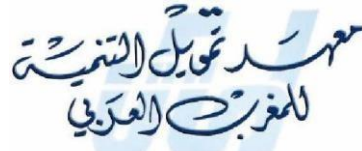


**INSTITUT DE FINANCEMENT DU DÉVELOPPEMENT DU  
MAGHREB ARABE**



## Mémoire de fin d'Étude

### Thème

**Modélisation d'une table de mortalité d'expérience et Etude de l'impact du COVID-19 sur la mortalité : cas d'Assurances BIAT.**

*Présenté et soutenu par :*

**RIHAB BRIKI**

*Encadré par :*

**M. NAJED KSOURI**

*Etudiant(e) parainné(e) par :*

**Assurances BIAT**

***« L'IFID n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans ce projet de recherche. Les opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs »***

## DÉDICACE

### **Je dédie ce travail**

*À ma famille, Veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.*

*À l'âme de ma mère, J'aurais tant aimé que tu sois présente. Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que tu as consenti pour mon instruction et mon bien être. Que Dieu ait ton âme dans sa sainte miséricorde et t'accueillera dans son vaste paradis Inch'Allah.*

*À mon cher papa , à qui je dois tout. pour son amour inconditionnel et son dévouement sans limites dont je serai à jamais redevable.*

*À mes freres , à tous les moments d'enfance passés avec vous , en gage de ma profonde estime pour l'aide que vous m'avez apporté. Vous m'avez soutenu, réconforté et encouragé. Puissent nos liens fraternels se consolider et se pérenniser encore plus.*

*À ma petite sœur de cœur que j'aime plus que tout, ma confidente, mon épaule, ma voix, mon avenir, mon petit bout, ma perle rare.*

*À mon confident, Mon conseiller, qui m'a assistée dans les moments difficiles et m'a prise par la main pour traverser ensemble des épreuves pénibles. Je te suis très reconnaissante, et je ne te remercierai jamais assez pour ton amabilité, ta générosité, ton aide précieuse.*

*À mes amis de toujours En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.*

*Et enfin à toutes les personnes qui ont participé à l'élaboration de ce travail à tous ceux que j'ai omis de citer.*

## REMERCIEMENTS

*La réalisation d'un projet et ce qu'il nécessite de connaissances théoriques et de savoir-faire pratique, est une opportunité intéressante pour apprendre à gérer un travail du début jusqu'à la fin. L'organisation s'avère un élément déterminant pour la bonne conduite du projet et pour la réalisation des différentes phases qui le constituent.*

*Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à mon encadrant universitaire : Monsieur NAJED KSOURI qui n'a pas épargné le moindre effort dans l'encadrement de ce projet. J'ai toujours le grand plaisir de travailler sous votre direction, et j'ai trouvé auprès de vous le conseiller et le guide qui m'a reçu en toute circonstance avec sympathie, sourire et bienveillance.*

*Je vous présente notamment ma profonde gratitude pour vos conseils, l'aide que vous m'avez accordée pour la réalisation de ce travail. Je suis Très Honorée de vous avoir comme un encadrant.*

*Je tiens également à remercier , également, mon encadrant à Assurances BIAT : Monsieur WAJDI BEN FRAJ directeur central du « pole assurance personne » pour m'avoir accueilli dans son équipe et pour avoir été toujours attentive à l'avancement de mon projet . Je vous remercie pour votre disponibilité , vos conseils et surtout pour votre patience.*

*Mes remerciements s'adressent à Assurances BIAT qui m'a offert une chance d'appliquer les acquis théoriques avec l'assistance des spécialistes dans le secteur d'assurances qui n'ont pas épargné le moindre effort dans l'encadrement de ce projet et qu'ils nous ont donné une source de motivation pour commencer une carrière professionnelle au sein de la compagnie.*

*Nous sommes très honorés par l'intérêt porté à ce travail par le président et les membres du jury qui ont accepté de l'évaluer .*

*Pour la même occasion, j'adresse mes remerciements à tous mes enseignants pour leurs efforts épargnés qui ont guidé mes pas et enrichi mes travaux tout le long de mes études à l'IFID.*

*J'adresse, enfin, mes sincères remerciements à toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de mon projet.*

## RÉSUMÉ

En fait, en matière d'assurance vie, la tarification est basée sur la table de mortalité permettant d'estimer la probabilité de survie ou de décès de chaque personne assurée. Par ailleurs, tout phénomène affectant la mortalité de la population nécessite la prise d'attention de toute compagnie d'assurance exerçant une activité vie. Dans ce cadre, la pandémie de COVID-19 a ajouté un fardeau en matière de mortalité chez les populations ce qui a provoqué un climat d'incertitude et une hausse d'exposition au risque pour les compagnies d'assurance. Ces compagnies doivent veiller sur l'ajustement de leurs tables de mortalité afin de prendre en considération le risque de décès soudainement intensifié suite à cette crise sanitaire.

Donc, les assureurs vie ont besoin d'avoir à leur disposition un outil qui prend en compte l'expérience du portefeuille et qui remédie à la non-considération de l'évolution du phénomène de mortalité dans le temps, par les tables de mortalité réglementaires. Cet outil est appelé « table de mortalité d'expérience ». Le présent travail a pour objectifs de modéliser cette table pour le risque décès associé à la garantie « Temporaire Décès » et d'étudier l'impact du COVID-19 sur la mortalité d'expérience de cette même garantie.

Pour réussir ce travail, la Direction Vie de la compagnie Assurances BIAT a mis à notre disposition les données du portefeuille « temporaire décès ». L'utilisation de ces données nécessite des traitements spécifiques pour avoir une base exploitable et fiable reflétant la réalité du portefeuille et permettant de modéliser une table de mortalité d'expérience par âge. Le processus de la construction a commencé par l'estimation des taux bruts de décès de notre population, pour une période d'observation qui s'étale du 01/01/2003 au 31/12/2021, à l'aide de l'estimateur de Kaplan-Meier et l'estimateur de HOEM. Par la suite, nous avons traité les irrégularités et les fluctuations des courbes de mortalité obtenues à travers l'application de deux modèles d'ajustement avant de valider un modèle moyennant l'application des mesures de qualité d'ajustement. Pour étudier l'impact de la crise sanitaire COVID-19, nous avons refaire la même démarche de modélisation de la table d'expérience mais pour deux périodes distinctes : la période pré-COVID et la période COVID afin d'effectuer une comparaison entre les taux brut de mortalité de chaque période et d'étudier l'écart entre les courbes lissées de chaque période et la courbe de mortalité théorique TD99.

**Mots clés :** Assurance vie, Table de mortalité, Mortalité d'expérience, Temporaire Décès, Risque décès, estimateur de HOEM, estimateur de Kaplan-Meier, modèle d'ajustement, COVID-19 ...

## ABSTRACT

In life insurance, pricing is based on the mortality table to estimate the probability of survival or death of each insured person. Moreover, any phenomenon affecting the mortality of the population requires the attention of any insurance company that sells life products. In this context, the COVID-19 pandemic has added a burden in terms of mortality among populations, which has caused a climate of uncertainty and increased risk exposure for insurance companies. These companies must ensure that their mortality tables are adjusted to take into account the risk of death suddenly intensified caused by pandemic.

therefore, Life insurers therefore need to have at their disposal a tool that takes into account the experience of the portfolio and which remedies to the non-consideration of the evolution of mortality phenomenon in time, by regulatory mortality tables. This tool is called experience mortality table.

The objectives of this work are to model this table for the risk of death associated to the "Temporary Death" guarantee and to study the impact of COVID-19 on the experience mortality of this same guarantee. To succeed in this work, the Life Department of the company "Assurances BIAT" made available to us the data of the "temporary death" portfolio. The use of this data requires specific processing in order to have an exploitable and reliable database reflecting the reality of the portfolio and making it possible to model an experience mortality table by age.

The construction process began with the estimation of the crude death rates of our population, for an observation period which extends from 01/01/2003 to 12/31/2021, using the Kaplan-Meier estimator and the HOEM estimator. Subsequently, we treated the irregularities and fluctuations of the mortality curves obtained through the application of two adjustment models before validating a model through the application of measures of quality of adjustment.

To study the impact of the COVID-19 health crisis, we redid the same process of modeling the experience table but for two distinct periods: the pre-COVID period and the COVID period in order to make a comparison between the crude mortality rates for each period and to study the difference between the smoothed curves for each period and the theoretical mortality curve TD99.

**Keywords:** Life insurance, Mortality table, Experience mortality, Temporary death, Death risk, HOEM estimator, Kaplan-Meier estimator, adjustment model, COVID-19, etc.

## SOMMAIRE

RÉSUMÉ .....	5
ABSTRACT .....	6
LISTE DES TABLEAUX .....	8
LISTE DES FIGURES .....	9
LISTE DES ABRÉVIATIONS .....	10
INTRODUCTION GÉNÉRALE .....	11
CHAPITRE 1 : LE CADRE CONCEPTUEL DE L'ETUDE ET LES MODALITÉS DE CONSTRUCTION DE TABLE DE MORTALITÉ D'EXPERIENCE.....	16
SECTION 1 : L'ASSURANCE VIE .....	16
SECTION 2: LES TABLES DE MORTALITÉ.....	26
SECTION 3 : LES MODALITÉS DE CONSTRUCTION DE TABLE DE MORTALITÉ D'EXPERIENCE .....	32
SECTION 4 : L'IMPACT DU COVID-19 SUR LA MORTALITÉ .....	41
CHAPITRE 2 : LA CONSTRUCTION D'UNE TABLE DE MORTALITÉ D'EXPERIENCE ET L'IMPACT DU COVID-19 SUR LA MORTALITÉ .....	50
SECTION 1 : L'ETUDE DE PORTEFEUILLE .....	50
SECTION 2 : LA MÉTHODOLOGIE ET L'ANALYSE DE DONNÉES.....	61
SECTION 3 : LA CONSTRUCTION DE LA TABLE D'EXPERIENCE.....	69
SECTION 4 : L'IMPACT DE LA PANDÉMIE COVID-19 SUR L'EXPERIENCE : .....	79
CONCLUSION GÉNÉRALE .....	87
BIBLIOGRAPHIE.....	89

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1:</b> Les produits prévoyances commercialisées par Assurances BIAT .....	23
<b>Tableau 2:</b> Les risques couverts et les exclusions spécifiques :.....	24
<b>Tableau 3:</b> La méthode de HOEM .....	35
<b>Tableau 4:</b> La Fiche Technique « Assurances BIAT » .....	51
<b>Tableau 5:</b> Les chiffres Clés d'Assurances BIAT en MD (2019-2020) : .....	55
<b>Tableau 6:</b> La répartition des données par statut de contrat.....	66
<b>Tableau 7:</b> Les estimations des paramètres du modèle du MAKEHAM.....	71
<b>Tableau 7:</b> Les estimations des paramètres du modèle du THATCHER.....	73
<b>Tableau 8:</b> Les indicateurs de la qualité de l'ajustement .....	76
<b>Tableau 9:</b> La table d'expérience construite.....	77
<b>Tableau 10:</b> La comparaison de la mortalité sur les périodes pré-COVID et COVID .....	83



## LISTE DES FIGURES

<b>Figure1</b> : Les produits traditionnels de l'assurance vie.....	18
<b>Figure 2</b> : Les produits de la nouvelle génération de l'assurance vie.....	19
<b>Figure 3</b> : Le taux d'évolution du CA de l'assurance vie en Tunisie (2016-2020) .....	19
<b>Figure4</b> : Le part de l'assurance vie dans le CA global du secteur d'assurance (2016-2020).....	20
<b>Figure5</b> : Le mécanisme du contrat " temporaire décès ".....	22
<b>Figure6</b> : La représentation de la fonction de survie : Effectifs de survivants en fonction de l'âge....	28
<b>Figure 7</b> : Le lissage par Makeham.....	38
<b>Figure8</b> : Le lissage par Thatcher .....	39
<b>Figure9</b> : L'évolution du nombre de décès hebdomadaires en Tunisie .....	46
<b>Figure 10</b> : La mortalité journalière en Tunisie de janvier 2020 à février 2021 .....	47
<b>Figure 11</b> : Les produits et Services d'Assurances BIAT:.....	52
<b>Figure 12</b> : L'organigramme d'assurances BIAT : .....	54
<b>Figure 13</b> : Le taux d'évolution du CA et des indemnisations par branche entre 2019 et 2020 : .....	57
<b>Figure 14</b> : Le nombre d'enregistrement en fonction de l'année de souscription.....	64
<b>Figure 15</b> : Le nombre d'enregistrement par âge à la souscription .....	65
<b>Figure16</b> : L'exposition au risque.....	67
<b>Figure 17</b> : Le nombre de décès par âge.....	68
<b>Figure18</b> : L'Age moyen au décès pour chaque année .....	69
<b>Figure19</b> : L'estimation des taux bruts .....	70
<b>Figure20</b> : L'ajustement par le modèle de Makeham .....	72
<b>Figure21</b> : L'ajustement par le modèle de THATCHER .....	74
<b>Figure22</b> : La comparaison des deux modèles de lissage , du courbe des taux bruts et du TD99 .....	75
<b>Figure23</b> : L'estimation des taux bruts pour les périodes pré-Covid et Covid .....	79
<b>Figure24</b> : Le lissage des taux bruts sur les périodes pré-COVID et COVID.....	81
<b>Figure 25</b> : Une comparaison des taux de surestimation durant chaque période.....	85

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

<b>FDR</b>	Formulaire de Déclaration du Risque
<b>TD</b>	Temporaire décès
<b>INSEE</b>	Institut national de la statistique et des études économiques
<b>CGA</b>	Comité Général des Assurances
<b>CA</b>	Chiffres d'affaires
<b>TUA</b>	Taxe unique sur les assurances
<b>MCO</b>	La méthode des moindres carrés ordinaires
<b>MCP</b>	La méthode des moindres carrés pondérés
<b>EMV</b>	Estimation par la méthode de maximum de vraisemblance
<b>OMS</b>	Organisation mondiale de la Santé
<b>INS</b>	Institut national de la statistique

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

La tarification est l'un des processus les plus sensibles qui peut affecter, lourdement, la compétitivité des compagnies d'assurance surtout dans un environnement concurrentiel. Dans le but d'éviter une évaluation inadéquate, la compagnie d'assurance se trouve dans la nécessité d'ajuster au mieux ses tarifs.

En matière d'assurance vie, la tarification est basée sur deux facteurs techniques à savoir : le taux technique et la table de mortalité. Cette table de mortalité représente un repère important de toutes activités relatives à la branche vie puisqu'elle aide à estimer la probabilité de survie ou de décès de chaque personne assurée. Pour assurer la tarification des contrats d'assurance couvrant le risque décès, le législateur Tunisien impose comme base de tarification les tables réglementaires : TV99, TD99 et TGEN99 mises en place par l'Institut National de la Statistique (INS) en 1999 et promulguées en 2009 par l'État Tunisien. Ces tables sont modélisées sur la base des données de mortalité observées de la population globale durant l'année 1999 et elles sont utilisées jusqu'à aujourd'hui pour tarifier les produits d'assurance vie. Or, l'utilisation de ces tables ne permet pas de prendre en considération l'aspect réel du risque qui touche le portefeuille des garanties décès d'une compagnie d'assurance.

En effet, la population qui compose un portefeuille d'une compagnie d'assurance n'a pas nécessairement les mêmes caractéristiques de la population de référence qui compose les tables TD99, TV99 et TGEN99. Ainsi, la table de mortalité réglementaire ne tient pas compte du phénomène de l'allongement de la durée de vie humaine et des crises sanitaires récentes qui ont affecté la mortalité tel que la pandémie COVID-19.

Par ailleurs, tout phénomène affectant la mortalité de la population nécessite la prise d'attention de toute compagnie d'assurance exerçant une activité vie. Dans ce cadre, la pandémie de COVID-19 a ajouté un fardeau en matière de mortalité chez les populations ce qui a provoqué un climat d'incertitude et une hausse d'exposition au risque pour les compagnies d'assurance qui commercialisent les produits d'assurance vie. Ces compagnies doivent veiller sur l'ajustement de leurs tables de mortalité afin de prendre en considération le risque de décès soudainement intensifié suite à cette crise sanitaire.

D'où, cette standardisation de l'utilisation des tables de mortalité réglementaires peut provoquer un déséquilibre au niveau de la tarification et du provisionnement ce qui peut provoquer une perte de compétitivité par rapport à la concurrence et peut affecter la capacité

de l'assureur à faire face aux engagements vis-à-vis ses assurés . Dans ce contexte, le calcul classique, qui est basé sur les tables réglementaires ,réalisé par les assureurs semble aujourd'hui obsolète. La prise en considération de l'expérience d'un portefeuille lors de la détermination des tarifs et des provisions paraît judicieuse afin d'assurer une évaluation convenable du risque de mortalité et/ou longévité. La compagnie d'assurance doit envisager l'intégration de l'expérience rétrospective de son portefeuille dans la fixation des primes et des provisions.

Dans ce cadre, notre travail propose d'élaborer une table de mortalité d'expérience pour un portefeuille « temporaire décès » d'Assurances BIAT et d'étudier l'impact de la crise sanitaire COVID-19 sur l'expérience . Ce travail est réalisé sous l'encadrement de la direction « assurance vie » qui vise à apprécier le risque réel décès de son portefeuille. Notre travail vise à modéliser l'expérience de la compagnie depuis sa création jusqu'à l'année 2021 tout en analysant l'impact du COVID-19 sur cette expérience.

Donc, notre problématique porte sur :

**La modélisation d'une table de mortalité d'expérience par âge et étude de l'impact de la crise sanitaire sur la mortalité pour un portefeuille « temporaire décès » d'Assurances BIAT.**

Dans le but de proposer une réponse à cette problématique, nous proposons de structurer la mémoire de recherche en deux chapitres:

- Le premier chapitre sera consacré à la présentation du cadre conceptuel du sujet et les modalités de construction de table de mortalité d'expérience. Il est composé de quatre sections. La première section sera réservée à une présentation de l'assurance vie en Tunisie, la deuxième section sera consacrée à une étude des tables de mortalité , la troisième section englobe une explication des modalités de construction de la table d'expérience et la dernière section porte sur l'impact du COVID-19 sur la mortalité.
- Le deuxième chapitre sera consacré à la construction d'une table de mortalité d'expérience et l'étude de l'impact de la crise sanitaire COVID-19 sur la mortalité. Il est composé de quatre sections . La première section sera réservée à une étude de portefeuille , une présentation de l'organisme d'accueil ainsi une description du produit « temporaire décès », la deuxième section sera consacrée à une description de méthodologie, un traitement et une analyse des données , la troisième section sera réservée à la modélisation de la table

d'expérience et la dernière section portera sur une étude de l'impact du COVID-19 sur la mortalité d'expérience.



**e** **HAPITRE 1 : LE CADRE  
CONCEPTUEL DE L'ETUDE  
ET LES MODALITÉS DE  
CONSTRUCTION DE TABLE  
DE MORTALITÉ  
D'EXPERIENCE**

# **CHAPITRE 1 : LE CADRE CONCEPTUEL DE L'ETUDE ET LES MODALITÉS DE CONSTRUCTION DE TABLE DE MORTALITÉ D'EXPERIENCE**

## **INTRODUCTION**

L'élaboration d'une table d'expérience est fondée sur des outils mathématiques qui permettent la modélisation de la mortalité. Dans ce cadre, nous allons mettre en évidence les concepts mathématiques à appliquer lors de la construction de notre table tout en commençant par une présentation du cadre conceptuel du sujet .

Donc, ce chapitre sera composé de quatre sections à savoir :

- La première section sera réservée à une présentation de l'assurance vie en Tunisie.
- La deuxième section sera consacrée à une étude des tables de mortalité.
- La dernière section englobe une explication des modalités de construction de la table d'expérience.
- L'impact du COVID-19 sur la mortalité.

## **SECTION 1 : L'ASSURANCE VIE**

### **1. LA PRÉSENTATION DE L'ASSURANCE VIE**

#### **1.1. PRÉSENTATION**

L'assurance vie constitue un contrat par lequel l'assureur s'engage, en contrepartie du paiement de primes, à verser une rente ou un capital à l'assuré ou à ses bénéficiaires. Elle peut être utilisée comme un produit d'épargne à moyen ou long terme. À l'issue du contrat, l'assuré ou ses bénéficiaires peuvent récupérer les sommes investies, augmentées des gains éventuels et diminuées des frais (de dossier et de gestion notamment).

L'assurance vie présente un facteur clé de croissance et de financement de l'économie. Elle constitue un outil crucial demandé par les collectivités ainsi les individus dans le but d'assurer



la sécurité de leurs activités. L'assurance vie peut être qualifiée d'un essor vers une vie meilleure des entreprises et des ménages. <sup>1</sup>

Il existe aujourd'hui deux manières de présenter les différents produits d'assurance vie, à savoir :

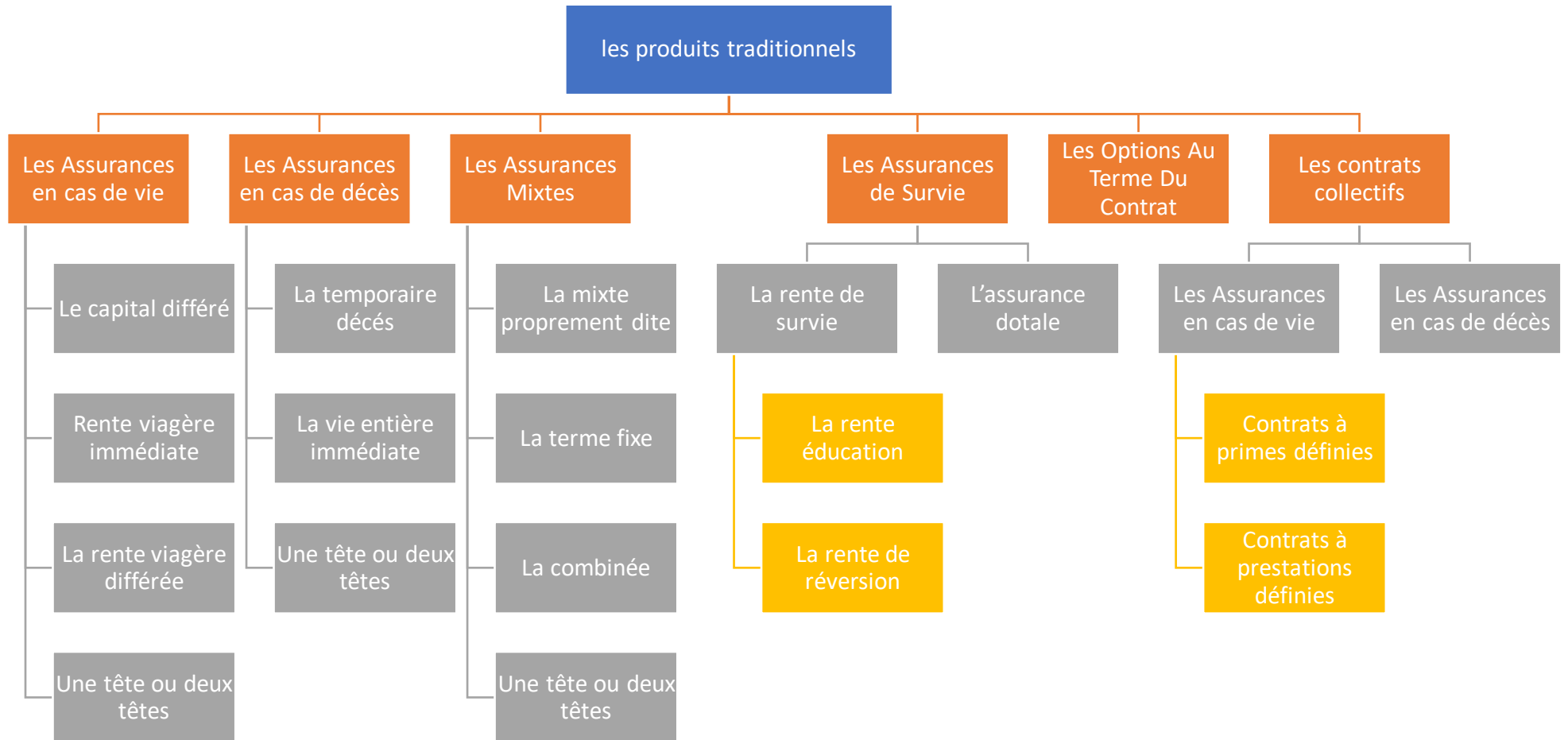
- ❖ **LA PRÉSENTATION CLASSIQUE** : elle distingue les contrats en cas de vie, les contrats en cas de décès et les contrats mixtes.
- ❖ **LA NOUVELLE PRÉSENTATION** : La distinction entre l'assurance en cas de vie et l'assurance en cas de décès est de plus en plus remplacée par une distinction voisine au niveau technique, mais différente dans son esprit qui est : épargne / prévoyance.

