classique. Ils étendent celui-ci en permettant l'application à d'autres lois différentes de la loi gaussienne et modélisent une fonction de l'espérance de la variable considérée (fonction de lien). Les actuaires l'utilisent généralement pour modéliser la mortalité avec les données empiriques de leurs portefeuilles, dans le but de les segmenter ou encore afin de tarifier les produits d'assurance. Dans notre contexte l'objectif est de trouver les variables qui ont une influence significative sur la NBV margin.

V.2.1.1 Fonctionnement du GLM

Dans ces modèles, la variable de réponse Y_i est supposée suivre une distribution familiale exponentielle.

$$f(x; \alpha, \beta) = c(x, \beta) \exp(\beta\{\alpha x - \kappa(\alpha)\})$$

où :

- α et β sont les paramètres à estimer ;
- $\alpha \in$ à un intervalle ouvert contenant 0 appelé espace canonique ;
- $\beta \in$ à un ensemble $\subset (0, \infty)$;
- et κ la fonction de lissage.

Tout GLM comporte trois composantes :

- la composante aléatoire : fait référence à la distribution de probabilité de la variable de réponse (Y) ; par exemple, la distribution normale pour Y dans la régression linéaire, ou la distribution binomiale pour Y dans la régression logistique binaire, cette distribution est aussi appelée modèle de bruit ou modèle d'erreur.
- la composante systématique : spécifie les variables explicatives (X_1, X_2, \dots, X_k) dans le modèle, plus précisément leur combinaison linéaire dans la création de ce qu'on appelle le prédicteur linéaire ; par exemple, $\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2$ pour une régression linéaire.
- la fonction de lien, $g(\mu)$: spécifie le lien entre les composantes aléatoires et systématiques. Elle indique comment la valeur attendue de la réponse est liée au prédicteur linéaire des variables explicatives

L'estimation des paramètres du GLM se fait par maximum de vraisemblance.

Dans notre cas, le GLM aura une structure d'erreur gaussienne et une fonction de lien "identité" qui est :

$$\sum_{j=1}^p x_{ij} \beta_j = \mu$$

cela revient donc à faire une régression linéaire multiple.

V.2.1.2 Avantages du GLM

Le GLM permet de répondre précisément à chacun des aspects suivants :

- Permet de juger de la qualité d'un modèle grâce à l'utilisation de tests statistiques ;
- Mesurer le pouvoir explicatif du modèle ;
- Vérifier l'existence d'une liaison significative entre l'ensemble des variables explicative et la variable dépendante ;

V.2.2 Classification And Regression Trees (CART)

Les arbres de décision sont des méthodes d'apprentissage supervisées beaucoup utilisées principalement à cause de la facilité de compréhension des résultats. Les arbres fonctionnent selon un enchaînement de décisions que l'on prend à chaque étape, les « noeuds », tout au long des « branches », jusqu'à atteindre les extrémités, les « feuilles ». Les arbres de décision donnent lieu à des méthodes très versatiles permettant de traiter à la fois le cas de la régression, de la classification ou

encore de mélanger des variables explicatives quantitatives et qualitatives.

L'acronyme CART signifie Classification And Regression Trees. C'est une méthode introduite par Breiman et al (1984) dans le but de diviser les données d'origine à l'aide de règles déterministes. Ces arbres binaires possèdent une manière puissante et conviviale de fournir des résultats aux problèmes de classification.

V.2.2.1 Fonctionnement du CART

La construction du CART se fait en trois étapes à savoir :

- La construction de l'arbre maximal ;
- La phase d'élagage ;
- La sélection finale.

La construction de l'arbre maximal : L'arbre se construit selon des règles binaires de division de la forme $X^i \leq s$ (lorsque la variable est continue) ou $X^i \in C$ (lorsque la variable est qualitative). Nous nous plaçons dans le cadre de la classification (cadre d'intérêt ici) : $J = 1, \dots, J$.

On note T l'arbre, t un noeud de l'arbre et π_j la probabilité à priori de la classe j que l'on estime par $\frac{N_j}{n}$ avec,

$N_j = \text{Card} \{(x_k; y_k) \mid y_k = j\}$ et n le nombre d'observations.

$N(t) = \text{card} \{(x_k; y_k) \mid x_k \in t\}$, le nombre d'observations dans le noeud t soit $j \in J$,

$N_j(t) = \text{Card} \{(x_k; y_k) \mid x_k \in t; y_k = j\}$ le nombre d'observations dans t et de classe j .

L'arbre estime :

- $p(j, t)$: probabilité qu'une observation soit dans le noeud t et de classe j par $\pi_j \cdot \frac{N_j(t)}{N_j}$;
- $p(t)$: probabilité qu'une observation soit dans le noeud t par $\sum_j p(j, t)$;
- $p(j)$: probabilité a posteriori dans t de la classe j par $\frac{p(j, t)}{p(t)}$.

Le cadre étant fixe, considérons t un noeud de l'arbre T . Soit t_d son descendant droit et t_g son descendant gauche, engendrés par une division δ . Cette division est obtenue en maximisant la variance d'impureté :

$$\delta^*(t) := \delta = \arg \max \Delta i(\delta, t)$$

avec $\Delta_i(\delta, t) = i(t) - p_g i(t_g) - p_d i(t_d)$ et $i(t) = h(p(1|t), \dots, p(J|t))$ l'hétérogénéité, encore appelée impureté, du noeud t qui sert à mesurer la qualité de la division du noeud t .

$p_g = p(t_g) / p(t)$ et $p_d = p(t_d) / p(t)$ les proportions d'observations dans t_g et t_d . En pratique, on utilise comme critère d'hétérogénéité, l'hétérogénéité de Gini : $h(p_1, \dots, p_j) = \sum_{i \neq j} p_i p_j$ qui peut

s'interpréter comme une probabilité de mauvaise classification. Le critère de division ayant été fixe, partant de la racine de l'arbre, on applique ce critère de façon récursive. L'on s'arrête lorsqu'on atteint un noeud terminal c'est à dire qui ne contient qu'une seule observation ou que des observations avec un même label. Une fois les noeuds terminaux sont déterminés, savoir à quelle classe ils appartiennent revient à maximiser la probabilité à posteriori de la classe $j : j(t) = \arg \max(p(j|t))$.

La phase d'élagage et la sélection finale : Après avoir obtenu l'arbre maximal, celui-ci est élagué car il possède une très grande variance et un biais faible. Ainsi, on aimerait pouvoir diminuer la variance tout en conservant un biais faible, d'où la phase d'élagage. A contrario, un arbre constitué uniquement de la racine (qui engendre alors un prédicteur constant) a une très petite variance mais un biais élevé.

De façon plus concrète, l'élagage correspond à une procédure de sélection de modèles, où les modèles sont les sous arbres de l'arbre maximal. Cette procédure consiste à créer, étant donné un noeud t non terminal de l'arbre, un sous arbre \hat{T} de T , plus précisément, un arbre qui correspond à T privé des descendants de t . A la fin de la phase d'élagage, l'on dispose de plusieurs sous-arbres et donc de plusieurs estimateurs.

Ainsi, la phase finale consiste à sélectionner celui qui a la plus faible erreur estimée via deux méthodes qui sont : l'utilisation d'un échantillon test et la validation croisée.

