

## Projet de Fin d'Etudes

\*\*\*\*\*

**Application des normes IFRS 17 à un portefeuille non-vie**

Préparé par : *Mme FARAH Chaimaa*

Sous la direction de : *M. SAID Khalil (INSEA)*  
*Mme AMGHAR Fouzia (RMA)*

*Soutenu publiquement comme exigence partielle en vue de l'obtention du*

**Diplôme d'Ingénieur d'Etat**

**Filière : Actuariat et Finance**

*Devant le jury composé de :*

- *M. SAID Khalil (INSEA)*
- *M. JANATI Hicham (INSEA)*
- *Mme AMGHAR Fouzia (RMA)*



# Dédicace

Je dédie ce travail à mes parents,

Aucune dédicace ne vous remerciera jamais assez pour votre soutien durant mes années d'études académiques. Puisse Dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, bonheur et longue vie.

A mon frère Mohamed et ma soeur Zainab,

A mes amis,

A mes proches qui ne cessent de m'encourager lorsque j'en ai besoin,

A tous ceux qui m'aiment.

# Remerciements

Il me semble opportun et agréable de rendre hommage à toutes les personnes dont l'implication durant ce stage a grandement contribué à son succès.

Je saisis cette opportunité pour remercier chaleureusement mon superviseur de stage, Madame AMGHAR Fouzia, Directrice au sein de la Direction Technique et Actuariat de la Royale Marocaine d'Assurance. Votre énergie, votre expertise ainsi que vos compétences scientifiques sont pour moi une source d'inspiration. Je vous prie de croire en mon profond respect et de considérer ce travail comme un témoignage sincère de ma gratitude.

Je tiens également à exprimer ma profonde gratitude envers mon respecté professeur, M. SAID Khalil, pour son encadrement attentif, sa disponibilité constante et ses conseils précieux qui ont été d'une aide précieuse tout au long de cette période. Je lui adresse ici l'expression de mon plus profond respect et de ma plus grande considération.

# Résumé

Publiées par l'IASB, les normes IFRS 17 visent à harmoniser les modèles comptables à l'échelle internationale, servant ainsi de cadre de référence. Cette harmonisation permet aux investisseurs de mieux comparer les structures des différents acteurs du marché mondial.

L'un des principaux objectifs de cette norme est de corriger l'asymétrie entre l'évaluation des actifs à la juste valeur ou au coût amorti et l'évaluation des passifs selon les principes comptables locaux, en offrant une vision économique des passifs d'assurance.

Notre projet de fin d'études, intitulé « Application des Normes IFRS 17 à un portefeuille non-vie », s'inscrit dans ce cadre. Nous y appliquons les calculs et opérations introduits par l'IFRS 17 à un portefeuille de produits d'assurance non-vie.

**Mots clés :** IFRS 17, Best Estimate, Ajustement pour Risque, Marge de Service Contractuelle, Assurance non-vie, Chain-Ladder, Mack, Transition, Evaluation initiale, Evaluation ultérieure, Analyse de mouvement, Diversification du risque, Taux sans risque.

# Abstract

Published by the IASB, IFRS 17 standards aim to harmonize accounting models internationally, thus serving as a reference framework. This harmonization allows investors to better compare the structures of different actors in the global market.

One of the main objectives of this standard is to address the asymmetry between the valuation of assets at fair value or amortized cost and the valuation of liabilities according to local accounting principles by providing an economic view of insurance liabilities.

Our final year project, titled "Application of IFRS 17 Standards to a Non-Life Portfolio," fits within this framework. We apply the calculations and operations introduced by IFRS 17 to a portfolio of non-life insurance products.

**Keywords** : IFRS 17, Best Estimate, Risk Adjustment, Contractual Service Margin, Non-life Insurance, Chain-Ladder, Mack, Transition, Initial Valuation, Subsequent Valuation, Movement Analysis, Risk Diversification.

# Table des matières

<b>Dédicace</b>	<b>3</b>
<b>Remerciements</b>	<b>4</b>
<b>Résumé</b>	<b>5</b>
<b>Abstract</b>	<b>6</b>
<b>Introduction générale</b>	<b>13</b>
<b>Chapitre 1 : Contexte général du projet</b>	<b>14</b>
I    Organisme d'accueil : Royale Marocaine d'Assurance . . . . .	14
I.1    Cadre général de la Royale Marocaine d'Assurance (RMA) . .	14
I.2    Historique . . . . .	15
I.3    Produits et services de RMA . . . . .	16
I.4    Chiffres clés . . . . .	16
II   Normes IFRS en Assurance . . . . .	18
II.1    La norme IFRS 4 . . . . .	19
II.2    La norme IFRS 17 . . . . .	21
III  Cadrage du projet . . . . .	22
III.1  Problématique : Passage de la norme IFRS 4 vers IFRS 17 . .	22
III.2  Objectifs . . . . .	22
<b>Chapitre 2 : Aspects méthodologiques spécifiques à IFRS 17</b>	<b>24</b>
I    Classification et valorisation des contrats . . . . .	24

## TABLE DES MATIÈRES

---

I.1	Niveau d'agrégation . . . . .	24
I.2	Approches de comptabilisation . . . . .	26
II	Éléments communs aux différentes approches de comptabilisation . .	28
II.1	Typologie de provisions : . . . . .	28
II.2	Taux d'actualisation . . . . .	29
III	Présentation du passif IFRS 17 . . . . .	31
III.1	Best Estimate . . . . .	32
III.2	Construction de la courbe des taux sans risque . . . . .	40
III.3	Construction de la courbe des taux forward . . . . .	42
III.4	Risk Adjustment . . . . .	43
III.5	Contractual Service Margin . . . . .	48
III.6	Mouvement de la CSM . . . . .	48
III.7	Analyse du mouvement du passif LIC . . . . .	50
III.8	Diversification du RA . . . . .	52

### Chapitre 3 : Application des normes IFRS 17 à une portefeuille

<b>non-vie de RMA</b>		<b>56</b>
I	Présentation des données . . . . .	57
II	Construction de la courbe des taux sans risque . . . . .	59
III	Construction de la courbe des taux forward . . . . .	62
IV	Modélisation du LIC . . . . .	63
IV.1	Calcul du Best Estimate LIC . . . . .	63
IV.2	Calcul du Risk Adjustment . . . . .	74
V	Modélisation du LRC . . . . .	80
V.1	RA LRC . . . . .	80
V.2	Calcul de la CSM de l'année de transition 2019 . . . . .	81
VI	Analyse des mouvements . . . . .	82
VI.1	Analyse du mouvement du passif LIC . . . . .	82
VI.2	Mouvement de la CSM . . . . .	84

## TABLE DES MATIÈRES

---

VII	Diversification du RA . . . . .	85
VII.1	Calcul du RA global . . . . .	85
VII.2	Réallocation à partir du BE . . . . .	87
VII.3	Détermination de RA LIC et RA LRC après diversification . .	88
	<b>Conclusion générale</b>	<b>90</b>
	<b>Bibliographie et Webographie</b>	<b>91</b>
	<b>Annexe</b>	<b>92</b>
	Annexe A : Interface de l'application VBA Excel . . . . .	93

# Liste des figures

1	Historique de RMA . . . . .	15
2	Indicateurs clés . . . . .	17
3	Blocs sous l'approche BBA . . . . .	26
4	Blocs sous l'approche PPA . . . . .	27
5	Approches pour la courbe d'actualisation sous IFRS 17 . . . . .	30
6	Les éléments du passif IFRS 17 . . . . .	31
7	Triangle des règlements . . . . .	33
8	Triangle des règlements cumulés . . . . .	33
9	Triangle des règlements cumulés . . . . .	57
10	Evolution des règlements par année survenance . . . . .	58
11	Données extraites de BAM pour le calcul des taux sans risques de l'année 2019 . . . . .	59
12	Taux sans risque au 31/12/2019 . . . . .	60
13	Courbe des taux sans risque au 31/12/2019 . . . . .	60
14	Courbe des taux sans risque au 31/12/2020 . . . . .	61
15	Taux forwards des années 2019 et 2020 . . . . .	62
16	Nuage des $C_{.,j+1}$ en fonction des $C_{.,j}$ pour 10 années . . . . .	64
17	Règlements cumulés - Chain Ladder . . . . .	66
18	Règlements non cumulés - Chain Ladder . . . . .	66
19	Règlements cumulés - London Chain . . . . .	69
20	Règlements non cumulés - London Chain . . . . .	70
21	Les tracés des résidus de la branche automobile corporelle . . . . .	72

## LISTE DES FIGURES

---

22	SEP et MSEP . . . . .	73
23	Histogramme des flux simulés . . . . .	74
24	Comparaison entre les fonctions de répartition empiriques . . . . .	75
25	Q-Q plot . . . . .	76
26	Test de Shapiro-Wilk . . . . .	76
27	Résultats du test de Kolmogorov-Smirnov . . . . .	77
28	Comparaison des AIC . . . . .	77
29	BE LRC et RA LRC . . . . .	80
30	Mouvement du BE LIC et RA LIC . . . . .	83
31	Résultats LRC . . . . .	85
32	Matrice de corrélation entre les branches . . . . .	86
33	RA Global . . . . .	86
34	Diversification RA . . . . .	87
35	RA LIC et RA LRC avant diversification . . . . .	88
36	RA LIC et RA LRC après diversification . . . . .	88
37	Enter Caption . . . . .	93
38	Résultats avant diversification . . . . .	95
39	Résultats après diversification . . . . .	95

# Liste des abréviations

**IFRS** : International Financial Reporting Standards

**IASB** : International Accounting Standards Board

**BE** : Meilleure estimation (Best Estimate).

**RA** : Ajustement pour Risque non financier (Risk Adjustment).

**CSM** : Marge de service contractuelle (Contractual Service Margin).

**BBA** : Building Block Approach.

**PAA** : Premium Allocation Approach.

**VFA** : Variable Fee Approach.

**LIC** : Liability For Incurred Coverage

**LRC** : Liability For Remaining Coverage

# Introduction générale

En mai 2017, l'IASB (International Accounting Standard Board) en charge de l'édition des normes comptables internationales a publié la norme IFRS 17. En vigueur à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2025, elle vient remplacer la norme IFRS 4 phase 1 en introduisant de nouveaux enjeux en termes de communication financière.

En plus de son impact opérationnel sur les données, les systèmes et les processus, la norme IFRS 17 a des conséquences majeures sur l'organisation interne ainsi que sur le pilotage de la performance de l'organisme assureur. En effet, les passifs d'assurance sont évalués selon un nouveau modèle comptable.

Ce projet intitulé "Application des Normes IFRS 17 à un portefeuille non-vie", s'inscrit dans le cadre de cette nouvelle norme, dans la mesure à mettre en application l'ensemble de calculs et opérations introduits par l'IFRS 17 sur le portefeuille non vie de La Royale Marocaine d'Assurance.

# Chapitre 1 : Contexte général du projet

**Introduction** Ce chapitre s'étalera, en premier lieu, sur une brève présentation de l'organisme d'accueil et prise de connaissance de la norme IFRS 17.

## I Organisme d'accueil : Royale Marocaine d'Assurance

### I.1 Cadre général de la Royale Marocaine d'Assurance (RMA)

La Royale Marocaine d'Assurance plus connue sous son abréviation RMA Assurance est une compagnie d'assurances et de réassurance marocaine filiale du groupe Finance Com, groupe financier privé leader au Maroc et sur le continent africain.

RMA assure depuis sa création en 1949 les biens et les personnes contre les risques de la vie et accompagne les particuliers, les professionnels et les entreprises dans la réalisation de leurs projets d'avenir par les offres et services aux marchés qu'elle propose aux particuliers et aux entreprises, en vie et non vie.

RMA Assurance est aujourd'hui l'une des compagnies leaders du marché des risques techniques et des assurances à la personne. Avec plus de 650 collaborateurs et 350 agents exclusifs, RMA focalise son activité en 4 fonctions principales, à savoir : l'assurance dommages, l'assurance vie, l'épargne, la retraite et l'assurance santé.

## I.2 Historique

L'historique de RMA (Royale Marocaine d'Assurance) débute en 1949 avec sa fondation. En 1988, Mr. Othman Benjelloun prend la direction de la compagnie. En 1995, après la privatisation de la BMCE, le groupe RMA en fait l'acquisition. En 2001, l'alliance africaine est absorbée par Al Watanya, suivie par la fusion de RMA et Al Watanya en 2003. Cette fusion aboutit à la création de RMA Watanya en 2005. En 2008, RMA Capital voit le jour. La compagnie révèle sa nouvelle identité visuelle en 2016 et crée RMA Assistance en 2019. Enfin, en 2021, RMA lance RMA Services.

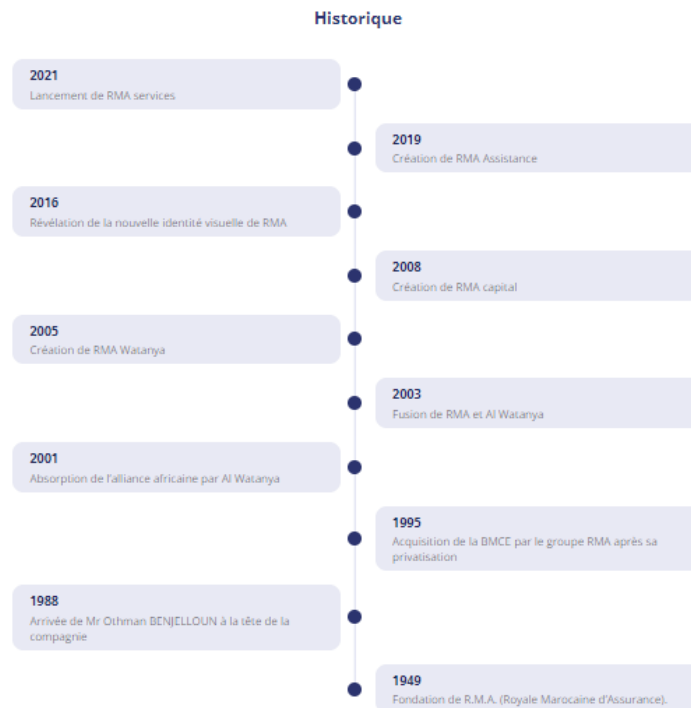


FIGURE 1 – Historique de RMA

### I.3 Produits et services de RMA

RMA concentre ses activités sur quatre principaux domaines :

- L'assurance-dommages : pour un particulier, elle a pour but d'assurer ses biens de toute forme, soit en matière d'habitation, de l'automobile, de biens personnels, etc. Pour une entreprise, elle assure sa pérennité qui pourrait être gravement affectée en cas de survenance d'un sinistre ou d'une catastrophe
- L'assurance vie/épargne/retraite : RMA aussi indemnise toute forme d'assurance vie, épargne ou retraite, elle s'engage à payer des montants selon la convention de l'assuré et l'assureur.
- L'assurance santé : L'assureur s'engage, en contrepartie d'un montant bien défini, d'assurer les frais médicaux et les soins dont l'assuré a besoin en cas de survenance d'une maladie à ce dernier.
- La gestion des actifs : Dans le respect des contraintes réglementaires et contractuelles définies par l'état, parmi les missions de RMA c'est gérer les capitaux.

En plus de ces activités, RMA gère une grande partie du portefeuille des cotisations salariales de la CIMR (Caisse Interprofessionnelle Marocaine de retraite) qui entre dans le cadre de l'assurance-vie.

### I.4 Chiffres clés

Cette figure présente trois indicateurs financiers principaux pour les années 2021 et 2022 :

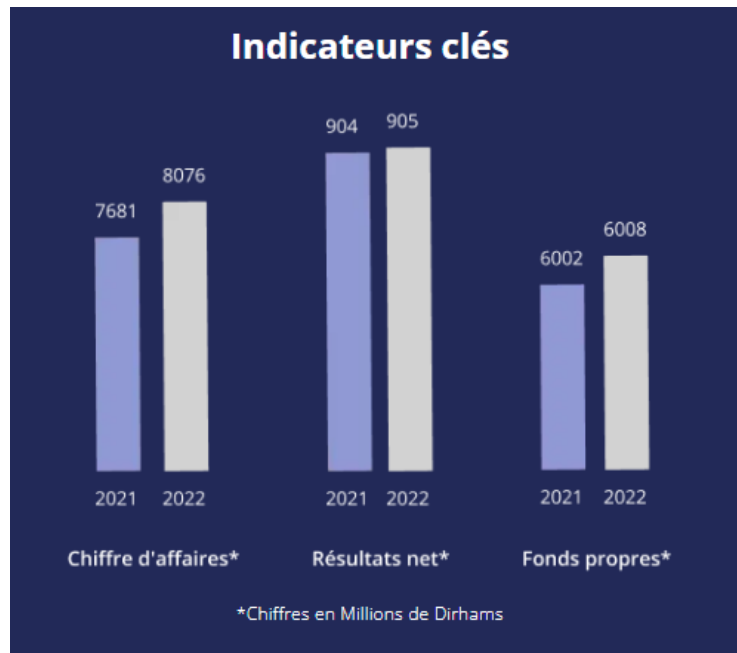


FIGURE 2 – Indicateurs clés

— **Chiffre d'affaires :**

- 2021 : 7681 millions de dirhams
- 2022 : 8076 millions de dirhams

On observe une augmentation du chiffre d'affaires de 7681 à 8076 millions de dirhams, ce qui indique une croissance des revenus de l'entreprise.