Ces deux présentations correspondent d'ailleurs à deux générations de produits : les produits traditionnels et les produits de la nouvelle génération qui sont présentés dans les graphes qui suivent :

---

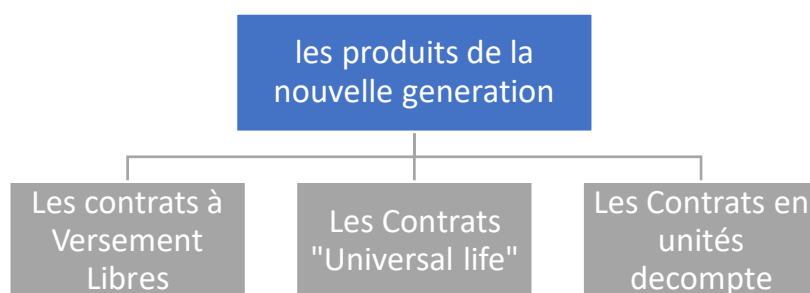
<sup>1</sup> Toukabri.M , Ghali.Z et Gharbi.A (2015) « conception du modèle théorique de comportement de souscription en assurance vie » .

**Figure 1:** Les produits traditionnels de l'assurance vie



source: support de cours "assurance vie" IFID

**Figure 2:** Les produits de la nouvelle génération de l'assurance vie

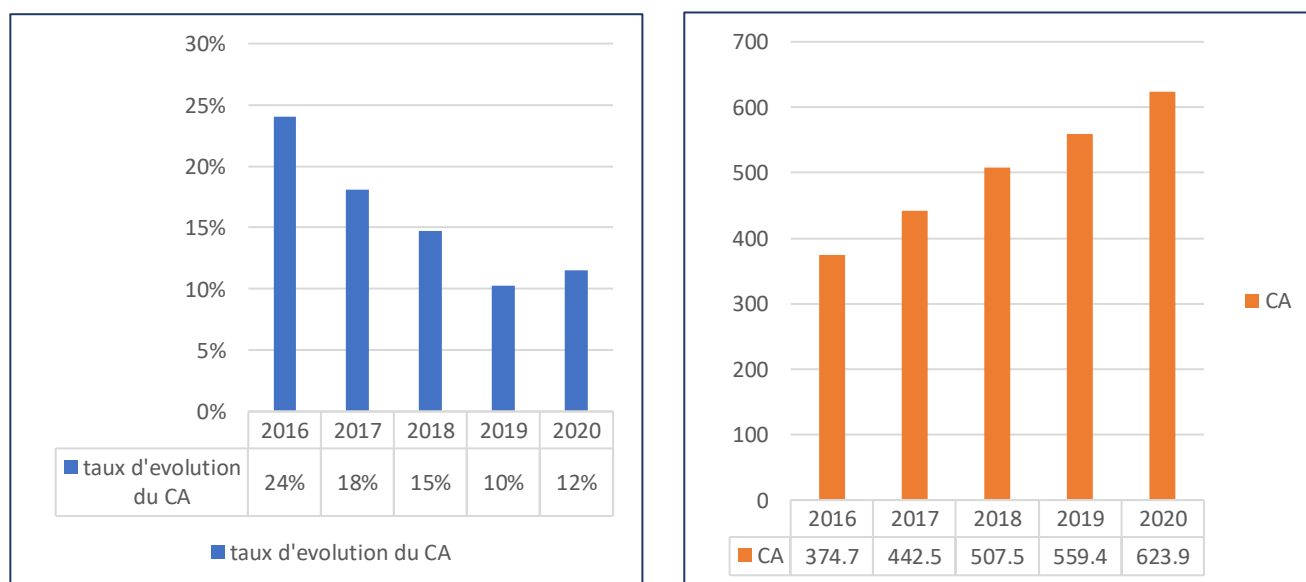


source: support de cours "assurance vie" IFID

## 1.2. CHIFFRES CLÉS

Le rythme de la croissance du chiffre d'affaires relatifs à l'assurance vie et capitalisation demeure le potentiel de croissance le plus important du marché. Le graphique qui suit illustre l'évolution du chiffre d'affaires de la catégorie vie et capitalisation durant la période 2016-2020 :

**Figure 3:** Le taux d'évolution du CA de l'assurance vie en Tunisie (2016-2020)



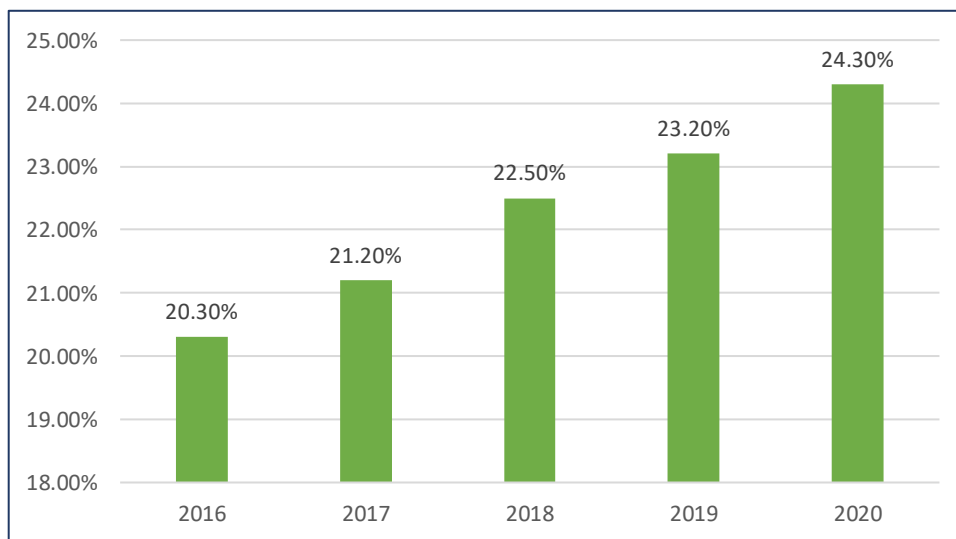
source: données collectées de la CGA

Malgré l'évolution remarquable du chiffre d'affaires du marché d'assurance vie, le taux d'évolution a connu une décélération pour passer du 24% en 2016 à 12% en 2020 . Donc ,cette catégorie d'assurance est en évolution continue mais avec un rythme moins élevé d'une année à une autre. En fait, le chiffre d'affaires de l'assurance vie a passé de 374,7 MDT en 2016 à 623,9 MDT en 2020 grâce aux efforts déployés par les différentes parties , les incitations de l'État et les compagnies d'assurances ainsi les exonérations fiscales.

En fait, vu que l'épargne est en baisse depuis quelques années, l'État essaye de rectifier le tir à travers l'encouragement de la commercialisation l'assurance vie.

Dans ce contexte , la part de la catégorie vie dans le marché d'assurance national est en amélioration continue malgré qu'elle reste encore loin des attentes (24,3% en 2020 contre 23,2% en 2019 et 22,5% en 2018). Le graphique suivant représente l'évolution du part de l'assurance vie dans le CA global du secteur d'assurance entre 2016 et 2020 :

**Figure 4:** Le part de l'assurance vie dans le CA global du secteur d'assurance (2016-2020)



*source: données collectées de la CGA*

Donc malgré les efforts déployés , l'assurance vie n'a pas atteint encore sa vitesse de croissance attendue et escomptée. Il est évident que le marché tunisien de l'assurance vie présente le parent le plus pauvre du secteur des assurances et connu un retard considérable en termes de développement qui ne se coïncide pas avec l'environnement favorable à sa réussite.

Malgré que la densité d'assurance du marché tunisien n'ait cessé de s'améliorer durant les dernières années , en enregistrant un taux d'évolution de 19,9% entre 2017 et 2020 passant de

181,6 TND par habitant en 2017 à 217,8 TND en 2020, le marché tunisien reste en deçà de son potentiel par rapport à d'autres pays comparables.

## 2. L'ASSURANCE EN CAS DE DÉCÈS

### 2.1. PRÉSENTATION

Les contrats en cas de décès sont commercialisés d'une façon individuelle ou bien collective. Ce type de contrat assure le versement d'une somme sous forme d'un capital ou d'une rente au profit d'un bénéficiaire(s) indiqué(s) en cas de décès de l'assuré avant l'échéance du contrat. Cette couverture peut être accordée avec d'autres garanties à l'égard de l'assurance en cas d'invalidité ou d'incapacité suite à une maladie ou à un accident.

Ce type de couverture est ,généralement , souscrit dans le cadre d'un emprunt.

Cependant, plusieurs formules peuvent être proposées par la compagnie d'assurance permettant aux bénéficiaires mentionnés au contrat de surmonter les difficultés financières dues au décès de l'assuré.

Les principaux contrats d'assurance proposés en cas de décès sont:

- **La vie entière** : ce contrat permet aux bénéficiaires d'obtenir un capital au moment de décès de l'assuré. Les primes de cette couverture peuvent être uniques ou périodiques. Dans le cas des primes périodiques, elles seront versées jusqu'au décès ou temporaires<sup>2</sup>.
- **1 tête ou 2 têtes** : Ces assurances peuvent être souscrites sur une ou deux têtes, les prestations prévues seront réglées au premier décès.
- **La temporaire décès** : ce type de contrat sera défini dans la partie qui suit.

### 2.2. L'ASSURANCE TEMPORAIRE DÉCÈS

En cas de décès de l'assuré , avant le terme du contrat, l'assureur va assurer le paiement d'un capital au bénéficiaire. Cependant ,si l'assuré est encore vivant ,au moment du terme du contrat, aucune prestation ne sera servie ainsi les primes sont acquises à la compagnie d'assurance.<sup>3</sup>

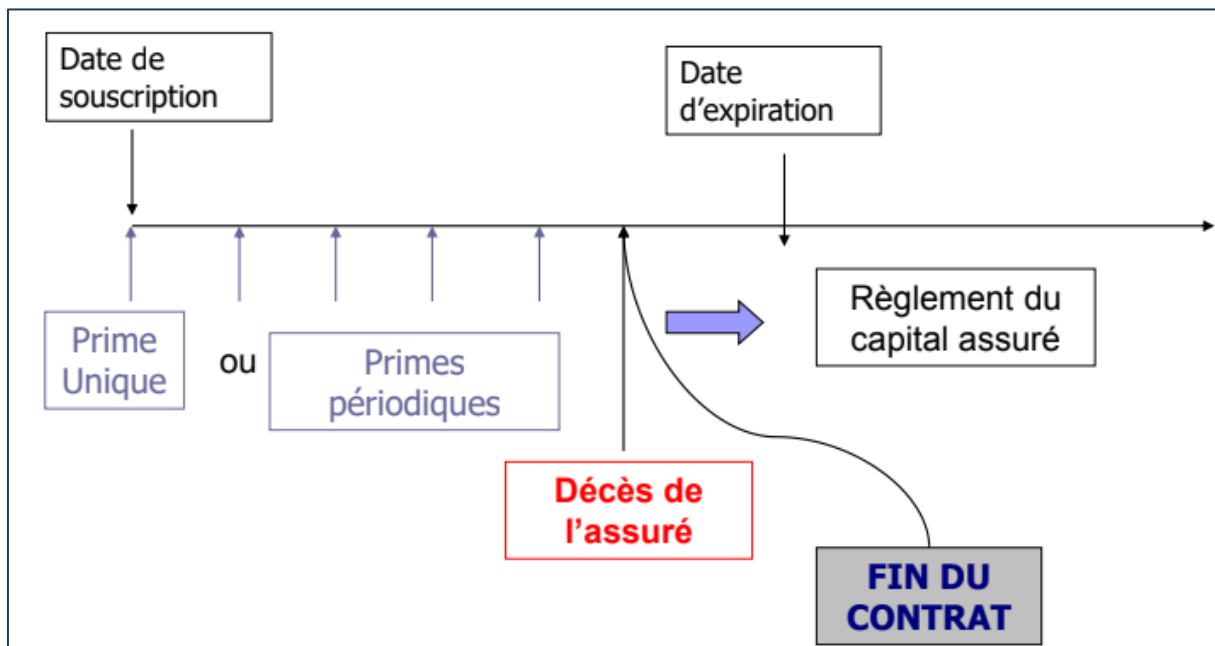
Dans ce cas, on parle de « temporaire décès» qui est expliqué par le schéma suivant :

---

<sup>2</sup> elles seront alors versées au plus tard jusqu'à une date correspondant le plus souvent à l'âge de la retraite de l'assuré.

<sup>3</sup> Source : support de cours "assurance vie" IFID.

**Figure 5:** Le mécanisme du contrat " temporaire décès "



source : support de cours "assurance vie" IFID

Le contrat TD est , systématiquement, exigé par les organismes prêteurs dans le but de faire face au risque de décès du client<sup>4</sup>. Ce type de contrat est ,également, appelé « Temporaire Crédit ».

les caractéristiques du contrat « Temporaire Crédit » qui est commercialisé en Tunisie sont:

- La prime est unique
- Le capital est dégressif conformément au tableau d'amortissement du prêt:
  - o Soit linéairement
  - o Soit non linéairement

La dégressivité est :

- o Soit immédiate (pas de délai de grâce)
- o Soit différée (existence d'un délai de grâce)

<sup>4</sup> l'emprunteur

### 3. LES PRODUITS PRÉVOYANCE CHEZ ASSURANCES BIAT

#### 3.1. DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Chez Assurances BIAT, la prévoyance regroupe les opérations ayant pour objet la prévention et la couverture du risque décès, des risques portant atteinte à l'intégrité physique de la personne ou des risques d'incapacité de travail ou d'invalidité. Donc, la prévoyance désigne de façon générique tous les contrats et garanties qui couvrent les risques sociaux liés à la personne en cas d'arrêt de travail suite à une disparition prématurée, une invalidité absolue définitive ou la retraite.

L'invalidité absolue et définitive est définie par tout état physique ou mental de l'assuré, résultant d'un accident ou d'une maladie postérieure à la date d'effet du contrat, mettant celui-ci dans l'impossibilité présente et future de se livrer à une occupation ou un travail lui procurant gain ou profit et nécessitant l'assistance d'une tierce personne pour accomplir les actes ordinaires de la vie.

Les produits prévoyances commercialisées par Assurances BIAT sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau 1:** Les produits prévoyances commercialisées par Assurances BIAT

	<b>Produit</b>	<b>Type</b>	<b>Distribution</b>
<b>Obligatoires</b>	Temporaire décès crédit BIAT	Collectif	Banque
	Temporaire décès individuel	Individuel	Autres réseaux
<b>Facultatifs</b>	Temporaire décès capital constant	Individuel	Autres réseaux
	Protection familiale	Collectif	Autres réseaux
	Rente éducation	Individuel	Autres réseaux
	Familia (capital constant en cas de décès)	Individuel	Banque
	Benoun (rente éducation en cas de décès)	Individuel	Banque
	Familia silver et Gold (Capital constant en cas de décès + Maladies redoutées)	Individuel	Banque
	Afek (Assurance en cas de vie)	Collectif	Autres réseaux

	Indemnité de départ à la retraite (IDR)	Individuel	Autres réseaux
--	---	------------	----------------

*source: documents communiqués par Assurances BIAT*

### 3.2. L'ASSURANCE TEMPORAIRE DÉCÈS

Assurances BIAT propose le TD collectif distribué à travers la banque BIAT et le TD individuel commercialisé à travers le réseau commercial<sup>5</sup>. La police temporaire décès peut être à capital constant (temporaire décès au profit d'un enfant ou d'un conjoint) ou à capital dégressif (en fonction du tableau d'amortissement du crédit). La police temporaire décès à capital dégressif est une garantie obligatoire liée à un prêt bancaire.

On trouve deux garanties offertes dans ce type de contrat : une garantie de base et une garantie facultative, expliquées et détaillées dans les conditions générales du contrat :

- **La garantie de base** assure un remboursement d'un capital déjà mentionné dans les conditions particulières de l'assuré, ce remboursement aura lieu immédiatement à la suite de survenance de deux événements à savoir : le décès de l'assuré ou bien l'invalidité absolue définitive.
- Quant à **la garantie facultative**, elle est optionnelle, l'assuré est libre de l'ajouter ou de ne pas l'ajouter à son contrat. Il s'agit d'un versement d'un capital si le décès ou l'IAD sont la conséquence directe ou indirecte d'un accident.

Les exclusions de chaque risque couvert sont représentées dans le tableau qui suit :

**Tableau 2:** Les risques couverts et les exclusions spécifiques :

Les risques couverts	Le décès	En cas d'invalidité absolue et définitive
<b>Les exclusions</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- le suicide volontaire de l'assuré. cependant, l'assureur est tenu de payer aux ayants droits une somme égale au montant de la provision mathématique</li> <li>- lorsque le bénéficiaire a occasionné</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le fait intentionnel du bénéficiaire.</li> <li>- Des accidents ou maladies causés intentionnellement par l'assuré.</li> </ul>

<sup>5</sup> Autre que la banque BIAT.



	<p>volontairement la mort de l'assuré, le capital décès n'est pas dû<sup>6</sup>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- en cas de guerre étrangère.</li> <li>- en cas de guerre civile.</li> <li>- les conséquences d'utilisation de stupéfiants non prescrits médicalement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Des accidents résultant d'un état d'ivresse manifeste avec un taux supérieur ou égal à 0,5 gr/L.</li> <li>- Tentative de suicide.</li> <li>- La pratique des sports dangereux qui suivent : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Plongée sous-marine.</li> <li>▪ Sports aériens.<sup>7</sup></li> </ul> </li> <li>- les conséquences d'utilisation de stupéfiants non prescrits médicalement.</li> </ul>
--	--	---

Source : condition générale du contrat TD d'Assurances BAV

La tarification du temporaire décès porte sur une prime unique payée. Elle tient en compte les facteurs suivants :

- l'âge de souscripteur.
- le montant de capital.
- la période de prêt.
- la franchise.
- l'état de santé de l'assuré.

En fait, l'état de santé de personne concernée est identifié via le FDR et le tableau de sélection médicale. En assurance vie, l'obligation de la déclaration d'état de santé est à la souscription cette obligation n'existe pas au cours de contrat.

<sup>6</sup> Article 38 du code des Assurances.

<sup>7</sup> Vols acrobatiques ou d'exhibitions, compétitions ou tentatives de record, vols d'essai et descente en parachute.

## SECTION 2: LES TABLES DE MORTALITÉ

### 1. LA PRÉSENTATION D'UNE TABLE DE MORTALITÉ

L'apparition des tables de mortalité remonte au 17<sup>ème</sup> siècle. Une table de mortalité a été définie par Clement. O (2003)<sup>8</sup> comme étant un tableau qui englobe, en considérant une population fermée<sup>9</sup>, les informations suivantes :

- L'âge noté par  $x$  avec un âge extrême de la table noté par  $w$ .
- Le nombre théorique de survivants à l'âge entier  $x$  noté par  $l_x$ .

Ces données donnent naissance à des différentes notations qui ont été défini par : Clement. O (2003), Bérangère. V-M (2007)<sup>10</sup>, Brouhns. N et Denuit. M (2002)<sup>11</sup> et Planchet. F (2013)<sup>12</sup> :

- $p_x$  : représente la probabilité pour qu'un individu d'âge «  $x$  » reste vivant jusqu'à l'âge  $x+1$ . Elle se traduit par la formule suivante :

$$p_x = \frac{l_{x+1}}{l_x}$$

- $q_x$  : représente la probabilité pour qu'un individu d'âge «  $x$  » décède avant de toucher l'âge «  $x+1$  ». Elle se traduit par la formule suivante :

$$q_x = \frac{dx}{l_x} = \frac{l_x - l_{x+1}}{l_x}$$

Avec:  $p_x + q_x = 1$

- ${}_k p_x$  : représente la probabilité pour qu'un individu d'âge «  $x$  » soit vivant à l'âge «  $x+k$  ». Elle se traduit par la formule suivante :

$${}_k p_x = \frac{l_{x+k}}{l_x}$$

---

<sup>8</sup> Clement. O (2003) « Elaboration d'une table d'expérience : comparaison de méthodes de lissage analytique et d'ajustement statistique » EURIA 2003.

<sup>9</sup> Absence d'entrant

<sup>10</sup> Bérangère. V-M (2007) « Comparaison de méthodes d'ajustement de la mortalité des rentiers dans un but prospectif » mémoire d'actuariat : ISFA Scor Global Life

<sup>11</sup> Brouhns. N et Denuit. M (2002) « Risque de longévité et rentes viagères : Evolution de la mortalité en Belgique de 1880 à nos Jours » BELGIAN ACTUARIAL BULLETIN, Vol. 2, No. 1, 2002.

<sup>12</sup> Planchet. F (2013) « Modèle de durée : table de mortalité » Support de cours 2013-2014 ; ISFA, Version 2.18, Octobre 2013.

- ${}_kq_x$  : représente la probabilité pour qu'un individu d'âge  $x$  décède avant d'avoir atteint l'âge  $x + k$ . Elle se traduit par la formule suivante :

$${}_kq_x = \frac{l_x - l_{x+k}}{l_x}$$

- ${}_n|tq_x$  : représente la probabilité pour qu'un individu d'âge «  $x$  » décède entre «  $x+n$  » et «  $x+n+t$  »<sup>13</sup>. Elle se traduit par la formule suivante :

$${}_n|tq_x = \frac{l_{x+n} - l_{x+n+t}}{l_x}$$

- **La fonction de survie :**

La fonction de survie  $x \rightarrow l_x$  représente le nombre moyen de survivants d'une population de  $l_0$  individus nés à la même date.

À noter que :

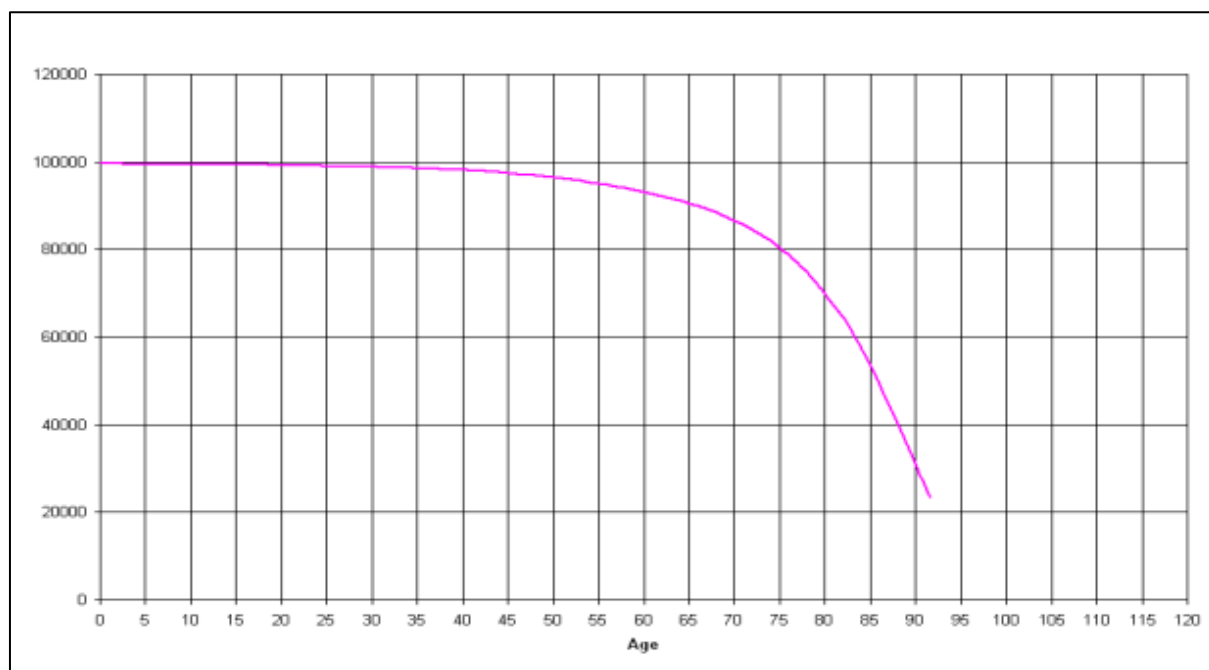
- $L_0$ : Les nombre des nouveaux nés .
- $L_x$  : le nombre moyen de survivants à l'âge «  $x$  ».
- $d_x = l_x - l_{x+1}$ : représente le nombre des décès qui sont observés parmi les  $l_x$  individus âgés de «  $x$  » années.