V.2.2.2 Avantages du CART

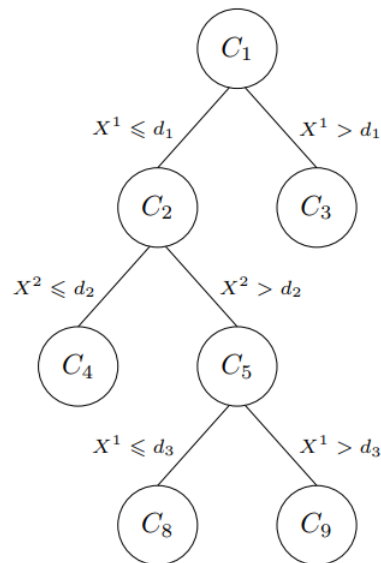
L'arbre CART présente donc un avantage pour la résolution de notre problème car nos données contiennent à la fois des variables quantitatives et qualitatives. Ce modèle permet également de faire une sélection de variables, ce qui lui confère ainsi à la fois une large applicabilité et une facilité d'interprétation. le CART traite par ailleurs le problème des valeurs manquantes en prédiction et résiste aux valeurs aberrantes.

Cependant l'un des défauts majeurs du CART est l'instabilité, autrement dit, de petites perturbations de l'échantillon d'apprentissage peuvent engendrer de grandes modifications du prédicteur obtenu. Les arbres de décisions souffrent ainsi en général d'instabilité contrairement aux méthodes linéaires telles que les régressions qui sont stables.

V.2.3 Random Forest

Le Random Forest (ou Forêt Aléatoire en français) fait partie du grand groupe des « méthodes d'agrégation ». C'est une méthode de classification, proposée par Breiman en 2001, qui réduit la variance des prévisions d'un arbre de décision seul, améliorant ainsi leurs performances. Il com-

Graphique V.1 – Exemple d'arbre de régression CART



bine de nombreux arbres de décisions dans une approche du type « bagging » qui est une méthode d'agrégation qui repose sur la construction aléatoire d'une famille de modèles.

V.2.3.1 Fonctionnement du Random Forest

L'algorithme des forêts aléatoires effectue un apprentissage sur de multiples arbres de régression entraînés sur des sous-ensembles de données légèrement différentes. La proposition de Breiman vise à corriger plusieurs inconvénients connus de la méthode initiale comme la sensibilité des arbres uniques à l'ordre des prédicteurs en calculant un ensemble d'arbres partiellement indépendants.

L'algorithme des forêts aléatoires (tant pour la classification que pour la régression) est le suivant :

1. prélever plusieurs échantillons bootstrap à partir des données initiales ;
2. pour chacun des échantillons bootstrap, on construit un arbre de classification ou de régression non élagué, avec une modification : dans les arbres standard, chaque nœud est divisé en utilisant la meilleure répartition parmi toutes les variables. Dans une forêt aléatoire, chaque nœud est divisé en utilisant le meilleur parmi un sous-ensemble de prédicteurs choisis au hasard à ce nœud ;
3. la prédiction est ensuite réalisée par l'agrégation des décisions de chaque modèle en effectuant une moyenne dans le cas d'une régression comme celui de ce travail ou un vote par majorité dans le cas d'une classification.

V.2.3.2 Avantages du Random Forest

Cette méthode fonctionne efficacement sur de grandes bases de données. Elle dispose d'une méthode efficace pour estimer les données manquantes et maintient l'exactitude lorsqu'une grande partie des données manque. Elle permet également de donner des estimations des variables importantes dans la classification et propose une méthode expérimentale pour détecter les interactions variables.

Le principal revers de cette méthode est que l'on perd ainsi l'aspect visuel des arbres de décision unique.

V.3 Résultats

A l'aide du logiciel python, nous procédons à une régression avec pour variable à expliquer, la NBV margin. Plus précisément, nous exécutons un modèle linéaire généralisé (GLM), le random forest et le modèle CART.

V.3.1 GLM

L'évaluation de la significativité globale du modèle est réalisée dans un premier temps. Le test de significativité globale repose sur la distribution asymptotique des estimateurs du maximum de vraisemblance.

En outre, nous considérons les deux hypothèses suivantes :

- l'hypothèse nulle qui suppose que tous les coefficients de la régression sont nuls ;
- l'hypothèse alternative qui suppose par contre qu'il existe au moins un coefficient non nul.

La statistique de test de notre régression suivant une loi de chi 2, la supériorité de notre chi 2 calculé par rapport au chi 2 théorique nous conduit au rejet de l'hypothèse nulle du test ce qui signifie qu'il existe au moins un coefficient non nul. Ainsi, il ressort au vu de ce qui précède que le modèle est globalement significatif à un niveau de confiance 99,5 % .

Les résultats économétriques (tableau V.1) suggèrent que les variables qui discriminent la rentabilité du contrat sont : l'âge, le sexe ,le produit et l'année de souscription.

Tableau V.1 – Résultats des estimations du GLM

Variables	Estimation	Std. Err	z value	Pr(> z)
(Intercept)	5.6633	0.565	10.017	0.000 ***
Sexe[H]	2.3722	0.1118	16.822	0.000 ***
Produit [DT]	2.3570	0.175	12.178	0.000 ***
Réseau [AGA]	-0.0022	0.225	0.893	0.996
Réseau [RS]	- 0.1577	0.215	-0.732	0.464
Fractprime[mens]	0.4761	0.259	2.995	0.013
Fractprime[trim]	-0.0379	0.518	1.001	0.317
Fractprime[sem]	-0.0863	0.454	0.369	0.712
Surprime	0.9060	0.244	3.710	0.000 ***
Annee[2019]	-0.7092	0.118	-5.9911	0.000 ***
Age	-0.1070	0.006	-17.325	0.000 ***
Rente	0.0068	0.0522	0.333	0.739

Source : Auteur

D'abord, au seuil de 5%, l'âge a un effet négatif sur la rentabilité du contrat c'est-à-dire, plus l'âge à la souscription est élevé, moins le contrat est rentable. Ainsi, lorsque l'âge augmente de 1 an la NBV margin (NBV/APE) diminue de 0,11 points. Ce résultat confirme la présomption que nous avons eu au niveau des statistiques descriptives. En effet, si un individu souscrit tardivement au contrat de dépendance, il a de fortes chances de cotiser que sur une courte période avant de rentrer en dépendance. Pour pallier le problème lié à l'âge de souscription l'assureur peut prendre certaines résolutions. Par exemple, si la part de souscription sur des âges supérieurs à 70 ans dépasse 15% des contrats alors il peut appliquer des tarifs dissuasifs à la souscription pour cette tranche d'âge, voire une baisse de l'âge maximum de souscription (70 ans au lieu de 75 ans).

Ensuite au niveau du produit (type de garantie), les résultats montrent que l'individu qui souscrit uniquement à un contrat de dépendance totale a plus de chances d'être rentable par rapport à celui qui souscrit au forfait dépendance partielle et totale. Les individus qui souscrivent au deuxième type de contrat ont certes des primes commerciales plus élevées mais présentent plus de risques pour les assureurs. Le coefficient de la régression est de 2,36 c'est-à-dire le fait qu'un individu choisisse le contrat DT au lieu du contrat DPDT augmente la NBV margin de 2,36 points. Cette augmentation est plus forte que celle provoqué par la variation de l'âge. En effet, dans le cas de la garantie DPDT l'assureur serait obligé de verser une partie de la rente souscrite à l'assuré en cas de dépendance partielle alors que dans le cas du contrat DT il ne lui versera la rente que si l'individu est en dépendance totale. Le taux d'incidence dans le premier cas est beaucoup plus élevé que dans le second.