— **Résultat net :**

- 2021 : 904 millions de dirhams
- 2022 : 905 millions de dirhams

Le résultat net reste stable avec une légère augmentation de 1 million de dirhams, passant de 904 à 905 millions de dirhams, ce qui montre une performance financière stable.

— **Fonds propres :**

- 2021 : 6002 millions de dirhams
- 2022 : 6008 millions de dirhams

Les fonds propres augmentent légèrement de 6002 à 6008 millions de dirhams, indiquant une légère augmentation des capitaux propres de l'entreprise.

### II Normes IFRS en Assurance

La comptabilité d'une entreprise hors du secteur de l'assurance est relativement directe : elle implique de consigner les dépenses et les revenus de l'entreprise, avec souvent un accent sur la gestion des dépenses. Cependant, le domaine de l'assurance présente une complexité unique, car les revenus sont généralement prévisibles tandis que les dépenses, liées aux sinistres survenus pendant l'année comptable en cours, doivent être estimées. C'est le phénomène de l'inversion du cycle de production, où les primes sont perçues avant que le service soit effectivement rendu. Les dates et montants des prestations, ainsi que même l'existence de ces prestations, représentent des variables incertaines que l'assureur doit évaluer en se basant sur des probabilités. En règle générale, l'assureur anticipe de devoir verser en moyenne un montant correspondant à l'espérance des prestations pour les sinistres futurs.

Les normes IFRS sont des normes comptables internationales qui visent à standardiser la présentation des états financiers échangés à l'international.

Elles sont élaborées par l'IASB qui a pour mission de promouvoir l'utilisation de ces normes et leur expansion au niveau mondial, et s'appliquent aux sociétés cotées et celles faisant un appel public à l'épargne.

Ces normes sont transversales et complémentaires ayant comme principes fondateurs la transparence, la comparabilité et la pertinence de l'information à communiquer. Ainsi, les informations à fournir par les assureurs doivent désormais être conformes à ce qui est observable sur le marché, à une échelle internationale.

### II.1 La norme IFRS 4

C'est une norme comptable transitoire, publiée en mars 2004 (IFRS 4 Phase 1), qui concerne les contrats d'assurance. Elle permet l'évaluation des contrats selon les normes comptables locales.

#### II.1.1 Objectifs

La norme IFRS 4 définit ses objectifs, le but étant de spécifier l'information financière des contrats d'assurance pour toute entité qui en détient, en attendant la phase II de la norme. Cela passe par :

- des améliorations limitées de la comptabilité,
- et des reportings d'états financiers qui émanent des contrats d'assurance.

#### II.1.2 Spécificités de la norme

##### 1. Classification des contrats :

La norme s'applique aux contrats d'assurance et aux contrats de placement avec participation aux bénéfices.

##### 2. Test d'adéquation du passif :

Le test d'adéquation du passif plus connu sous son sigle anglais LAT pour Liability Adequacy Test est défini dans la norme IFRS 4 comme suit : Un assureur doit évaluer à chaque date de reporting si ses passifs d'assurance comptabilisés sont suffisants, en comparaison avec les estimations actuelles de flux de trésorerie futurs générés par ses contrats d'assurance. Si cette évaluation indique que la valeur comptable de ses passifs (diminuée des coûts d'acquisition différés correspondants et des immobilisations incorporelles liées) est insuffisante au regard des flux de trésorerie futurs estimés, l'insuffisance totale doit être comptabilisée en résultat.

Ce test permet de vérifier si les provisions liées aux engagements des assurés ne sont pas sous évaluées, en confrontant les estimations de flux de

trésorerie futurs.

### 3. Shadow accounting -SA (Comptabilité Reflet) :

Les passifs sont retraités pour prendre en compte la participation des assurés aux PMVL ( Plus ou moins values latentes). Le principe est de considérer que les PMVL sur un actif affectent le passif comme si celles-ci étaient réalisées.

Toutefois, IFRS 4 n'impose aucun seuil d'appréciation du caractère significatif d'un risque d'assurance. La norme IFRS 4 présente de nombreuses limites. Parmi celles-ci on compte :

- L'absence de méthode comptable pour amortir le résultat si celui-ci présente une forte volatilité.
- L'existence de provisions spécifiques dans certains pays et leur absence dans d'autres. Par exemple la provision pour participation aux bénéfices n'est pas un standard international.
- Des décalages entre actif et passif peuvent apparaître. En effet, les actifs sont comptabilisés en juste valeur ou coût amorti selon la norme IFRS 9. La valorisation des passifs se fait en normes locales. Cet écart de valorisation et de comptabilisation entraîne généralement un déséquilibre comptable.
- Les normes locales régissant l'évaluation des provisions techniques, la comparabilité des sociétés de pays différents est difficile.

Pour pallier ces limites, l'IASB a conçu la norme IFRS17.

### II.2 La norme IFRS 17

#### II.2.1 Contexte

La norme IFRS 17 aussi appelée IFRS 4 phase 2 s'inscrit dans la continuité d'IFRS 4 phase 1. Elle est publiée le 18 mai 2017 par l'IASB et envisage de répondre aux limites d'IFRS 4.

Rappelé par le président de l'ACAPS, les compagnies d'assurances devront toutes passer aux normes IFRS 17 à partir de 2025.

#### II.2.2 IFRS 17, pour qui ?

Une société cotée en bourse ou émettrice de dettes doit appliquer la norme IFRS 17 pour les comptes consolidés portant sur les éléments du passif suivant :

- Les contrats d'assurance et les traités de réassurance émis
- Les traités de réassurance détenus par la société
- Les contrats d'investissement avec participation discrétionnaire émis

En revanche, les produits de l'actif de la société sont soumis à IFRS 9.

#### II.2.3 Objectifs

L'IFRS 17 a pour objectif principal de fournir l'information la plus honnête possible aux investisseurs, ce qui se traduit par :

- La réduction des différences dans l'évaluation et la comptabilisation des contrats d'assurance entre les pays.
- La promotion de la cohérence avec les autres normes IFRS.
- L'inclusion de l'évaluation économique du passif et la comptabilisation des revenus au fur et à mesure de la couverture du risque d'assurance. Plus précisément, cela implique l'estimation du passif d'assurance en valeur courante.

## III Cadrage du projet

### III.1 Problématique : Passage de la norme IFRS 4 vers IFRS

#### 17

La problématique principale de ce projet réside dans la transition de la norme IFRS 4 à la norme IFRS 17. En effet, cette transition est essentielle pour RMA afin de garantir la conformité aux normes réglementaires internationales et maintenir la compétitivité sur le marché.

Afin de réussir cette transition, il est impératif de mettre en œuvre toutes les mesures nécessaires pour se conformer aux nouvelles exigences comptables et réglementaires d'IFRS 17, tout en assurant une gestion efficace des impacts sur les processus internes et les systèmes informatiques.

L'implémentation d'IFRS 17 soulève une série de défis et d'enjeux. Cette nouvelle norme introduit des exigences comptables complexes qui exigent une refonte totale des pratiques de comptabilisation des contrats d'assurance. Cela implique notamment des ajustements dans l'évaluation des passifs d'assurance, la reconnaissance des revenus et la présentation des états financiers.

### III.2 Objectifs

Dans le cadre de ce projet de fin d'études, notre objectif principal est de réussir la transition de la norme IFRS 4 à la norme IFRS 17 au sein de la Royale Marocaine d'Assurance (RMA). Pour atteindre cet objectif, une approche méthodologique rigoureuse est essentielle.

La première étape consiste à comprendre en détail les exigences de la norme IFRS 17 et leur impact sur les pratiques comptables de la RMA.

### III. CADRAGE DU PROJET

---

Ensuite, une application sous VBA-Excel sera développée pour automatiser le processus de mise en œuvre de la norme IFRS 17. Cette application permettra d'assurer une mise en œuvre efficace et cohérente de la norme au sein de l'organisation.

**Conclusion** Dans ce chapitre, nous avons présenté l'organisme d'accueil, le cadre général de l'IFRS 17 ainsi la problématique et les objectifs de ce mémoire.

# Chapitre 2 : Aspects méthodologiques spécifiques à IFRS

## 17

**Introduction** Ce chapitre est consacré à la présentation de l'IFRS 17 et ses principes fondamentaux. Nous décrivons la méthodologie suivie étape par étape et présentons l'ensemble des formules nécessaires aux calculs.

### I Classification et valorisation des contrats

#### I.1 Niveau d'agrégation

Les provisions sont déterminées en regroupant des contrats ou des garanties similaires : c'est le niveau d'agrégation, encore appelé unité de comptabilisation (Unit of Account ou UoA).

Sous IFRS 17, la détermination du niveau d'agrégation comporte quatre étapes décrites ci-dessous :

1. **Combinaison de contrats / séparation de composantes** : Basée sur la substance économique des ensembles de contrats et des composantes de contrat.

2. **Portefeuille IFRS 17** : Les portefeuilles de contrats d'assurance sont constitués de contrats avec des risques similaires gérés ensemble.
3. **Evaluation de la profitabilité** : Lors la comptabilisation initiale, trois critères de profitabilité sont envisagés :
  - $CSM = 0$  : Groupe de contrats onéreux
  - $CSM > 0$  : Groupe de contrats avec possibilité de devenir onéreux
  - $CSM \gg 0$  : Groupe de contrats profitable
4. **Cohortes annuelles** : Une entité ne doit pas inclure les contrats émis à plus d'un an d'intervalle dans le même groupe. Ainsi, les groupes de contrats doivent être divisés par cohortes annuelles.

## I.2 Approches de comptabilisation

L'IFRS 17 repose sur trois méthodes de valorisation des provisions, elles dépendent des spécificités des produits d'assurance détenus en portefeuille par l'organisme.

- La méthode par défaut, *Building Block Approach* (BBA).
- La *Premium Allocation Approach* (PAA).
- La *Variable Fee Approach* (VFA).

### 1. La méthode par défaut, Building Block Approach (BBA)

Il peut être appliqué à n'importe quel groupe de contrats, sauf ceux pour lesquels l'application de l'approche VFA est obligatoire. La norme impose également de distinguer les services liés à la période future LRC (Liabilities for Remaining Coverage) et les services encourus LIC (Liabilities for Incurred Claims). La figure suivante liste ainsi les différents blocs.

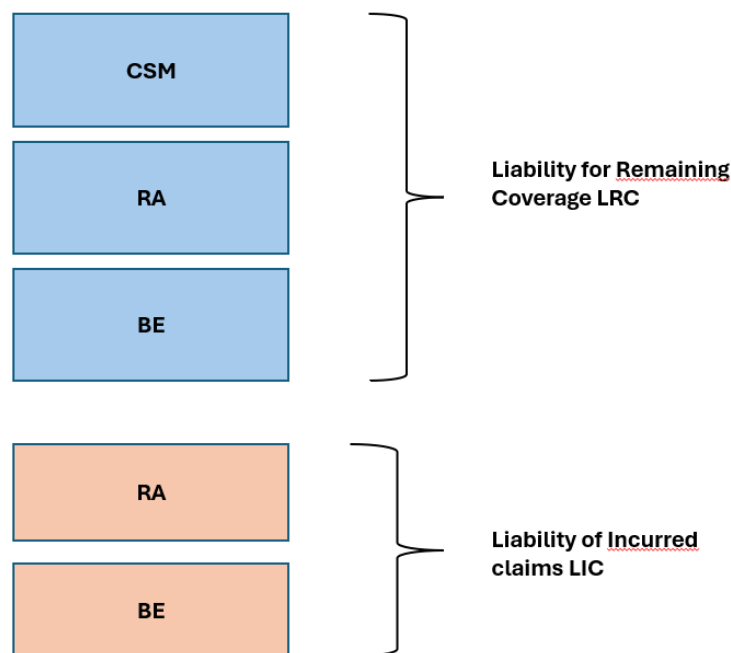


FIGURE 3 – Blocs sous l'approche BBA

On note que la CSM n'existe que pour la couverture à venir (LRC) car elle représente les profits probables liés aux services non encore rendus.

Au fur et à mesure que les sinistres sont payés et que la période de couverture restante diminue, la LIC prend de plus en plus d'importance. Le Best Estimate et l'ajustement pour risque se transforment en décaissements effectifs.

### 2. Premium Allocation Approach (PAA)

Une entité peut simplifier l'évaluation du passif pour la durée restante à couvrir en utilisant une méthode par allocation des primes (PAA) dans le sens où les indicateurs du passif LRC sont remplacés par un unique montant rendant compte de l'exposition au risque restante, qui est la provision pour primes non acquise (PPNA).

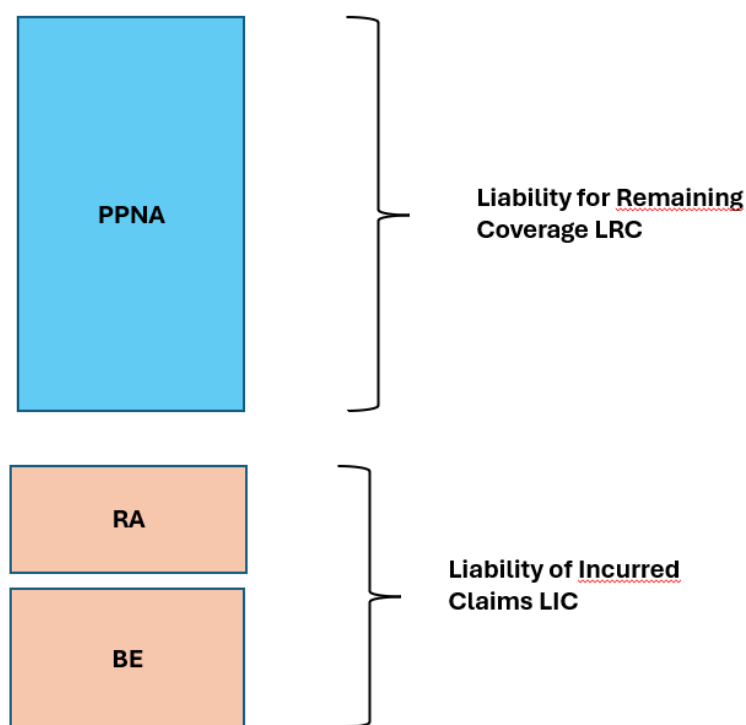


FIGURE 4 – Blocs sous l'approche PPA

L'application de ce modèle est à condition qu'à la date d'émission l'entité estime raisonnablement que cette méthode sera proche du modèle général BBA. Ainsi, il peut être requis de faire une évaluation suivant l'approche BBA afin de démontrer la conformité avec cette contrainte. D'autre part,

## II. ÉLÉMENTS COMMUNS AUX DIFFÉRENTES APPROCHES DE COMPTABILISATION

---

pour appliquer le modèle PAA, il faut que la période de couverture de chaque contrat du groupe soit égale ou inférieure à un an. Ce modèle est donc dédié aux garanties ayant une couverture future limitée.

Dans ce modèle, le montant de provision à comptabiliser pour le passif LRC est déterminé comme le montant de primes non acquises. Il n'est donc pas nécessaire d'estimer le Best Estimate ni le Risk Adjustment, ce qui simplifie grandement les calculs.

3. **Variable Fee Approach (VFA)** : La méthode BBA est la méthode applicable par défaut. Cependant, pour les contrats participatifs directs, la norme impose une modification : la méthode VFA (Variable Fee Approach). C'est ainsi un modèle adapté du modèle BBA qui s'applique surtout aux contrats d'assurance vie.

Lors de la comptabilisation initiale, il n'y a pas de différences entre les modèles BBA et VFA. Les différences interviennent lors des comptabilisations ultérieures et uniquement au niveau de la CSM.

## II Éléments communs aux différentes approches de comptabilisation

### II.1 Typologie de provisions :

On distingue deux grands types de provisions :

1. La provision représentative de l'engagement de l'assureur pour les sinistres qui pourraient survenir à compter de la date de première comptabilisation et jusqu'à la date de fin de la couverture.
  - En normes françaises, la date de première comptabilisation est la date d'effet et cette provision est appelée provision pour primes non acquises ou **PPNA** ; elle est complétée par une provision pour risque en cours ou

## II. ÉLÉMENTS COMMUNS AUX DIFFÉRENTES APPROCHES DE COMPTABILISATION

---

PREC si le contrat est onéreux.

- Sous IFRS 17, la date de première comptabilisation est la date d'effet si le contrat est bénéficiaire et la date d'engagement si le contrat est onéreux.

Cette provision est appelée provision pour couverture résiduelle , Liability for Residual Coverage ou **LRC** et est complétée par une composante de perte Loss Component ou **LC** si le contrat est onéreux.

2. La provision représentative de l'engagement de l'assureur pour les sinistres survenus et non encore réglés.

- En normes françaises, cette provision est appelée provision pour sinistres à payer ou **PSAP**.

- Sous IFRS 17, cette provision est appelée provisions pour sinistres survenus, Liability for Incurred Claims ou **LIC**.

### II.2 Taux d'actualisation

Les flux de trésorerie futurs sont ajustés de manière à refléter la valeur temps de l'argent, au moyen de taux d'actualisation. Contrairement à l'ACAPS, qui transmet mensuellement les courbes de taux d'actualisation à utiliser pour les calculs de Solvabilité II, l'IASB (International Accounting Standards Board) n'impose aucune courbe spécifique pour l'actualisation des flux de trésorerie futurs selon la norme IFRS 17.

Cependant, la norme IFRS 17 précise que ces taux doivent être cohérents avec le marché et ne doivent pas refléter que les caractéristiques des passifs d'assurances.