⇒ On aura, donc, la formule suivante :

$${}_tp_x = 1 - {}_tp_x = 1 - \frac{l_{x+t}}{l_x} = \frac{tdx}{l_x}$$

<sup>13</sup> il s'agit d'un différé de «  $n$  » années

**Figure6 :** La représentation de la fonction de survie : Effectifs de survivants en fonction de l'âge



*source : INSEE*

Généralement, les compagnies d'assurance utilisent la table qui concerne la population masculine en cas de décès et la table de la population féminine en cas de vie.

## 2. LES PRINCIPAUX FACTEURS AFFECTANT LA MORTALITÉ

Une identification des facteurs de risque qui peuvent impacter la mortalité s'avère nécessaire. Théodore Corfias<sup>14</sup> a cité dans son ouvrage « Assurance Vie : technique et produits » plusieurs facteurs à savoir :

- **L'âge** : le facteur d'âge est un élément clé dans la tarification des polices d'assurance vie. L'étude des statistiques démographique prouve que le taux annuel de mortalité est faible durant les premières années de la vie de l'être humain et ensuite il connaît une hausse continue.
- **Le sexe** : les études ont prouvé que la mortalité des femmes est inférieure à celle des hommes. Donc, les statistiques relatives à la mortalité se diffèrent selon le sexe.

<sup>14</sup> Corfias. T « Assurance Vie : technique et produits » L'ARGUS éditions, 104268 décembre 2010, 2ème édition

- **La catégorie socioprofessionnelle** : l'espérance de vie d'un individu varie selon sa nature de la profession et son niveau de vie. Par ailleurs, les compagnies d'assurance considèrent que la catégorie socioprofessionnelle est l'une des variables d'appréciation du risque qui joue un rôle important dans la tarification.
- **Le tabac** : les études ont démontré que la consommation régulière de tabac, pendant une longue période, augmente le risque et la probabilité de mortalité pour un individu. En fait, les démographes ont prouvé que pour l'intervalle d'âge [30 ;60] la mortalité des fumeurs représente le double de celle des non-fumeurs. Par ailleurs, cette consommation a un impact négatif et remarquable sur l'espérance de vie étant donné que l'espérance de vie des individus fumeurs est ,largement, inférieure à celle des individus non-fumeurs.
- **Le pays** : les tables de mortalité ne sont pas les mêmes pour tous les pays. Par ailleurs, La comparaison entre les tables de mortalité des différents pays prouve une différence qui varie selon la ressemblance du niveau de vie.

### 3. LES TYPES DES TABLES DE MORTALITÉ

En terme technique, il y a généralement, deux types de tables de mortalité , qui ont été présenté par Ben Badis. M (2006), Henge. F et al (2007) et Clement. O (2003) , à savoir :

- Les tables transversales ou « tables du moment ».
- Les tables prospectives ou « table de génération ».

En matière d'assurance vie, on distingue trois types de tables qui sont :

- Les tables réglementaires.
- Les tables d'expérience.
- Les tables prospectives.

Dans ce qui suit, nous présentons ces différentes tables :

- **Les tables de moment** : ces tables poursuivent une perspective transversale. Par ailleurs, le démographe estime la mortalité pendant une période donnée et il suppose que les décès qui se produisent, au cours cette période, à tous les âges. En fait, Henge. F et al (2007) considèrent les tables de moment comme étant des tables de mortalité statiques et périodiques qui permettent de caractériser la mortalité d'une population dans sa globalité. Alors, la même probabilité de décès est attribuée indépendamment de la génération de

l'assuré. Donc, Cette probabilité de décès peut être identique pour l'ensemble de la population ou bien segmentée selon des variables impactant le risque de décès.

- **Les tables de génération** : ce type de table suit une perspective longitudinale. Le démographe évalue la mortalité d'un ensemble d'individus qui sont nés dans la même année ou durant la même période. Henge. F et al (2007) a montré que les tables de génération sont des tables bidimensionnelles puisqu'il existe deux variables qui expliquent le décès à savoir : l'âge et le temps. La probabilité de survenance du « risque de mortalité » associe les évolutions potentielles de la mortalité avec le temps <sup>15</sup>.
- **Les tables réglementaires** : ce sont des tables imposées par les autorités réglementaires basées sur des statistiques relatives à la population en globalité. Pour le cas de la Tunisie, les assureurs utilisent ce type de table au moment du provisionnement et de la tarification. Par ailleurs, la réglementation actuelle exige l'usage des tables officielles<sup>16</sup> qui suivent :
  - **Les tables TD** : ces tables sont basées sur les statistiques relatives à la population masculine. Elles permettent de tarifier et provisionner les contrats d'assurance en cas de décès.
  - **Les tables TV** : ces tables sont basées sur les statistiques relatives à la population féminine. Elles permettent d'assurer la tarification ainsi le provisionnement des contrats en cas de vie.
  - **La table de génération TGEN** : ces tables sont basées sur les statistiques relatives à la population féminine. Elle permet l'estimation de l'évolution de phénomène de longévité auquel les assurés sont exposés puisque ce type de table permet de prendre en considération la fluctuation future de la mortalité. La table de génération TGEN est utilisée lors de la tarification et du provisionnement des contrats de rentes viagères.
- **Les tables d'expérience** : l'assureur peut avoir recours à sa propre table de mortalité d'expérience qui est basée sur les données de ses clients dans le but de limiter les contraintes dues à l'utilisation des tables réglementaire. Les tables de mortalité d'expérience présentent, également, des limites telle que le fait que la population de référence soit ,relativement, restreinte, et que l'évolution observée de la mortalité peut être importante.

En Tunisie, le code des assurances n'a pas encore spécifié la notion de la table d'expérience. Toutefois, le code des assurances français a défini ,au niveau de l'article A 335-1, ce type de

---

<sup>15</sup> recul de la mortalité, phénomène de longévité

<sup>16</sup> ceci à partir du premier janvier 2009.

table comme étant « des tables établies par l'entreprise d'assurance et certifiées par un actuairé indépendant de cette entreprise, agréé à cet effet par l'une des associations d'actuaires reconnues par la commission de contrôle des assurances ».

À travers la réforme technique de 1993, les compagnies d'assurances en France ont été autorisées à mettre en œuvre des tables de mortalité d'expérience certifiées par un actuairé indépendant et agréé par une association d'actuaires reconnue par l'autorité de contrôle prudentiel. Suite à la multiplicité des facteurs de la mortalité, les tables d'expérience permettent d'assurer une amélioration de la modélisation du risque et de déterminer la prime pure pour les engagements en cas de décès et en cas de vie en se basant sur une analyse spécifique et précise de la population assurée de la société d'assurance.

Frédérique Henge et al (2007) ont mentionné que toutes les compagnies d'assurance ont l'intérêt de mettre en œuvre ce type de tables puisqu'elle permet d'assurer une meilleure évaluation du risque de mortalité pouvant impacter leurs portefeuilles et de prendre en considération le phénomène d'anti sélection.

Jowel Winter<sup>17</sup> a indiqué qu'il est, actuellement, nécessaire d'avoir recours aux tables d'expérience dans le but de suivre les alea de la vie à l'égard du risque de décès.

Il explique, ainsi, que « l'usage de telles tables fournit, en particulier, une aide précieuse pour le pilotage des risques associés aux grands comptes "entreprise" en permettant de justifier, sur des bases incontestables, les particularités du groupe concerné en termes de tarif et de provisionnement, posant ainsi les bases d'une relation pérenne avec l'entreprise. »

- **Les tables prospectives** : ces tables ont intérêt de prendre en considération les fluctuations futures de la mortalité. Par ailleurs, Planchet. F (2005)<sup>18</sup> a indiqué que cette approche prospective intègre ,dans le futur, des facteurs relatifs aux progrès médicaux. les taux de mortalité passés vont être projeté dans l'avenir dans le but d'être pris en compte au niveau de la modélisation de la progression potentielle de la mortalité au fil du temps. Ce type des tables est construit à partir des statistiques de la population féminine<sup>19</sup> .

---

<sup>17</sup> Winter. J « Pourquoi utiliser des tables d'expérience » Cabinet Joël WINTER & Associés -Actuaires

<sup>18</sup> Planchet. F (2005) « Tables de mortalité d'expérience pour des portefeuilles de rentiers » note méthodologique, version 1.0, octobre 2005 ; Institut des actuaires.

<sup>19</sup> car il possède une espérance de vie meilleure que celle des hommes.

## SECTION 3 : LES MODALITÉS DE CONSTRUCTION DE TABLE DE MORTALITÉ D'EXPERIENCE

La construction d'une table d'expérience est basée sur la démarche comportant les étapes suivantes :

- Le traitement et la validation des données avec la justification du contexte d'analyse.
- Estimation des taux annuels bruts de décès .
- Lissage des taux annuels bruts de décès .
- Validation de la table construite.

Le choix du modèle retenu pour "estimer" la table d'expérience constitue une étape importante dans le processus de l'élaboration d'une telle table comme l'indique winter. J<sup>20</sup>.

### 1. L'ESTIMATION BRUTE DES TAUX ANNUELS DE DÉCÈS

#### 1.1. L'ESTIMATEUR DE KAPLAN-MEIER

L'existence des données censurées ou tronquées liées à une observation partielle exige des méthodes très particulières d'estimation telle que la méthode de Kaplan Meier (1958).

L'estimateur de Kaplan Meier est un estimateur « non paramétrique » utilisé pour estimer la fonction de survie . En fait, cette méthode a été proposée par E. Kaplan et P. Meier à travers un article intitulé « Non Parametric estimation from incomplete observations » publié en Juin 1958. Cette méthode « Kaplan Meier » repose sur le principe suivant « être en vie après l'instant t, c'est être en vie juste avant t et ne pas mourir à l'instant t » .

En présence les observations complètes, l'estimateur de taux de décès annuel « qx » est défini par  $\frac{D_x}{N_x}$  . Ainsi la fréquence des survivants est définie par  $\frac{N_x - D_x}{N_x}$  . L'estimation de taux annuel de décès reste inchangée par rapport au modèle binomial.

---

<sup>20</sup> Winter. J « Pourquoi utiliser des tables d'expérience ? » Cabinet Joël WINTER & Associés –Actuaires ; <http://www.jwa.fr>



Dans le cas des données incomplètes, l'extension de la fonction de survie empirique a le pouvoir de fournir une estimation du taux «  $q_x$  » sans aucune hypothèse sur la loi de répartition des décès sur l'intervalle  $[x, x+1]$ .

Kaplan et Meier ont suggéré deux fonctions à savoirs:

- **La fonction d'exposition au risque : Expo (t):** cette fonction définie, pour un âge déterminé, le nombre des individus qui sont exposés au risque de décès à l'âge de «  $x+t$  » et sous observation. Un individu est exposé au risque de décès en «  $t$  » s'il s'agit d'un individu entrant ou sortant par censure en «  $t$  ». La fonction d'exposition au risque est définie comme suit<sup>21</sup>:
- **La fonction de survie notée  $S_{KM}$ :** cette fonction s'écrit comme suit :

$$S_{KM}(t+) = S_{KM}(t) \times \left(1 - \frac{n(t)}{\text{Expo}(t)}\right)$$

On admet les notations suivantes :

- $n(t)$  : exprime le nombre de décès observés à l'âge «  $x+t$  » (généralement  $n(t) = 1$ ).
- $S_{KM}(0) = 1$
- entre les âges «  $x+a$  » et «  $x+b$  », soit sur l'intervalle  $(a ; b)$ , en cas de l'absence d'observation de l'âge au décès, la fonction de survie de K.Meier reste constante.

⇒ L'estimateur de  $q_x$  s'exprime comme suit :

$$\hat{q}_{KM} = 1 - S_{KM}(t)$$

**Les avantages** de cette méthode sont :

- L'absence des hypothèses, a priori sur la répartition des décès sur l'intervalle  $[x, x+1]$ .
- Une Facilité de programmation .
- L'existence de Possibilité de l'obtention d'intervalles de confiance .
- Possibilité de traitement simultané l'ensemble de la population et d'obtention des estimations des  $q_x$  pour tous les âges sans la nécessité de faire le traitement pour chaque âge  $x$  de la population.

**L'Inconvénient** de cette méthode est :

---

<sup>21</sup> D'après l'institut des actuaires français

- L'application de cette méthode nécessite la connaissance des dates exactes de sorties et d'entrées du portefeuille. C'est pour cette raison que dans la pratique, l'estimateur DE KAPLAN-MEIER est difficile à mettre en place pour des bases de données assez volumineuses.

## 1.2. L'ESTIMATEUR DE HOEM

L'Estimateur de Hoem est une méthode permettant d'estimer les taux bruts de décès. Il s'agit d'un estimateur paramétrique qui stipule qu'un assuré d'âge «  $x$  » est exposé au risque décès sur la période  $[a_i ; b_i] \subset [x ; x+1]$  durant laquelle il est observé.

Avec :

- $a_i$  : la date de début de la période durant laquelle l'assuré est observé .
- $b_i$  : est la date de fin de la période durant laquelle l'assuré est observé .

Donc le risque de décès n'est pris en compte par l'assureur que s'il est présent. Cet estimateur est considéré comme une généralisation de l'estimateur de la méthode binomial en faisant intervenir les censures et les troncatures.

On admet les notations suivantes :

- $n_x$  : exprime le nombre d'individus en vie à l'âge «  $x$  » .
- $D_x$  : est la variable aléatoire qui représente le nombre des sinistres observés sur  $]x; x + 1]$  .
- $d_x$  : exprime la réalisation de  $D_x$  .
- $[a_i , b_i]$  : est un intervalle inclus dans  $[x ; x + 1]$  , pour lequel l'assuré «  $i$  » est sous observation.
- $X_i , \dots , X_{n_x} : n_x$  : sont des variables de Bernoulli de paramètre  $b_i - a_i$   $q_{x+a_i}$  indépendantes.

**Tableau 3: La méthode de HOEM**

Hypothèses	Résultat	Avantage
Chaque décès est indépendant des autres.		
Un individu « i » vivant en x décède dans l'intervalle $[a_i ; b_i ] \subset [x; x + 1]$ avec la probabilité $(b_i - a_i)q_x$		
la probabilité pour un individu d'âge « x » de décéder entre l'âge « x » et l'âge « x + t » est une fonction linéaire du temps. $\Leftrightarrow {}_tq_x = tq_x$ $t \in [0, 1]$ et ${}_{s-t}q_{x+t} \approx {}_t p_x - {}_s p_x$ .	$\widehat{q}_x = \frac{dx}{\sum_i (b_i - a_i)}$	<p>Dans le cas où les hypothèses paramétriques , qui sont adoptées , sont proches de la loi de mortalité donc l'estimateur de Hoem est le mieux adapté.</p>
La probabilité de décéder dans l'année pour chaque assuré d'âge « x + a <sub>i</sub> » est $b_i - a_i q_{x+a_i}$ $\Leftrightarrow D_x = \sum_{i=1}^{n_x} X_i$ suit une loi $\beta (n_x, b_i - a_i q_{x+a_i})$		

## 2. LES MODÈLES DE LISSAGE

La courbe de mortalité , qui traduit les taux de mortalité bruts , présente des irrégularités suite à des fluctuations d'échantillonnages. Donc, afin d'éliminer ces irrégularités, nous devons avoir recours à un travail de lissage qui s'avère primordial. Un modelé de lissage a pour objectif d'obtenir une courbe qui se coïncide avec les données brutes. Par ailleurs, les modèles de lissage peuvent être classés en 4 catégories à savoir:

- **Modèles paramétriques :** Les modèles paramétriques sont définis comme étant des modèles de lissage permettant de rapprocher les taux bruts qui sont estimé d'une loi connue où nous ignorons les paramètres. Ces modèles permettent,

théoriquement, de concevoir l'estimation des taux de mortalité pour des âges inobservés. L'efficacité de ces modèles dépend du nombre des paramètres.

- **Lissages paramétriques :** les modèles paramétriques consistent à obtenir une courbe des taux de mortalité lissés qui suivent une allure prédéfinie.
- **Modèles non paramétriques :** les modèles non paramétriques assurent un lissage approprié des taux bruts sans suivre des lois sous-jacentes. toutefois, ces types de modèles de lissage ne permettent pas la projection des taux bruts pour les âges élevés puisque que la mortalité n'est pas déterminée moyennant une fonction mathématique
- **Modèles relationnels :** Les modèles relationnels assurent le rapprochement des taux bruts de décès à ceux dégagés d'une table de référence tout en supposant l'existence d'une relation mathématique entre la population du portefeuille et celle de référence.

À noter que dans le cas d'un échantillon de taille réduite , Les modèles paramétriques et relationnels sont favorisés. En fait, ces deux modèles assurent l'extrapolation de l'estimation des taux de mortalité en dehors des plages d'expérience.

Concernant les lissages paramétriques et non paramétriques, ils sont très fidèles aux taux de décès bruts . cependant, ils ne permettent pas d'extrapoler les taux de décès, en dehors des plages d'expérience . donc, ces types de lissage sont favorisés pour les portefeuilles de grande taille.

Dans cette section , nous allons fixer notre intérêt uniquement sur le modèle de Makeham et celui de Thatcher qui vont être utiliser dans la partie empirique.

## 2.1. LE MODÈLE DE MAKEHAM

La loi de Makeham [1860]<sup>22</sup> est l'une des lois paramétriques. ce modèle repose sur la fonction de risque instantané est de la forme :

$$\mu_x = A + B \cdot c^x \quad (1)$$

---

<sup>22</sup> Makeham, W. M. [1860]. "On the Law of Mortality and the Construction of Annuity Tables". J. Inst. Actuaire and Assur. Mag. 8 : 301-310

Avec :  $A > 0$  ,  $B > 0$  ,  $c > 1$

Où :

- **A** : représente la mortalité accidentelle de l'assuré. Ce facteur est indépendant de l'âge de l'assuré.
- **B.c<sup>x</sup>** : c'est un terme qui traduit le phénomène de vieillissement . ce terme est croissant d'une manière « exponentielle » avec l'âge (si  $c > 1$ ).

En utilisant la relation (1) , nous avons :

$$p_x = \exp \left[ - \int_x^{x+1} \mu_t dt \right] = \exp \left[ - \int_x^{x+1} (A + B \times c^t) dt \right]$$
$$p_x = \exp[-A] \exp \left[ - \frac{B}{\log(c)} c^x (c - 1) \right] \quad (2)$$

avec  $p_x$  la probabilité de survie à l'âge  $x$ .

On va supposer que :  $\alpha = \exp[-A]$  et  $\beta = \exp \left[ - \frac{B}{\log(c)} \right]$

Donc, à partir de (2), la fonction d'ajustement des taux s'écrit comme suit :

$$q_x = 1 - p_x = 1 - \alpha \beta^{c^x(c-1)} \quad (3)$$

En utilisant la relation (3) , nous pouvons écrire :

$$\ln(1 - q_x) = \ln \alpha + c^x (c - 1) \ln \beta$$

Par ailleurs, puisque les  $q_x$  sont petits, nous pouvons approximer  $\ln(1 - q_x)$  par  $-q_x$ . d'où on obtient :

$$-q_x = \ln \alpha + c^x (c - 1) \ln \beta$$

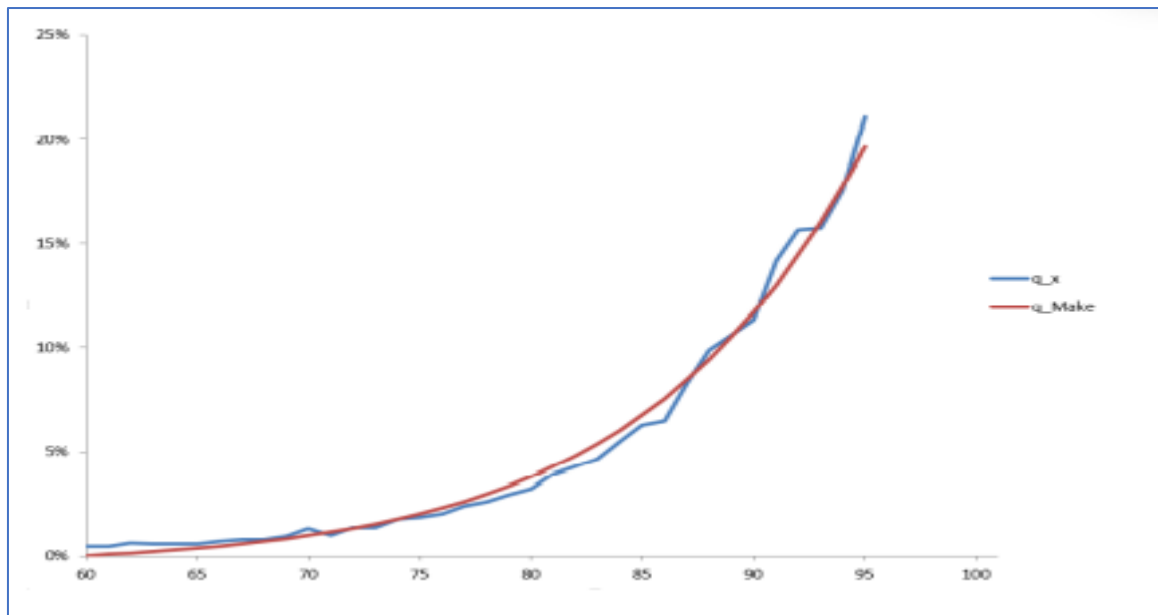
Ceci implique :

$$\ln(q_{x+1} - q_x) = x \ln c + \ln[(c + 1)^2 \ln \beta]$$

Dans le cas où les données suivent une loi de Makeham, les points  $(x; \ln(q_{x+1} - q_x))$  sont alignés sur la droite de pente  $\ln c$ .

Le graphique suivant reflète l'ajustement par la loi de Makeham :

**Figure 7:** Le lissage par Makeham



*source: Eugénie MEUNDOM (2017) « Construction d'une table de mortalité d'expérience : Application à un portefeuille de de rentiers »*

La limite du modèle de Makeham réside dans le fait que ce modèle surestime de la mortalité pour les grands âges. Cependant , le modèle de Thatcher permet de remédier à cette limite.