En outre, le sexe influence fortement la rentabilité du contrat au seuil d'erreur de 5%. Le coefficient

de régression en prenant le sexe féminin comme variable de référence est de 2,37 ce qui implique que la NBV margin augmente de 2,37 points si l'individu est un homme au lieu d'être une femme. En d'autres termes, pour chaque euro cotisé par un assuré de sexe masculin rapporte 2,37 € de plus à l'assureur qu'un assuré de sexe féminin. En effet, comme nous l'avons supposé plus haut, être un homme influe positivement sur la rentabilité du contrat. Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'une femme et un homme qui ont les mêmes caractéristiques, ont la même prime car la loi interdit aux assureurs de prendre en compte le sexe afin de fixer la prime de l'individu. Pourtant, les femmes vivent plus longtemps que les hommes et une fois en dépendance l'assureur est obligé de reverser aux femmes des rentes sur une longue période, ce qui impacte positivement les provisions techniques et négativement le résultat.

Par ailleurs, la variable surprime discrimine également la NBV margin, on remarque que lorsque l'individu a un taux de pourcentage non nul, il est plus rentable que celui qui a un taux à 0 de surprime. En effet, il est logique que le fait d'ajouter une surprime augmente la rentabilité du contrat car cette variable est mise en place afin d'atténuer les effets de sélection médicale, ainsi de compenser la sinistralité que peut représenter l'individu.

Enfin, nous avons également l'année qui discrimine également la variable de rentabilité. En effet, le fait d'avoir souscrit le contrat en 2018 améliorait la NBV margin de 0,7 point par rapport au fait d'avoir souscrit en 2019. L'assurance dépendance étant un produit d'assurance vie tire la plus grande partie de ses revenus financiers de l'investissement des primes reçues de leurs assurés en obligations à taux fixe. Les taux de rendement de ces produits financiers étant meilleurs en 2018 qu'en 2019 explique la meilleure rentabilité des contrats souscrits en cette année.

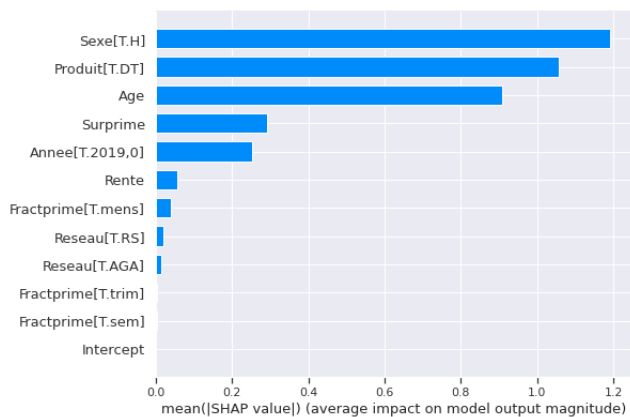
V.3.2 Random Forest

Les modèles Random Forest sont en quelque sorte des boîtes noires parce que le modèle ne fournit pas directement les règles de calcul. Néanmoins il est possible d'identifier les variables qui sont les plus importantes dans le modèle. Il s'agit des variables qui ont un impact considérable sur la variable d'intérêt.

En outre, pour une meilleure interprétation, nous utiliserons le module SHAP (SHapley Additive exPlanation) de python proposé par Lundberg et al en 2019. SHAP exploite l'idée des valeurs de Shapley pour la notation de l'influence des caractéristiques du modèle. Les valeurs SHAP collectives peuvent montrer dans quelle mesure chaque prédicteur influe, positivement ou négativement sur la variable cible. Il est un peu semblable au graphique de l'importance des variables, mais il est capable de montrer la relation positive ou négative de chaque variable avec la cible. Un autre avantage est l'interprétabilité locale : chaque observation obtient son propre ensemble de valeurs

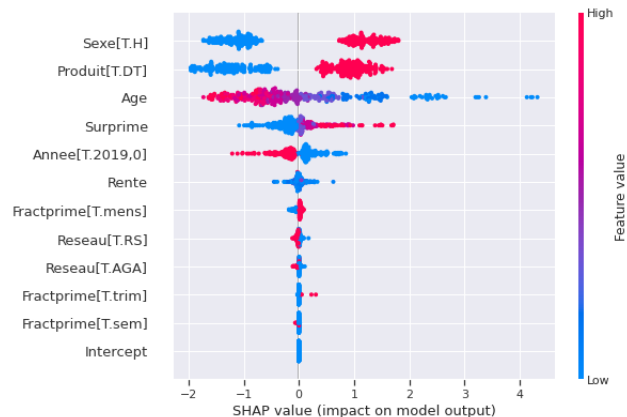
SHAP. Cela augmente considérablement sa transparence. Nous pouvons expliquer pourquoi un cas reçoit sa prédiction et les contributions des prédicteurs. Les algorithmes traditionnels d'importance variable ne montrent les résultats que pour l'ensemble de la population, mais pas pour chaque cas individuel. L'interprétabilité locale permet de cerner et de contraster les impacts des facteurs.

Graphique V.2 – Importance des variables intervenant dans le modèle random forest



Source :Auteur

Graphique V.3 – Effets marginaux des variables explicatives sur la NBV margin



Source : Auteur

Les variables les plus importantes ici sont : le sexe, le produit, l'âge, le taux de surprime et l'année de souscription. Les résultats sont similaires à ceux obtenus avec le GLM. Cependant, on remarque ici que la rente a une faible importance dans ce modèle. Le graphique V.3 permet d'analyser les effets marginaux d'une variable explicative sur la variable cible. Chaque point représente une valeur : les points rouges représentent des valeurs élevées de la variable et les points bleus des valeurs basses de la variable. Nous constatons, que le sexe qui est la variable la plus importante, a un impact positif quand la valeur de la NBV margin est élevée. Ce qui signifie que les hommes ont une NBV margin plus élevée que les femmes car les modalités de la variable sexe sont : Femme = 0 ; Homme = 1.

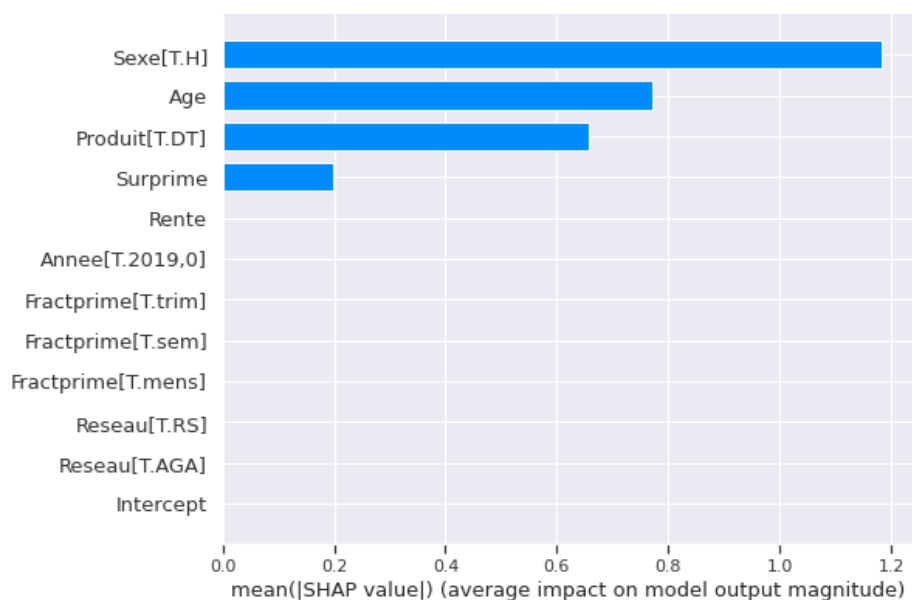
La variable produit se comporte de la même manière que la variable sexe car la modalité de référence qui est DT ici, prend de grande valeur lorsque la variable cible prend de grande valeur ; on en déduit une relation positive entre le fait de détenir un contrat de dépendance totale uniquement et la NBV.