## II. ÉLÉMENTS COMMUNS AUX DIFFÉRENTES APPROCHES DE COMPTABILISATION

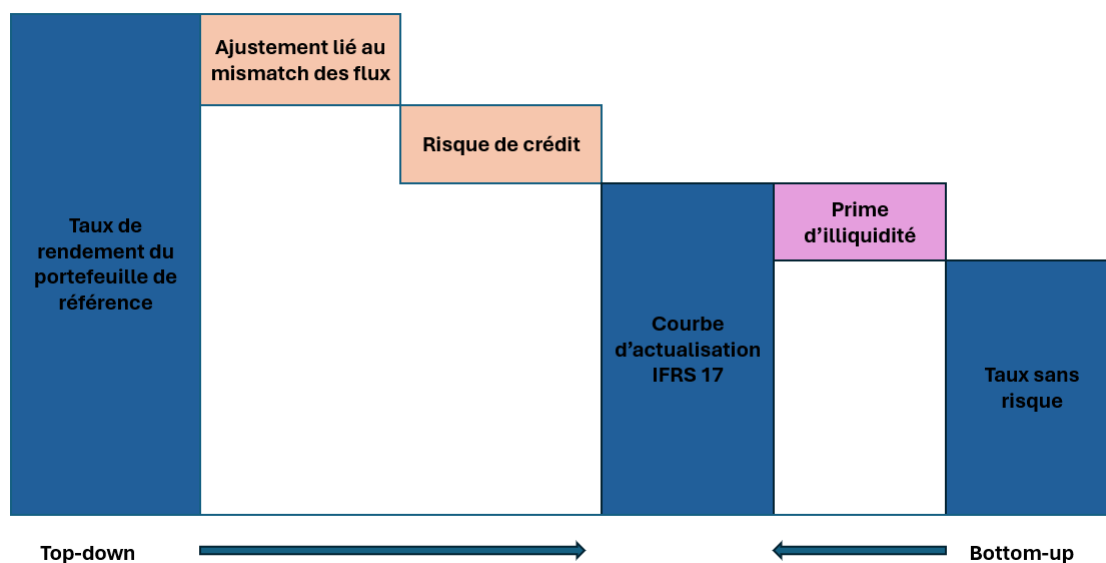


FIGURE 5 – Approches pour la courbe d’actualisation sous IFRS 17

Les deux approches proposées sont des modalités pratiques pour estimer cette courbe :

- **Approche Bottom-up** : Elle est construite à partir de la courbe de taux sans risque, ajustée avec une prime d’illiquidité, afin de réintégrer les caractéristiques du passif en termes de liquidité.
- **Approche Top-Down** : Elle consiste à partir du rendement de son propre portefeuille d’actifs ou d’un portefeuille de référence, dont est retranchée la prime de risque du marché. Cette méthode est a priori compliquée à mettre en œuvre, il faudrait pour cela trouver un portefeuille de référence adapté.

### III Présentation du passif IFRS 17

Le passif sous IFRS 17 se compose en plus des capitaux propres, d'une partie **Best Estimate** (BE) qui correspond à l'estimation des cash-flows futurs des contrats d'assurance, d'une partie **Risk Adjustment** (RA) qui correspond à la compensation requise par l'assureur pour faire face à l'incertitude liée aux flux futurs de trésorerie relative aux risques non financiers des contrats d'assurance, et enfin de la partie **Contractual Service Margin** (CSM) qui représente les profits futurs attendus et reconnus en résultat au rythme de l'écoulement des engagements dans le cas où le contrat est profitable ou la perte future attendue dans le cas où le contrat est onéreux.

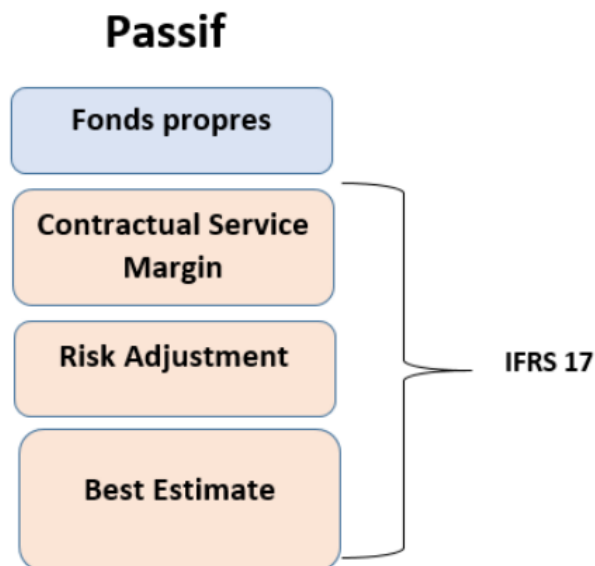


FIGURE 6 – Les éléments du passif IFRS 17

### III.1 Best Estimate

Le Best Estimate, comme son nom l'indique, représente la meilleure estimation des flux de trésorerie futurs compte tenu de la valeur temps de l'argent. Cela nécessite donc l'estimation des cash-flows futurs et la construction de la courbe d'actualisation.

Le Best Estimate (BE) est déterminé en actualisant les flux de règlements futurs probabilisés nets de recours relatifs aux sinistres survenus, comme suit :

$$BE = \sum_{t=1}^{n-1} \frac{CF_t}{(1 + r_t)^t}$$

Où :

- $r_t$  : Le taux zéro-coupon pour la période.
- $CF_t$  : Le flux de règlements futurs probabilisés de ladite période.

#### III.1.1 Estimation des cash-flows futurs

Les données historiques d'assurance sont souvent présentées sous la forme d'une structure triangulaire, montrant l'évolution des sinistres au fil du temps pour chaque période d'origine. La période d'origine peut être l'année où la police a été souscrite ou acquise, ou la période de survenance du sinistre. Bien entendu, la période d'origine ne doit pas nécessairement être annuelle ; par exemple, des périodes d'origine trimestrielles ou mensuelles sont également souvent utilisées. Pour évaluer le montant des provisions, on présente souvent les données sous forme triangulaire (triangles cumulés ou non cumulés) (appelés triangles de développement).

Les données sur les diagonales présentent les paiements au cours de la même période.

Accident	Années de développement								
	0	1	...	k	...	n-i	...	n-1	n
0	$Y_{0,0}$	$Y_{0,1}$	...	$Y_{0,k}$	...	$Y_{0,n-i}$	...	$Y_{0,n-1}$	$Y_{0,n}$
1	$Y_{1,0}$	$Y_{1,1}$	...	$Y_{1,k}$	...	$Y_{1,n-i}$	...	$Y_{1,n-1}$	
			...		...		...		
i	$Y_{i,0}$	$Y_{i,1}$	...	$Y_{i,k}$	...	$Y_{i,n-i}$			
			...						
n-k	$Y_{n-k,0}$	$Y_{n-k,1}$	...	$Y_{n-k,k}$					
n-1	$Y_{n-1,0}$	$Y_{n-1,1}$							
n	$Y_{n,0}$								

FIGURE 7 – Triangle des règlements

Accident	Années de développement								
	0	1	...	k	...	n-i	...	n-1	n
0	$C_{0,0}$	$C_{0,1}$	...	$C_{0,k}$	...	$C_{0,n-i}$	...	$C_{0,n-1}$	$C_{0,n}$
1	$C_{1,0}$	$C_{1,1}$	...	$C_{1,k}$	...	$C_{1,n-i}$	...	$C_{1,n-1}$	
			...		...		...		
i	$C_{i,0}$	$C_{i,1}$	...	$C_{i,k}$	...	$C_{i,n-i}$			
			...						
n-k	$C_{n-k,0}$	$C_{n-k,1}$	...	$C_{n-k,k}$					
n-1	$C_{n-1,0}$	$C_{n-1,1}$							
n	$C_{n,0}$								

FIGURE 8 – Triangle des règlements cumulés

avec :  $n + 1$  : nombre maximal d'années nécessaires pour régler un sinistre en totalité.

$i$  : indice des années de survenance des sinistres,  $i \in \{0, \dots, n\}$ .

$j$  : indice des années de développement des sinistres,  $j \in \{0, \dots, n\}$ .

$Y_{i,j}$  : règlements décumulés, relatifs à l'année de survenance  $i$  et à l'année de développement  $j$ , c'est-à-dire entre l'année  $i$  et l'année  $i + 1$ .

$C_{i,j}$  : règlements cumulés, relatifs à l'année de survenance  $i$  et à l'année de développement  $j$ .

Après le provisionnement des règlements futurs, on obtient une matrice de données tabulaire qui organise les paiements en fonction de l'année de survenance et de l'année à laquelle les paiements ont été effectués.

Après décumulation de la matrice, la cellule située à la ligne  $i$  et à la colonne  $j$  du triangle de règlement représente le montant total restant à payer pour l'année  $i+j$ .

La diagonale centrale du triangle représente les règlements pour l'année actuelle, c'est-à-dire l'année  $n$ . Les cellules sur cette diagonale indiquent les paiements qui doivent être effectués au cours de l'année en cours  $n$ .

Chaque diagonale en dessous de la diagonale centrale représente les règlements pour les années futures. Par exemple, la diagonale directement en dessous de la diagonale centrale représente les paiements qui doivent être effectués l'année suivante (année  $n+1$ ), la diagonale suivante représente les paiements pour l'année  $n+2$ , et ainsi de suite. En ifrs 17, la somme des éléments de chaque diagonale est nommée "Flux futurs".

#### III.1.2 Méthode de Chain Ladder

La méthode de Chain Ladder est une méthode déterministe facile à mettre en œuvre.

La méthode de Chain Ladder calcule des facteurs de développements à partir du triangle des règlements cumulés comme suit :

Pour  $i \in \{0, \dots, n\}$  et  $j \in \{0, \dots, n-1\}$ , nous avons :

$$f_{i,j} = \frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}}$$

avec :  $C_{i,j}$  : règlements cumulés, relatifs à l'année de survenance  $i$  et à l'année de développement  $j$ , c'est-à-dire entre l'année  $i$  et l'année  $i+1$ .

**Hypothèses** Pour  $j = 0, \dots, n - 1$ , les facteurs de développement sont indépendants de l'année de survenance du sinistre  $i$ .

Sous cette hypothèse, on a :

$$\frac{C_{0,j+1}}{C_{0,j}} = \frac{C_{1,j+1}}{C_{1,j}} = \dots = \frac{C_{n-j-1,j+1}}{C_{n-j-1,j}}$$

Dans la pratique, le facteur de développement Chain-Ladder lié à l'année de développement  $j$  est estimé par :

$$\hat{\lambda}_j = \frac{\sum_{i=0}^{n-j-1} C_{i,j+1}}{\sum_{i=0}^{n-j-1} C_{i,j}}$$

Une fois que les facteurs sont estimés, l'estimation des paiements cumulés futurs est donnée par :

$$\forall i + j > n, \quad C_{i,j} = \hat{\lambda}_{n-i} \cdots \hat{\lambda}_{j-1} \cdot C_{i,n-i}$$

Le montant des provisions à l'ultime pour chaque année de survenance est donné par :

$$\hat{R}_i = \hat{C}_{i,n} - C_{i,n-i}$$

Enfin, la réserve à l'ultime pour l'ensemble des sinistres vaut :

$$\hat{R} = \sum_{i=1}^n \hat{R}_i$$

### III.1.3 Méthode de London Chain

La méthode de London Chain n'est rien d'autre qu'une généralisation de la méthode de Chain Ladder. En effet, celle-ci suppose que la dynamique d'évolution des paiements cumulés est donnée par

$$C_{i,k+1} = \beta_k C_{i,k} + \alpha_k \quad \text{pour } i = 1, \dots, n \quad \text{et } k = 1, \dots, n - 1$$

L'ensemble des points  $(C_{i,k}, C_{i,k+1})$  sont alignés sur une même droite, mais celle-ci ne doit plus nécessairement passer par l'origine. Ce nouveau modèle nécessite l'estimation de  $2n - 2$  paramètres, à savoir les  $\beta_k$  et  $\alpha_k$ . On recourt à la méthode des moindres carrés : on cherche pour tout  $k$

$$(\hat{\beta}_k, \hat{\alpha}_k) = \arg \min_{\beta_k, \alpha_k} \left( \sum_{i=1}^n (C_{i,k+1} - \beta_k C_{i,k} - \alpha_k)^2 \right)$$

### III.1.4 Méthode de Mack

Le modèle de Mack (1993) est l'un des premiers modèles stochastiques à avoir reproduit les estimations de la méthode Chain Ladder. En effet, il permet d'obtenir des estimations de provisions identiques. Cependant, son avantage réside dans sa capacité à estimer l'erreur de prédiction des provisions.

Ce modèle repose sur les trois hypothèses suivantes :

- H1 : L'indépendance des années d'origine :  $C_{i,0}, \dots, C_{i,n}$  et  $C_{k,0}, \dots, C_{k,n}$  sont indépendants pour  $i \neq k$
- H2 : Il existe des facteurs  $f_j$  tels que :

$$E(C_{i,j+1} \mid C_{i,1}, \dots, C_{i,n}) = f_j C_{i,j} \quad \text{pour } 0 \leq i \leq n, 0 \leq j \leq n$$

- H3 : Il existe  $\sigma_j$  tels que :

$$\text{Var}(C_{i,j+1} \mid C_{i,1}, \dots, C_{i,n}) = \sigma_j^2 C_{i,j} \quad \text{pour } 0 \leq i \leq n, 0 \leq j \leq n$$

Soit  $D = \{C_{i,j} \mid i + j \leq n\}$  l'ensemble des variables observables. Sous les hypothèses ci-dessus,

$$E(C_{i,n} \mid D) = C_{i,n-i} f_{n-i} \cdots f_{n-1}$$

Dans ce modèle, les facteurs ( $f_j$ ) sont estimés par les facteurs de développement de Chain Ladder  $\hat{f}_j$  qui sont sans biais et non corrélés.

Nous calculons les coefficients de développement estimés par le modèle de Mack, qui sont les mêmes coefficients estimés par la méthode Chain-Ladder. Thomas Mack dans son modèle, a calculé la variance  $\hat{\sigma}_j^2$  associée aux estimations des facteurs de développement. Elle est donnée par l'expression suivante :

$$\hat{\sigma}_j^2 = \frac{1}{n-j-1} \sum_{i=0}^{n-j-1} C_{i,j} \left( \frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}} - \hat{f}_j \right)^2, \quad 0 \leq j \leq n-2$$

$$\hat{\sigma}_{n-1}^2 = \min \left( \frac{\hat{\sigma}_{n-2}^4}{\hat{\sigma}_{n-3}^2}, \min(\hat{\sigma}_{n-3}^2, \hat{\sigma}_{n-2}^2) \right)$$

Ces estimateurs sont également sans biais.

Les estimateurs des facteurs de développement de Chain-Ladder étant sans biais et non corrélés, le modèle de Mack permet de satisfaire l'égalité :

$$E \left[ \hat{C}_{i,n} \right] = E \left[ E \left[ \hat{f}_{n-i} \times \cdots \times \hat{f}_{n-1} \times C_{i,n-i} \mid D_n \right] \right] = E[E[C_{i,n} \mid D_n]] = E[C_{i,n}]$$

Et comme  $R_i = C_{i,n} - C_{i,n-i}$ , alors  $E[R_i \mid D] = E \left[ \hat{C}_{i,n} \mid D \right] - C_{i,n-i}$ . Nous pouvons alors calculer l'écart quadratique moyen (mean squared error of prediction) qui mesure l'incertitude de prédiction. Pour les provisions par années d'exercice, il est défini par

$$\text{MSEP}(\hat{R}_i) = E \left[ (\hat{R}_i - R_i)^2 \mid D \right]$$

Le modèle de Mack est très utilisé car il fournit les mêmes estimations de réserves que la méthode de Chain-Ladder et la troisième hypothèse introduite (vision stochastique) permet également au modèle d'évaluer l'erreur de prédiction. Sous les hypothèses énoncées et si  $\hat{C}_{i,n-i} = C_{i,n-i}$ , on peut l'estimer par :

$$\text{MSEP}(\hat{R}_i) = \hat{C}_{i,n}^2 \sum_{j=n-i}^{n-1} \hat{\sigma}_j^2 \left( \frac{1}{\hat{f}_j C_{i,j}} + \frac{1}{\sum_{k=1}^{n-j} C_{i,k}} \right), \quad i = 1, \dots, n$$

Afin d'obtenir la MSEP de la provision totale, nous devons tenir compte que les estimations de la provision par année de survenance sont liées parce qu'elles s'appuient sur les mêmes paramètres  $\hat{f}_j$  et  $\sigma_j$ . Il faut donc rajouter un terme correspondant à la corrélation entre ces estimations.

Puis pour obtenir ainsi la  $MSEP(\hat{R})$ , il suffit de sommer l'erreur de prédiction pour l'ensemble des années de survenance et de rajouter un terme afin de tenir compte des covariances entre les provisions. Nous pouvons aussi donner l'erreur standard relative c'est-à-dire rapporté au montant de charges ultime :

$$\frac{\sqrt{MSEP(\hat{R})}}{\hat{R}}$$

On pose  $sep(\hat{R}_i) = \sqrt{MSEP(\hat{R}_i)}$ , on peut ainsi construire un intervalle de confiance pour  $R_i$ . Si  $R_i$  suit une loi normale, donc son intervalle de confiance à 95% est :

$$[R_i - 1.96 \cdot sep(R_i); R_i + 1.96 \cdot sep(R_i)]$$

## III.2 Construction de la courbe des taux sans risque

Le calcul des taux sans risque nécessitent la transformation des taux monétaires en taux actuariels, ensuite l'interpolation linéaire pour des maturités pleines et enfin la transformation en taux zéro-coupon.