## 2.2. LE MODÈLE DE THATCHER

Le modèle de THATCHER[1999] est l'un des modèles de lissage paramétriques. Ce modèle permet de dégager des taux lissés qui sont proches de ceux de Makeham. Ces taux sont légèrement plus faibles particulièrement pour les âges élevés.

ce modèle repose principalement sur l'équation suivante :

$$\mu_x = \frac{\beta e^{\delta x}}{1 + \beta e^{\delta x}} + \alpha$$

Ceci permet d'avoir :

$$S(x) = e^{-\alpha x} + [1 + \beta e^{\delta x}]^{-\frac{1}{\delta}}$$

Les taux ajustés seront dégagés à partir du calcul suivant:

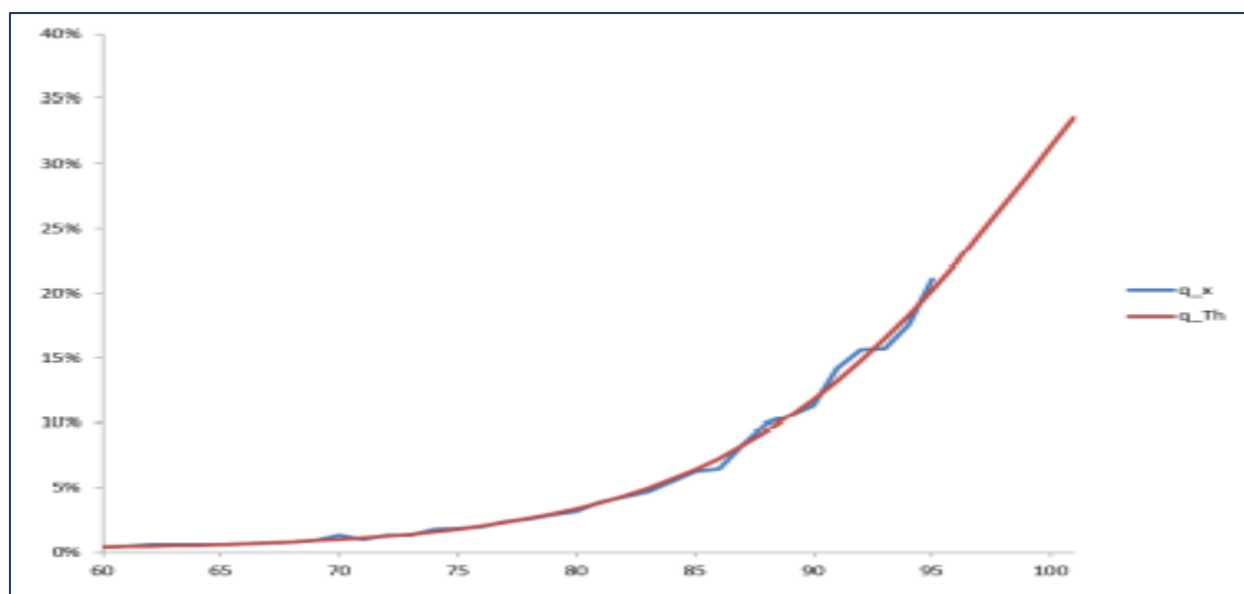
$$q_x = 1 - \exp\left[-\int_x^{x+1} \mu_y dy\right]$$

Finalement, on aura:

$$q_x = 1 - e^{-\alpha \left[ \frac{1 + \beta e^{\delta x}}{1 + \beta e^{\delta(x+1)}} \right]}$$

Le graphe d'ajustement de ce modèle est le suivant :

**Figure 8:** Le lissage par Thatcher



*source: Eugénie MEUNDOM (2017) « Construction d'une table de mortalité d'expérience : Application à un portefeuille de de rentiers »*

Une analyse visuelle permet d'observer une légère différence entre les ajustements de deux modèles. Toutefois, la qualité statistique des ajustements n'est pas la même.

### 3. LA QUALITÉ D'AJUSTEMENT

Dans le but de vérifier la pertinence et la fiabilité des modèles d'ajustement appliqués, il paraît judicieux d'utiliser des critères de validation. Ces derniers sont définis comme étant des outils mathématiques qui permettent de mesurer la qualité de lissage.

### 3.1. SMR (STANDARDIZED MORTALITY RATIO)

L'indicateur SMR est défini comme étant un rapport entre « les taux de décès observés » et « les taux de décès ajustés ». cet indicateur est alors défini par :

$$SMR = \frac{\sum_x D_x^{brut}}{\sum_x D_x^{ajusté}}$$

Deux cas se présentent :

- SMR > 1 : Les décès ajustés sont sous-estimés.
- SMR < 1 : Les décès ajustés sont sur-estimés.

Nous préférons le modèle qui dégage le SMR le plus proche de 1.

### 3.2. L'INDICATEUR $X^2$

C'est un indicateur permettant de tester la qualité de l'ajustement du modèle.

La valeur du  $X^2$  est défini par :

$$X^2 = \sum_x \frac{(D_x^{brut} - n_x q_x^{ajusté})^2}{n_x q_x^{ajusté} (1 - q_x^{ajusté})}$$

Nous devons conserver le modèle qui présente la valeur du  $X^2$  la plus faible.

### 3.3. MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

C'est un indicateur permettant de mesurer la concordance de l'ajustement avec les observations. Cet indicateur représente la moyenne des écarts en valeur absolue par rapport aux valeurs observées.

$$MAPE = \frac{\sum_x \left| \frac{\frac{D_x^{brut}}{n_x} - q_x^{ajusté}}{\frac{D_x^{brut}}{n_x}} \right|}{\sum_x D_x^{brut}} \times 100$$



Nous conservons le modèle ayant la valeur de MAPE la plus faible.

### 3.4. L'INDICATEUR $R^2$

C'est le coefficient de détermination permet de mesurer l'adéquation entre le modèle et les données observées. Cet indicateur est défini comme étant « la part de variance expliquée par rapport à la variance totale ».

$$0 < R^2 < 1$$

$$R^2 = 1 - \left( \frac{\sum_x (q_x^{brut} - q_x^{ajusté})^2}{\sum_x \left( q_x^{brut} - \frac{\sum_x q_x^{brut}}{n} \right)^2} \right)$$

avec « n » est le nombre d'observations.

Nous préférons le modèle qui a la valeur de  $R^2$  la plus élevée.

## SECTION 4 : L'IMPACT DU COVID-19 SUR LA MORTALITÉ

### 1. LE RISQUE DE PANDÉMIE

#### 1.1. LA DÉFINITION

Un risque sanitaire est défini comme étant « La possibilité d'avoir une contamination de la population à cause d'un contact entre l'homme avec un virus, un produit chimique... ». Le risque sanitaire dépend donc de la nature de ce qui a contaminé, de sa toxicité, de la durée et de l'importance de l'exposition de l'homme avec la source de contamination. Dans ce cadre, il existe différents risques sanitaires à avoir : le risque épidémique et le risque pandémique.

Donc, il faut tout d'abord préciser la différence entre épidémie et pandémie afin de prendre conscience des différents concepts. Le problème réside dans le fait que ces termes n'ont pas des définitions claires et scientifiquement consensuelles. Elles diffèrent par exemple entre l'OMS et d'autres organisations de santé. Et, au bout du compte, c'est toujours l'OMS qui a le dernier mot lorsqu'il faut définir un risque sanitaire.

Dans ce contexte, selon OMS<sup>23</sup>, une épidémie se définit comme l'apparition d'un grand nombre de cas d'une maladie infectieuse transmissible, ou l'accroissement considérable du nombre de ces cas, dans une région donnée ou au sein d'une collectivité. À titre d'exemple, nous pouvons citer les épidémies de choléra, de fièvre jaune, de typhus, de variole, de scarlatine, de croup, de rougeole et de grippe. La pandémie, selon la même source, est une maladie qui atteint presque tous les habitants d'une région, ou une épidémie générale dont les effets s'étendent à la terre entière.

Selon la même source<sup>24</sup>, une épidémie correspond, donc, à la propagation d'une nouvelle maladie chez un grand nombre d'individus non immunisés dans une région donnée, tandis qu'une pandémie est la propagation mondiale à grande échelle de cette même maladie dans plus de 2 continents.

Donc, le risque épidémique est défini comme étant le développement et la diffusion rapide d'une maladie souvent contagieuse parmi la population. Lorsqu'une épidémie se propage à plusieurs continents, voire à la planète entière on parle de pandémie. Par ailleurs, le risque pandémique est une épidémie qui s'est répandue très rapidement à travers le monde. Il s'agit souvent d'un nouveau virus contre lequel les populations sont peu ou pas protégées.

## **1.2. COVID-19**

La COVID-19 est une nouvelle souche de coronavirus, d'abord appelée « nouveau coronavirus 2019 » ou « nCoV-2019 ». Elle est due à un virus appelé SARS-CoV-2. Elle a été identifiée pour la première fois à Wuhan, en Chine. Le virus est apparu fin 2019 et s'est rapidement propagé à travers le monde.

La Covid-19 est désormais considérée comme une « pandémie ». Le terme a été lâché par le directeur général de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), Tedros Adhanom Ghebreyesus lors d'une conférence de presse. Cette décision a été, notamment, motivée par « le niveau alarmant » et « la sévérité » de la propagation du coronavirus à travers le monde, mais aussi par « les niveaux alarmants d'inaction » des États.

---

<sup>23</sup> Bonita.R, Beaglehole.R et Kjellström.T (2010) « Éléments d'épidémiologie Deuxième édition » OMS.

<sup>24</sup> ONS

## 2. UNE REVUE DE LITTÉRATURE DE L'IMPACT DU COVID SUR LA MORTALITÉ

Malouche.D(2020) a étudié l'impact de la COVID-19 sur la mortalité en Tunisie moyennant deux indicateurs importants à savoir : le taux brut de mortalité et l'espérance de vie à la naissance. L'auteur a souligné que la pandémie de la COVID-19 a impacté la mortalité en Tunisie où le nombre de décès a augmenté d'environ 50% d'une semaine à l'autre .

Dans le but d'analyser la pandémie COVID-19 en Tunisie et dans le monde, Malouche.D a appliqué une méthode fondée sur la modélisation des séries temporelles des taux de progression hebdomadaires. À l'issue de cette étude, l'auteur a noté que la pandémie de la COVID-19 avait un impact profond et important sur la démographie tunisienne.

Par ailleurs, Toubianaa,L, Mucchiellio.L , Chaillotd.P et Bouauda,e.J (2021) ont analysé la surmortalité liée à la Covid-19 en France. Cet article a été basé principalement sur les séries temporelles démographiques qui portent sur la population par âge et le nombre de décès quotidiens depuis 1962. Les auteurs ont comparé la surmortalité causée par le COVID-19 aux autres scénarios habituels de surmortalité<sup>25</sup>. Cette analyse a prouvé que l'année 2020 n'a pas connu une surmortalité chez les personnes âgées de moins de 65 ans<sup>26</sup>. Cependant, les personnes dont l'âge dépasse 65 ans ont connu une surmortalité.

La surmortalité maximale a été enregistrée au niveau de la classe d'âge [70-74] avec une hausse de nombre de décès de 3 109 personnes par rapport au nombre de décès attendu pour cette classe d'âge soit une hausse de 5,58 %. Les auteurs ont estimé qu'à l'issue de cette crise sanitaire Covid-19, la population française va connaître une hausse de nombre de décès de 3,66% par rapport à la mortalité attendue.

À noter, que la surmortalité<sup>27</sup> est un indicateur utile des effets de la pandémie de COVID-19 à l'échelle des populations. Cet indicateur a été défini comme le nombre de décès de toutes causes qui excède le nombre attendu estimé calculé en se basant sur les périodes précédentes.

Afin de mettre en évidence les effets de COVID-19, Kimberlyn .M (2022) a développé une analyse de la surmortalité relative à la pandémie. L'échantillon a porté sur la population canadienne pour une période qui s'étale du début de la pandémie en Canada<sup>28</sup> jusqu'à octobre

---

<sup>25</sup> saisonnière maladies infectieuses et canicules

<sup>26</sup> qui représentent environ 80% de la population totale

<sup>27</sup> excès de mortalité

<sup>28</sup> en mars 2020

2021. L'auteur a souligné que pendant la période d'étude, les courbes de mortalité réelles ont montré des écarts importants par rapport à la courbe de mortalité nationale. Kimberlyn .M a prouvé ,qu'en Canada, la surmortalité a été à hauteur de 5 % au cours de cette période .

Gilca.M.H (2021) a effectué un diagnostic qui a porté sur la surmortalité causée par la pandémie COVID-19 à la population du Québec en 2020. Le modèle statistique ,qui a été appliqué dans le cadre de cette analyse ,est basé sur la mortalité observée pendant les 8 années précédentes ainsi les premières semaines de 2020 avant l'enregistrement du premier cas de COVID-19 au Québec. L'auteur a noté que la surmortalité dépasse de plus de 50% auprès des personnes âgées de plus 70. En fait, cet excès correspond à une augmentation du nombre de décès global de 9 % par rapport au nombre de décès attendu.

Gilca.M.H a noté une surmortalité significative dans tous les groupes d'âge. Cependant, la surmortalité est plus considérable chez les personnes de 80 ans. L'auteur a déclaré que le fait que les personnes plus âgées et plus vulnérables aient été touchées de façon plus importante pendant la première vague pourrait expliquer la plus grande surmortalité observée parmi les personnes de 80 ans et plus pendant cette période. Pendant la deuxième vague, les estimations de surmortalité ne sont pas significativement différentes d'un groupe d'âge à un autre). L'estimation de la surmortalité pour les personnes de moins de 50 ans est de 10 %; la surmortalité n'est pas significative chez les 50-69 ans, et se situe autour de 6 % chez les personnes de plus de 70 ans.

Pour conclure, l'épidémie de COVID-19 est récente et certains pays enregistrent toujours des cas de contamination et de décès relatifs à cette pandémie. Ce qui fait que les auteurs manquent du recul nécessaire et de données suffisantes pour établir des conclusions définitives.

### 3. UNE ANALYSE DE MORTALITÉ DURANT LA PÉRIODE COVID EN TUNISIE

#### 3.1. L'ÉVOLUTION DE LA MORTALITÉ

Selon l'INS<sup>29</sup>, en 2020, la mortalité a été sensiblement impactée par la pandémie du Covid-19. Bien que la croissance du nombre de décès global soit restée en ligne avec la tendance des années antérieures, la trajectoire récente de la mortalité a été marquée par une accélération exceptionnelle des décès en fin d'année, particulièrement pour les personnes âgées. Le surcroît de décès sur l'année s'étalant de mars 2020 à février 2021 est estimé à près de 4850 morts et ne peut être associé aux explications conventionnelles liées à la saisonnalité de la mortalité.

En 2020, la Tunisie a enregistré 75365 décès toutes causes confondues, soit un accroissement de 5.3% ou 3764 décès de plus qu'en 2019<sup>1</sup>. Durant la dernière décennie, les décès ont augmenté sur un rythme annuel moyen de 3.5% avec un pic en 2017 où ils étaient en hausse de 11.8%, soit 7344 décès de plus qu'en 2016.

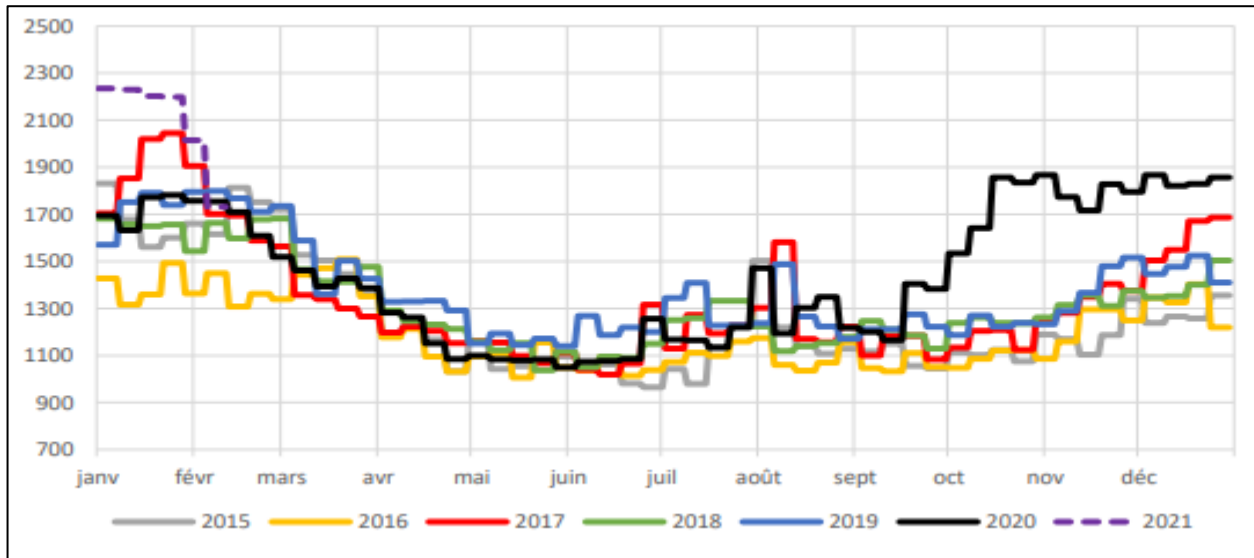
La trajectoire infra-annuelle de la mortalité en 2020 est atypique par rapport aux années précédentes : si le nombre de décès est resté très proche de la moyenne durant les trois quarts de l'année, une franche augmentation a été enregistrée à partir de la mi-septembre, pour culminer à près de 1900 morts hebdomadaires à partir de la mi-octobre, niveau qui a été quasiment maintenu jusqu'à la fin de l'année 2020. Une deuxième accélération a eu lieu début 2021 faisant passer les décès à un niveau moyen autour de 2200 morts hebdomadaires en janvier.

---

<sup>29</sup> INS (2021) « Dynamique récente de la mortalité en Tunisie » INS.

L'évolution du nombre de décès hebdomadaires durant la période qui s'étale entre le 01/01/2015 et le 01/02/2021 est retracée sur le graphique qui suit :

**Figure 9:** L'évolution du nombre de décès hebdomadaires en Tunisie



source: INS

### 3.2. LA SURMORTALITÉ

Comme nous avons déjà défini, la surmortalité ou l'excédent de mortalité, pour une période donnée, est défini comme l'écart entre le nombre de décès constatés et le nombre de décès attendus. Cet indicateur est estimé à partir d'une modélisation statistique basée sur une prévision du nombre de décès que chaque année aurait « normalement » enregistré en tenant compte de la tendance de la mortalité déjà évoquées précédemment.

Par référence à l'ins, l'année 2020 exhibe un profil atypique avec une légère sous-mortalité en début d'année, suivie par une surmortalité forte au dernier trimestre évaluée à près de 4000 morts excédentaires, avec un pic en octobre où l'excédent de mortalité atteint les 1850 décès.

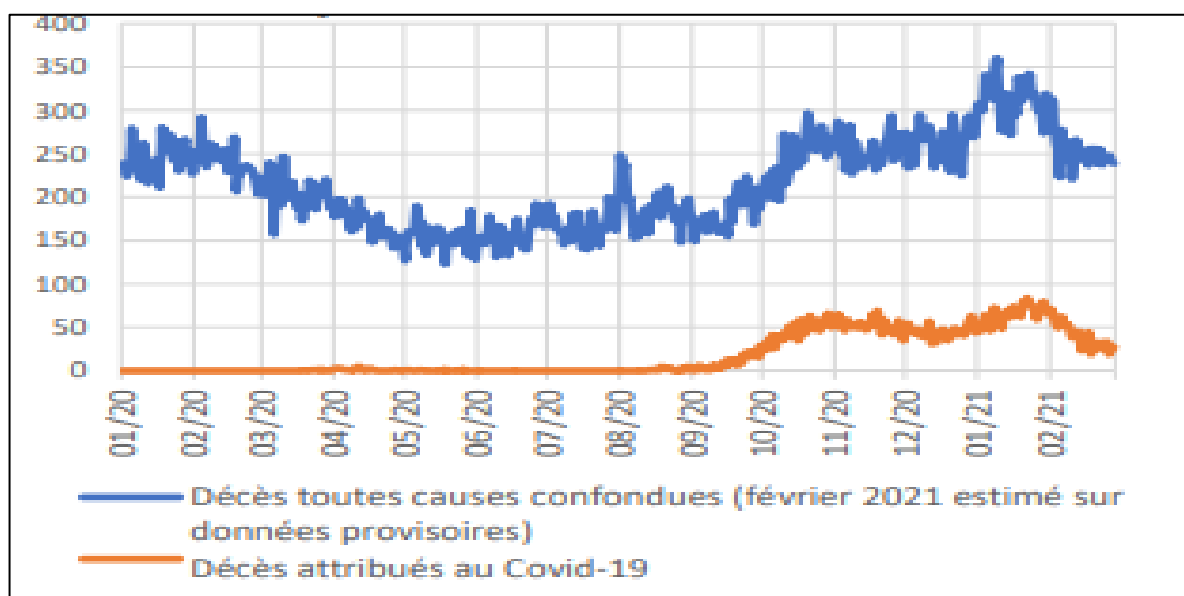
Il est à noter par ailleurs que près de 85% du surcroît de mortalité sur cette période est attribuable aux décès excédentaires de personnes âgées de 65 ans ou plus, dont les deux tiers sont des hommes. Pour référence, sur les deux dernières décennies, cette catégorie d'âge de la population a compté pour 67% des décès en moyenne, avec une proportion d'hommes toujours un peu supérieure à celle des femmes (55% contre 45% en moyenne).

Pour ce qui est du début d'année 2021, le mois de janvier a enregistré une surmortalité dans la moyenne du quatrième trimestre de 2020, tandis que les données préliminaires du mois de février tendent à montrer une disparition du surcroît de décès.

### 3.3. LE LIEN DE LA SURMORTALITÉ AVEC LE COVID-19

Selon l'INS<sup>30</sup>, sur l'ensemble de l'année s'étalant de mars 2020 à février 2021, le surcroît de mortalité est estimé à près de 4850 décès. Sur la même période, les décès attribués au Covid-19 s'élèvent à près de 8000 morts. L'écart entre la surmortalité et le nombre des cas de décès attribués au Covid-19 est observable à travers le graphique suivant :

**Figure 10:** La mortalité journalière en Tunisie de janvier 2020 à février 2021



source: INS

De nombreux facteurs pourraient expliquer cet écart assez sensible entre les deux valeurs :

- Le chiffre de décès excédentaires est un chiffre « net » qui englobe également la sousmortalité due, notamment, aux mesures de restrictions et protection sanitaires qui ont limité les décès dus aux accidents et aux comportements à risque, mais probablement aussi certains décès dus à d'autres infections virales ou bactériennes.
- La sous- ou surmortalité est estimée en comparant le nombre de décès réellement survenus à celui qui était attendu selon les projections d'un modèle statistique. Ces

<sup>30</sup> INS (2021) « Dynamique récente de la mortalité en Tunisie » INS.

projections sont bien entendu entourées d'un intervalle de confiance reflétant l'erreur de prévision .

- Lorsqu'une cause de décès est prononcée, elle est également entourée d'une certaine incertitude.

## **CONCLUSION DU CHAPITRE**

Dans ce chapitre, nous avons mis en évidence, dans la première section, la notion de l'assurance vie , les récentes évolutions du secteur en Tunisie ainsi une présentation des produits de prévoyance proposés par Assurances BIAT. Dans la deuxième section , nous avons présenté ,également, une définition des différentes tables de mortalité qui sont considérées parmi les bases techniques des produits d'assurance vie dans le but de fixer la tarification et d'estimer les provisions.

Dans la troisième section, nous avons présenté les modalités de construction de la table de mortalité d'expérience . Dans ce contexte , nous avons commencé par une présentation des différents modèles relatifs à l'estimation des taux de mortalité brut . Puis, nous avons mis l'accent sur les modèles de lissage qui visent à éliminer les irrégularités remarquées au niveau de la courbe de mortalité qui traduit les taux de mortalité bruts. Nous avons, également, abordé l'attention sur les différentes mesures de qualité d'ajustement .

Dans la dernière section, nous avons fixé l'attention sur l'impact du COVID-19 sur la mortalité. À travers cette partie, nous avons défini le risque pandémique, élaboré une revue de littérature et effectué une analyse de la mortalité durant la période COVID en Tunisie.



**e** **HAPITRE 2 : LA**  
**CONSTRUCTION D'UNE**  
**TABLE DE MORTALITÉ**  
**D'EXPERIENCE ET L'IMPACT**  
**DU COVID-19 SUR LA**  
**MORTALITÉ : APPLICATION**  
**AU CONTRAT TEMPORAIRE**  
**DÉCÈS D'ASSURANCES BIAT**

## **CHAPITRE 2 : LA CONSTRUCTION D'UNE TABLE DE MORTALITÉ D'EXPERIENCE ET L'IMPACT DU COVID-19 SUR LA MORTALITÉ**

### **INTRODUCTION**

L'objectif de ce chapitre est d'élaborer une table d'expérience et d'étudier l'impact de la crise sanitaire COVID-19 sur la mortalité pour le portefeuille des contrats « temporaire décès » d'Assurances BIAT. Ce chapitre est composé de quatre sections à savoir :

- La première section de ce chapitre sera réservée à une étude de portefeuille , une présentation de l'organisme d'accueil ainsi une description du produit « temporaire décès ».
- En effet, la modélisation de la table d'expérience est basée, principalement, sur la cohérence des données. Dans ce cadre, plusieurs traitements et modifications doivent être effectués dans le but d'obtenir une base de données exploitable. Donc, la deuxième section sera consacrée à une description de méthodologie, un traitement et une analyse des données.
- La troisième section, elle sera réservée à la modélisation de la table d'expérience .
- La dernière section sera consacrée à l'étude de l'impact du COVID-19 sur la mortalité d'expérience.