Cependant l'âge présente des caractéristiques totalement différentes des deux autres variables. On remarque également avec le modèle random forest qu'il existe une relation négative entre l'âge à la souscription de l'individu et la NBV. En effet, ces relations ne devraient pas exister car à la détermination de la NBV et des primes commerciales, l'effet de l'âge est déjà pris en compte à travers les différentes lois utilisées (loi de maintien des dépendants et des autonomes, loi de mortalité, loi d'incidence...). Il faut donc un suivi fréquent de ces différentes tables d'expérience afin de repositionner ces lois et de vérifier l'absence de dérive.

V.3.3 CART

Le graphique V.4 montre l'importance des variables dans la construction du modèle CART. Nous remarquons que l'importance des variables n'est pas la même que dans le cas du modèle random forest . Ici, la variable Age a une importance plus élevée que la variable produit.

Graphique V.4 – Importance des variables intervenant dans le modèle CART

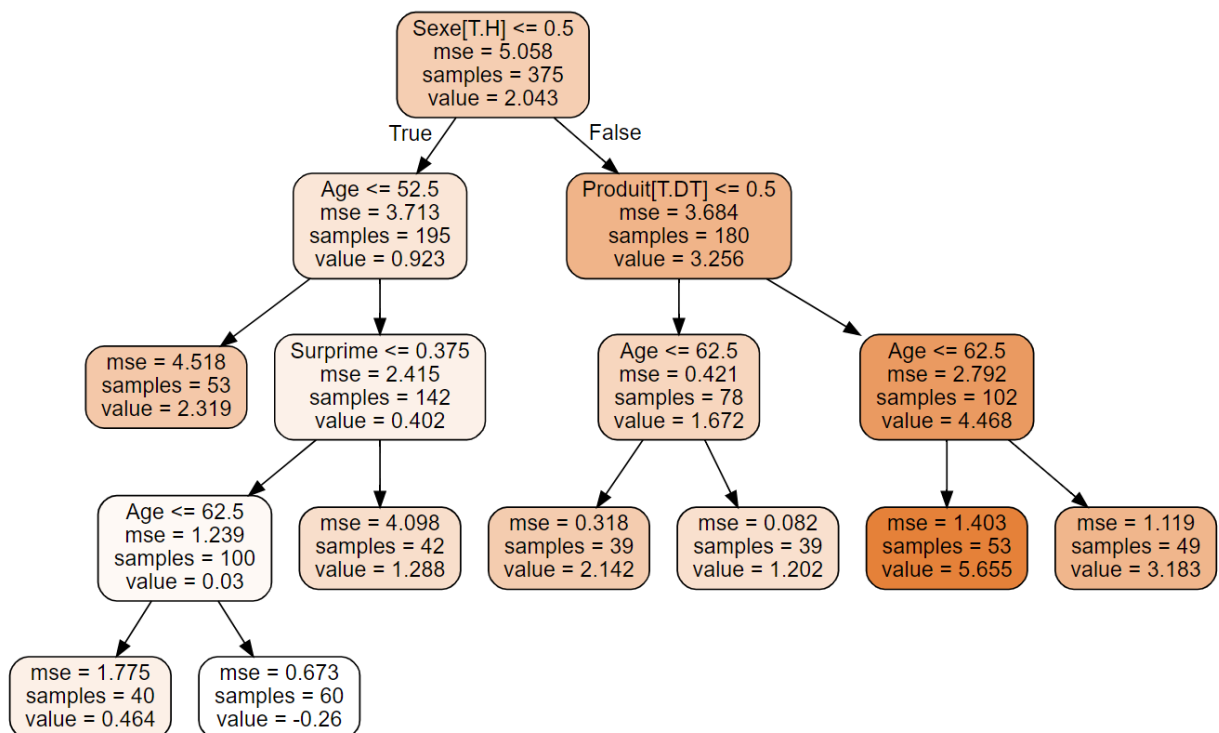


Source : Auteur

La visualisation des résultats de l'arbre a été rendue possible grâce au package Graphviz sur Python. Aussi, compte tenu du nombre peu élevé de variables explicatives, le nombre de feuilles maximales que pouvait avoir l'arbre a été fixé à 5.

En analysant de plus près l'arbre de décision (Graphique V.5) il en ressort que le fait d'être un homme conduit immédiatement à la rentabilité du contrat. Cependant, la catégorie de sexe masculin la plus rentable est celle qui contient les individus qui ont souscrit au produit DT et qui ont un âge inférieur à 62,5 ans. Ce qui implique comme dans les modèles précédents que l'augmentation de l'âge a un impact négatif sur la rentabilité du contrat. A contrario, la classe la moins rentable est celle des femmes dont l'âge est supérieur à 63 ans et qui ont une surprime de moins de 37,5 % .

Graphique V.5 – L’arbre de régression CART



Source : Auteur

V.3.4 Comparaison de la performance des différents modèles

Afin de comparer la performance des différents modèles, nous allons calculer le Root Mean Squared Error (RMSE) et le Mean Absolute Error (MAE). Le RSME correspond à la racine de la moyenne arithmétique des carrés des écarts entre prévisions du modèle et observations.

$$RMSE = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}$$

Et le MAE correspond à la moyenne arithmétique des valeurs absolues des écarts.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\hat{y}_i - y_i|$$

Tableau V.2 – Tableau récapitulatif des RMSE et des MAE des différents modèles

MODELE	GLM	CART	Random Forest
MAE	0,86	0,96	0,16
RSME	1,11	1,33	0,25

Nous remarquons avec les résultats que le modèle le plus performant les deux années est le random forest car c’est le modèle qui a les plus faibles valeurs de RMSE et de MAE .

Conclusion

La dépendance est un risque qui engendre des dépenses considérables pour l'Etat ainsi que pour les personnes dépendantes et pour leurs familles. La dépendance est donc un risque financier majeur auquel les assureurs peuvent apporter une solution en complémentarité des aides publiques afin de permettre aux individus de prévenir ce risque lorsqu'ils sont encore valides. Cependant la dépendance est un contrat d'assurance vie qui se caractérise par une prise d'engagement sur des durées très longues il est donc important pour l'assureur de bien étudier la rentabilité de ces contrats afin de pouvoir satisfaire toutes les parties liées. L'objectif de cette étude était donc d'analyser la rentabilité des nouveaux contrats souscrits en assurance dépendance. Pour ce faire, nous avons d'abord construit un modèle actuariel qui nous a permis d'obtenir l'indicateur de rentabilité (la NBV). Ce modèle s'appuie sur différentes hypothèses financières et de gestion ainsi que sur plusieurs lois de probabilité. Les étapes intervenant dans sa construction sont :

- La projection des prestations et des différentes provisions liées à la garantie souscrite ;
- La tarification : calcul de la prime pure et de la prime commerciale ;
- La projection des cash-flows générés par le contrat ;
- Le calcul de la NBV .