### III.2.1 Calcul des maturités en années

Les maturités en années sont calculées en utilisant les dates d'échéance et les dates de la valeur. La formule utilisée est la suivante :

$$\text{maturité} = \frac{\text{Date d'échéance} - \text{Date de la valeur}}{365} \quad (1)$$

où :

- $\text{Dateecheance}$  : La date d'échéance de l'instrument financier.
- $\text{Datedelavaleur}$  : La date de la valeur de l'instrument financier.

### III.2.2 Transformation des taux monétaires en taux actuariels

Tous les points de la courbe des taux doivent avoir la même base d'intérêt pour pouvoir interpoler entre eux. La conversion du taux monétaire en taux actuariel se fait selon la formule suivante :

$$t_a = \left(1 + \frac{n \times t_m}{360}\right)^{\frac{365}{n}} - 1 \quad (2)$$

où :

- $t_a$  : Le taux actuariel.
- $t_m$  : Le taux monétaire.
- $n$  : Le nombre de jours de placement.

### III.2.3 Interpolation linéaire des taux actuariels

Les taux actuariels pour les maturités pleines peuvent être obtenus à partir de la courbe des taux comme une fonction des taux actuariels des maturités non entières. Soit  $t_k$  une maturité pleine, le taux  $R_k$  correspondant peut être défini moyennant la courbe des taux par une interpolation linéaire de deux valeurs de taux avoisinantes, par la formule suivante :

$$R_k = R(t_0, t_k) = R(t_0, t_i) + \frac{(R(t_0, t_{i+1}) - R(t_0, t_i))(t_k - t_i)}{(t_{i+1} - t_i)} \quad (3)$$

où :

- $R(t_0, t_i)$  est le taux sur la période de  $t_0$  à  $t_i$ .

### III.2.4 Transformation des taux actuariels en taux zéro-coupon

Les taux actuariels interpolés obtenus à l'étape précédente sont transformés en taux zéro-coupon en supposant que les prix des obligations des bons du trésor sont "au pair" à travers la méthode de Bootstrap. La méthode de Bootstrap permet de reconstituer une courbe zéro-coupon pas à pas selon les maturités des obligations à disposition. Pour la maturité un an, le taux zéro-coupon un an correspond au taux actuariel de rendement un an. Pour les maturités supérieures à un an, le taux zéro-coupon est calculé avec la formule suivante :

$$ZC_j = \left( \frac{1 + R_j}{1 - R_j \sum_{i=1}^{j-1} \frac{1}{(1+ZC_i)^i}} \right)^{\frac{1}{j}} - 1 \quad (4)$$

où :

- $ZC_j$  : Le taux zéro-coupon de maturité  $j$ .
- $R_j$  : Le taux actuariel de maturité  $j$ .

### III.3 Construction de la courbe des taux forward

La formule générale pour calculer le taux forward ( $F$ ) entre deux périodes futures basées sur les taux zéro coupon ( $r_1$  et  $r_2$ ) est :

$$F = \left( \frac{(1 + r_2)^{t_2}}{(1 + r_1)^{t_1}} \right)^{\frac{1}{t_2 - t_1}} - 1 \quad (5)$$

où :

$r_1$  est le taux pour l'échéance  $t_1$ ,

$r_2$  est le taux pour l'échéance  $t_2$ ,

$t_1$  est la maturité la plus courte (en années),

$t_2$  est la maturité la plus longue (en années).

#### III.4 Risk Adjustment

L'ajustement pour risque correspond à la compensation requise par l'assureur pour faire face à l'incertitude liée aux flux futurs de trésorerie relative aux risques non financiers des contrats d'assurance.

En d'autres termes, c'est un montant additionnel que les assureurs ajoutent à leur passif pour tenir compte de l'incertitude et du risque inhérents à ces estimations.

Plusieurs paragraphes de la norme sont consacrés à l'ajustement pour risque au titre du risque non financier. Toutes ces informations se trouvent des paragraphes B86 à B92 de IFRS 17 *Insurance Contracts*. Nous précisons ci-après les points les plus importants à retenir.

Dans un premier temps, le paragraphe B86 insiste très clairement sur les risques à considérer : « l'ajustement au titre du risque non financier se rapporte aux risques qui découlent des contrats d'assurance, autre que le risque financier. Ce dernier est pris en compte dans les estimations de flux de trésorerie futurs ou dans le taux d'actualisation utilisé pour ajuster les flux de trésorerie. Les risques sur lesquels porte l'ajustement au titre du risque non financier sont le risque d'assurance et les autres risques non financiers ».

La norme IFRS 17 précise aussi les critères à respecter pour le calcul de l'ajustement pour risque, même si aucune méthode n'est prescrite. En effet, le paragraphe B91 rend compte des différents critères que doit respecter l'ajustement pour risque non financier :

- les risques à faibles fréquences et forts impacts devraient avoir un ajustement pour risque supérieur aux risques à fortes fréquences et faibles impacts ; à risque équivalent, un risque à durée plus longue aura un ajustement pour risque supérieur ;
- les risques avec une distribution de probabilité large auront un ajustement pour risque supérieur aux risques avec une distribution de probabilité restreinte ;

- moins l'information actuelle sur les risques est disponible plus l'ajustement pour risque devrait être élevé. Par ailleurs, d'autres particularités émanent de ces axiomes. En effet, l'ajustement pour risque reflète également « les résultats favorables comme défavorables, d'une manière qui rend compte du degré d'aversion au risque de l'entité ».

Finalement, le paragraphe B92 nous indique clairement qu'IFRS 17 ne prescrit pas de méthode afin de calculer l'ajustement pour risque. En effet, « l'entité doit faire appel au jugement pour déterminer la méthode d'estimation qu'il convient d'utiliser pour établir l'ajustement au titre du risque non financier ». Néanmoins, dans l'Exposure Draft 10 de 2010, quelques méthodes de calcul ont été proposées afin de l'estimer :

- l'approche du Coût en capital (CoC),
- la méthode des niveaux de confiance (VaR),
- la méthode de l'espérance conditionnelle unilatérale (TVaR).

#### III.4.1 Méthodes de calcul du Risk Adjutment

##### 1. Le coût en capital :

L'approche CoC ( Cost of Capital ) évalue le coût du capital nécessaire pour couvrir les risques non financiers tout au long de la durée de vie du portefeuille d'assurance.

Cette méthode reprend le calcul de la marge pour risque sous Solvabilité

II. Pour cette méthode, la marge pour risque, notée RM, est définie telle que :

$$RM = \sum_{t \geq 0} \frac{CoC \cdot SCR_t}{(1 + r_{t+1})^{t+1}}$$

Avec :

- CoC : le taux du coût en capital fixé à 6%,
- $SCR_t$  : le capital de solvabilité requis après  $t$  années,

—  $r_{t+1}$  : le taux d'intérêt de maturité  $t + 1$ .

Ainsi, la formule du calcul du Risk Adjustment par la méthode Coût du Capital (CoC) est :

$$RA = r \times D \times BE$$

Avec :

—  $r$  : le taux du coût en capital.

—  $D$  : la duration.

—  $BE$  : le Best Estimate.

La duration d'un instrument financier est la durée de vie moyenne de ses flux financiers pondérée par leur valeur actualisée. Son calcul est donnée par la formule suivante :

$$\text{Duration} = \frac{\sum_{t=1}^n t \cdot \frac{F_t}{(1+r_t)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r_t)^t}}$$

où :

—  $F_t$  : Flux de trésorerie à l'instant  $t$

—  $r_t$  : Taux sans risque à maturité  $t$

—  $n$  : Nombre total de périodes

#### 2. La Value at Risk

La Value at Risk, plus connue sous le nom de VaR, est une mesure de risque. Elle permet de modéliser le risque ou encore une perte financière.

Pour un horizon de temps donné, la VaR correspond au montant de perte potentielle sur une période de temps fixée qui sera dépassée uniquement dans  $\alpha\%$  des cas. Dans le cadre de l'ajustement pour risque sous IFRS 17, l'horizon de temps est la durée de couverture du contrat et le seuil de confiance  $\alpha$  est le reflet de l'aversion au risque de l'assureur.

Mathématiquement, la VaR de niveau de confiance  $\alpha$  associée au risque

$X$  est donnée par la fonction :

$$\text{VaR}_\alpha(X) = \inf\{x | P(X \leq x) \geq \alpha\}$$

C'est donc le plus petit des  $x$  tel que  $P(X \leq x) = \alpha$ , ce qui donne :

$$\text{VaR}_\alpha(X) = F_X^{-1}(\alpha)$$

où  $F_X$  est la fonction de répartition de  $X$ .

La VaR est définie comme étant la pire perte possible avec un niveau de confiance  $1 - \alpha$  sur un horizon donné  $T$ .

La Value at Risk possède les propriétés suivante :

- Invariante par translation :  $\text{VaR}(X + c, \alpha) = \text{VaR}(X, \alpha) + c$ , où  $c$  est une constante.
- Homogène :  $\text{VaR}(c \cdot X, \alpha) = c \cdot \text{VaR}(X, \alpha)$ , avec  $c > 0$ .
- Monotone : Si  $P(X \leq Y) = 1$  alors  $\text{VaR}(X, \alpha) \leq \text{VaR}(Y, \alpha)$ .

L'inconvénient de cette mesure de risque est qu'elle est non cohérente car elle ne possède pas le caractère de sous-additivité. Or, ce caractère peut s'avérer important pour prendre en compte la diversification.

Il y a deux phases pour adopter l'approche de la VaR pour calculer l'ajustement du risque. Tout d'abord, l'entité devra définir un profil de risque en générant une distribution de probabilité des flux de trésorerie actualisés. Ensuite, elle doit fixer le niveau de confiance  $\alpha$  approprié à ses activités. L'entreprise peut créer cette distribution de probabilité en choisissant parmi une large gamme de techniques de simulation, comme la méthode du bootstrap et la simulation de Monte-Carlo.

Une fois que la distribution de probabilité est obtenu, l'ajustement du risque sera donc :  $\text{RA} = \text{VaR}_{\alpha\%}(X) - \text{BE}$  en fixant un niveau de confiance  $\alpha$

### 3. La Tail Value at Risk

La Tail Value at Risk, plus communément appelée TVaR, est une mesure de risque. De la même façon que pour la VaR, elle permet d'apprécier le risque et les déficits pécuniaires. Soit  $X$  une variable aléatoire, la TVaR au niveau de probabilité  $\alpha \in ]0, 1[$  est définie comme :

$$\text{TVaR}(X, \alpha) = \frac{1}{1 - \alpha} \int_{\alpha}^1 \text{VaR}(X, p) dp$$

Où :

$\text{VaR}(X, p)$  Value at Risk de  $X$  de niveau de probabilité  $p$

La Tail Value at Risk possède les propriétés suivantes :

- Invariante par translation :  $\text{TVaR}(X + c, \alpha) = \text{TVaR}(X, \alpha) + c$ , où  $c$  est une constante.
- Homogène :  $\text{TVaR}(c \cdot X, \alpha) = c \cdot \text{TVaR}(X, \alpha)$ , avec  $c > 0$ .
- Monotone : Si  $P(X \leq Y) = 1$  alors  $\text{TVaR}(X, \alpha) \leq \text{TVaR}(Y, \alpha)$ .
- Sous-additive :  $\text{TVaR}(X + Y, \alpha) \leq \text{TVaR}(X, \alpha) + \text{TVaR}(Y, \alpha)$ .

À l'inverse de la VaR, la TVaR est une mesure de risque dite cohérente.

Le RA se calcule avec la TVaR de la même façon qu'avec la VaR.

#### III.5 Contractual Service Margin

La marge de service contractuelle (CSM) représente à la souscription la rentabilité attendue du contrat d'assurance.

La marge de service contractuelle n'est calculée qu'une seule fois et sera allouée en résultat au fur et à mesure de la couverture du risque.

##### III.5.1 CSM à l'ouverture

La marge de service contractuelle à l'ouverture se calcule comme suit :

$$\text{CSM} = \max ( \text{Primes acquises} - \text{Best Estimate} - \text{Risk Adjustment} , 0 )$$

#### III.6 Mouvement de la CSM

Le passage de l'année n vers l'année n+1 engendre l'apparition des éléments suivants :

##### III.6.1 Charge d'intérêt

La charge d'intérêt est l'accumulation des intérêts sur la CSM, reflétant la valeur temporelle de l'argent. Elle augmente la valeur de la CSM pour tenir compte du passage du temps.

Le taux d'intérêt utilisé pour la charge d'intérêt sur la CSM est un taux Forward, car il reflète les attentes de marché pour les taux futurs. Cela garantit une reconnaissance appropriée et prudente des profits futurs en tenant compte de la valeur temporelle de l'argent.

##### III.6.2 Relâchement CSM

Le but est de proportionner la libération de la CSM en fonction du montant des primes acquises et des primes émises.

Donc, l'objectif est d'assurer une correspondance entre les revenus et les profits futurs attendus.

#### III.6.3 CSM à la clôture

La CSM à la clôture reflète le profit non réalisé restant après avoir pris en compte la charge d'intérêt et la portion de la CSM relâchée pendant la période. La formule de la CSM à la clôture peut se résumer comme suit :

$$\text{CSM}_{\text{cl\^oture}} = \text{CSM}_{\text{ouverture}} + \text{Charge d'int\^er\^et} - \text{Rel\^achement CSM}$$

#### III.7 Analyse du mouvement du passif LIC

L'objectif de l'analyse de mouvement sur une période donnée consiste à observer l'évolution des différentes composantes du bilan IFRS entre l'ouverture et la clôture. Cette analyse permet, d'une part, de comprendre les raisons des pertes et des profits enregistrés pendant cette période et, d'autre part, de préparer les états financiers à la date de clôture. En effet, la composition des différentes sections du bilan IFRS dépendra de l'origine des pertes et des profits économiques.

L'analyse de mouvement repose sur une analyse des différents agrégats du bilan concernés par IFRS 17 : les actifs en représentation des contrats d'assurance, le Best Estimate ainsi que le Risk Adjustment.

##### III.7.1 BE de clôture

Supposons par exemple que l'on se trouve au 1<sup>er</sup> janvier de l'année  $n$ , et que l'on souhaite donner la meilleure estimation du BE de clôture. Celui-ci correspond au BE le plus probable du 31 décembre de cette même année, qui par continuité du BE est égal au BE au 1<sup>er</sup> janvier de l'année suivante. On cherche donc à calculer les flux à la date  $n + 1$ .

Pour chaque année : BE de clôture de l'année  $n$  = BE d'ouverture de l'année  $n+1$ .

##### III.7.2 Variation du BE d'une année à une autre

Les éléments suivants justifient le passage de BE LIC de l'année  $n$  (BE d'ouverture) au BE LIC de l'année  $n+1$  (BE de clôture) :

- **Passage temps** appelé aussi l'effet de décalage ou "unwind" correspond à la charge de désactualisation des provisions.
- **Retrait des flux de l'année en cours** consiste à retirer les cash-flow payés estimés par les modèles de la période précédente.

- **Changement d'hypothèses techniques** consiste à mettre à jour les hypothèses du modèle.
- **Changement de la courbe des taux** consiste à mettre à jour la courbe des taux, passant de la courbe des taux de la période  $n$  à la courbe de taux  $n + 1$ .

#### III.7.3 Variation du RA

Après le calcul de BE LIC de l'année  $n$  et le BE LIC de l'année  $n+1$ , on peut appliquer les différentes méthodes déjà citées pour calculer le Risk Adjustment. On obtient RA LIC de l'année  $n$  et RA LIC de l'année  $n+1$ . La différence entre les deux quantités est appelée : Variation du RA.

### III.8 Diversification du RA

La diversification des risques en assurance est une stratégie clé pour les compagnies d'assurance afin de gérer et de minimiser les risques auxquels elles sont exposées. La diversification du risque en assurance non-vie fait référence à la réduction du risque global d'un portefeuille d'assurance grâce à la répartition stratégique des contrats entre différentes branches. Cette stratégie repose sur le principe que les sinistres dans différentes branches d'assurance sont rarement parfaitement corrélés, ce qui signifie que les événements dommageables affectant une branche peuvent ne pas affecter les autres. Ainsi, en diversifiant le portefeuille à travers plusieurs branches, les assureurs peuvent réduire la volatilité globale et atténuer les pertes potentielles.

Le RA, en tant que quantité couvrant les incertitudes associées aux risques d'assurance, doit également refléter les bénéfices de diversification sous-jacents. Il est donc nécessaire de disposer d'une vision consolidée du RA à l'échelle de l'entité d'assurance, ce qui revient à capturer les phénomènes de diversification entre les risques ainsi qu'entre l'ensemble des portefeuilles et groupes de contrats.

Donc, la diversification du RA peut se produire en raison de l'interaction :

- Entre risques et
- Entre collections de contrats, par exemple entre contrats, groupes de contrats, portefeuilles, entités, etc.

#### III.8.1 Calcul du RA global

Le Risk Adjustment (RA) global, similaire au calcul sous Solvabilité II, est déterminé à partir de la relation suivante :

$$RA_{\text{global}} = \sqrt{R^T \text{Corr} R}$$

où :

$$R = (RA_1, \dots, RA_n)$$

représente le vecteur des RA élémentaires, avec

$$RA_i = RA_{LRC,i} + RA_{LIC,i}$$

pour chaque branche  $i$

Corr est la matrice de corrélation entre les branches, représentant les relations de corrélation entre les différentes branches d'assurance.