### **SECTION 1 : L'ETUDE DE PORTEFEUILLE**

#### **1. UNE PRÉSENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL**

##### **1.1. PRÉSENTATION ET HISTORIQUE**

Assurances BIAT est une assurance multibranche de droit tunisien créée en 2002, sous la forme juridique de Société Anonyme, par l'intégration de la compagnie BAHREIN et l'apport de la BIAT, la première banque du pays . C'est une compagnie d'assurance de premier plan dont le siège social est situé à l'avenue de La Bourse - Les Jardins du Lac Tunis. Son capital s'élève à 22 MDT.

Assurances BIAT a mené une politique active d'organisation, de structuration et de développement se donnant ainsi la possibilité de se positionner favorablement dans un environnement concurrentiel et de se classer parmi les meilleures performances du secteur. Elle

a des accords de partenariat et des relations professionnelles avec des institutions et des entreprises de puissance économique élevée.


La satisfaction de ses clients et la construction d'une relation fondée sur la confiance et la fidélité est sa priorité fondamentale. Elle a donc adopté une stratégie qui vise à répondre aux attentes de ses clients<sup>31</sup> s'appuyant en cela sur son capital humain et les nouvelles techniques d'information et de communication.

Ce qui fait qu'Assurances BIAT a remporté le label « Meilleur service client de l'année 2020 » du secteur d'assurance. Cette distinction vient récompenser les efforts déployés par la compagnie et ses 200 collaborateurs pour répondre aux exigences des clients.

Dès sa création, elle tente toujours à contribuer dans le développement économique et financier du pays, en offrant notamment aux professionnels un service diversifié et de qualité. Elle ne s'arrête jamais à développer sa gamme diversifiée de produits et services destinés aux différents types de clientèles : particuliers, professionnels, PME et grandes entreprises nationales et internationales. En fait, elle effectue une percée dans les produits d'assurance et offre des diverses solutions assurantielles à sa clientèle et une large gamme de produits d'assurance-vie, de prévoyance et de santé.

La fiche signalétique d'Assurances BIAT se résume comme suit :

**Tableau 4:** La Fiche Technique « Assurances BIAT »

Logo de l'Assurance	
Raison sociale	Immeuble Assurances BIAT – Les Jardins du Lac (LAC II) B.P 227 -1053 Les Berges du Lac –Tunis
Statut Juridique	Société anonyme faisant appel public à l'épargne
Législation applicable	Loi N° 92-24 du 9 Mars 1992 portant promulgation du code des assurances
Branches exploitées	Toutes Branches
Date de création	2002

particuliers, professionnels, entreprises ou institutionnels<sup>31</sup>

Site web	<a href="http://www.assurancesbiat.com.tn">www.assurancesbiat.com.tn</a>
Capital	22 MDT
Effectifs	200

Source: site internet d'Assurances BIAT

## 1.2. ACTIVITÉ ET ORGANISATION

Assurances BIAT met à la disposition de ses clients : particuliers, entreprises , clients institutionnels, agences gouvernementales et autres institutions financières internationales une large gamme de services. Afin de satisfaire les besoins de sa clientèle, d'envahir le marché et d'acquérir une place concurrentielle importante, Assurances BIAT ne cesse jamais de développer auprès de sa clientèle un large éventail de produits :

**Figure 11:** Les produits et Services d'Assurances BIAT:



Source: Élaborée par nous même

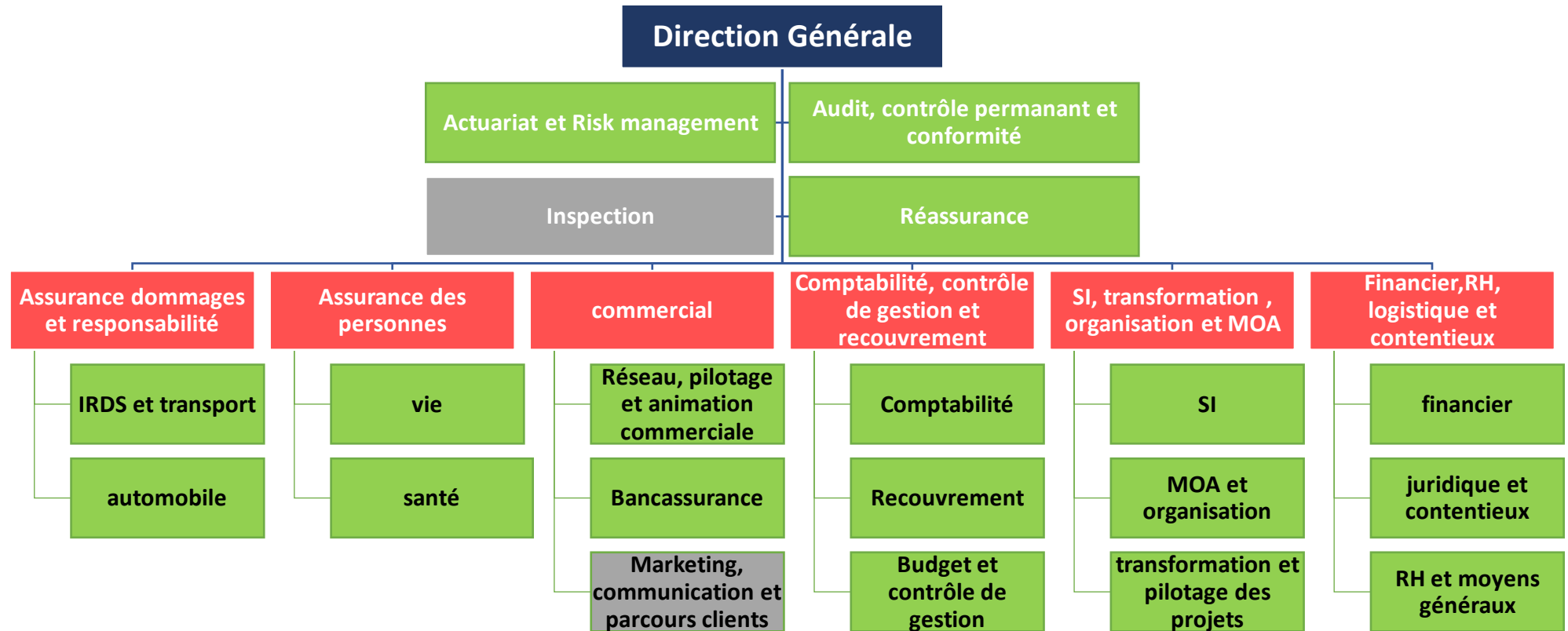
L'Assurances BIAT gère un capital humain estimé à 200 employés et compte 15 agences directs qui assurent :

- La promotion et la vente des produits et services de l'assurance
- La démarche commerciale
- Les conseils personnalisés
- Une gamme complète de garanties

➤ **Organigramme :**

Dans le cadre d'organisation du mode de fonctionnement de la compagnie, les dirigeants ont mis en place le 01 juillet 2020 un nouvel organigramme conçu autour la structure organisationnelle qui suit :

Figure 12: L'organigramme d'assurances BIAT :



Source: élaborée par nous même

### 1.3.INDICATEURS CLÉS

Pendant l'exercice de 2020, Assurances BIAT a connu une évolution assez intéressante se résumant comme suit :

- En 2020, le chiffre d'affaires global d'Assurances BIAT s'est élevé à 127,747 MD contre 121,799 MD en 2019 soit un taux de croissance de 5 %.
- Les indemnités payées ont enregistré une baisse de 5% entre 2019 et 2020 pour s'établir à un montant de 66,047MD en 2020 contre 69,777 MD en 2019 .
- les provisions techniques ont évolué avec un taux de 8% où elles ont passé de 336,378 MD en 2019 à 362,893 MD en 2020.
- Les placements ont évolué au titre de l'exercice de 2020. Ils ont enregistré un taux d'évolution de 9% par rapport à 2019 pour se stabiliser en 2020 à 475,008 MD

Ces indicateurs sont présentés dans le tableau qui suit :

**Tableau 5:** Les chiffres Clés d'Assurances BIAT en MD (2019-2020) :

	2019	2020
Primes	121,799	127,747
Sinistres	69,777	66,047
Provisions	336,378	362,893
Placements	433,921	475,008
résultat net de l'exercice	16,783	19,448

source: États financiers de 2020 d'Assurances BIAT (CMF 2021)

L'évolution des différents indicateurs a provoqué une hausse de l'activité de la compagnie durant cette période.

L'analyse par branche d'activité a montré une baisse au niveau de l'activité vie de 0.3% où le chiffre d'affaires a passé de 62,059 MD en 2019 à 61,886 MD en 2020. Cette baisse est expliquée principalement par la baisse de l'activité de l'octroi de crédits suite à la crise sanitaire

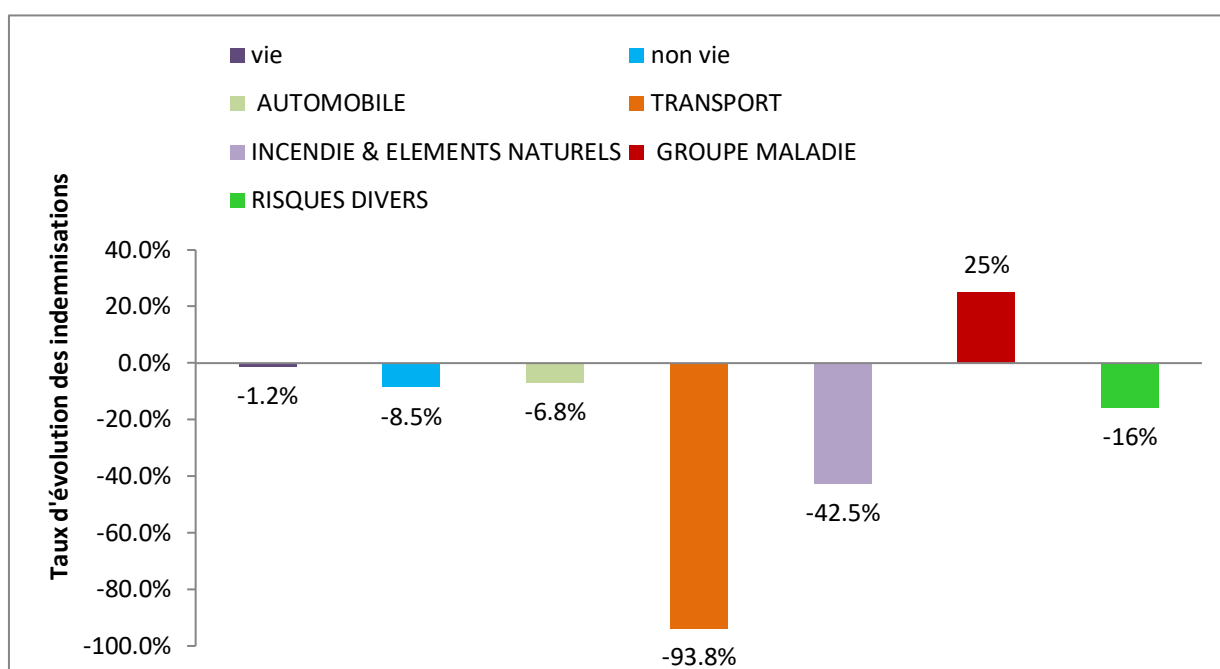
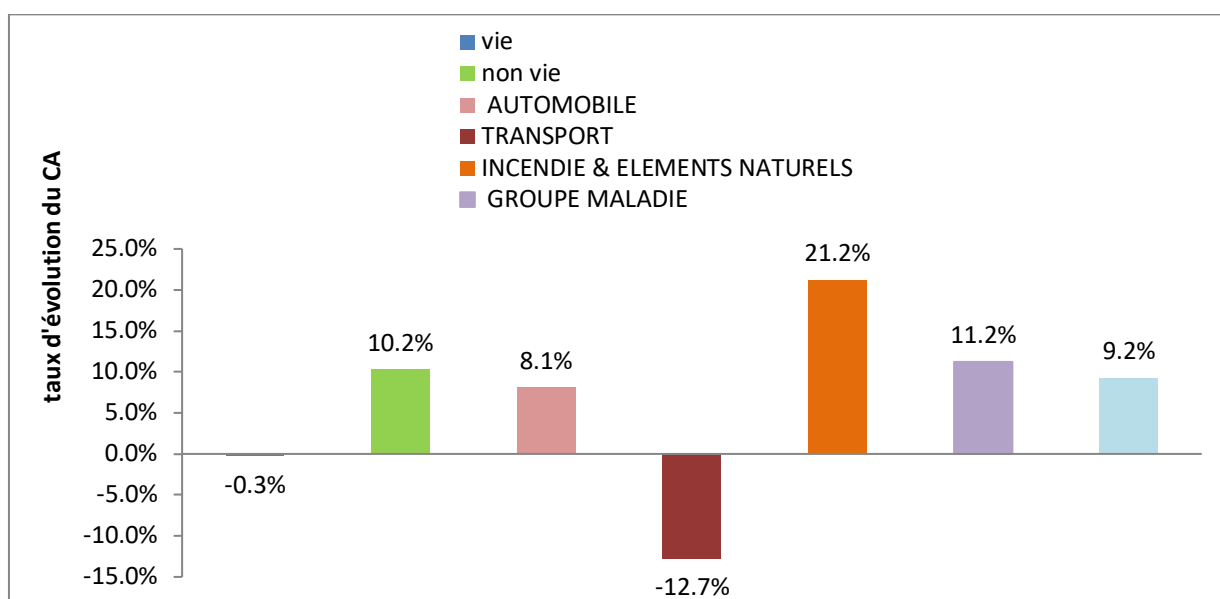
ainsi le changement de politique de souscription des contrats d'épargne. Par ailleurs, les indemnités réglées au niveau de l'assurance vie ont connu une faible baisse de 1%.

Concernant l'assurance non vie, elle a connu une amélioration au niveau du chiffre d'affaires à hauteur de 10,2%. Cette hausse est expliquée principalement par l'augmentation des primes collectées au titre des branches automobile, incendie et groupe maladie. En fait, la branche automobile a connu une augmentation du chiffre d'affaires de 8,1% entre 2019 et 2020 accompagnée par une baisse de 7% des sinistres réglés. La branche assurance incendie a enregistré le taux d'évolution du chiffre d'affaires le plus élevée au titre de l'exercice 2020 soit avec un taux de 21% reflétant une augmentation au niveau des souscriptions. Concernant les indemnités réglées de cette branche, elles ont connu une baisse remarquable de 42% entre 2019 et 2020.

L'assurance transport a connu une baisse observable au niveau de son chiffre d'affaires ainsi au niveau des sinistres réglés, respectivement, avec des taux de 12,7% et 94% entre 2019 et 2020. En fait, c'est la branche la moins sinistrée pour l'année 2020. Au contraire de la branche groupe maladie qui a connu une hausse de l'indemnisation à hauteur de 25% avec une amélioration du chiffre d'affaires de 11,2%. L'évolution de chaque branche, entre 2019 et 2020, est observable directement sur la figure suivante :



**Figure 13:** Le taux d'évolution du CA et des indemnités par branche entre 2019 et 2020 :



Source: données collectées CGA

## 2. UNE PRÉSENTATION DU PRODUIT

Un contrat « temporaire décès en couverture de prêt » est une couverture qui va assurer le règlement d'un capital restant dû au profit d'un bénéficiaire signalé aux conditions particulières dans le cas du décès de l'assuré avant le l'échéance du contrat.

Ce contrat peut être souscrit d'une manière individuelle ou bien collective commercialisé à travers la bancassurance. les différents acteurs interviennent lors de la souscription de ce type de contrat sont :

- Assureur : c'est la personne qui assure la couverture du risque.
- Assuré : c'est la personne exposée au risque de décès.
- souscripteur : c'est la personne qui souscrit le contrat et s'engage au paiement des primes.
- Bénéficiaire : c'est la personne énoncée par le souscripteur lors de la signature du contrat et qui va percevoir la prestation au moment de la réalisation du risque de décès avant l'échéance du contrat.

La commercialisation de ce produit est basée sur les éléments suivants :

- Le capital assuré : il s'agit de la somme mentionnée au niveau du contrat et qui sera versée au terme de ce dernier ou au moment du décès de l'assuré.
- L'âge de l'assuré .
- La durée du contrat.
- Le rapport médical : ce rapport dépend de l'âge de l'assuré ainsi du capital à assurer.

## 3. L'ORIGINE DE LA BASE DE DONNÉES

La base de données à exploiter englobe des contrats temporaire décès en couverture de prêt souscrits chez Assurances BIAT .

La constitution de cette base de données , au sein de la compagnie, nécessite le passage par les étapes suivantes :

- ✓ la réception des informations nécessaires sur le client pour l'établissement d'un contrat TDI sur système :
  - Date de naissance du client (minimum d'âge est égale à 20 ans ; maximum d'âge est égale à 75 ans)

- Montant du crédit
- Durée du crédit
- Date de début de remboursement du crédit
- ✓ Suite aux informations fournis à travers FDR rempli et signé par le client, l'agent vérifie de la nécessité d'un suivi médical selon le tableau de sélection médical.
  - Si aucune maladie antérieure n'est constatée, l'agent valide le contrat sur système.
  - Si une maladie antérieure est constatée, l'agent numérise le FDR et le communique au siège par mail.
- ✓ À la réception du FDR, de la part de l'agent, dont le questionnaire de santé présente une maladie antérieure, le service technique, au niveau de siège, évalue le dossier et prend l'une des décisions suivantes :
  - Une acceptation de l'affaire sans surprime.
  - Demande d'information complémentaire auprès de son médecin traitant
  - Demande d'actes médicaux (pris en charge par Assurances BIAT)
  - Une surprime
  - Un refus de l'affaire
- ✓ Dans le cas où le contrat nécessite une visite médicale conformément au tableau de sélection médicale, l'agent édite les bons de visite médicale ainsi que le questionnaire financier éventuel.
- ✓ L'agent remet les bons de visite au client et lui communique le questionnaire financier éventuel pour renseignement et signature.

**NB :** Questionnaire financier est obligatoire pour les contrats souscrits dont le capital assuré est supérieur à 400 000 DT (stratégie d'assurance BIAT).

Le bon de visite contient les analyses et les suivis médicaux à effectuer par le client ainsi une liste des prestataires de santé les plus proches à l'adresse de client et qui sont conventionnés avec Assurances BIAT.

- ✓ le service technique reçoit les résultats des actes médicaux de la part des prestataires de santé. Le gestionnaire du service technique évalue le dossier et notifie par mail à l'agent soit :
  - Une acceptation de l'affaire sans majoration
  - Une surprime
  - Un refus de l'affaire

- ✓ En cas d'acceptation de l'affaire sans majoration ou avec une surprime, L'agent établit le devis puis il communique la prime d'assurance au client.
- ✓ L'agent édite les documents contractuels suivants :
  - Un exemplaire du FDR y compris le questionnaire de santé à renseigner par le client.
  - 4 exemplaires des Conditions Particulières.
  - 4 exemplaires de la quittance de prime.
- ✓ Le souscripteur encaisse la prime d'assurance.
- ✓ L'agent délivre au client les documents contractuels suivants :
  - Conditions Générales en deux exemplaires
  - Conditions particulières en deux exemplaires
  - Quittance de prime en deux exemplaires.
- ✓ L'agent envoie par bordereau au siège le dossier de souscription qui contient les documents suivants :
  - Conditions Générales
  - Conditions particulières
  - FDR
  - Quittance de prime
  - Copie de la CIN du client.
- ✓ Le service technique reçoit par bordereau le dossier de souscription relatif aux contrats individuels d'assurance temporaire décès en couverture de prêt composé des pièces.
- ✓ Suite au contrôle et à la validation du siège, le service technique peut notifier à l'agent l'existence d'une anomalie au niveau du dossier comme suit :
  - En cas de pièce manquante au dossier, l'agent la récupère de la part du client et l'envoie au siège
  - En cas de données erronées, L'agent régularise le dossier par avenant de modification (Se référer à la procédure d'avenant de modification)
  - En cas de date de naissance erronée, le contrat doit être résilié et remplacé par un nouveau contrat dans le cas où le crédit n'est pas encore débloqué.

## SECTION 2 : LA MÉTHODOLOGIE ET L'ANALYSE DE DONNÉES

### 1. LA MÉTHODOLOGIE

La fixation des tarifs et des provisions pour un contrat d'assurance temporaire décès est spécifique à chaque compagnie d'assurance. Donc, il est vivement recommandé de construire une table de mortalité d'expérience permettant d'analyser le portefeuille, d'avoir des tarifs adéquats et de provisionner le montant nécessaire.

Donc, notre étude se poursuit par une analyse de mortalité des assurés d'Assurances BIAT avec l'objectif de la construction d'une table d'expérience. Il s'agit de modéliser un tableau basé sur les données propres au portefeuille de la compagnie permettant de mieux cerner la représentation du risque de mortalité.

La modélisation de cette table d'expérience est basée sur la démarche comportant les étapes suivantes :

- **Le traitement et la validation des données** : Cette étape permet de traiter et d'examiner les éventuelles incohérences pouvant affecter la base des données. Par ailleurs, il est nécessaire d'examiner la pertinence des dates à savoir : la date d'effet du contrat et la date de sortie sur la période d'observation retenue. Ainsi, ce traitement doit assurer la suppression des âges aberrants et les enregistrements qui présentent des incohérences ou des fautes de saisie.
- **Estimation des taux annuels bruts de décès** : cette étape nécessite une analyse statistique pour l'évaluation de la stabilité de la mortalité observée. L'estimation des taux bruts de décès a été faite par référence aux deux méthodes à savoir : estimateur de KAPLAN-MEIER et l'estimateur de HOEM que nous avons présenté au niveau du chapitre précédent.
- **Lissage des taux annuels bruts de décès** : Cette étape vise à corriger les éventuelles irrégularités qui ont été observées sur la courbe des taux de décès. Dans ce cadre, nous allons effectuer un lissage des taux en appliquant deux modèles qu'ont été détailler dans le premier chapitre : le modèle de MAKEHAM et le modèle de THATCHER.
- **Validation de la table construite** : afin de valider la table modélisée, il paraît judicieux d'appliquer les mesures de la qualité d'ajustement.

Pour appliquer cette méthodologie sur notre échantillon, nous avons utilisé le logiciel « R-studio » .

Par ailleurs, tout phénomène affectant la mortalité de la population nécessite la prise d'attention de toute compagnie d'assurance exerçant une activité vie. Dans ce cadre, la pandémie de COVID-19 a provoqué un climat d'incertitude et une hausse de la prise du risque pour les compagnies d'assurance qui commercialisent les produits d'assurance vie. Ces compagnies doivent veiller sur l'ajustement de leurs tables de mortalité afin de prendre en considération le risque de décès soudainement intensifié suite à cette crise sanitaire. Dans ce contexte , nous allons étudier l'impact de cette crise sur l'expérience à travers :

- La comparaison de la courbe de mortalité de la période pré-COVID avec celle de la période COVID.
- Calculer la sinistralité d'expérience afin de comparer la mortalité d'expérience avec la mortalité théorique prise en compte lors de la tarification.

## 2. LE TRAITEMENT DE LA BASE DE DONNÉES

Un traitement des données doit être effectué afin de permettre la construction d'une base de données pertinente et exploitable permettant de construire les taux bruts de mortalité.

La base de données mise à notre disposition est dégagée à partir des enregistrements issus du service production d'Assurances BIAT. La base retenue pour l'analyse est l'ensemble des données des contrats TD souscrits entre le 01/01/2003 et le 31/12/2021. Elle contient 704413 observations initiales. Plusieurs informations sont notées pour chacun de ces enregistrements à savoir : le numéro de la carte d'identité de l'assuré, le numéro de compte de l'assuré, la date de naissance, la date de souscription , la date d'effet du contrat...etc.