Par la suite, nous avons étudié la sensibilité de la rentabilité grâce à l'étude d'un cas particulier. Dans un premier temps, nous avons procédé à l'étude de la sensibilité de rentabilité de certains changements de paramètre de l'individu moyen étudié. Nous avons constaté alors que la rentabilité est plus sensible à la modification des variables telles que le sexe de l'assuré, l'âge de l'assuré, le taux de surprime et la garantie souscrite (DT : dépendance totale, ou DPDT : dépendance totale et partielle). Dans un second temps, nous avons étudié la sensibilité à certains changements techniques. Dans cette partie nous avons modifié les lois de mortalité des dépendants et des autonomes, les lois d'incidence, les taux de résiliation, les frais généraux et nous avons analysé l'effet de ces différentes variations sur la rentabilité du contrat. En effet, la baisse du taux de mortalité des dépendants et des autonomes, la hausse la loi d'incidence, la hausse des taux de résiliation ont tous un effet négatif sur la rentabilité des contrats. Cependant, l'assureur dispose de certains outils (management action)

qui peuvent l'aider à améliorer sa rentabilité lorsqu'il constate une dérive de ces lois. Des outils tels que : la révision des primes, la revalorisation des garanties ou le barème de mise en réduction des assurés qui résilient après une certaine ancienneté. L'application de ces outils doit se faire avec précaution et suivre le cadre décrit par solvabilité 2.

Enfin, après l'étude des sensibilités, nous avons utilisé les bases à notre disposition afin de déterminer les principales caractéristiques qui impactent la rentabilité d'un individu qui souscrit nouvellement à un contrat de dépendance. Pour ce faire, nous utilisons différents modèles de machine learning (GLM, CART, Random Forest) . Il en ressort que le sexe, l'âge et le type de garantie, le taux de surprime sont les principales variables qui ont un impact important sur la rentabilité d'un individu. En effet, Le fait d'être un homme et le fait de souscrire à une garantie dépendance totale (DT) uniquement influencent positivement la rentabilité du contrat tandis que l'âge l'influence négativement. Cela s'explique d'une part par le fait que l'espérance de vie est plus élevée chez les femmes que chez les hommes. Les femmes vivent plus longtemps donc une fois en dépendance, elles peuvent recevoir des rentes sur une plus longue période comparativement aux hommes. En outre le produit DPDT représente plus de risques pour l'assureur car dans ce contrat, l'assureur est obligé de verser une partie de la rente souscrite à l'assuré en cas de dépendance partielle alors que dans le contrat DT l'assureur ne verse la rente que si l'individu est en dépendance totale. Le taux d'incidence dans le premier cas est beaucoup plus élevé que dans le second. D'autre part, lorsqu'une personne moins âgée souscrit au contrat, elle cotise plus longtemps avant d'entrer en dépendance par rapport à une personne souscrivant tardivement au contrat.

Cette étude n'est pas exhaustive sur le sujet traité et présente quelques limites :

- L'absence de certaines caractéristiques peut être considéré comme une limite des modèles estimés. Par exemple, dans le but d'améliorer la qualité des modèles et de mieux appréhender la rentabilité des individus il serait intéressant de mieux connaître l'assuré en renseignant sa catégorie socioprofessionnelle, son nombre d'enfants, sa situation géographique, son statut matrimonial et des informations spécifiques sur sa richesse.
- Le fait d'utiliser des modèles point provoque une perte de l'information, il serait intéressant de pouvoir avoir des bases de données où chaque ligne représente un individu.

Dans le but d'améliorer le modèle et l'étude de la rentabilité, nous formulons quelques recommandations :

- L'équipe chargée de la tarification doit, dans un premier temps, réajuster la constitution

du portefeuille pris en compte pour former le tarif (% homme et femme) afin d'assurer une meilleure rentabilité. En effet, un portefeuille qui serait constitué par plus de femmes que prévu dans le tarif, aurait un impact négatif sur la marge technique du fait du tarif unisexe.

- L'équipe chargée de la construction des lois de mortalité devra également avoir un suivi fréquent de ces différentes tables d'expérience afin de repositionner ces lois et de vérifier l'absence de dérive. En effet, si les lois sont fréquemment réajustées il est possible par exemple d'ajuster les différences de rentabilité entre les âges et d'appliquer un tarif plus adéquat à chaque tranche d'âge.

Bibliographie

- [1] Note technique modèle de rentabilité entourage (garantie dépendance). Document technique d'AXA FRANCE, 2012.
- [2] Note technique processus de la modélisation de la dépendance pour les produits entourage et egard. Document technique d'AXA FRANCE, 2015.
- [3] ARGUS. Classement assurance dépendance, consulté en aout 2019 2019. <https://www.argusdelassurance.com/classements/classements-assureurs/comptes-2019-les-tops-20-france-resultats-2018.157599>.
- [4] Louis Arnault. Montants d'apa à domicile depuis 2011 : une réallocation au bénéfice des plus dépendants ? Études et Résultats, DREES, N° 1118, 2019.
- [5] Kim C. Modeling surrender and lapse rates with economic variables. North American Actuarial Journal pp, 56 :70–150, 2005.
- [6] UFC QUE CHOISIR. Prise en charge de la perte d'autonomie des personnes âgées : pour un nouveau schéma de financement, consulté en février 2019. <https://www.quechoisir.org/dossier-de-presse-prise-en-charge-de-la-perse-d-autonomie-des-personne?dl=15483>.
- [7] Christel Colin. Que nous apprend l'enquête hid sur les personnes âgées dépendantes, aujourd'hui et demain ? Revue française des affaires sociales, 1-2 :75–101, 2003.
- [8] Marylène DE CUBBER. Rentabilité et tarification sous solvabilité ii : vers une évolution de l'offre produit ? , Mémoire d'actuaire, 2011.
- [9] Fédération Française de l'assurance. Assurance dépendance : 7,1 millions de personnes couvertes à la fin de l'année 2017, consulté en juillet 2019 2017. <https://www.ffa-assurance.fr/etudes-et-chiffres-cles/assurance-dependance-71-millions-de-personnes-couvertes-la-fin-de-anne>