Lorsque les branches ont des corrélations positives élevées, les sinistres tendent à se produire en même temps. Dans ce cas, le bénéfice de la diversification est limité parce que les pertes dans les différentes branches se cumulent, augmentant ainsi la volatilité globale du portefeuille.

Pour une corrélation faible ou nulle, les sinistres dans une branche n'ont pratiquement aucune relation avec les sinistres dans une autre branche. Par conséquent, les événements qui causent des sinistres dans une branche n'affectent pas nécessairement les autres branches. Par exemple, les sinistres en assurance automobile peuvent avoir une corrélation faible avec les sinistres en assurance habitation, car les facteurs de risque (comme les accidents de la route vs. les incendies domestiques) sont différents. Cela signifie que les fluctuations des sinistres dans une branche peuvent être compensées par des fluctuations indépendantes dans d'autres branches, réduisant ainsi la volatilité globale du portefeuille. Cela signifie que les pertes potentielles dans un groupe peuvent être compensées par des gains dans un autre groupe. Par conséquent, le RA global pour l'ensemble du portefeuille peut être inférieur à la somme des RA individuels pour chaque groupe, conduisant à une réduction globale du RA.

#### III.8.2 Réallocation du RA

Sous IFRS 17, après le calcul du Risk Adjustment (RA) global diversifié, il est possible d'envisager une réallocation en utilisant le pourcentage du Best Estimate (BE) de chaque branche par rapport au BE global. Cette approche peut aider à déterminer une allocation du RA global aux différentes branches de manière proportionnelle à leur contribution au BE global. Voici comment cette réallocation peut être effectuée :

#### Étapes de Réallocation du RA Global Diversifié

1. **Calcul du Best Estimate (BE) pour chaque branche :**

$BE_i$  : Best Estimate pour la branche  $i$

$BE_{\text{global}}$  : Somme des Best Estimates de toutes les branches

2. **Calcul des pourcentages du BE pour chaque branche :**

$$p_i = \frac{BE_i}{BE_{\text{global}}}$$

où  $p_i$  représente le pourcentage du BE de la branche  $i$  par rapport au BE global.

3. **Réallocation du RA Global Diversifié aux branches :**

$RA_{i, \text{ après diversification}}$  : Risk Adjustment après la diversification alloué à la branche  $i$

La réallocation est effectuée en utilisant les pourcentages des BE :

$$RA_{i, \text{ après diversification}} = p_i \times RA_{\text{global}}$$

Après la réallocation du Risk Adjustment (RA) global diversifié, il est possible

de déterminer le (RA\_LRC) et (RA\_LIC) après la diversification :

1. **Calcul des pourcentages de RA\_LIC et RA\_LRC avant la diversification pour chaque branche :**

— Pourcentage de  $RA_{LIC,i}$  :

$$p_{LIC,i} = \frac{RA_{LIC,i}}{RA_{\text{global, avant diversification}}}$$

— Pourcentage de  $RA_{LRC,i}$  :

$$p_{LRC,i} = \frac{RA_{LRC,i}}{RA_{\text{global, avant diversification}}}$$

2. **Détermination de RA\_LIC et RA\_LRC après diversification :**

Pour chaque branche  $i$  :

— **RA\_LIC après diversification :**

$$RA_{LIC,i} = p_{LIC,i} \times RA_{i, \text{ après diversification}}$$

— **RA\_LRC après diversification :**

$$RA_{LRC,i} = p_{LRC,i} \times RA_{i, \text{ après diversification}}$$

**Conclusion** Dans ce chapitre, nous avons présenté la démarche technique de l'application de l'IFRS 17 en non-vie, les formules et les méthodologies de calculs. Reste maintenant la partie de l'application que nous détaillerons dans le chapitre à suivre.

# Chapitre 3 : Application des normes IFRS 17 à une portefeuille non-vie de RMA

**Introduction** L'objectif principal est de développer une application utilisant VBA (Visual Basic for Applications) dans Microsoft Excel. Cette application est conçue pour faciliter le calcul et la présentation de tous les éléments requis par la norme IFRS 17.

Elle permet aux utilisateurs d'entrer les données concernant les contrats d'assurance non-vie et de générer automatiquement les calculs nécessaires pour se conformer aux exigences de la norme IFRS 17.

La mise en application de la norme IFRS 17 nécessite une année de transition lors de laquelle les assureurs devront publier leurs comptes IFRS 17 tout en assurant une année comparative. Dans notre cas, le passage d'un bilan IFRS 4 à un bilan IFRS 17 à l'année de transition 2019.



## I. PRÉSENTATION DES DONNÉES

Ci-dessous une vision d'ensemble de l'évolution des règlements par année survenance :

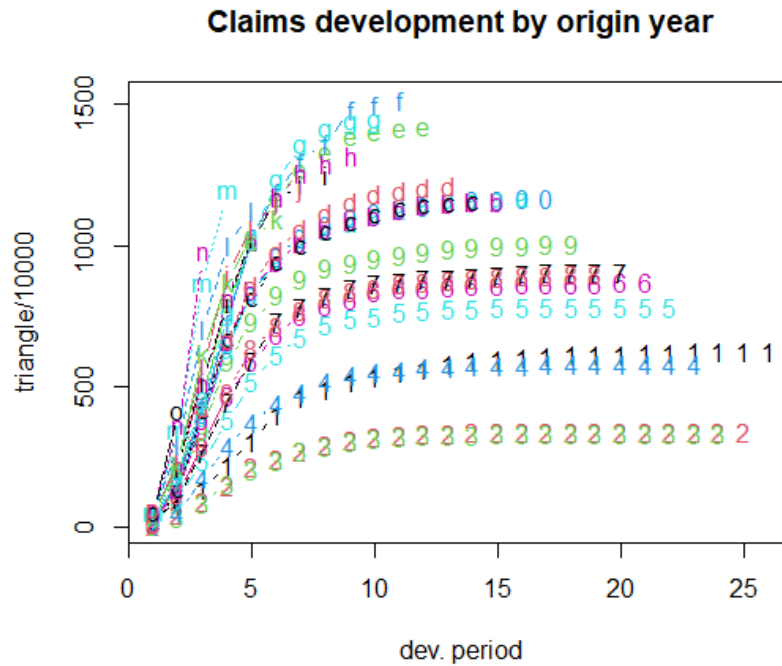


FIGURE 10 – Evolution des règlements par année survenance

On observe que pour toutes les années d'origine, les règlements augmentent rapidement au début (entre 0 et 5 ans de période de développement). Cela suggère que la majorité des règlements sont traités dans les premières années après leur origine.

Les années d'origine récentes semblent avoir des niveaux de règlements plus élevés que les années plus anciennes, ce qui pourrait indiquer une tendance à la hausse des sinistres ou des montants au fil du temps.

## II Construction de la courbe des taux sans risque

La méthode choisie pour la construction de la courbe sous IFRS 17 est la méthode "Bottom Up". On procède à la construction de la courbe des taux sans risque et on suppose que la prime d'illiquidité est nulle. Nous nous contentons de montrer uniquement les étapes de la construction de la courbe pour l'année 2019, tout en présentant les résultats pour l'année 2020, étant donné que la démarche est identique.

Les données utilisées pour le calcul proviennent du site officiel de Bank AL MAGHRIB. Notre base de données contient les colonnes suivantes :

- `Dateecheance` : La date d'échéance.
- `Transaction` : Le montant de la transaction.
- `Tauxmoyenpondere` : Le taux moyen pondéré.
- `Datedelavaleur` : La date de la valeur.

Date d'échéance	Transaction	Taux moyen pondéré	Date de la valeur
20/01/2020	217,3	2,19%	31/12/2019
03/03/2020	159,17	2,23%	31/12/2019
20/04/2020	137,49	2,31%	31/12/2019
18/05/2020	338,65	2,25%	31/12/2019
06/06/2020	43,26	2,30%	31/12/2019
20/07/2020	208,74	2,23%	31/12/2019
17/08/2020	80,54	2,25%	31/12/2019
05/09/2020	115,04	2,31%	31/12/2019
14/09/2020	133,6	2,31%	31/12/2019
17/10/2020	21,92	2,33%	31/12/2019
14/11/2020	41,28	2,31%	31/12/2019
07/12/2020	40,35	2,31%	31/12/2019
12/12/2020	83,87	2,28%	31/12/2019
19/04/2021	92,35	2,34%	31/12/2019
19/07/2021	103,83	2,36%	31/12/2019
20/09/2021	30,37	2,30%	31/12/2019
18/10/2021	81,53	2,36%	31/12/2019
16/05/2022	61,11	2,38%	31/12/2019

FIGURE 11 – Données extraites de BAM pour le calcul des taux sans risques de l'année 2019

## II. CONSTRUCTION DE LA COURBE DES TAUX SANS RISQUE

La première étape consiste à transformer les taux monétaires en taux actuariels. Ensuite, nous effectuons l'interpolation des taux actuariels pour obtenir les taux correspondant aux maturités pleines. Enfin, nous transformons ces taux actuariels en taux zéro-coupon.

Maturité	Taux zéro coupon
1	2,35%
2	2,43%
3	2,44%
4	2,44%
5	2,46%
6	2,50%
7	2,56%
8	2,62%
9	2,71%
10	2,76%
11	2,80%
12	2,86%
13	2,93%
14	3,00%
15	3,07%
16	3,15%
17	3,21%
18	3,27%
19	3,33%
20	3,40%
21	3,46%
22	3,52%

FIGURE 12 – Taux sans risque au 31/12/2019

Nous pouvons représenter ces taux sous forme de courbe pour visualiser la structure de la courbe des taux sans risque.

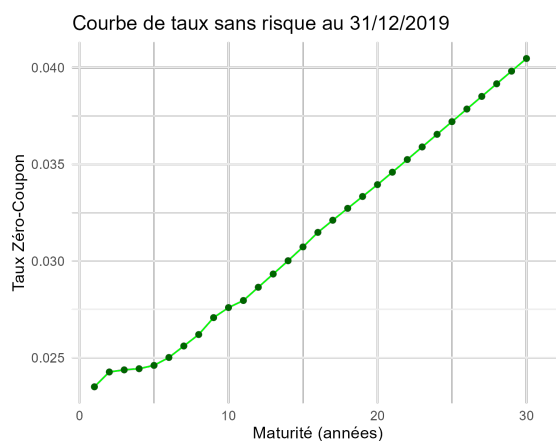


FIGURE 13 – Courbe des taux sans risque au 31/12/2019

## II. CONSTRUCTION DE LA COURBE DES TAUX SANS RISQUE

---

Suivant la même démarche, nous obtenons les courbes des taux sans risque obtenues par la méthode du Bottom-up à la date d'inventaire 31/12/2020. Cette courbe qui est présentée ci-après :

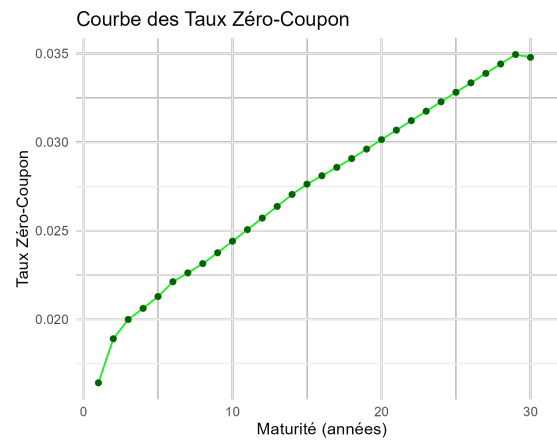


FIGURE 14 – Courbe des taux sans risque au 31/12/2020

### III Construction de la courbe des taux forward

Dans cette section ,nous avons calculé la courbe des taux forward des années 2019 et 2020 selon la formule cité dans la partie précédente.

Voici un tableau qui montrent la valeur de ces taux forwards :

Maturité	2019	2020
1		
2	2,58%	2,40%
3	2,50%	2,24%
4	2,48%	2,24%
5	2,49%	2,28%
6	2,54%	2,35%
7	2,60%	2,39%
8	2,66%	2,44%
9	2,76%	2,50%
10	2,81%	2,57%
11	2,84%	2,64%
12	2,91%	2,71%
13	2,98%	2,78%
14	3,05%	2,86%
15	3,13%	2,93%
16	3,20%	2,98%
17	3,27%	3,04%
18	3,33%	3,10%
19	3,39%	3,16%
20	3,45%	3,23%
21	3,52%	3,30%
22	3,58%	3,38%
23	3,65%	3,45%
24	3,71%	3,53%
25	3,78%	3,61%
26	3,84%	3,69%
27	3,91%	3,78%
28	3,98%	3,87%

FIGURE 15 – Taux forwards des années 2019 et 2020

## IV Modélisation du LIC

### IV.1 Calcul du Best Estimate LIC

Le Best Estimate (BE) est déterminé en actualisant les flux de règlements futurs probabilisés nets de recours relatifs aux sinistres survenus, comme suit :

$$BE = \sum_{t=1}^{n-1} \frac{CF_t}{(1 + r_t)^{(t - 0,5)}}$$

Où :

$r_t$  : Le taux zéro-coupon pour la période  $t$ .

$F_t$  : Le flux de règlements futurs probabilisés net de recours de la période  $t$ .

L'actualisation se fait en milieu d'année.

#### IV.1.1 Méthode de Chain Ladder

On commence par vérifier l'hypothèse de stabilité des facteurs de développement.

Vérification des hypothèses de Chain Ladder

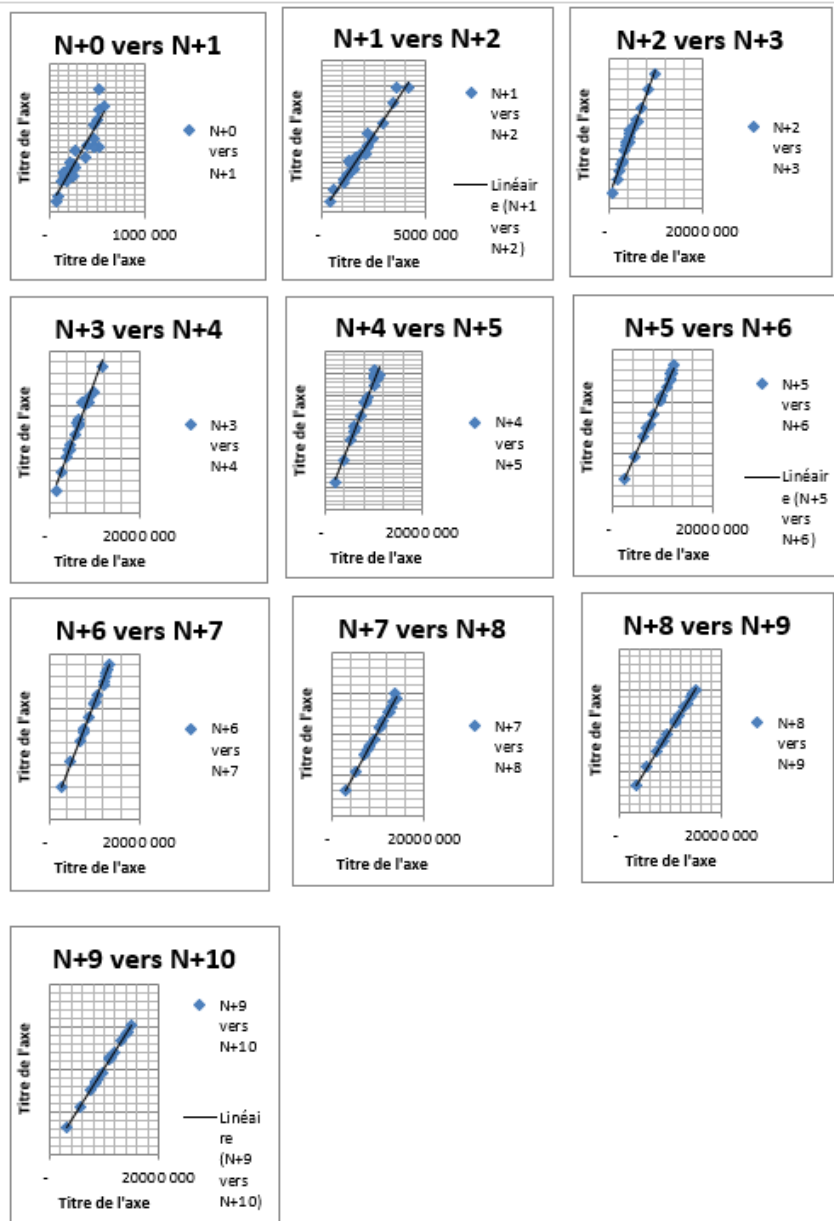


FIGURE 16 – Nuage des  $C_{.,j+1}$  en fonction des  $C_{.,j}$  pour 10 années

Les points dans ces nuages sont alignés le long d'une droite, cela indique une relation stable et proportionnelle entre les périodes de développement, ce qui est conforme à l'hypothèse de stabilité des facteurs de développement.

Nous calculons les facteurs de développement :

Période	Coefficients
0-1	6.00418032
1-2	2.513254724
2-3	1.569936475
3-4	1.26915889
4-5	1.143734055
5-6	1.077102145
6-7	1.046634189
7-8	1.034715147
8-9	1.018492994
9-10	1.013421487
10-11	1.00998841
11-12	1.006756269
12-13	1.005083206
13-14	1.003815679
14-15	1.002665004
15-16	1.001854618
16-17	1.001713204
17-18	1.001360332
18-19	1.000886226
19-20	1.000444666
20-21	1.000586426
21-22	1.00034818
22-23	1.000236476
23-24	1.000003519

TABLE 1 – Facteurs de développement

Nous remarquons que les  $f_j$  tendent vers 1 dès la cinquième année de développement, ce qui indique une bonne régularité dans les cadences de développement. On peut donc présumer qu'il y a eu une bonne stabilité dans la gestion des sinistres. Les deux premières années présentent de grands facteurs, ce qui traduit des règlements importants effectués.