Dans le cadre de notre étude, nous aurons besoin , uniquement, des données suivantes :

- **Identifiant de l'assuré** : il permet l'identification de l'assuré. Il comporte deux variables qui sont le numéro de compte de l'assuré ainsi sa date de naissance.
- **La date d'effet du contrat** .
- **Date de la fin du contrat** (date d'échéance du contrat)
- **Date de décès** (s'il y a eu lieu).
- **Statut du contrat**.

- **Sexe de l'assuré.**
- **Date de clôture du contrat .**
- **motif de la clôture du contrat :** cette information consiste à noter la cause de clôture du contrat.
- **Date de sortie :** représente la date de clôture du contrat avant son échéance que ce soit pour la cause de décès ou bien pour un autre motif. C'est la date de fin du contrat qui est relative à l'état du contrat : sinistré, résilié ou autre. Cette date est égale à :
  - La date de décès dans le cas où le contrat a été sinistré.
  - La date d'aujourd'hui dans le cas où le contrat est en vigueur.
  - La date de la fin d'effet de contrat pour les contrats arrivés à terme.
  - Date d'effet résiliation pour le cas des contrats annulés ou résilié.

Dans ce qui suit, nous allons noter, brièvement , les traitements effectués ainsi la procédure de retraitement nécessaire pour assurer une base de données pertinente :

- L'élimination des enregistrements qui présentent les incohérences et les fautes de saisie suivantes:
  - la date d'effet du contrat précède la date de naissance : pas de contrats.
  - L'âge de sortie est négatif : pas de contrats.
  - la date d'entrée est postérieure à la date de sortie : le Nombre de lignes qui ont été supprimées est 770.
  - la date de naissance est postérieure à la date de fin du contrat : pas de contrats.
  - L'âge d'entrée inférieur à 18 ans ou supérieur à 75 ans : le nombre des lignes qui ont été supprimées est 138

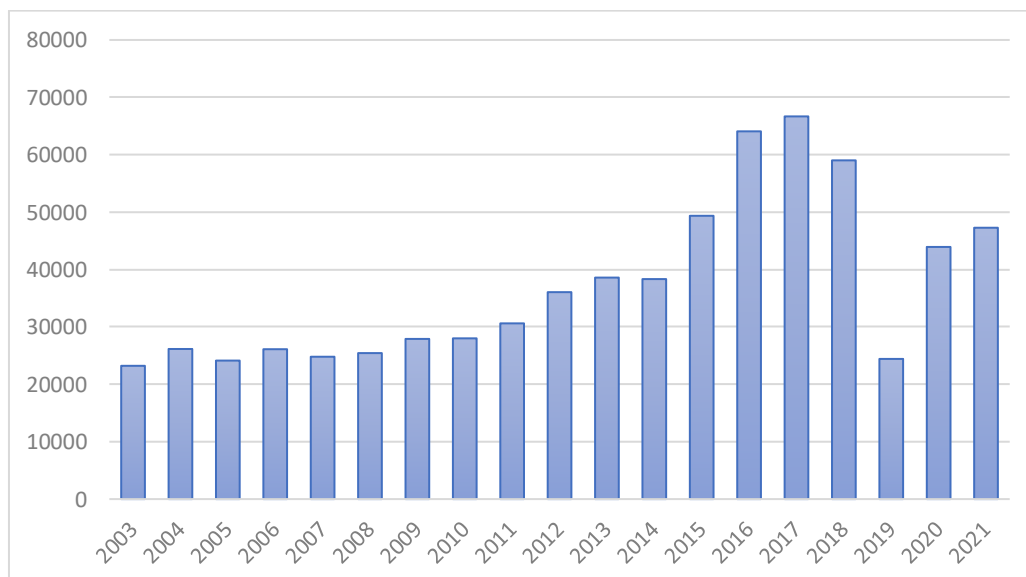
Le nombre de lignes qui ont été supprimées est 908. La base de données finale est de 703 505 contrats qui constitue 99,87% de la base initiale. Cette étape de traitement de base de données va nous permettre de calculer et obtenir les taux de mortalité bruts.

### 3. LES STATISTIQUES DESCRIPTIVES

#### ➤ Répartition par année de souscription :

Le graphique qui suit représente la répartition du nombre des contrats souscrits par année :

**Figure 14:** Le nombre d'enregistrement en fonction de l'année de souscription



source: base des données de l'Assurances BIAT

Nous pouvons répartir le graphique en trois périodes :

- Entre 2003 et 2010, le nombre des souscriptions est, presque, stable atteignant un maximum de 28010 contrats en 2010. Durant cette période, 205023 polices d'assurance ont été souscrit dont 188081 contrats ont été commercialisé à travers le réseau bancaire de la banque « BIAT » sous la forme de contrats collectifs.
- Entre 2011 et 2018, nombre des contrats a connu une hausse observable avec un maximum de souscription de 66684 en 2017 . le nombre des contrats qui ont été souscrit durant cette période est de l'ordre de 382815 dont 353111 contrats ont été distribué via les crédits BIAT et le reste a été commercialisé à travers le réseau hors BIAT.
- À partir de 2019, le nombre de contrats a baissé pour passer de 59032 en 2018 à 24426 en 2019 soit une baisse de 58,62%. Cette baisse est expliquée principalement par la baisse de l'activité de l'octroi de crédits suite à la crise sanitaire ainsi le changement de politique de souscription des contrats TDI. Le nombre de souscription des contrats TDI a connu une reprise en 2020 où la compagnie a enregistré 43937 polices « temporaire décès en

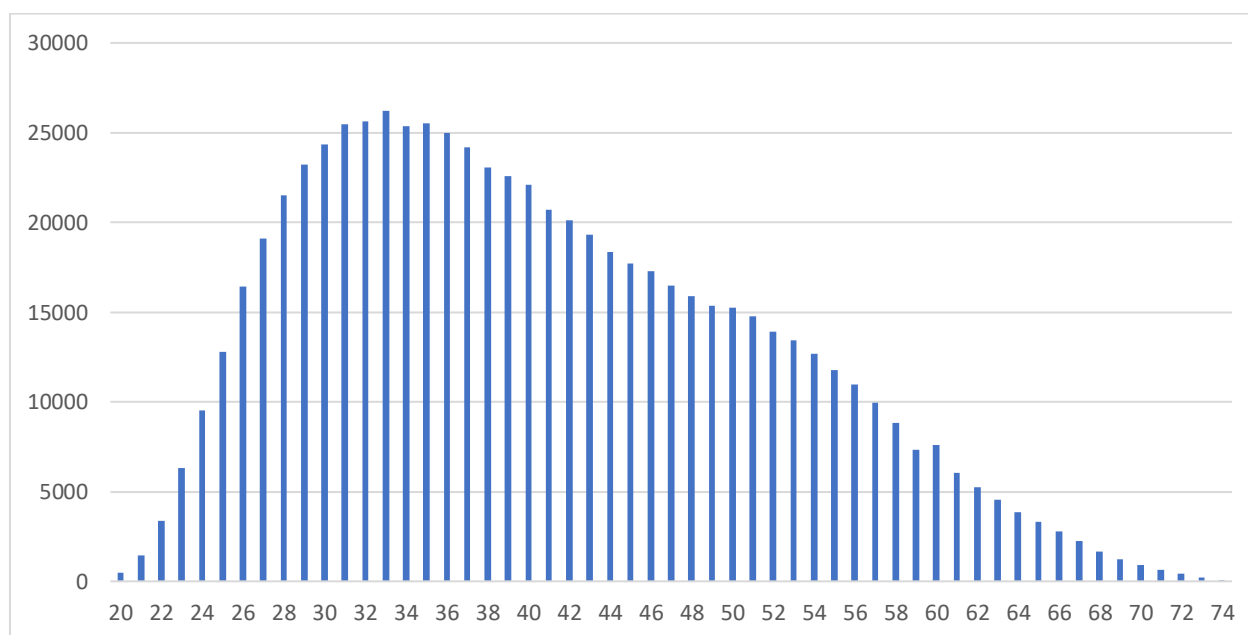


couverture de prêt » en 2020 et 47289 en 2021. Malgré cette hausse de souscription, le rythme reste moins faible que les années passées.

### ➤ Répartition par âge

Le graphique ci-dessous représente la répartition des nombres des souscriptions par âge :

**Figure 15:** Le nombre d'enregistrement par âge à la souscription



source: base des données de l'Assurances BIAT

Nous pouvons remarquer que 92,32% des contrats ont été souscrits par des assurés âgés de 25 à 60 ans. Au-delà de 60 ans, le nombre des contrats souscrits devient négligeable soit 4,68% du total des contrats couverts. Ceci peut être expliqué par deux raisons à savoir :

- la sélection médicale appliquée par la compagnie .
- l'âge limite de souscription ,sélectionné par la compagnie, pour les contrats TD en couverture de prêts qui est défini de 75 ans.

À noter, également, que les assurés âgés de moins de 25 ans représentent 2,99% du portefeuille.

➤ **Répartition des données par statut de contrat :**

on a cinq types de statut à savoir :

- Annulée
- Arrivée à Terme
- En Vigueur
- Résiliée
- Sinistrée

Le tableau ci-dessous représente la répartition des contrats par statut :

**Tableau 6:** La répartition des données par statut de contrat

<b>Étiquettes de lignes</b>	<b>Nombre de N° Police</b>
Annulée	5674
Arrivée à Terme	511 760
En Vigueur	183449
Résiliée	80
Sinistrée	2542
<b>Total général</b>	<b>703505</b>

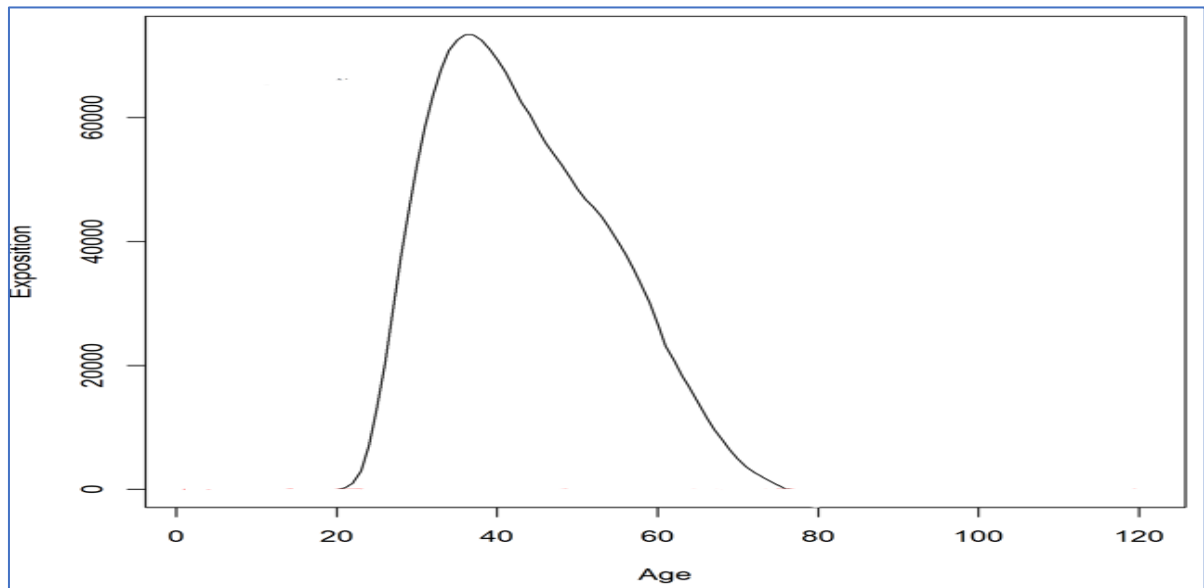
source: base des données de l'Assurances BIAT

Nous remarquons que 72,74% de la base de données sont des contrats arrivés à Terme et 26,07% de cette base concerne des contrats en vigueur. Depuis 2003, les annulations ne représentent que 0,8% du portefeuille ainsi la sinistralité touche seulement 0,36% des contrats souscrits et le nombre des contrats résiliés est très faible.

➤ **Exposition au risque par âge**

Le graphique qui suit représente Exposition au risque par âge sur la période d'observation :

**Figure 16:** L'exposition au risque



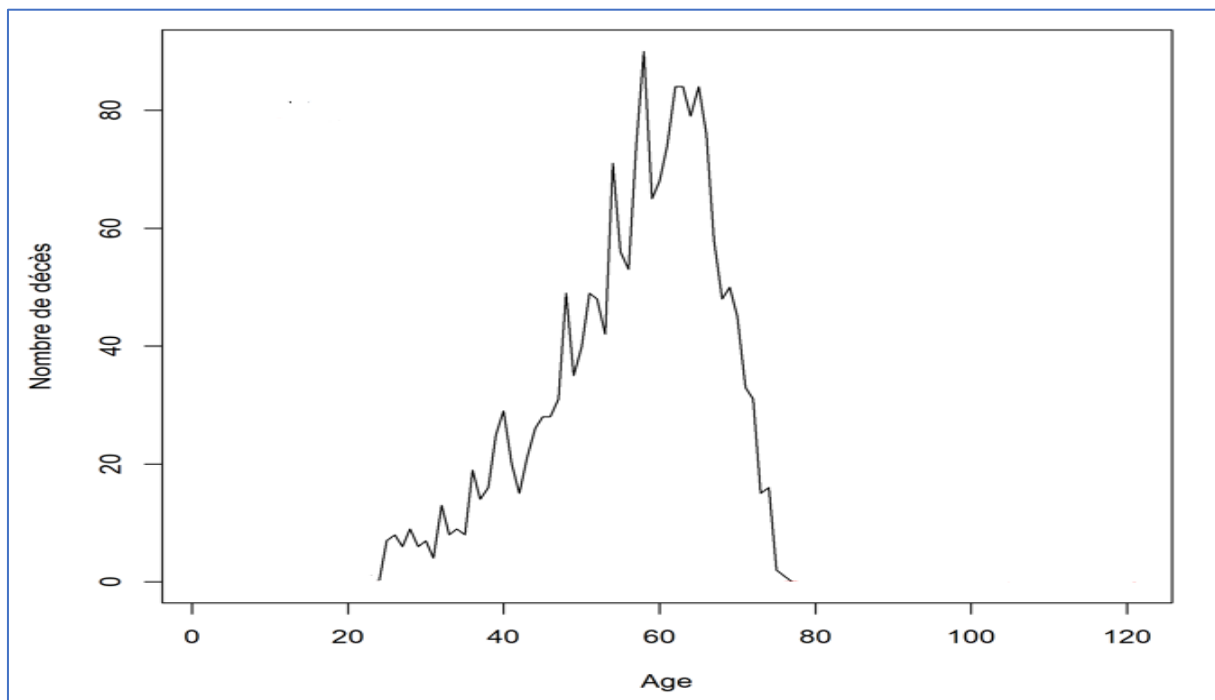
source: base des données de l'Assurances BIAT

Nous pouvons remarquer sur le graphique un seul pic à l'âge de 40 ans. Ainsi , nous remarquons que 68,14% des individus exposés au risque décès sont âgés de 35 à 60 ans. Cela peut être expliquer par le fait que le portefeuille est constitué essentiellement par cette tranche d'âge.

➤ **Nombre de décès**

Le graphique ci-dessous représente le nombre de décès par âge sur la période d'observation 2003-2021 :

**Figure 17:** Le nombre de décès par âge

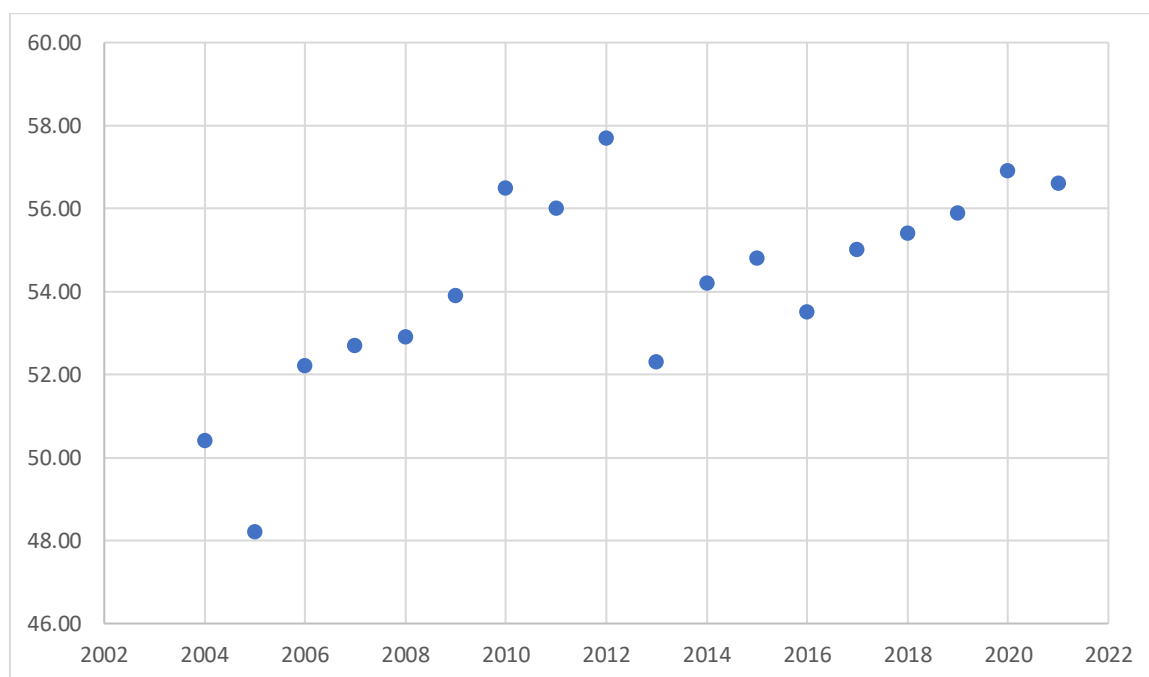


source: base des données de l'Assurances BIAT

La courbe est en croissance jusqu'à l'âge de 60 ans où le nombre des assurés sinistrés (décédés) est maximal. Au-delà de cet âge, le nombre des individus décédés décroît. Ceci est expliquée principalement par la limite d'âge à la souscription du contrat TD chez Assurances BIAT qui est fixé à 75 ans.

Le graphique ci-dessous représente l'âge moyen au décès sur notre période d'observation :

**Figure 18:** L'Age moyen au décès pour chaque année



source : base des données de l'Assurances BIAT

À travers cette représentation, nous pouvons tirer que l'âge moyen au décès pour chaque année, durant la période 2003-2021, varie entre 50 ans et 58 ans.

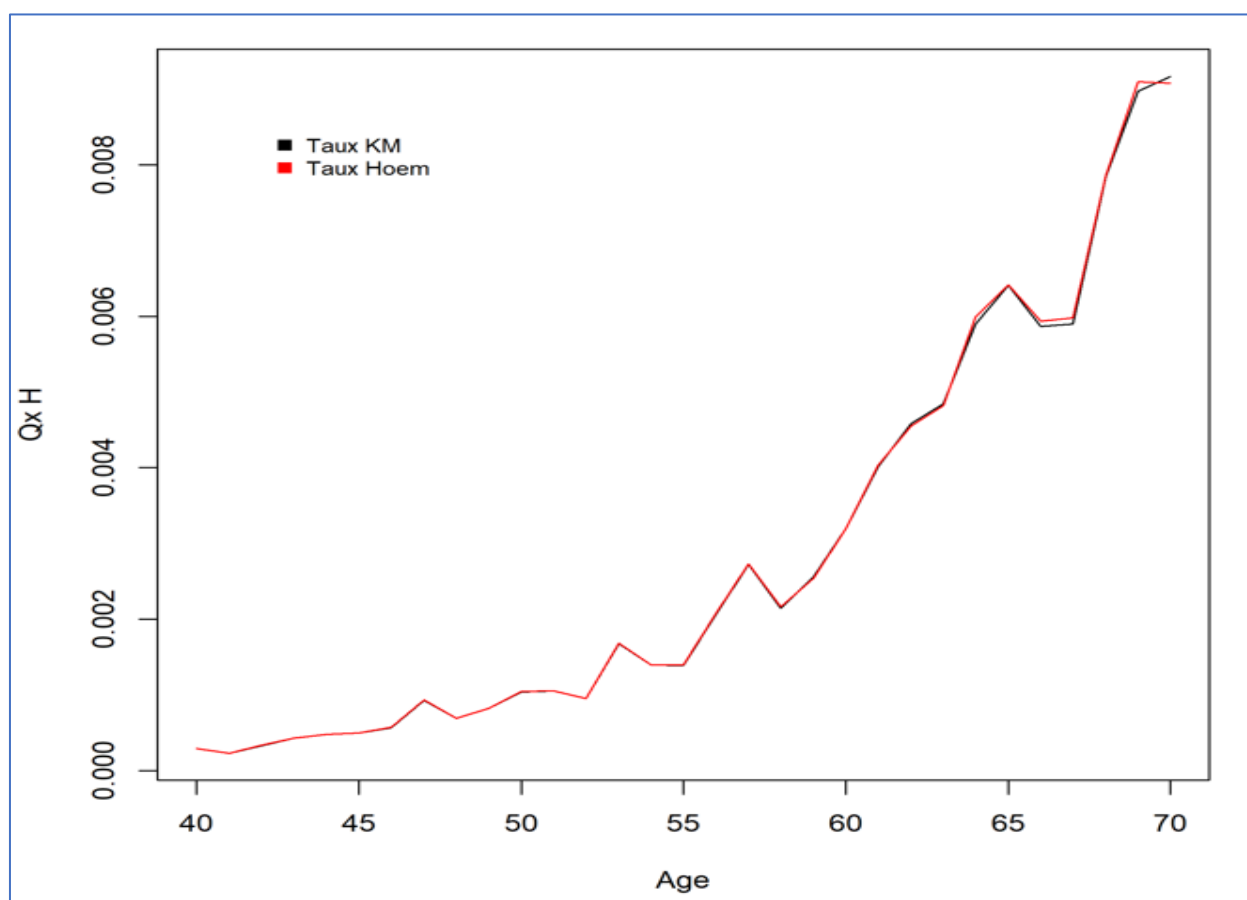
### SECTION 3 : LA CONSTRUCTION DE LA TABLE D'EXPERIENCE

#### 1. L'ESTIMATION DES TAUX BRUTS

Cette section sera réservée à la présentation des résultats obtenus des taux de mortalité bruts qui ont été estimés moyennant la méthode de Kaplan Meier et la méthode de Hoem. Ainsi, à travers cette section nous allons procéder à une comparaison entre les résultats obtenus et les taux de mortalité de la table de mortalité TD 99.

Le graphe suivant représente une estimation des taux annuels bruts de mortalité par les estimateurs KAPLAN-MEIER et HOEM :

**Figure 19:** L'estimation des taux bruts



source: estimation par Rstudio

Les résultats obtenus par l'estimateur de Kaplan-Meier et ceux obtenus par l'estimateur de Hoem sont très proches et presque compatibles. Une légère différence est remarquable à partir de l'âge de 65 ans . Nous pouvons remarquer ,également, que les taux annuels de décès bruts dégagés à partir des estimateurs révèlent des irrégularités et des fluctuations surtout aux grands âges.

Ceci est expliqué, principalement, par deux faits :

- le manque de données à notre disposition .
- l'estimation des taux bruts est basée sur des observations de la réalité.

À noter que les taux bruts estimés ne vérifient pas le caractère de croissance de la mortalité en fonction de l'âge. Dans ce contexte, le recours à des modèles de lissage et d'ajustement est nécessaire afin de refléter au mieux l'évolution de la mortalité. Pour notre étude, nous retiendrons l'estimateur de Hoem. Ce choix trouve son explication dans la facilité de mise en œuvre d'un tel estimateur.

## 2. LE LISSAGE DES TAUX BRUTS

Suite aux irrégularités liées aux fluctuations d'échantillonnage, un travail de lissage est nécessaire dans afin d'obtenir une courbe régulière et croissante avec l'âge.

### 2.1. L'AJUSTEMENT PAR LE MODÈLE DE MAKEHAM

Afin d'effectuer un lissage moyennant le modèle de Makeham, nous avons eu recours aux étapes expliquées précédemment.