- [10] Fédération Française de l'assurance. L'assurance dépendance, consulté en juillet 2019 2017. <https://www.ffa-assurance.fr/infos-assures/assurance-dependance>.
- [11] Guilhem Delaporte. Assurance dépendance sous solvabilité ii et intégration des actions du management. Mémoire d'actuaire, 2015.
- [12] Brunel M. et al. Les personnes âgées dépendantes vivant à domicile en 2015. premiers résultats de l'enquête care « ménages». Études et Résultats n° 1029, Document technique d'AXA FRANCE, 2015, 2017.
- [13] Kuangnan Fanga et al. Customer profitability forecasting using big data analytics : A case study of the insurance industry. Computers Industrial Engineering, 101 :554–564, 2016.
- [14] Slonan et Norton. Adverse selection, bequests, crowding out, and private demand for insurance : Evidence from the long-term care insurance market. Computers Industrial, Journal of Risk and Uncertainty, 15 :201–219, 1997.
- [15] P. Genier. La gestion du risque dépendance : le rôle de la famille, de l'État et du secteur privé. Économie et Statistique, 291, 1996.
- [16] Direction générale de la concurrence de la consommation et de la répression des fraudes. Assurance dépendance, consulté en octobre 2019. <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/Publications/Vie-pratique/Fiches-pratiques/Assurance-dependance>.
- [17] INSEE. Estimations de population et projection de population 2007-2060, consulté en juillet 2019. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1380813#:~:text=L'Insee%20a%20%C3%A9labor%C3%A9>.
- [18] Kouo Kasséa. Tarification automobile : Glm vs réseaux de neurones. Mémoire d'actuaire, 2017.
- [19] Roselyne Kerjosse. Personnes âgées dépendantes : dénombrement, projection et prise en charge. Retraite et société, N° 39 :11 à 35, 2003.
- [20] Delphine Roy Khaled Larbi. 4 millions de seniors seraient en perte d'autonomie en 2050. INSEE PREMIERE, Document technique d'AXA FRANCE, 2015, 2019.
- [21] Claire Lagrue. La sélection médicale et la tarification des surprimes en assurance dépendance individuelle. Mémoire d'actuaire, 2012.

- [22] Coline Larmier. Analyse de la rentabilité de la garantie dépendance individuelle : impact de la revalorisation des prestations et de la réassurance proportionnelle dans référentiels solvabilité i et ii. Mémoire d'actuaire, 2014.
- [23] Louis MAISONNAVE. Détermination de la rentabilité des agents en auto et mrh : modélisation et interprétation via des méthodes d'apprentissage automatique. Mémoire d'actuaire, 2019.
- [24] Thibault POISSONNIER. Les méthodes pour interpréter des modèles de machine learning complexes, consulté en Avril 2020 2019. www.avisia.fr/news/tribune-expert/interpreter-modeles-machine-learning.
- [25] Nina Zerrar Roméo Fontaine, Manuel Plisson. Dans quelle mesure les préférences individuelles contraignent-elles le développement du marché de l'assurance dépendance? ÉCONOMIE ET STATISTIQUE, N° 474, 2014.
- [26] Laurent Rouvière. Introduction aux méthodes d'agrégation : boosting, bagging et forêts aléatoires. Illustrations avec R. Université Rennes 2.
- [27] Le Roux Yann-Erlé. Valeur client : Modélisation, théorie et pratique en assurance santé. Mémoire d'actuaire, 2018.

Annexes

Annexe A :Qualification de la dépendance

Le test Colvez

La grille Colvez (Colvez, Gardent, 1990) est une grille d’appréhension de la dépendance (au sens du besoin d’aide), qui mesure la perte de mobilité. Elle classe les personnes en quatre groupes (tableau I.2).

Les niveaux 1 et 2 correspondent à la dépendance lourde, le niveau 3 à la dépendance modérée. La grille Colvez est limitée à la mesure de la dépendance physique. Pour remédier à cette limite l’indicateur dit EHPA a été construit pour les enquêtes SESI (ancien service statistique du ministère de l’Emploi et de la solidarité). Il intègre la mesure de la dépendance psychique via le croisement de la grille colvez et un autre indicateur de dépendance psychique.

Le croisement des quatre groupes de Colvez sur la dépendance physique avec les deux groupes définis selon l’existence ou non de troubles du comportement ou de désorientation dans l’espace et dans le temps permet de répartir les personnes âgées en huit groupes qui conjuguent les deux approches de la dépendance (physique et psychique).

Tableau V.3 – Description de l’état de dépendance selon la grille Colvez

Niveau	Description de l’état de dépendance selon la grille Colvez
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 où elles sont hébergées, mais n’appartenant pas aux niveaux 1 et 2
Niveau 4	Autres personnes (considéré comme non dépendante)

Tableau V.4 – Description de l'état de dépendance selon l'indicateur EHPA

Niveau	Description de l'état de dépendance selon l'indicateur EHPA
EHPA11	Personnes en dépendance psychique et confinées au lit ou en fauteuil
EHPA12	Personnes en dépendance psychique et ayant besoin d'aide pour la toilette et l'habillement
EHPA13	Personnes en dépendance psychique et ayant besoin d'aide pour sortir de leur domicile ou de l'institution où elles sont hébergées
EHPA14	Personnes en dépendance psychique et pas de dépendance physique
EHPA21	personnes étant peu ou pas en dépendance psychique et confinées au lit ou en fauteuil
EHPA22	Personnes étant peu ou pas en dépendance psychique non confinées au lit ou au fauteuil et ayant besoin d'aide pour la toilette et l'habillement
EHPA23	Personnes étant peu ou pas en dépendance psychique ayant besoin d'aide pour sortir de leur domicile ou de l'institution où elles sont hébergées
EHPA24	personnes étant peu ou pas en dépendance psychique et physique

La grille de notation KATZ

La mesure Katz qui est une mesure internationale évalue la capacité de la personne âgée à réaliser six activités de la vie quotidienne (Activities of Daily Living, ADLs)

Tableau V.5 – Grille de notation KATZ

Activités	Indépendant (pas besoin d'assistance)	Dépendant (besoin d'assistance)
Se laver	(1pt) Se lave complètement ou a besoin d'aide que pour une seule partie du corps, par exemple la région génitale dorsale ou un membre handicapé	(0pt) Avoir besoin d'aide pour se laver plus d'une partie du corps en entrant ou en sortant de la baignoire ou de la douche. Nécessite un bain complet
S'habiller	(1pt) Récupère les vêtements dans les placards et les tiroirs et enfile les vêtements de dessus avec des fermetures. Peut aider à attacher les chaussures	(0 pt) Besoin d'aide pour s'habiller ou doit être complètement habiller
Aller aux toilettes	(1pt) Va aux toilettes, monte et descend, range ses vêtements et nettoie ses parties génitales sans aide	(0 pt) Besoin d'aide pour s'habiller ou doit être complètement habiller
Se déplacer	(1pt) Se déplace dans et hors du lit ou de la chaise sans assistance. Les aides mécaniques au transfert sont acceptables	(0 pt) Besoin d'aide pour se déplacer du lit à la chaise ou nécessite un transfert complet
Continence	(1pt) Exerce un contrôle total sur l'urination et la défécation	(0 pt) Est partiellement ou totalement incontinent des intestins ou de la vessie
S'alimenter	(1pt) Fait passer les aliments de l'assiette à la bouche sans aide. La préparation des aliments peut être faite par une autre personne	(0 pt) Besoin d'une aide partielle ou totale pour l'alimentation ou nécessite l'alimentation des parents

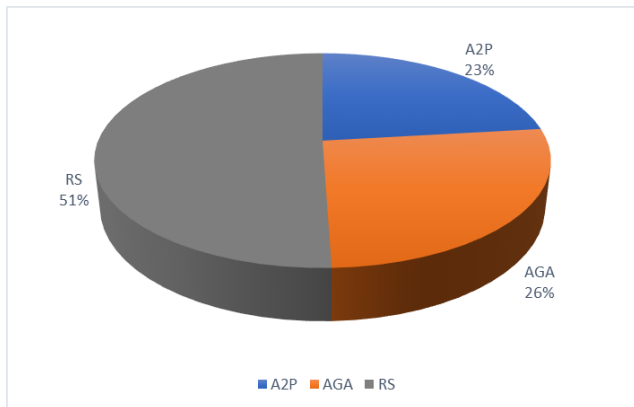
En fonction du nombre de points obtenu par l'individu on pourra dire s'il est dépendant ou pas.