# IV. MODÉLISATION DU LIC

L'application de la méthode de Chain Ladder nous donne le tableau des règlements cumulés suivant :

	N-0	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7	N-8	N-9	N-10	N-11	N-12	N-13	N-14	N-15	N-16	N-17	N-18	N-19	N-20	N-21	N-22	N-23	N-24	N-25	
1014	92 350	157 935	1 376 361	2 203 205	3 004 500	4 026 600	4 634 750	4 956 050	5 030 263	5 547 271	5 955 306	5 645 004	5 023 250	3 930 340	3 386 252	3 055 856	6 103 478	6 146 743	6 915 810	6 951 403	6 905 681	6 216 226	6 245 425	6 283 545	6 252 854	6 164 742	
1015	10 910	436 835	392 251	1 000 666	2 146 246	2 736 362	2 901 627	3 100 469	3 241 904	3 289 697	3 238 225	3 038 255	2 700 440	2 304 645	2 026 250	1 822 962	3 000 340	3 048 307	3 358 215	3 404 282	3 400 974	3 408 732	3 400 796	3 400 732	3 410 371	3 376 387	
1016	37 044	201 628	604 926	1 550 942	2 600 644	2 607 263	2 700 017	2 801 201	3 000 945	3 165 477	3 228 567	3 264 462	3 294 646	3 326 250	3 352 962	3 379 144	3 386 009	3 393 500	3 400 644	3 407 500	3 414 144	3 420 644	3 427 144	3 433 644	3 440 144	3 446 644	
1017	96 220	528 440	1 716 255	2 893 428	3 752 434	4 401 244	4 896 076	5 208 393	5 480 887	5 528 382	5 481 802	5 195 252	4 594 544	3 984 750	3 528 822	3 184 132	3 180 387	3 182 444	3 184 427	3 186 410	3 188 393	3 190 376	3 192 359	3 194 342	3 196 325	3 198 308	
1018	123 635	1 005 407	2 214 451	3 503 332	4 792 213	6 081 094	7 370 000	8 658 906	9 947 812	1 123 708	1 252 604	1 381 500	1 510 396	1 639 292	1 768 188	1 897 084	2 025 980	2 154 876	2 283 772	2 412 668	2 541 564	2 670 460	2 799 356	2 928 252	3 057 148	3 186 044	
1019	351 610	1 233 830	3 035 297	4 663 714	5 933 513	6 848 307	7 554 433	8 042 443	8 430 577	8 718 711	8 906 845	9 000 979	9 000 979	8 906 845	8 718 711	8 530 577	8 342 443	8 154 307	7 966 171	7 778 035	7 589 899	7 401 763	7 213 627	7 025 491	6 837 355	6 649 219	
1020	101 654	1 063 700	2 656 869	4 466 203	5 925 263	7 132 562	7 902 275	8 292 171	8 424 234	8 466 297	8 314 130	8 024 200	7 624 270	7 124 340	6 624 410	6 124 480	5 624 550	5 124 620	4 624 690	4 124 760	3 624 830	3 124 900	2 624 970	2 125 040	1 625 110	1 125 180	
1021	171 001	1 241 241	3 019 961	4 832 214	6 288 504	7 153 666	7 536 200	7 639 362	7 566 795	7 320 965	6 854 220	6 266 475	5 578 730	4 790 985	3 903 240	2 915 495	1 827 750	709 905	212 060	54 215	16 370	4 790 985	4 790 985	4 790 985	4 790 985	4 790 985	4 790 985
1022	20 142	1 500 810	1 848 108	2 506 648	3 295 632	3 823 451	4 184 538	4 398 249	4 466 441	4 364 343	4 104 204	3 684 065	3 163 926	2 543 787	1 822 648	1 001 509	10 000 000	10 000 000	10 000 000	10 000 000	10 000 000	10 000 000	10 000 000	10 000 000	10 000 000	10 000 000	10 000 000
1023	231 203	1 552 101	4 015 432	6 534 564	8 059 566	9 023 451	9 371 461	9 571 461	9 571 461	9 571 461	9 571 461	9 571 461	9 571 461	9 571 461	9 571 461	9 571 461	9 571 461	9 571 461	9 571 461	9 571 461	9 571 461	9 571 461	9 571 461	9 571 461	9 571 461	9 571 461	9 571 461
1024	25 041	1 571 101	3 915 101	6 232 101	8 327 101	9 422 101	9 827 101	9 922 101	9 922 101	9 922 101	9 922 101	9 922 101	9 922 101	9 922 101	9 922 101	9 922 101	9 922 101	9 922 101	9 922 101	9 922 101	9 922 101	9 922 101	9 922 101	9 922 101	9 922 101	9 922 101	9 922 101
1025	103 824	1 212 101	3 012 101	4 512 101	5 612 101	6 412 101	6 912 101	7 212 101	7 412 101	7 512 101	7 512 101	7 512 101	7 512 101	7 512 101	7 512 101	7 512 101	7 512 101	7 512 101	7 512 101	7 512 101	7 512 101	7 512 101	7 512 101	7 512 101	7 512 101	7 512 101	7 512 101
1026	92 043	1 323 214	4 123 214	6 423 214	8 123 214	9 223 214	9 623 214	9 823 214	9 923 214	9 923 214	9 923 214	9 923 214	9 923 214	9 923 214	9 923 214	9 923 214	9 923 214	9 923 214	9 923 214	9 923 214	9 923 214	9 923 214	9 923 214	9 923 214	9 923 214	9 923 214	9 923 214
1027	224 784	1 300 806	4 210 811	6 421 811	8 131 811	9 241 811	9 651 811	9 861 811	9 971 811	9 971 811	9 971 811	9 971 811	9 971 811	9 971 811	9 971 811	9 971 811	9 971 811	9 971 811	9 971 811	9 971 811	9 971 811	9 971 811	9 971 811	9 971 811	9 971 811	9 971 811	9 971 811
1028	246 779	2 001 910	4 501 917	7 101 916	9 101 916	10 101 916	10 601 916	10 801 916	10 801 916	10 801 916	10 801 916	10 801 916	10 801 916	10 801 916	10 801 916	10 801 916	10 801 916	10 801 916	10 801 916	10 801 916	10 801 916	10 801 916	10 801 916	10 801 916	10 801 916	10 801 916	10 801 916
1029	223 820	1 644 475	4 101 622	6 101 622	7 601 622	8 601 622	9 101 622	9 301 622	9 401 622	9 401 622	9 401 622	9 401 622	9 401 622	9 401 622	9 401 622	9 401 622	9 401 622	9 401 622	9 401 622	9 401 622	9 401 622	9 401 622	9 401 622	9 401 622	9 401 622	9 401 622	9 401 622
1030	317 100	1 601 931	4 544 101	7 101 931	9 101 931	10 601 931	12 101 931	13 601 931	14 601 931	15 101 931	15 101 931	15 101 931	15 101 931	15 101 931	15 101 931	15 101 931	15 101 931	15 101 931	15 101 931	15 101 931	15 101 931	15 101 931	15 101 931	15 101 931	15 101 931	15 101 931	15 101 931
1031	446 521	2 410 931	5 210 931	7 910 931	10 210 931	12 510 931	14 810 931	16 610 931	17 910 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931
1032	473 201	2 410 931	5 210 931	7 910 931	10 210 931	12 510 931	14 810 931	16 610 931	17 910 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931
1033	430 832	2 210 931	5 010 931	7 810 931	10 110 931	12 410 931	14 710 931	16 510 931	17 810 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931
1034	476 843	2 210 931	5 010 931	7 810 931	10 110 931	12 410 931	14 710 931	16 510 931	17 810 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931	18 110 931
1035	530 853	2 410 931	5 210 931	7 910 931	10 210 931	12 510 931	14 810 931	16 610 931	17 910 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931	18 210 931
1036	581 701	2 510 931	5 310 931	8 010 931	10 310 931	12 610 931	14 910 931	16 710 931	18 010 931	18 310 931	18 310 931	18 310 931	18 310 931	18 310 931	18 310 931	18 310 931	18 310 931	18 310 931	18 310 931	18 310 931	18 310 931	18 310 931	18 310 931	18 310 931	18 310 931	18 310 931	18 310 931
1037	622 921	2 610 931	5 410 931	8 110 931	10 410 931	12 710 931	15 010 931	16 810 931	18 110 931	18 410 931	18 410 931	18 410 931	18 410 931	18 410 931	18 410 931	18 410 931	18 410 931	18 410 931	18 410 931	18 410 931	18 410 931	18 410 931	18 410 931	18 410 931	18 410 931	18 410 931	18 410 931
1038	673 771	2 710 931	5 510 931	8 210 931	10 510 931	12 810 931	15 110 931	16 910 931	18 210 931	18 510 931	18 510 931	18 510 931	18 510 931	18 510 931	18 510 931	18 510 931	18 510 931	18 510 931	18 510 931	18 510 931	18 510 931	18 510 931	18 510 931	18 510 931	18 510 931	18 510 931	18 510 931
1039	724 621	2 810 931	5 610 931	8 310 931	10 610 931	12 910 931	15 210 931	17 010 931	18 310 931	18 610 931	18 610 931	18 610 931	18 610 931	18 610 931	18 610 931	18 610 931	18 610 931	18 610 931	18 610 931	18 610 931	18 610 931	18 610 931	18 610 931	18 610 931	18 610 931	18 610 931	18 610 931

FIGURE 17 – Règlements cumulés - Chain Ladder

Ainsi, le tableau des règlements non cumulés le suivant :

	N-0	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7	N-8	N-9	N-10	N-11	N-12	N-13	N-14	N-15	N-16	N-17	N-18	N-19	N-20	N-21	N-22	N-23	N-24	N-25
1014	92 350	505 016,3	614 623,7	826 442,0	885 205,0	951 203,7	989 908,75	1 027 232,0	252 254,0	90 933,70	90 702,7	89 168,21	88 208,25	87 051,03	85 174,24	83 528,44	82 104,24	80 892,44	79 882,14	78 962,24	78 122,74	77 364,24	76 676,74	76 050,24	75 484,74	74 970,24
1015	120 992,64	256 223,68	475 185,54	646 418,20	646 670,50	279 250,74	209 862,73	221 445,02	80 232,24																	

#### IV. MODÉLISATION DU LIC

---

Les flux futurs représente la somme de chaque diagonale inférieure à la diagonale centrale. On effectuant ce calcul, on trouve :

TABLE 2 – Flux non actualisés

Année	Flux non actualisés
1	22 264 176
2	20 074 866
3	15 461 665
4	10 985 981
5	7 612 490
6	5 358 304
7	3 945 483
8	3 104 381
9	2 571 675
10	2 191 295
11	1 901 697
12	1 688 085
13	1 606 001
14	1 707 567
15	1 742 528
16	1 627 948
17	1 487 059
18	1 425 398
19	1 401 395
20	1 358 205
21	1 572 357
22	2 095 565
23	2 683 651
24	2 836 112

#### IV. MODÉLISATION DU LIC

---

Le BE représente la meilleure estimation des flux futurs actualisés.

L'actualisation des flux donne le tableau suivant :

TABLE 3 – Flux actualisés

Année	Flux actualisés
1	22 007 068
2	19 365 632
3	14 558 146
4	10 095 762
5	6 823 627
6	4 677 405
7	3 347 446
8	2 556 953
9	2 049 226
10	1 691 952
11	1 423 591
12	1 219 930
13	1 118 939
14	1 145 468
15	1 123 500
16	1 006 893
17	882 770
18	811 362
19	763 985
20	708 309
21	783 049
22	995 130
23	1 213 675
24	1 219 982
Total	101 589 801

La somme des flux actualisés donne :  $BE = 101\,589\,801$

# IV. MODÉLISATION DU LIC

## IV.1.2 Méthode de London Chain

En appliquant la méthode de London Chain, on obtient les résultats suivants :

Coef de dev	alpha
5,63	113825,06
2,531004711	-30566,53176
1,370337085	814427,223
1,172720705	592422,5458
1,111478942	245956,3385
1,06265363	144864,8187
1,026717427	181535,3724
1,036149772	-13434,0062
1,006726659	111441,5754
1,011674938	16294,26688
1,007463931	22833,21633
1,00651449	2114,727671
1,005977278	-7625,553217
1,003199608	5115,466354
1,00250206	1304,917715
0,999852903	15259,65858
1,002965945	-8934,57854
1,001810683	-3029,883224
0,999944602	5986,085478
1,000371254	427,2130692
1,000161386	2168,703666
1,000072477	1155,365008
1	-122621
1,000003519	0