Ce modèle d'ajustement a été estimé par deux méthodes à savoir :

- La méthode des moindres carrés pondérés (MCP) : il s'applique des pondérations différentielles aux observations
- La méthode des moindres carrés pondérés (MCO) : les moindres carrés ordinaires sont le cas particulier des MC pondérés.

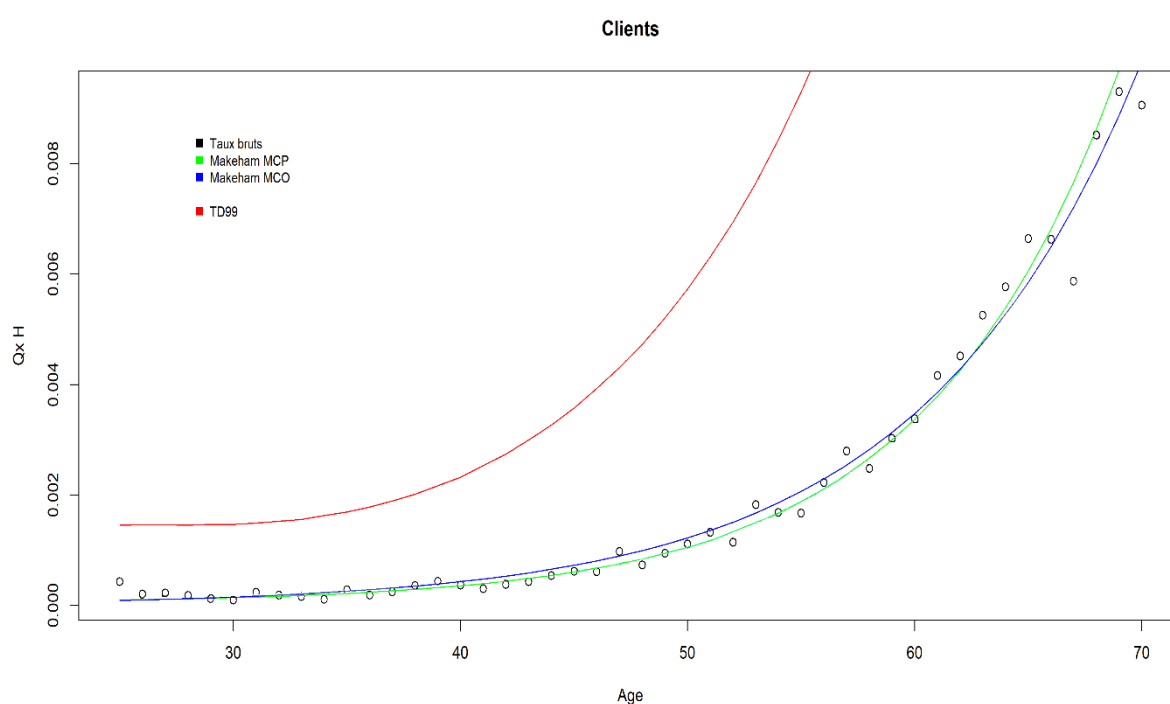
**Tableau 7:** Les estimations des paramètres du modèle du MAKEHAM

Paramètres	Estimation
$\hat{A}$	10.475340 e <sup>-05</sup>
$\hat{B}$	6.768453 e <sup>-06</sup>
$\hat{C}$	1.179195

source 1: estimation par Rstudio

Les résultats de lissage sont observables dans le graphique suivant :

**Figure 20:** L'ajustement par le modèle de Makeham



source: estimation par Rstudio

- La figure précédente représente les taux bruts de mortalité, les taux lissés par le modèle de MAKEHAM qui représentent l'output du modèle et les taux théoriques donnés par la table réglementaire TD 99 afin de comparer la différence entre ces différents taux.
- Au vu cette figure, nous observons que la courbe représentant la mortalité de référence TD99 est, largement, supérieure à la courbe de mortalité lissée. Donc, les taux théoriques de la table réglementaire surestiment la mortalité et ne reflètent pas la réalité du portefeuille d'Assurances BIAT.



- Les écarts observés entre les taux de mortalité de références et ceux lissés s'élargissent en fonction de l'âge.
- Les travaux de lissage ont réussi à effacer les irrégularités et le caractère erratique qui ont été remarquer au niveau de la courbe des taux bruts et qui sont dus aux fluctuations d'échantillonnage. Par ce fait, la courbe devient régulière et fidèle aux données brutes.

## 2.2. L'AJUSTEMENT PAR LE MODÈLE DE THATCHER

Nous rappelons que la probabilité de décès «  $q_x$  » associé au modèle de THATCHER est définie comme suit :

$$q_x = 1 - e^{-\alpha \left[ \frac{1 + \beta e^{\delta x}}{1 + \beta e^{\delta(x+1)}} \right]}$$

Ce modèle d'ajustement a été appliqué moyennant deux méthodes à savoir :

- Estimation par la méthode de maximum de vraisemblance ( EMV ) : l'estimateur du « maximum de vraisemblance » est défini comme étant l'estimateur statistique qui est utilisé afin d'inférer les paramètres d'une loi de probabilité d'un portefeuille ou d'un échantillon prédéfini en identifiant les valeurs des paramètres qui maximisent la fonction de vraisemblance.
- La méthode des moindres carrés pondérés (MCP).

Les estimations des paramètres du modèle ont donné les résultats suivants :

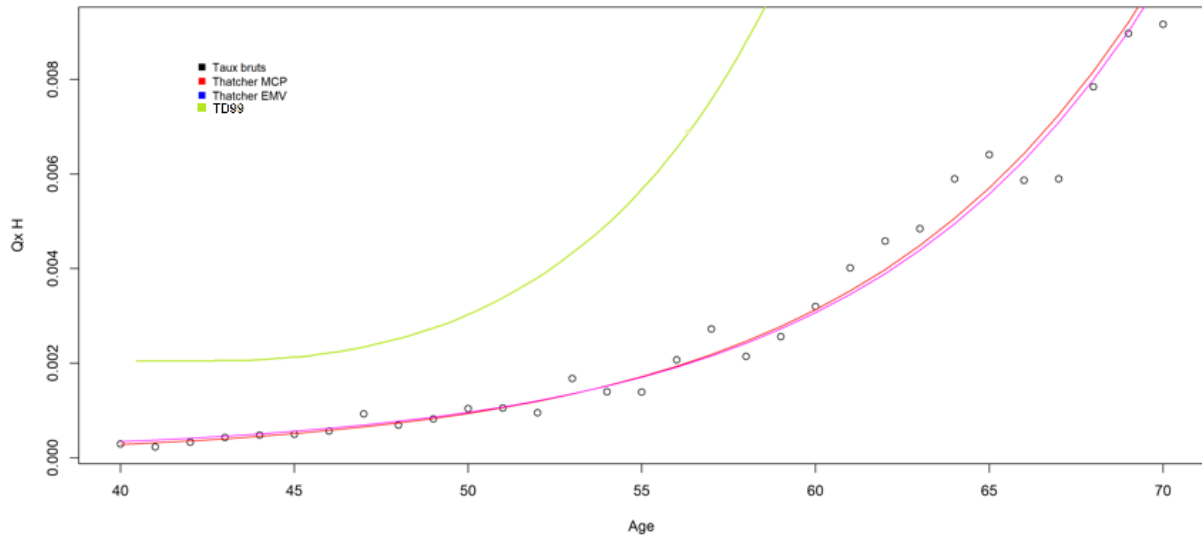
**Tableau 8:** Les estimations des paramètres du modèle du THATCHER

Paramètres	MCP	EMV
$\hat{\alpha}$	$4.730384e^{-05}$	0.119049
$\hat{\beta}$	1.126744	1.000002
$\hat{\delta}$	$2.443267e^{-06}$	$8.686935e^{-05}$

source 2: estimation par Rstudio

Nous présentons dans ce qui suit les résultats donnés par ce modèle :

**Figure 21:** L'ajustement par le modèle de THATCHER



source: estimation par Rstudio

- Nous avons illustré dans la figure précédente les taux bruts de mortalité, les taux lissés par le modèle de THATCHER qui représentent l'output du modèle et les taux théoriques donnés par la table réglementaire TD 99 afin de comparer la différence entre ces différents taux.
- Comme nous avons remarqué au niveau du modèle de Makeham, la table de mortalité réglementaire surestime la mortalité observée. Donc, cette figure montre un écart remarquable entre les taux théoriques « TD 99 » et les taux observés et estimés sur notre portefeuille.
- Nous pouvons, également, constater que les écarts entre les taux de mortalité donnés par la table réglementaire TD99 et les taux de mortalité lissés sont très minimes aux âges jeunes et deviennent de plus en plus remarquables et observables aux grands âges.
- L'effet du lissage a été observé à travers :
  - La suppression des valeurs aberrantes qui sont représentées par des fluctuations brutales dans la courbe des taux bruts.
  - L'élimination des irrégularités et le caractère erratique qui ont été remarquer au niveau de la courbe des taux bruts.
- Nous pouvons tirer, aussi, que la courbe des taux lissée obtenue est régulière ainsi croissante en fonction de l'âge.

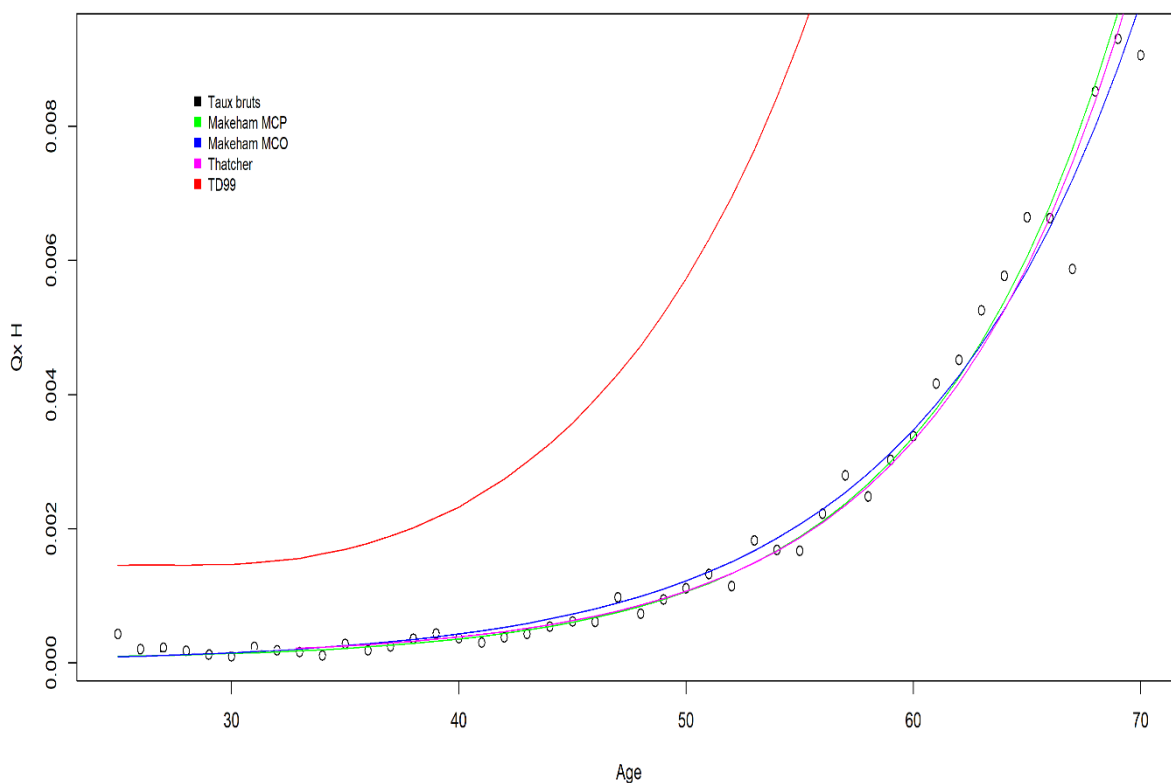
- À noter , que cette courbe n'est pas assez fidèle aux taux bruts.
- Le modèle de THATCHER sous-estime la tranche d'âge comprise entre 55 et 65 ans ainsi il ne prend pas en considération la baisse de la mortalité remarquée aux grands âges.

La méthode retenue par l'estimation des paramètres de ce modèle est la méthode des moindres carrés pondérés car elle permet d'avoir une courbe plus fidèle aux taux bruts par rapport à la méthode EMV .

### 2.3. LA COMPARAISON DES AJUSTEMENTS OBTENUS

Afin d'évaluer la fiabilité des lissages effectués et de comparer entre eux, nous allons reproduire les différentes courbes des taux lissés sur un même graphique. La figure ci-dessous illustre une comparaison entre les taux de mortalité lissés, les taux de mortalité bruts et ceux issus de la table de mortalité nationale TD99 :

**Figure 22:** La comparaison des deux modèles de lissage , du courbe des taux bruts et du TD99



source: estimation par Rstudio

- Nous pouvons noter que les différents ajustements effectués sont des lissages qui fournissent une forte régularité étant donné qu'ils permettent d'avoir des taux lissés assez réguliers en fonction de l'âge<sup>32</sup>.
- Les résultats du modèle de Makeham estimé par la méthode MCP et celui de THATCHER sont très semblables. Une légère différence est observable entre ces deux méthodes à partir des grands âges (63 ans).
- Les résultats du modèle de Makeham estimé par la méthode MCO se différencient, d'une manière remarquable, des résultats obtenus par le modèle de Makeham MCP et celui de THATCHER.
- Les résultats du modèle de THATCHER sont les plus pertinents en termes de fidélité aux taux bruts de mortalité.
- À travers ce graphique, nous pouvons remarquer que la courbe de mortalité issue de la table réglementaire (TD99) dépasse largement la mortalité d'expérience surtout pour les âges avancés.
- En termes de choix du meilleur modèle de lissage, il est très difficile de se prononcer sur une possible supériorité d'un modèle par rapport à un autre. Dans ce cadre, nous allons avoir recours aux indicateurs de mesure de la qualité d'ajustement.

### 3. LE CHOIX DU MEILLEUR MODÈLE

Comme nous avons prouvé les deux modèles MAKEHAM et THATCHER donnent des résultats très semblables. Le modèle de THATCHER est meilleur que le modèle MAKEHAM en termes de fidélité aux taux bruts. Le tableau ci-dessous représente les résultats relatifs aux indicateurs de la qualité de l'ajustement :

**Tableau 9:** Les indicateurs de la qualité de l'ajustement

	<b>Modèle de MAKEHAM MCP</b>	<b>Modèle de Makeham MCO</b>	<b>Modèle de THATCHER</b>
<b>SMR</b>	0,975190105051496	0,971374057152437	0,989734335259058
<b>R<sup>2</sup></b>	0,981111139905825	0,980579537822033	0,981131559417808
<b><math>\chi^2</math></b>	23,082246326167	53,9898543785148	-17,1048478975054
<b>MAPE</b>	1,171%	0,46%	0,769%

*source: estimation par R-studio*

- **SMR** : Nous préférons le modèle qui dégage le SMR le plus proche de 1.  
 ⇒ Le modèle de THATCHER est le modèle qui dégage le SMR le plus proche de 1.

<sup>32</sup> allure très régulière des différentes courbes lissées .

- **R<sup>2</sup>** : Nous préférons le modèle qui a la valeur de R<sup>2</sup> la plus élevée.  
⇒ Le modèle de THATCHER est le modèle qui a la valeur de R<sup>2</sup> la plus élevée.
- **χ<sup>2</sup>** : Nous devons conserver le modèle qui présente la valeur du χ<sup>2</sup> la plus faible.  
⇒ Le modèle de THATCHER est le modèle qui a la valeur de χ<sup>2</sup> la plus faible.
- **MAPE** : Nous préférons le modèle qui a la valeur de MAPE la plus faible.  
⇒ Le modèle de Makeham MCO est le modèle qui a la valeur de **MAPE** la plus faible.

Bien que le modèle Makeham MCO est privilégié par le critère du MAPE, il doit être mis à part puisqu'il a le SMR et le R<sup>2</sup> le plus faible ainsi une valeur de χ<sup>2</sup> le plus élevée en le comparant aux autres modèles.

Donc, le modèle de THATCHER est le modèle le plus adéquat en termes de ces critères d'ajustement. Par ce fait, ce modèle permet d'avoir l'imprécision des décès observés autour des décès ajustés la plus faible parmi tous les modèles .

Le tableau qui suit représente la table d'expérience construite d'Assurances BIAT en retenant l'ajustement de THATCHER. Pour des raisons de confidentialité, nous allons présenter uniquement une partie de cette table . Cette table permet de visualiser , pour chaque âge, le nombre de survivants (Lx) et le taux de décès (Qx) :

**Tableau 10:** La table d'expérience construite

Age	Lx	Qx
20	97591	0,03%
21	97558	0,03%
22	97524	0,04%
23	97489	0,04%
24	97454	0,04%
25	97418	0,04%
26	97382	0,04%
27	97347	0,04%
28	97311	0,04%
29	97275	0,04%
30	97239	0,04%
31	97202	0,04%
32	97160	0,04%
33	97120	0,04%
34	97085	0,04%
35	97042	0,05%
36	96997	0,05%

37	96948	0,05%
38	96895	0,06%
39	96837	0,07%
40	96774	0,07%
41	96703	0,08%
42	96626	0,09%
43	96540	0,10%
44	96444	0,11%
45	96337	0,12%
46	96217	0,14%
47	96083	0,14%
48	95950	0,16%
49	95801	0,18%
50	95631	0,20%

**source:** *estimation par R-studio*

## SECTION 4 : L'IMPACT DE LA PANDÉMIE COVID-19 SUR L'EXPERIENCE :

Au cours de cette section , nous allons refaire , dans un premier lieu, la même démarche de modélisation de la table d'expérience mais pour deux périodes distinctes à savoir :

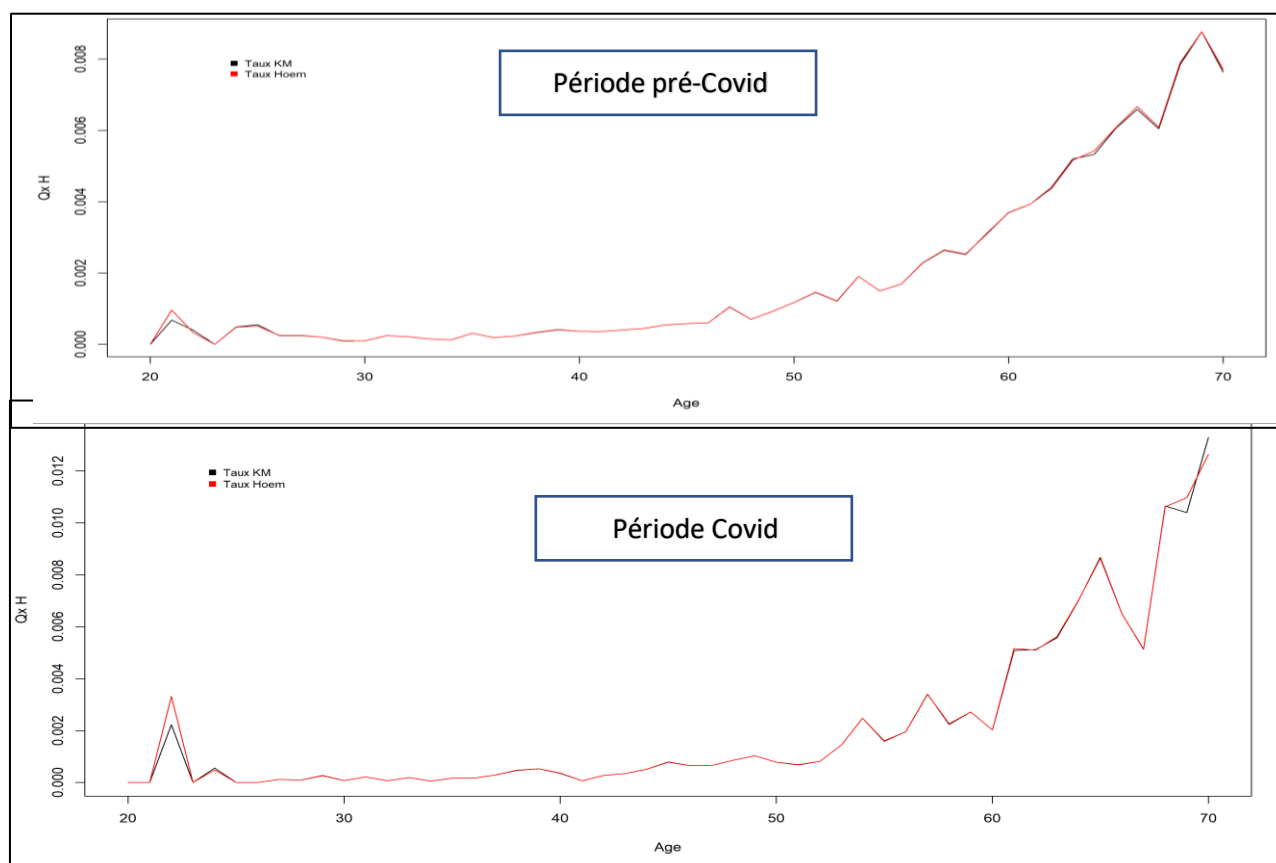
- La période pré-COVID : qui s'étale du = 01/01/2003 au 31/12/2019.
- La période COVID : qui couvre la période allons du 01/01/2020 au 31/12/2021.

En fait , dans cette partie nous ne visons pas à construire une nouvelle table d'expérience pour ces deux périodes mais plutôt de faire une comparaison entre les taux brut de mortalité de la période pré-COVID et ceux de la période COVID et d'étudier l'écart entre les courbes lissées de chaque période et la courbe de mortalité théorique TD99. Cette comparaison vise à étudier l'impact du COVID sur l'expérience du portefeuille d'Assurances BIAT.

### 1. LA COMPARAISON DES TAUX BRUTS

Le graphe suivant représente une estimation des taux annuels bruts de mortalité par les estimateurs KAPLAN-MEIER et HOEM pour les deux périodes pré-COVID et COVID :

**Figure 23:** L'estimation des taux bruts pour les périodes *pré-Covid et Covid*



Pour la première période , la mortalité est croissante et surtout pour les âges avancés. La courbe n'a pas un aspect régulier et elle présente plusieurs pics sur les intervalles d'âges suivants :

- L' intervalle [20 ;25].
- L' intervalle [45 ;50].
- L' intervalle [45 ;55].
- L' intervalle [65 ;70].

Quant à la deuxième période, durant la pandémie, la mortalité a été élevée pour les individus dépassant 50 ans . Nous remarquons des pics de mortalité importants et très élevés sur les intervalles d'âges suivants :

- L' intervalle [20 ;25].
- L' intervalle [50 ;65].

Une baisse remarquable et importante de la mortalité pour les assurés âgés de 67 ans durant la période COVID.

Les résultats obtenus par les deux estimateurs sont très proches et presque compatibles pour les deux périodes . Pour la deuxième courbe, deux légères différences entre les résultats des deux estimateurs sont remarquables : la première est observable sur l' intervalle d'âge [20 ;25] et la deuxième est remarquable pour l'individus dépassant les 67 ans .

Nous pouvons remarquer ,également, que les taux annuels de décès bruts dégagés pour la deuxième période révèlent des irrégularités et des fluctuations plus importantes que la première période surtout aux grands âges. Ceci est expliqué, principalement, par le fait que la mortalité causée par la pandémie a été accentuée sur des intervalles d'âge particuliers et bien spécifiques. Afin d'éliminer ces irrégularités , nous allons avoir recours aux modèles d'ajustement.