6 pt : Indépendance de l'individu

0pt : Dépendance totale

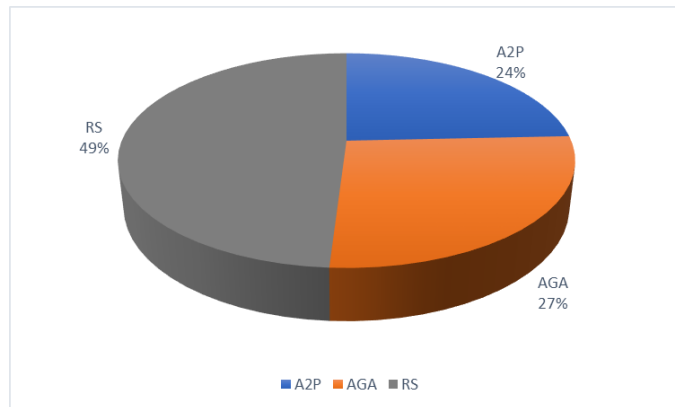
Annexe B : Compléments de l'exploration des données

Graphique V.6 – Répartition des assurés en fonction du réseau de distribution en 2018



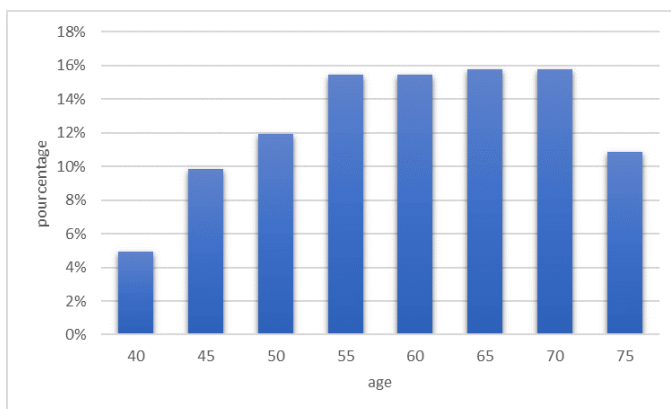
Source : Auteur

Graphique V.7 – Répartition des assurés en fonction du réseau de distribution en 2019



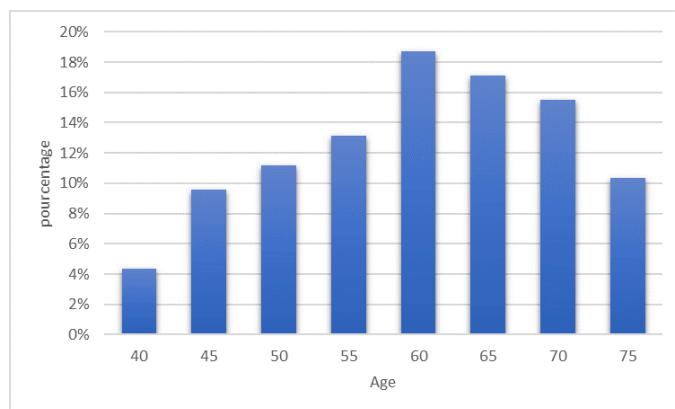
Source : Auteur

Graphique V.8 – Répartition des assurés en fonction de leur âge en 2018



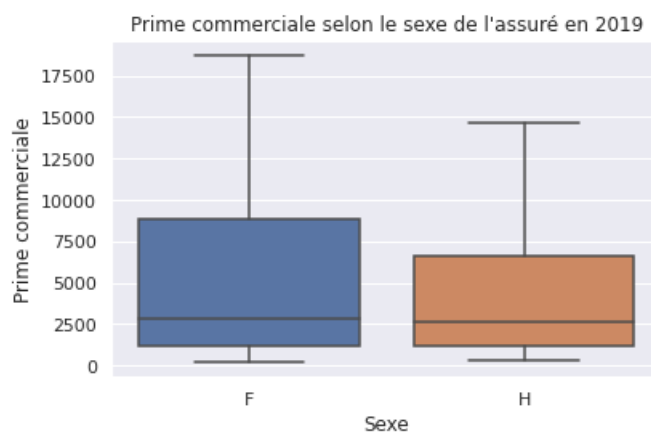
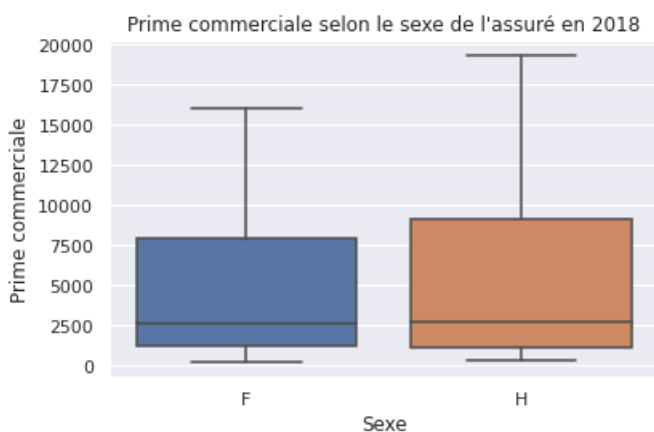
Source : Auteur

Graphique V.9 – Répartition des assurés en fonction de leur âge en 2019



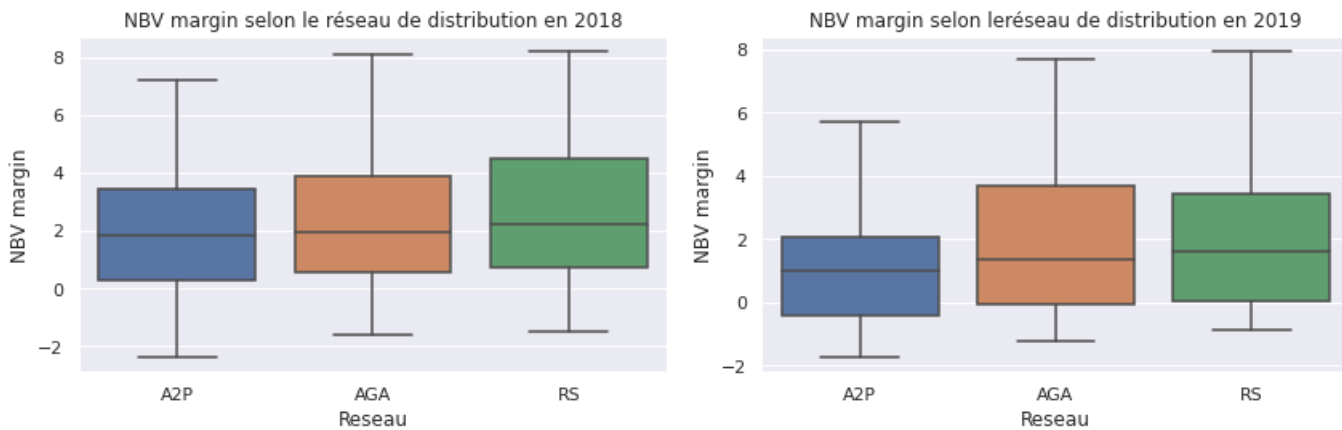
Source : Auteur

Graphique V.10 – Box plots de la prime commerciale en fonction du sexe de l'assuré en 2018 et 2019