TABLE 4 – Coefficients de développement alpha

Ensuite , on trouve le tableau des règlements suivants

500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	
82 0948	757 0539	1 372 0038	2 289 2048	3 594 4989	5 426 7987	8 194 78049	1 238 02059	1 859 38220	2 807 28800	4 259 98127	6 646 0448	1 013 26937	1 539 92976	2 309 39261	3 459 98049	5 209 89049	7 799 84049	1 169 84049	1 759 84049	2 659 84049	3 989 84049	5 949 84049	8 849 84049	1 319 84049
129 0044	426 0052	1 069 0076	1 989 0095	3 294 0120	5 126 0144	7 794 0168	1 138 0192	1 719 0216	2 594 0240	3 989 0264	6 019 0288	8 989 0312	1 389 0336	2 109 0360	3 189 0384	4 809 0408	7 089 0432	1 059 0456	1 589 0480	2 389 0504	3 589 0528	5 389 0552	7 989 0576	1 179 0600
77 0052	381 0062	859 0072	1 539 0084	2 497 0096	3 892 0108	5 896 0120	8 791 0132	1 289 0144	1 949 0156	2 944 0168	4 389 0180	6 584 0192	9 779 0204	1 449 0216	2 169 0228	3 249 0240	4 849 0252	7 129 0264	1 049 0276	1 529 0288	2 249 0300	3 329 0312	4 889 0324	7 089 0336
88 0048	426 0052	1 069 0076	1 989 0095	3 294 0120	5 126 0144	7 794 0168	1 138 0192	1 719 0216	2 594 0240	3 989 0264	6 019 0288	8 989 0312	1 389 0336	2 109 0360	3 189 0384	4 809 0408	7 089 0432	1 059 0456	1 589 0480	2 389 0504	3 589 0528	5 389 0552	7 989 0576	1 179 0600
129 0044	426 0052	1 069 0076	1 989 0095	3 294 0120	5 126 0144	7 794 0168	1 138 0192	1 719 0216	2 594 0240	3 989 0264	6 019 0288	8 989 0312	1 389 0336	2 109 0360	3 189 0384	4 809 0408	7 089 0432	1 059 0456	1 589 0480	2 389 0504	3 589 0528	5 389 0552	7 989 0576	1 179 0600
77 0052	381 0062	859 0072	1 539 0084	2 497 0096	3 892 0108	5 896 0120	8 791 0132	1 289 0144	1 949 0156	2 944 0168	4 389 0180	6 584 0192	9 779 0204	1 449 0216	2 169 0228	3 249 0240	4 849 0252	7 129 0264	1 049 0276	1 529 0288	2 249 0300	3 329 0312	4 889 0324	7 089 0336
88 0048	426 0052	1 069 0076	1 989 0095	3 294 0120	5 126 0144	7 794 0168	1 138 0192	1 719 0216	2 594 0240	3 989 0264	6 019 0288	8 989 0312	1 389 0336	2 109 0360	3 189 0384	4 809 0408	7 089 0432	1 059 0456	1 589 0480	2 389 0504	3 589 0528	5 389 0552	7 989 0576	1 179 0600
129 0044	426 0052	1 069 0076	1 989 0095	3 294 0120	5 126 0144	7 794 0168	1 138 0192	1 719 0216	2 594 0240	3 989 0264	6 019 0288	8 989 0312	1 389 0336	2 109 0360	3 189 0384	4 809 0408	7 089 0432	1 059 0456	1 589 0480	2 389 0504	3 589 0528	5 389 0552	7 989 0576	1 179 0600
77 0052	381 0062	859 0072	1 539 0084	2 497 0096	3 892 0108	5 896 0120	8 791 0132	1 289 0144	1 949 0156	2 944 0168	4 389 0180	6 584 0192	9 779 0204	1 449 0216	2 169 0228	3 249 0240	4 849 0252	7 129 0264	1 049 0276	1 529 0288	2 249 0300	3 329 0312	4 889 0324	7 089 0336
88 0048	426 0052	1 069 0076	1 989 0095	3 294 0120	5 126 0144	7 794 0168	1 138 0192	1 719 0216	2 594 0240	3 989 0264	6 019 0288	8 989 0312	1 389 0336	2 109 0360	3 189 0384	4 809 0408	7 089 0432	1 059 0456	1 589 0480	2 389 0504	3 589 0528	5 389 0552	7 989 0576	1 179 0600
129 0044	426 0052	1 069 0076	1 989 0095	3 294 0120	5 126 0144	7 794 0168	1 138 0192	1 719 0216	2 594 0240	3 989 0264	6 019 0288	8 989 0312	1 389 0336	2 109 0360	3 189 0384	4 809 0408	7 089 0432	1 059 0456	1 589 0480	2 389 0504	3 589 0528	5 389 0552	7 989 0576	1 179 0600
77 0052	381 0062	859 0072	1 539 0084	2 497 0096	3 892 0108	5 896 0120	8 791 0132	1 289 0144	1 949 0156	2 944 0168	4 389 0180	6 584 0192	9 779 0204	1 449 0216	2 169 0228	3 249 0240	4 849 0252	7 129 0264	1 049 0276	1 529 0288	2 249 0300	3 329 0312	4 889 0324	7 089 0336
88 0048	426 0052	1 069 0076	1 989 0095	3 294 0120	5 126 0144	7 794 0168	1 138 0192	1 719 0216	2 594 0240	3 989 0264	6 019 0288	8 989 0312	1 389 0336	2 109 0360	3 189 0384	4 809 0408	7 089 0432	1 059 0456	1 589 0480	2 389 0504	3 589 0528	5 389 0552	7 989 0576	1 179 0600
129 0044	426 0052	1 069 0076	1 989 0095	3 294 0120	5 126 0144	7 794 0168	1 138 0192	1 719 0216	2 594 0240	3 989 0264	6 019 0288	8 989 0312	1 389 0336	2 109 0360	3 189 0384	4 809 0408	7 089 0432	1 059 0456	1 589 0480	2 389 0504	3 589 0528	5 389 0552	7 989 0576	1 179 0600
77 0052	381 0062	859 0072	1 539 0084	2 497 0096	3 892 0108	5 896 0120	8 791 0132	1 289 0144	1 949 0156	2 944 0168	4 389 0180	6 584 0192	9 779 0204	1 449 0216	2 169 0228	3 249 0240	4 849 0252	7 129 0264	1 049 0276	1 529 0288	2 249 0300	3 329 0312	4 889 0324	7 089 0336
88 0048	426 0052	1 069 0076	1 989 0095	3 294 0120	5 126 0144	7 794 0168	1 138 0192	1 719 0216	2 594 0240	3 989 0264	6 019 0288	8 989 0312	1 389 0336	2 109 0360	3 189 0384	4 809 0408	7 089 0432	1 059 0456	1 589 0480	2 389 0504	3 589 0528	5 389 0552	7 989 0576	1 179 0600
129 0044	426 0052	1 069 0076	1 989 0095	3 294 0120	5 126 0144	7 794 0168	1 138 0192	1 719 0216	2 594 0240	3 989 0264	6 019 0288	8 989 0312	1 389 0336	2 109 0360	3 189 0384	4 809 0408	7 089 0432	1 059 0456	1 589 0480	2 389 0504	3 589 0528	5 389 0552	7 989 0576	1 179 0600
77 0052	381 0062	859 0072	1 539 0084	2 497 0096	3 892 0108	5 896 0120	8 791 0132	1 289 0144	1 949 0156	2 944 0168	4 389 0180	6 584 0192	9 779 0204	1 449 0216	2 169 0228	3 249 0240	4 849 0252	7 129 0264	1 049 0276	1 529 0288	2 249 0300	3 329 0312	4 889 0324	7 089 0336
88 0048	426 0052	1 069 0076	1 989 0095	3 294 0120	5 126 0144	7 794 0168	1 138 0192	1 719 0216	2 594 0240	3 989 0264	6 019 0288	8 989 0312	1 389 0336	2 109 0360	3 189 0384	4 809 0408	7 089 0432	1 059 0456	1 589 0480	2 389 0504	3 589 0528	5 389 0552	7 989 0576	1 179 0600
129 0044	426 0052	1 069 0076	1 989 0095	3 294 0120	5 126 0144	7 794 0168	1 138 0192	1 719 0216	2 594 0240	3 989 0264	6 019 0288	8 989 0312	1 389 0336	2 109 0360	3 189 0384	4 809 0408	7 089 0432	1 059 0456	1 589 0480	2 389 0504	3 589 0528	5 389 0552	7 989 0576	1 179 0600
77 0052	381 0062	859 0072	1 539 0084	2 497 0096	3 892 0108	5 896 0120	8 791 0132	1 289 0144	1 949 0156	2 944 0168	4 389 0180	6 584 0192	9 779 0204	1 449 0216	2 169 0228	3 249 0240	4 849 0252	7 129 0264	1 049 0276	1 529 0288	2 249 0300	3 329 0312	4 889 0324	7 089 0336
88 0048	426 0052	1 069 0076	1 989 0095	3 294 0120	5 126 0144	7 794 0168	1 138 0192	1 719 0216	2 594 0240	3 989 0264	6 019 0288	8 989 0312	1 389 0336	2 109 0360	3 189 0384	4 809 0408	7 089 0432	1 059 0456	1 589 0480	2 389 0504	3 589 0528	5 389 0552	7 989 0576	1 179 0600
129 0044	426 0052	1 069 0076	1 989 0095	3 294 0120	5 126 0144	7 794 0168	1 138 0192	1 719 0216	2 594 0240	3 989 0264	6 019 0288	8 989 0312	1 389 0336	2 109 0360	3 189 0384	4 809 0408	7 089 0432	1 059 0456	1 589 0480	2 389 0504	3 589 0528	5 389 0552	7 989 0576	1 179 0600
77 0052	381 0062	859 0072	1 539 0084	2 497 0096	3 892 0108	5 896 0120	8 791 0132	1 289 0144	1 949 0156	2 944 0168	4 389 0180	6 584 0192	9 779 0204	1 449 0216	2 169 0228	3 249 0240	4 849 0252	7 129 0264	1 049 0276	1 529 0288	2 249 0300	3 329 0312	4 889 0324	7 089 0336
88 0048	426 0052	1 069 0076	1 989 0095	3 294 0120	5 126 0144	7 794 0168	1 138 0192	1 719 0216	2 594 0240	3 989 0264	6 019 0288	8 989 0312	1 389 0336	2 109 0360	3 189 0384	4 809 0408	7 089 0432	1 059 0456	1 589 0480	2 389 0504	3 589 0528	5 389 0552	7 989 0576	1 179 0600
129 0044	426 0052	1 069 0076	1 989 0095	3 294 0120	5 126 0144	7 794 0168	1 138 0192	1 719 0216	2 594 0240	3 989 0264	6 019 0288	8 989 0312	1 389 0336	2 109 0360	3 189 0384	4 809 0408	7 089 0432	1 059 0456	1 589 0480	2 389 0504	3 589 0528	5 389 0552	7 989 0576	1 179 0600
77 0052	381 0062	859 0072	1 539 0084	2 497 0096	3 892 0108	5 896 0120	8 791 0132	1 289 0144	1 949 0156	2 944 0168	4 389 0180	6 584 0192	9 779 0204	1 449 0216	2 169 0228	3 249 0240	4 849 0252	7 129 0264	1 049 0276	1 529 0288	2 249 0300	3 329 0312	4 889 0324	



L'actualisation des flux donne le tableau suivant :

<b>Année</b>	<b>Flux actualisés</b>
1	16805566,03
2	19301607,02
3	15998831,85
4	11137884,03
5	7446842,114
6	4868680,618
7	3169981,675
8	2230302,181
9	1575731,507
10	1084890,557
11	874468,5915
12	701268,8748
13	614052,9929
14	526182,9304
15	424813,6696
16	345324,0155
17	304923,7092
18	277470,5786
19	229701,7361
20	244172,2608
21	310058,3576
22	352824,0691
23	355018,3177
24	243156,0112

TABLE 6 – Flux actualisés sur 24 ans

La somme des flux actualisés donne :  $BE = 89\,423\,754$

Notons que le Best Estimate obtenu par la méthode London Chain est souvent inférieur au Best Estimate obtenu par Chain Ladder. En effet, London Chain est considérée comme correction de la méthode Chain Ladder.

### IV.1.3 Méthode de Mack

On commence par tester la troisième hypothèse de Mack. Cette hypothèse stipule que la variance doit être indépendante de l'année de survenance considérée, pour tester cette hypothèse, on trace les résidus standardisés de Pearson, ces derniers doivent présenter une structure aléatoire, d'après le graphe, on constate que cette hypothèse est valide.

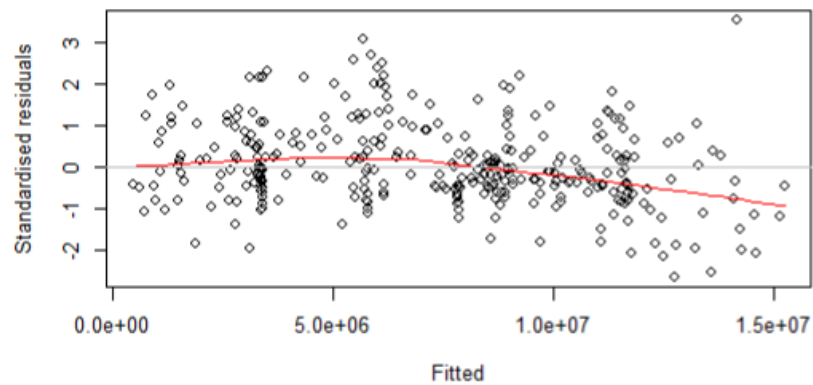


FIGURE 21 – Les tracés des résidus de la branche automobile corporelle

La méthode de Mack donne le même BE trouvé par la méthode de Chain.

#### IV. MODÉLISATION DU LIC

---

On procède maintenant au calcul du SEP (Standard Error of Prediction) et du MSEP (Mean Square Error of Prediction) :

i	SEP	MSEP
1	0	0
2	3889	15124321
3	5624	31629376
4	9518	90592324
5	19191	368294481
6	25891	670343881
7	32429	1051640041
8	32746	1072300516
9	35988	1295136144
10	44008	1936704064
11	49946	2494602916
12	56823	3228853329
13	65268	4259911824
14	77585	6019432225
15	118164	13962730896
16	134059	17971815481
17	146595	21490094025
18	175578	30827634084
19	280724	78805964176
20	325125	1,05706E+11
21	409291	1,67519E+11
22	70709	4999762681
23	1285721	1,65308E+12
24	2027073	4,10902E+12
25	2904154	8,43411E+12
26	4324839	1,87042E+13

FIGURE 22 – SEP et MSEP

On peut constater une augmentation progressive de ces mesures au fur et à mesure que les périodes avancent.

## IV.2 Calcul du Risk Adjustment

Dans cette partie, le Best Estimate utilisé est calculé en utilisant la méthode de Chain Ladder.

### IV.2.1 Méthode de calcul par les quantiles

Une méthode basée sur les quantiles exige un nombre significatif d'observations pour capturer les extrémités de la distribution. Ainsi, l'utilisation d'une méthode de Monte Carlo peut être envisagée pour atteindre cet objectif.

Cette méthode est réalisé sous le logiciel R. Après 1000 simulations des flux futurs actualisés. on obtient l'histogramme suivant :

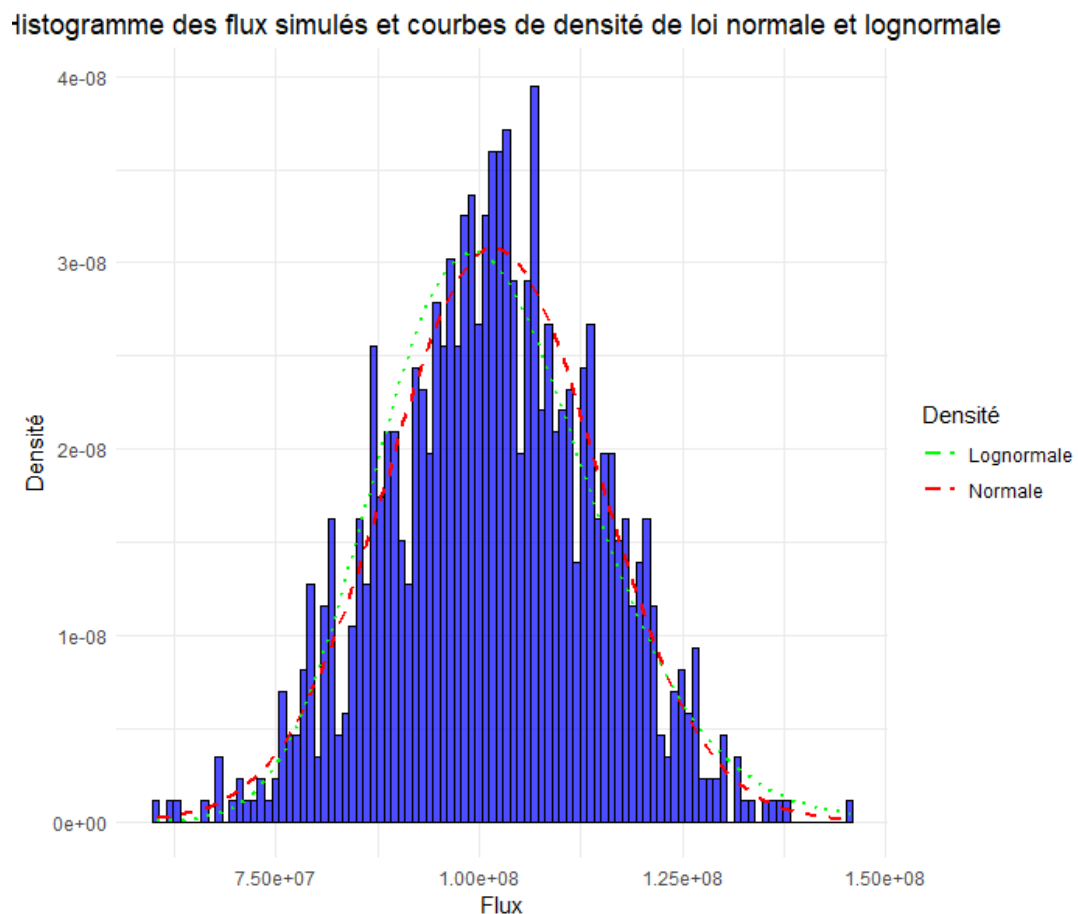


FIGURE 23 – Histogramme des flux simulés

Cette distribution ressemble à la distribution d'une loi log-normale ou d'une loi

normale.

On trace maintenant la fonction de répartition empirique associée à cette distribution et on la compare avec celle de la loi normale et la loi log-normale.

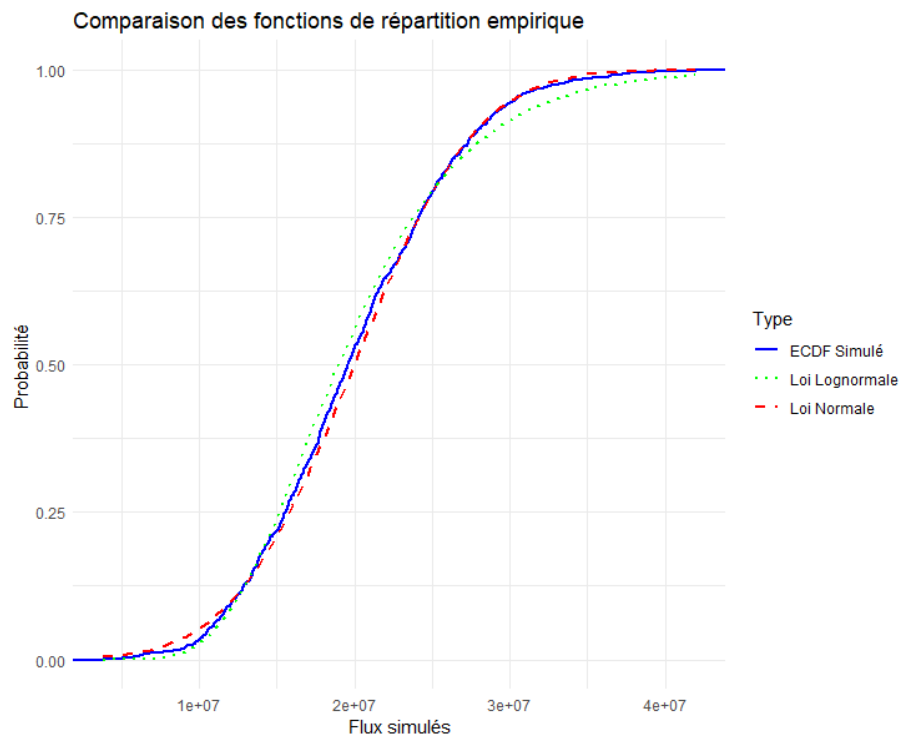


FIGURE 24 – Comparaison entre les fonctions de répartition empiriques

Le graphique compare la fonction de répartition empirique des flux simulés avec la distribution log-normale et la distribution normale. Il montre que la distribution normale semble mieux correspondre aux données empiriques simulées que la distribution log-normale.