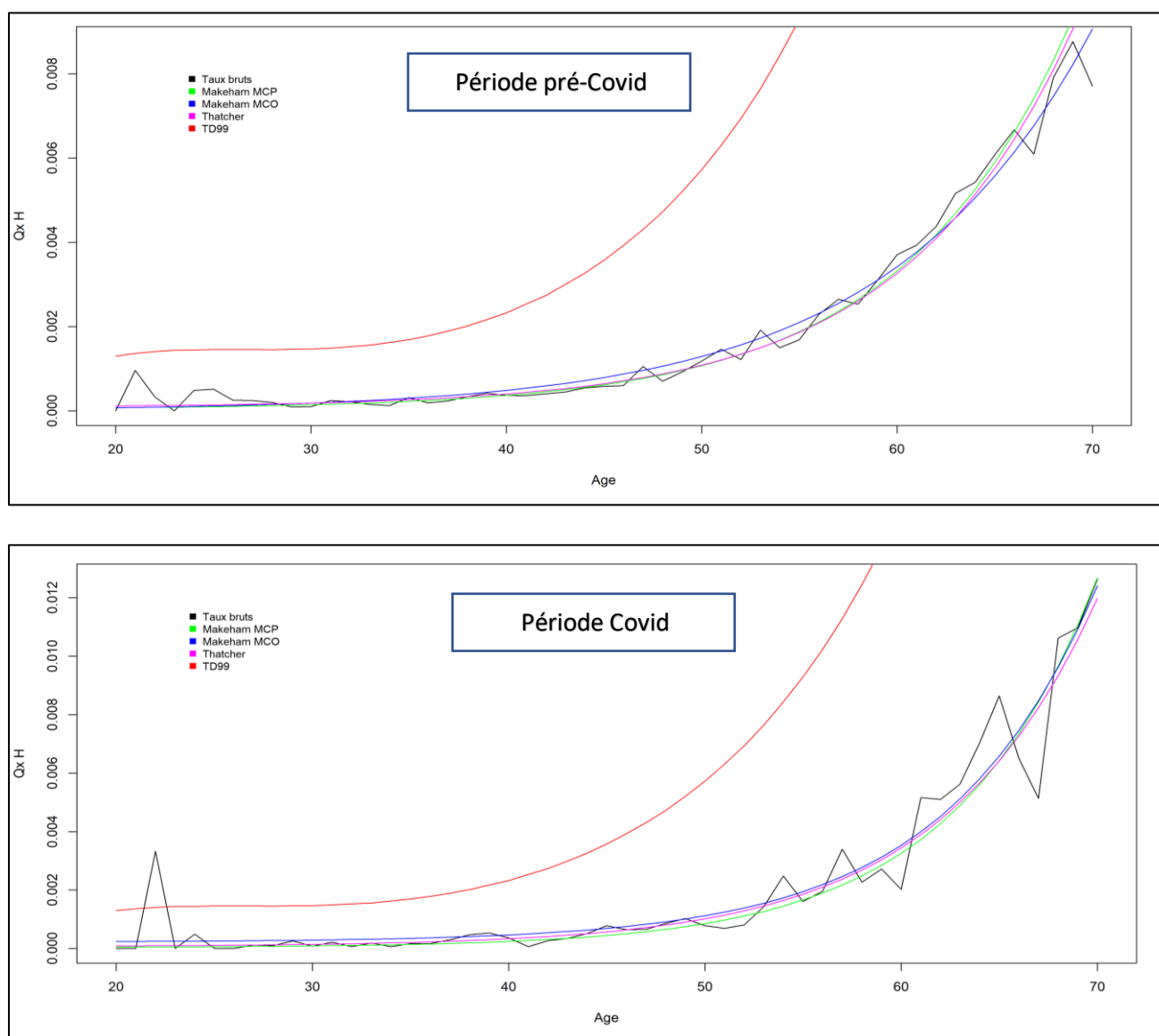
## **2. LA COMPARAISON DES TAUX LISSES**

Suite aux irrégularités liées aux fluctuations d'échantillonnage , un travail de lissage est nécessaire dans afin d'obtenir une courbe régulière et croissante avec l'âge.

La figure ci-dessous illustre une comparaison entre les taux de mortalité lissés, les taux de mortalité bruts et ceux issus de la table de mortalité nationale TD99 pour les deux périodes :



**Figure 24:** Le lissage des taux bruts sur les périodes pré-COVID et COVID



source 3: estimation par R-studio

- Nous pouvons noter que les différents ajustements effectués sont des lissages qui fournissent une forte régularité étant donné qu'ils permettent d'avoir des taux lissés assez réguliers en fonction de l'âge.
- À partir de cette figure, nous pouvons remarquer que la courbe qui représente la mortalité de référence TD99 est largement supérieure à la courbe de mortalité lissée durant les deux périodes .
- Cependant, pour la période COVID, nous remarquons un rapprochement de la courbe de mortalité lissée à la courbe qui reflète la mortalité théorique. C'est-à-dire que l'écart entre la mortalité réelle et la mortalité théorique a diminué lors de la crise sanitaire COVID-19.

- Le rapprochement de la mortalité réelle par rapport à la mortalité théorique est plus observable sur les tranches d'âges jeunes.

⇒ Durant la période COVID, le dépassement de la courbe de mortalité d'expérience et son rapprochement à la courbe TD99 est expliqué par le fait que les taux de mortalité d'expérience enregistrés lors de la période COVID ont connu une hausse par rapport aux taux estimés pendant la période pré-COVID .

Pour valider cette interprétation, nous allons effectuer une comparaison des écarts entre la mortalité théorique et la mortalité d'expérience pour chaque période à travers le calcul des taux de surestimation.

### 3. LA COMPARAISON DES TAUX DE SURESTIMATION

Afin d'étudier l'impact de la crise sanitaire sur la mortalité de notre portefeuille, nous avons calculé les probabilités de décès «  $q_x$  » pour les deux périodes pré-COVID et COVID et leurs écarts par rapport à la probabilité de décès théorique proposée par la table réglementaire TD99. Le tableau qui suit illustre ce calcul pour un intervalle d'âge [20 ;50]

**Tableau 11:** La comparaison de la mortalité sur les périodes pré-COVID et COVID

Age	TD99		Table d'expérience période pré-COVID		Table d'expérience période COVID	
	Lx	Qx	Qx	Taux de surestimation	Qx	Taux de surestimation
<b>20</b>	95 496	0,13%	0,03%	3,84	0,04%	2,95
<b>21</b>	95 372	0,14%	0,03%	4,02	0,04%	3,25
<b>22</b>	95 242	0,14%	0,04%	3,90	0,05%	2,97
<b>23</b>	95 108	0,14%	0,04%	3,90	0,05%	2,97
<b>24</b>	94 971	0,14%	0,04%	3,79	0,05%	2,90
<b>25</b>	94 834	0,15%	0,04%	4,06	0,05%	2,86
<b>26</b>	94 696	0,15%	0,04%	4,17	0,05%	2,86
<b>27</b>	94 558	0,15%	0,04%	4,06	0,05%	3,04
<b>28</b>	94 420	0,15%	0,04%	4,05	0,05%	2,86
<b>29</b>	94 283	0,15%	0,04%	4,05	0,05%	3,17
<b>30</b>	94 145	0,15%	0,04%	3,94	0,05%	3,17
<b>31</b>	94 007	0,15%	0,04%	3,47	0,06%	2,47
<b>32</b>	93 867	0,15%	0,04%	3,64	0,06%	2,65
<b>33</b>	93 724	0,16%	0,04%	4,44	0,06%	2,87

<b>34</b>	93 578	0,16%	0,04%	3,61	0,06%	2,67
<b>35</b>	93 426	0,17%	0,05%	3,67	0,06%	2,84
<b>36</b>	93 268	0,18%	0,05%	3,56	0,06%	2,90
<b>37</b>	93 102	0,19%	0,05%	3,48	0,07%	2,83
<b>38</b>	92 926	0,20%	0,06%	3,34	0,07%	2,97
<b>39</b>	92 739	0,22%	0,07%	3,38	0,12%	1,77
<b>40</b>	92 538	0,23%	0,07%	3,13	0,12%	1,96
<b>41</b>	92 323	0,25%	0,08%	3,14	0,13%	1,97
<b>42</b>	92 089	0,27%	0,09%	3,03	0,14%	1,90
<b>43</b>	91 837	0,30%	0,10%	3,02	0,16%	1,93
<b>44</b>	91 562	0,33%	0,11%	2,97	0,21%	1,55
<b>45</b>	91 263	0,36%	0,12%	2,89	0,22%	1,62
<b>46</b>	90 937	0,39%	0,14%	2,80	0,25%	1,59
<b>47</b>	90 580	0,43%	0,14%	3,11	0,26%	1,64
<b>48</b>	90 190	0,47%	0,16%	3,03	0,31%	1,54
<b>49</b>	89 764	0,52%	0,18%	2,93	0,31%	1,68
<b>50</b>	89 297	0,57%	0,20%	2,80	0,34%	1,70

source 4: calcul sur Excel

À noter que :

$$\text{taux de surestimation} = \frac{q_x \text{ théorique}}{q_x \text{ réel}}$$

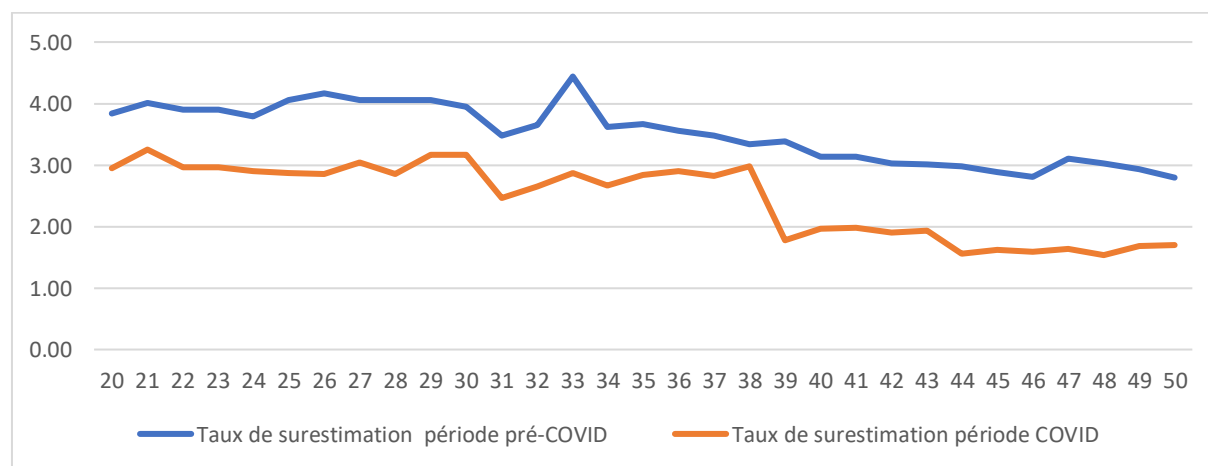
Le taux de surestimation de mortalité est défini comme étant le pourcentage de surestimation de la mortalité théorique par rapport à la mortalité réelle. C'est-à-dire le coefficient de multiplication permettant d'égaliser le taux de mortalité d'expérience à celui théorique. Ce coefficient reflète l'écart entre les deux taux.

Le tableau montre l'existence d'un écart remarquable entre le nombre de décès théoriques et celui d'expérience . Le taux de surestimation moyen est estimé à 3,51 pour la période pré-COVID et 2,44 pour la période COVID. Donc, la mortalité théorique prise en considération lors de la tarification des contrats TD dépasse la mortalité réelle de 3,51 pour la période pré-COVID et 2,44 pour la période COVID.

Nous remarquons, également, que les taux de surestimation sont plus élevés pour les tranches d'âges jeunes qui est expliqué par l'augmentation de l'espérance de vie pour cette population .

Ainsi, les taux de surestimation ont baissé durant la période de la pandémie puisque la mortalité réelle a augmenté ce qui a provoqué un rapprochement de la courbe de mortalité d'expérience à celle dégagée à partir de la table règlementaire. Cette hausse de mortalité exprimée par la baisse des taux de surestimation pendant la période COVID peut être interpréter par la baisse de la marge de prudence de la compagnie lors de la tarification. La figure qui suit illustre la variation des taux de surestimation pour les deux périodes :

**Figure 25 :** Une comparaison des taux de surestimation durant chaque période



source: estimation par Rstudio

Cependant, malgré la hausse de la mortalité réelle , Assurances BIAT reste toujours prudente lors de sa tarification puisque les calculs des tarifs se basent sur des probabilités de décès théoriques plus élevées que la sinistralité réelle.

## CONCLUSION DU CHAPITRE

Au cours de ce chapitre, nous avons entamé la modélisation de la table d'expérience. Dans ce cadre, nous avons effectué une étude de portefeuille suivie par une analyse de donnée et une présentation de la méthodologie à appliquer.

Par la suite, nous avons modélisé notre table d'expérience, couvrant la période 2003-2021 , à travers l'estimation des taux bruts et l'application de deux modèles de lissage. Par la suite, nous avons comparé la qualité d'ajustement de chaque méthode afin de choisir et retenir la meilleure.

Enfin, nous avons procédé à une analyse de l'impact du COVID-19 sur la mortalité en divisant la période d'observation en deux sous-période à savoir : la période pré-COVID et la période COVID. Nous avons effectué une comparaison des courbes de mortalité obtenues pour chaque période et une comparaison des taux de surestimation .

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Le but de notre travail est de modéliser une table de mortalité d'expérience par âge et d'étudier l'impact de la crise sanitaire sur la mortalité pour un portefeuille « temporaire décès » d'Assurances BIAT sur la période 2003-2021. L'objectif d'une telle démarche, c'est de fournir à la compagnie un outil lui permettant d'intégrer l'expérience rétrospective du portefeuille de ses assurés dans la fixation des primes et des provisions et de prendre en considération les effets de la pandémie sur la sinistralité d'expérience lors de l'analyse de son portefeuille .

Pour se faire, nous avons développé dans un premier chapitre une présentation du secteur d'assurance vie , une introduction des notions relatives à la table de mortalité ainsi une présentation de ses différents types et une présentation des outils de modélisation de la table d'expérience que nous appliquons par la suite. En fait, pour obtenir une table fiable nous avons besoin de réfléchir préalablement à propos les modèles et les méthodes à utiliser et accorder une attention particulière à la qualité et au volume des données.

Ensuite, dans le deuxième chapitre nous avons procédé à la modélisation de la table d'expérience. À cette fin, nous avons commencé par une étude de portefeuille, une analyse de donnée et une présentation de la méthodologie à suivre. Après avoir effectuer cette démarche, nous avons entamé la construction de la table d'expérience à travers l'estimation des taux bruts et l'application des modèles de lissage. Dans ce cadre, nous avons choisi deux modèles de lissage et nous avons présenté les résultats obtenus par ces deux modèles. Par la suite, nous avons comparé la qualité d'ajustement de chaque méthode afin de choisir et retenir la meilleure.

Celle-ci une fois retenue, nous avons entamé une analyse de l'impact du COVID-19 sur la mortalité à travers une division de la période d'observation en deux sous-période à savoir : la période pré-COVID et la période COVID. À cet effet, nous avons comparé les courbes de mortalité obtenues pour chaque période et nous avons effectué une comparaison des taux de surestimation qui permettent de mesurer l'écart entre la mortalité d'expérience et les taux de mortalité théoriques de la table règlementaire.

Après cette analyse, nous avons réussi à conclure que Assurances BIAT est toujours prudente lors de sa tarification même en période de crise sanitaire puisque les taux de mortalité théoriques utilisés lors de la tarification dépassent largement les taux réels d'expérience. Cependant, les taux de mortalité d'expérience enregistrés lors de la période COVID ont connu une hausse par rapport aux taux esimés pendant la période pré-COVID.

Au terme de notre étude, nous pouvons déduire que l'application des tables d'expérience par les compagnies d'assurance permet de prendre en compte l'évolution réelle de la mortalité et de baisser la marge d'incertitude relative à la tarification du risque décès. Néanmoins, l'utilisation de la table d'expérience se heurte aux restrictions prescrites par la réglementation actuelle.

Les résultats encourageants dégagés de notre travail permettent d'ouvrir la voie à une exploitation plus large de ces tables. En effet, pour une meilleure utilisation, nous pouvons envisager d'intégrer d'autres facteurs lors de la construction de la mortalité d'expérience tels que les catégories socio-professionnelles ainsi les causes de décès et tout évènement pouvant affecter la mortalité.



## BIBLIOGRAPHIE

- Alho.J (1991) «Effect of aggregation on the estimation of trend mortality» *Mathematical Population Studies*, 2, 53-67
- Bérangère. V-M (2007) « Comparaison de méthodes d’ajustement de la mortalité des rentiers dans un but prospectif » mémoire d’actuariat : ISFA Scor Global Life.
- Bérangère. V-M (2007) « Comparaison de méthodes d’ajustement de la mortalité des rentiers dans un but prospectif » mémoire d’actuariat : ISFA Scor Global Life.
- Bonita.R, Beaglehole.R et Kjellström.T (2010) «Éléments d’épidémiologie Deuxième édition »OMS.
- Booth.H et Tickle.L (2008) «Mortality modelling and forecasting: A review of method» *Annals of Actuarial Science*.
- Bourguignon.M, Joan.D , Doignon.Y, Eggerick.T, Fontaine.S, Lusyne.P, Plavsic.A et Sanderson.J.P (2020) « Surmortalité liée à la Covid-19 en Belgique : variations spatiales et socio-démographiques » hal open science.
- Brouhns. N et Denuit. M (2002) « Risque de longévité et rentes viagères : Evolution de la mortalité en Belgique de 1880 à nos Jours » *Belgian Actuarial Bulletin*.
- Clement. O (2003) « Elaboration d’une table d’expérience : comparaison de méthodes de lissage analytique et d’ajustement statistique » EURIA.
- Corfias. T (2010) « Assurance Vie : technique et produits » L’ARGUS éditions.
- Currie et al (2004) « Smoothing and forecasting mortality rates » *Statistical Modelling*.
- Dierckx.P (1993) « Curve and surface fitting with splines », Oxford: Clarendon Press.
- Ellouze.G.A (2016) « Impact de l’utilisation d’une table de mortalité d’expérience sur la tarification d’un produit assurance vie » *Projet de Fin d’Etudes*.
- Emile. A et Yassi. D G (2009) « Prise en compte des risques démographiques extrêmes dans l’élaboration d’une table de mortalité » ENSEA Abidjan .
- Faucillon.L , Juillard.M, Luong Tien.D Et Votran.H.(2006) *Etude de risque systématique de mortalité. Mémoire, ISFA*
- Fraysse.C, Baddou.S et Jarrijon.S (2021) « Le marché de l’assurance vie pendant la crise sanitaire » IDEAS.

- Gilca.M.H (2021) « Surmortalité et mortalité par COVID-19 au Québec en 2020 » Policy commons.
- INS (2021) « Dynamique récente de la mortalité en Tunisie » INS.
- John.M (2021) « Dynamique de l'assurance emprunteur et impact de la COVID-19 » mémoire institut des actuaires .
- Kamega.A et Planchet.F (2010) Mesure du risque d'estimation associé à une table d'expérience» Cahiers de recherche de l'ISFA, WP2136.
- Kimberlyn .M (2022) « Surmortalité, COVID-19 et systèmes de santé au Canada » CMAJ
- Lahrizi.S (2021 )« cours assurance vie à l'IFID ».
- Malouche.D (2020) « Quel impact de la COVID-19 sur l'espérance de vie en Tunisie ? »
- Martinez.L (2015) « Construction de tables de mortalité d'expérience et analyse du risque de longévité: application à un régime de retraite supplémentaire. » l'Institut des Actuaires 2015.
- Meundom.E (2017) « Construction d'une table de mortalité d'expérience : Application à un portefeuille de de rentiers »
- Pitacco. E (2004) «Survival models in a dynamic context: a survey» Insurance Mathematics and Economics.
- Planchet. F (2005) « Tables de mortalité d'expérience pour des portefeuilles de rentiers » note méthodologique, version 1.0, octobre 2005 ; Institut des actuaires.
- Planchet. F (2013) « Modèle de durée : table de mortalité » Support de cours 2013-2014 ; ISFA, Version 2.18, Octobre 2013
- Planchet.F et Leroy.G (2009) « Quel niveau de segmentation pertinent ? » La Tribune de l'assurance.
- Planchet.F et Leroy.G (2010) «Assurance et risques non mutualisables» La tribune de l'assurance, no. 144
- RAMAMONJY RAVELOSON T.N.A (2022) « Analyse des impacts de la pandémie de COVID-19 sur le domaine de l'assurance santé et prévoyance collective et élaboration d'un calcul du SCR pandémie en modèle interne partiel. » mémoire institut des actuaires.
- Rapport du CGA de 2016,2017,2018,2019 et 2020.
- Toubianaa,L, Mucchiellie.L , Chaillotd.P et Bouauda,e.J (2021) « L'épidémie de Covid-19 a eu un impact relativement faible sur la mortalité en France » IRSAN.

- Toukabri.M , Ghali.Z et Gharbi.A (2015) « conception du modèle théorique de comportement de souscription en assurance vie » .
- Winter. J « Pourquoi utiliser des tables d'expérience » Cabinet Joël WINTER & Associés - Actuaires.

## Table des matières

RÉSUMÉ .....	5
ABSTRACT .....	6
LISTE DES TABLEAUX .....	8
LISTE DES FIGURES .....	9
LISTE DES ABRÉVIATIONS .....	10
INTRODUCTION GÉNÉRALE .....	11
CHAPITRE 1 : LE CADRE CONCEPTUEL DE L'ETUDE ET LES MODALITÉS DE CONSTRUCTION DE TABLE DE MORTALITÉ D'EXPERIENCE.....	16
SECTION 1 : L'ASSURANCE VIE.....	16
1. LA PRÉSENTATION DE L'ASSURANCE VIE.....	16
2.L'ASSURANCE EN CAS DE DÉCÈS .....	21
3.LES PRODUITS PRÉVOYANCE CHEZ ASSURANCES BIAT .....	23
SECTION 2: LES TABLES DE MORTALITÉ.....	26
1.LA PRÉSENTATION D'UNE TABLE DE MORTALITÉ.....	26
2.LES PRINCIPAUX FACTEURS AFFECTANT LA MORTALITÉ.....	28
3.LES TYPES DES TABLES DE MORTALITÉ.....	29
SECTION 3 : LES MODALITÉS DE CONSTRUCTION DE TABLE DE MORTALITÉ D'EXPERIENCE.....	32
1.L'ESTIMATION BRUTE DES TAUX ANNUELS DE DÉCÈS.....	32
2.LES MODÈLES DE LISSAGE .....	35
3.LA QUALITÉ D'AJUSTEMENT .....	39
SECTION 4 : L'IMPACT DU COVID-19 SUR LA MORTALITÉ .....	41
1.LE RISQUE DE PANDÉMIE.....	41

2. UNE REVUE DE LITTÉRATURE DE L'IMPACT DU COVID SUR LA MORTALITÉ .....	43
3. UNE ANALYSE DE MORTALITÉ DURANT LA PÉRIODE COVID EN TUNISIE .....	45
<b>CHAPITRE 2 : LA CONSTRUCTION D'UNE TABLE DE MORTALITÉ D'EXPERIENCE ET L'IMPACT DU COVID-19 SUR LA MORTALITÉ .....</b>	<b>50</b>
<b>SECTION 1 : L'ETUDE DE PORTEFEUILLE .....</b>	<b>50</b>
1. UNE PRÉSENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL .....	50
2. UNE PRÉSENTATION DU PRODUIT .....	58
3. L'ORIGINE DE LA BASE DE DONNÉES .....	58
<b>SECTION 2 : LA MÉTHODOLOGIE ET L'ANALYSE DE DONNÉES .....</b>	<b>61</b>
1. LA MÉTHODOLOGIE .....	61
2. LE TRAITEMENT DE LA BASE DE DONNÉES .....	62
3. LES STATISTIQUES DESCRIPTIVES .....	64
<b>SECTION 3 : LA CONSTRUCTION DE LA TABLE D'EXPERIENCE .....</b>	<b>69</b>
1. L'ESTIMATION DES TAUX BRUTS .....	69
2. LE LISSAGE DES TAUX BRUTS .....	71
3. LE CHOIX DU MEILLEUR MODÈLE .....	76
<b>SECTION 4 : L'IMPACT DE LA PANDÉMIE COVID-19 SUR L'EXPERIENCE : .....</b>	<b>79</b>
1. LA COMPARAISON DES TAUX BRUTS .....	79
2. LA COMPARAISON DES TAUX LISSES .....	80
3. LA COMPARAISON DES TAUX DE SURESTIMATION .....	83
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE .....</b>	<b>87</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>89</b>