Source : Auteur

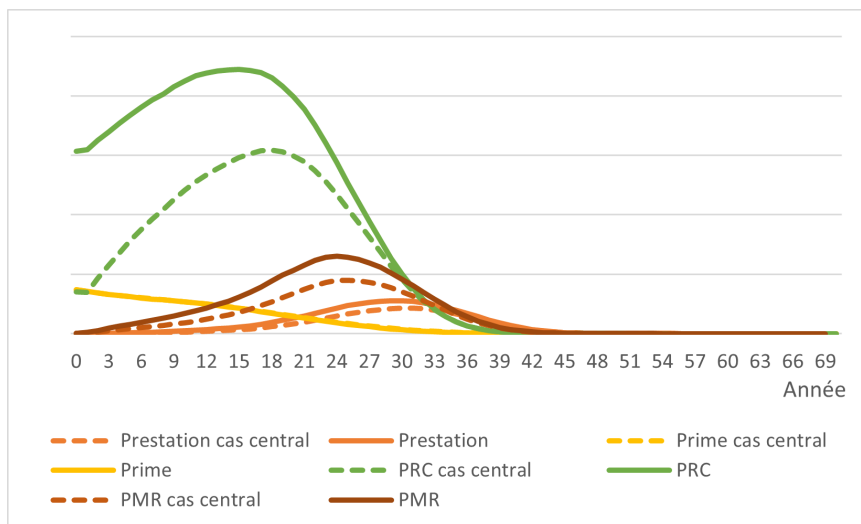
Graphique V.11 – Box plots de la NBV margin en fonction du réseau de distribution en 2018 et 2019



Source : Auteur

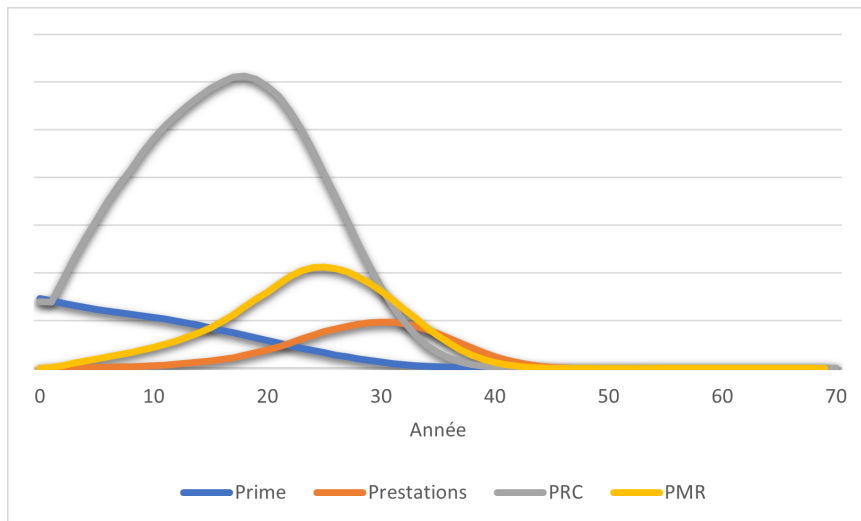
Annexe C : Compléments de l’étude de la sensibilité de la New Business Value

Graphique V.12 – Variation des primes, des sinistres réglés et des provisions techniques dans le cas de la variation du type de garantie



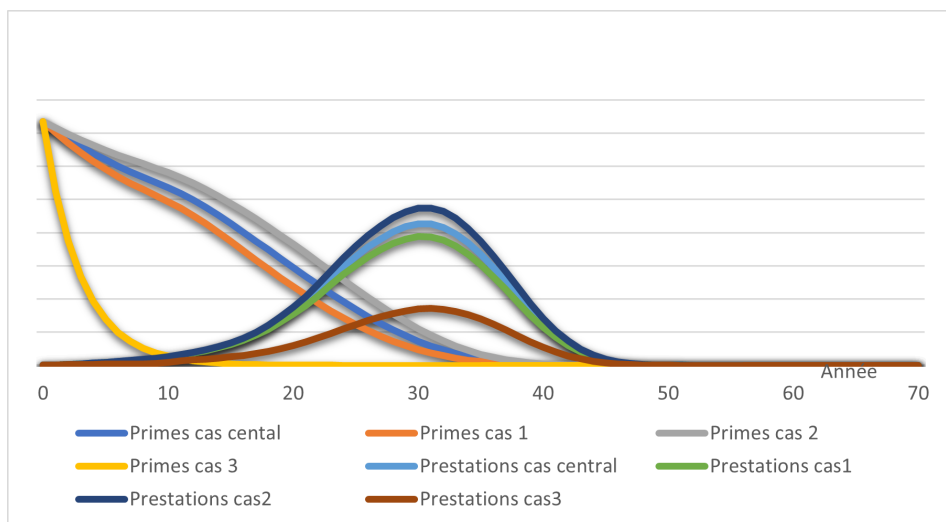
Source : Auteur

Graphique V.13 – Variation des primes, des sinistres réglés et des provisions techniques dans le cas de la hausse de l’incidence



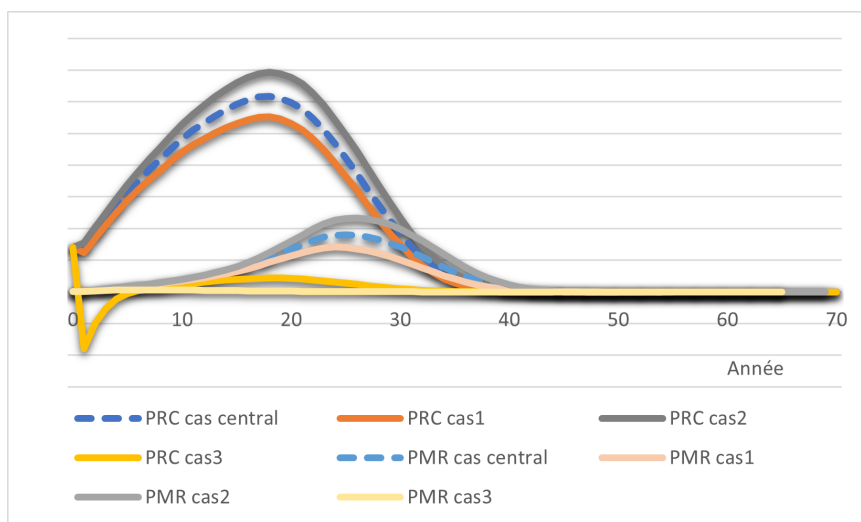
Source : Auteur

Graphique V.14 – Variation des primes et des sinistres réglés dans le cas de la variation du taux de résiliation



Source : Auteur

Graphique V.15 – Variation des provisions techniques dans le cas de la variation du taux de résiliation



Source : Auteur