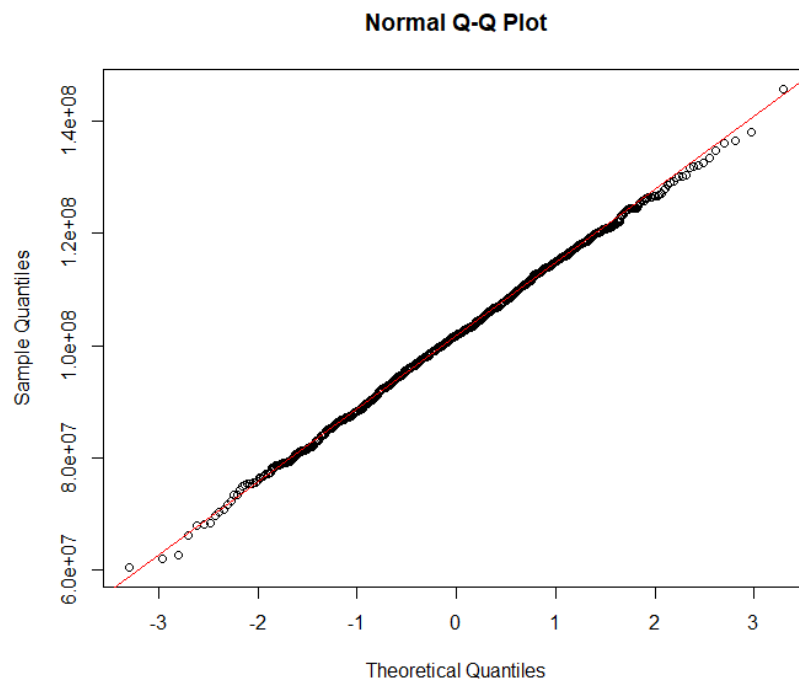


FIGURE 25 – Q-Q plot

Le Q-Q plot montre la distribution des quantiles par rapport aux quantiles théoriques d'une distribution normale. Les données semblent suivre assez bien la ligne droite centrale, ce qui suggère un certain degré de normalité, bien qu'il y ait des écarts notables aux extrémités.

Afin de tester la normalité, on effectue le test de Shapiro-Wilk.

```
> # Test de Shapiro-wilk pour la normalité
> shapiro.test(simulated_sums)

Shapiro-wilk normality test

data:  simulated_sums
W = 0.99856, p-value = 0.5928
```

FIGURE 26 – Test de Shapiro-Wilk

La p-value est de 0.592, ce qui est bien supérieur au seuil de signification communément utilisé de 0.05. Cela signifie que nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse nulle ( $H_0$ ) du test de Shapiro-Wilk, qui stipule que les données suivent une distribution normale.

On effectue maintenant le test de Kolmogorov-Smirnov pour tester l'adéquation.

```
> # Afficher les résultats des tests de Kolmogorov-Smirnov
> print(ks_test_normal)

      Asymptotic one-sample Kolmogorov-Smirnov test

data:  simulated_sums
D = 0.016598, p-value = 0.9458
alternative hypothesis: two-sided

> print(ks_test_lognormal)

      Asymptotic one-sample Kolmogorov-Smirnov test

data:  simulated_sums
D = 0.023404, p-value = 0.6438
alternative hypothesis: two-sided
```

FIGURE 27 – Résultats du test de Kolmogorov-Smirnov

Bien que les deux tests suggèrent une bonne adéquation, la p-value pour la distribution normale est beaucoup plus élevée (0.9458) par rapport à celle pour la distribution lognormale (0.6438). Cela peut être interprété comme une indication que les données pourraient être décrites par une distribution normale que par une distribution lognormale.

On calcule les critères d'information (AIC) afin de comparer les valeurs.

```
> # Afficher les AIC
> cat("AIC de la loi normale :", aic_normal, "\n")
AIC de la loi normale : 35365.64
> cat("AIC de la loi lognormale :", aic_lognormal, "\n")
AIC de la loi lognormale : 35375.26
```

FIGURE 28 – Comparaison des AIC

Puisque l'AIC est plus faible pour le modèle de loi normale, cela suggère qu'il offre un meilleur ajustement aux données par rapport au modèle de loi lognormale.

#### IV. MODÉLISATION DU LIC

---

Il ne reste que calculer les quantiles de la loi normale et déduire le RA.

On rappelle que  $RA = VaR_{\alpha\%} - BE$  et  $BE = 101589800$ .

Niveau de confiance	Quantile	RA
70%	108 540 344	6 950 544
75%	110 481 701	8 891 901
80%	112 643 494	11 053 694
85%	115 163 328	13 573 528
90%	118 333 855	16 744 055
95%	123 033 053	21 443 253

TABLE 7 – Tableau des quantiles et RA selon le niveau de confiance

Ces résultats montrent que plus le niveau de confiance est élevé, plus l'ajustement pour risque est important.

On effectue le même calcul en utilisant le TVaR, on rappelle que  $RA = TVaR_{\alpha\%} - BE$  et  $BE = 101589800$ .

Niveau de confiance	Quantile	RA
70%	111 204 145	9 614 345
75%	115 093 496	13 503 696
80%	116 427 523	14 837 723
85%	118 650 902	17 061 002
90%	120 097 659	18 407 859
95%	128 437 930	26 848 130

TABLE 8 – Tableau des quantiles et RA selon le niveau de confiance

On observe que le TVaR génère généralement des valeurs de RA plus élevées que la VaR pour un même niveau de confiance. Cela reflète la capacité accrue du TVaR à capturer les pertes extrêmes, ce qui le rend potentiellement plus approprié pour les scénarios de gestion des risques où l'accent est mis sur la protection contre les pertes exceptionnelles.

### IV.2.2 Méthode du coût de capital

Le taux du coût en capital pour la branche automobile corporelle est fixé à 4%.

La duration est de la valeur de 4,8.

donc :

$$RA_{\text{coût}} = BE \times \text{taux du coût de capital} \times \text{Duration} = 101589801 \times 0,04 \times 4,8$$

d'où

$$RA_{\text{coût}} = 19\,505\,242$$

On note que le choix entre la VaR, le TVaR et la méthode du coût du capital dépend des préférences de l'assureur en matière de gestion des risques et des caractéristiques spécifiques du portefeuille. L'utilisation de l'une ou l'autre mesure peut avoir des implications différentes sur le compte du résultat.

## V Modélisation du LRC

### V.1 RA LRC

Après avoir calculé le BE de la partie LRC, on calcule le Risk Adjustment LRC

On présente le résultat du RA LRC calculé à la méthode des coûts de capital.

<b>2019</b>	<b>LRC</b>	<b>PA</b>	<b>8 658 467</b>
		<b>BE</b>	<b>6 393 167</b>
		<b>RA</b>	<b>1 227 488</b>

FIGURE 29 – BE LRC et RA LRC

La norme IFRS 17 ne spécifie pas clairement si la méthode utilisée pour calculer le "Risk Adjustment" pour la partie Liabilities for Insurance Contracts (LIC) doit être la même méthode utilisée pour la partie Liabilities for Remaining Coverage (LRC). Cette absence de directive claire peut entraîner des incohérences dans le traitement des risques et compromettre la comparabilité des états financiers entre les entités. Une clarification de la norme sur cette question serait nécessaire pour garantir une application uniforme des méthodes de calcul du RA et assurer la transparence et la comparabilité des informations financières.

## V.2 Calcul de la CSM de l'année de transition 2019

Dans notre mémoire, la période de couverture de chaque contrat du groupe est égale à un an. La norme s'applique à partir du 31/12/2019 , donc la CSM d'ouverture et la CSM de clôture de l'année 2019 sont égales.

$$CSM_{t=2019} = \text{Primes acquises} - \text{Best Estimate} - \text{Risk Adjustment}$$

— Primes acquises en 2019 = 8 658 467 MAD

$$CSM_{t=2019} = 8\,658\,467 - 6\,393\,167 - 1\,227\,488$$

$$CSM_{t=2019} = 1\,037\,811$$

On remarque que la CSM  $\gg 0$  , donc les contrats sont profitables.

## VI Analyse des mouvements

### VI.1 Analyse du mouvement du passif LIC

Dans cette partie, le Best Estimate LIC est calculé en utilisant la méthode de Chain Ladder.

#### VI.1.1 BE Clôture

On calcule les flux non actualisés de l'année 2019 vu en 2020 à partir du triangle des règlements décumulé

	<b>Flux non actualisés de 2019 vu en 2020</b>
1	18 365 864
2	14 046 069
3	9 957 563
4	6 930 120
5	4 897 923
6	3 636 612
7	2 914 423
8	2 472 375
9	2 145 135
10	1 895 549
11	1 716 462
12	1 658 350
13	1 793 219
14	1 834 777
15	1 713 728
16	1 566 753
17	1 496 277
18	1 466 050
19	1 405 248
20	1 561 274
21	2 018 398
22	2 526 877
23	2 836 514
24	2 250 867

TABLE 9 – Flux non actualisés de 2019 vu en 2020

Après l'actualisation de ces flux, on trouve : BE Clôture de 2020 = 79 044 618

VI.1.2 Variation du BE et du RA d'une année à une autre

BE LIC	BE OUVERTURE		101 589 801
	Passage temps		2 387 606
	Retrait des flux de l'année en cours	-	22 524 287
	Changement d'hypothèse technique	-	4 397 676
	Changement de courbe de taux		1 989 175
	BE CLOTURE	101 589 801	79 044 618
RA LIC	RA OUVERTURE		19 505 242
	Variation RA	-	4 328 675
	RA CLOTURE	19 505 242	15 176 567

FIGURE 30 – Mouvement du BE LIC et RA LIC

- **Passage temps** : Aussi appelé effet de décalage ou "unwind", ce montant de 2 387 606 correspond à la charge de désactualisation des provisions.
- **Retrait des flux de l'année en cours** : Ce montant négatif de -22 524 287 consiste à retirer les cash-flows payés, estimés par les modèles de la période précédente.
- **Changement d'hypothèses techniques** : Ce montant de -4 397 676 résulte de la mise à jour des hypothèses du modèle.
- **Changement de la courbe de taux** : Ce montant positif de 1 989 175 est dû à la mise à jour de la courbe des taux, passant de la courbe des taux de la période  $n$  à celle de  $n + 1$ .

### VI.2 Mouvement de la CSM

On se place maintenant à l'année 2020. Les éléments suivants se calculent au passage de l'année 2019 vers l'année 2020.

#### VI.2.1 Calcul de la charge d'intérêt

$$\text{Charge d'intérêt} = 24\,391$$

La charge d'intérêt de 24 391 MAD représente l'accumulation des intérêts sur la CSM. Cette charge reflète la valeur temporelle de l'argent, augmentant ainsi la valeur de la CSM pour prendre en compte l'évolution dans le temps.

#### VI.2.2 Calcul du relâchement de la CSM

Puisqu'on est à la date de transition, la CSM de clôture calculée en 2020 est nulle. Donc :

$$\begin{aligned} \text{CSM}_{\text{cl\^oture}} &= \text{CSM}_{\text{ouverture}} + \text{Charge d'intérêt} - \text{Rel\^achement CSM} \\ &= 0 \end{aligned}$$

Donc :

$$\text{Rel\^achement CSM} = \text{CSM}_{\text{ouverture}} + \text{Charge d'intérêt}$$

$$\text{Rel\^achement CSM} = 1037811 + 24391$$

$$\text{Rel\^achement CSM} = 1\,062\,202$$

On peut résumer les résultats de la partie LRC dans la figure suivante :

		2 019	2 020	
2019	LRC	PA	8 658 467	
		BE	6 393 167	
		RA	1 227 488	
		CSM OUVERTURE	1 037 811	1 037 811
		CHARGE INTERET		24 391
		RELACHEMENT CSM		1 062 202
		CSM CLOTURE	1 037 811	-

FIGURE 31 – Résultats LRC

## VII Diversification du RA

Dans cette partie, le calcul du Risk Adjustment pour toutes les branches a été effectué par la méthode du coût en capital.

On étudie le cas de la diversification entre les différentes branches du portefeuille.

### VII.1 Calcul du RA global

L'évaluation du RA global peut s'appuyer sur la technique de l'agrégation modulaire. C'est la possibilité de recourir à des coefficients de corrélation entre les branches du portefeuille.

Soit  $\mathbf{R} = (RA_1, \dots, RA_n)$  le vecteur des RA élémentaires et Corr la matrice de corrélation entre les branches.

Le calcul du RA global peut être défini par :

$$RA_{\text{global}} = \sqrt{\mathbf{R}^T \text{Corr} \mathbf{R}}$$

avec :

$$RA_i = RA_{\text{LRC}_i} + RA_{\text{LIC}_i}$$

## VII. DIVERSIFICATION DU RA

Certains assureurs cherchent à éviter la duplication des travaux requis par les normes IFRS 17 en utilisant les calculs réalisés pour Solvabilité 2, y compris la matrice de corrélation entre les branches. Cependant, cette approche peut nécessiter des ajustements, notamment pour des paramètres comme l'horizon de risque. À ce jour, aucune méthode spécifique n'a été prescrite pour effectuer ces ajustements, donc les assureurs se basent sur la matrice de corrélation fournie par l'ACAPS dans le cadre de la Solvabilité 2.

Lob	PTA_Indiv_Acc	Incap_Inval	Maladie	AT	Auto_Corp	Auto_Mat	AUTO_NRC	RCG	Incendie	Risques_Divers	Transport
PTA_Indiv_Acc	1,0	1,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Incap_Inval	1,0	1,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Maladie	1,0	1,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AT	0,5	0,5	0,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Auto_Corp	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,3	0,5	0,5
Auto_Mat	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,3	0,5	0,5
AUTO_NRC	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	1,0	0,3	0,3	0,3	0,3
RCG	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,3	1,0	0,3	1,0	0,3
Incendie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,3	0,3	1,0	0,3	0,3
Risques_Divers	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,3	1,0	0,3	1,0	0,3
Transport	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	1,0

FIGURE 32 – Matrice de corrélation entre les branches

Après l'application de la formule du RA Global, on trouve le résultat suivant :

<b>DIVERSIFICATION RA</b>	
	<b>RA AVANT</b>
PTA_Indiv_Acc	11 980
Incap_Inval	151 142
Maladie	413 015
AT	1 126 986
Auto_Corp	20 732 730
Auto_Mat	3 324 860
AUTO_NRC	15 112
RCG	828 554
Incendie	205 937
Risques_Divers	287 153
Transport	38 369
<b>Total</b>	<b>27 135 836</b>
<b>RA Global</b>	<b>24 760 117</b>

FIGURE 33 – RA Global

## VII. DIVERSIFICATION DU RA

On remarque le total des RA élémentaires qui est le total avant diversification est bien plus élevé que le RA global diversifié.

### VII.2 Réallocation à partir du BE

Le RA étant calculé à partir du BE, on trouve alors le RA après diversification de chaque branche  $i$  à partir de la relation suivante :

$$\%RA\_diversifié_i = \frac{BE_i}{\sum BE_i}$$

Donc :

$$RA\_diversifié_i = \%RA\_diversifié_i \times RA\_global$$

On trouve alors les résultats suivants :

DIVERSIFICATION RA			
	2019		
	RA AVANT	BE	RA APRES
PTA_Indiv_Acc	11 980	23 714	23 343
Incap_Inval	151 142	386 403	380 361
Maladie	413 015	6 462 377	6 361 324
AT	1 126 986	6 462 377	6 361 324
Auto_Corp	20 732 730	6 393 167	6 293 196
Auto_Mat	3 324 860	3 303 628	3 251 968
AUTO_NRC	15 112	150 159	147 811
RCG	828 554	405 387	399 048
Incendie	205 937	486 504	478 896
Risques_Divers	287 153	762 162	750 243
Transport	38 369	317 567	312 601
Total	27 135 836	25 153 444	24 760 117
<b>RA Global</b>	24 760 117		

FIGURE 34 – Diversification RA

### VII.3 Détermination de RA LIC et RA LRC après diversification

La détermination de RA LIC et RA LRC après diversification s'effectue en calculant le pourcentage de chaque élément à partir du RA élémentaire, qui est la somme de RA LIC et RA LRC avant la diversification.

Nous présentons ici les résultats spécifiques de la branche automobile corporelle.

2 019			
<b>2019</b>	<b>LRC</b>	PA	8 658 467
		BE	6 393 167
		RA	1 227 488
		CSM OUVERTURE	1 037 811
		CHARGE INTERET	
		RELACHEMENT CSM	
	CSM CLOTURE	1 037 811	
	<b>BE LIC</b>	BE OUVERTURE	
		Passage temps	
		Retrait des flux de l'année en cours	
		Changement d'hypothese technique	
		Changement de courbe de taux	
	BE CLOTURE	101 589 801	
	<b>RA LIC</b>	RA OUVERTURE	
		Variation RA	
RA CLOTURE		19 505 242	

FIGURE 35 – RA LIC et RA LRC avant diversification

2 019			
<b>2019</b>	<b>LRC</b>	PA	8 658 467
		BE	6 393 167
		RA	372 591
		CSM OUVERTURE	1 892 709
		CHARGE INTERET	
		RELACHEMENT CSM	
	CSM CLOTURE	1 892 709	
	<b>BE LIC</b>	BE OUVERTURE	
		Passage temps	
		Retrait des flux de l'année en cours	
		Changement d'hypothese technique	
		Changement de courbe de taux	
	BE CLOTURE	101 589 801	
	<b>RA LIC</b>	RA OUVERTURE	
		Variation RA	
RA CLOTURE		5 920 606	

FIGURE 36 – RA LIC et RA LRC après diversification

La diversification a entraîné une diminution du RA. Cette réduction du RA a conduit à une augmentation de la CSM, qui est passée de 1 037 811 à 1 892 702.

## VII. DIVERSIFICATION DU RA

---

Cela indique que la diversification a eu un effet positif sur la CSM.

**Conclusion** Dans ce chapitre, nous avons calculés les provisions essentielles en BBA (LIC et LRC) pour 2019. Ainsi, nous avons analysé les mouvements de 2019 à 2020 pour identifier les changements de flux.

# Conclusion générale

Intitulé "Application des normes IFRS à un portefeuille non vie", ce sujet de stage avait pour objectif de mettre en place une application sous VBA-Excel qui va automatiser l'ensemble des évaluations et projections indispensables à la comptabilisation des contrats d'assurance sous IFRS 17, en mettant en place les différents options et choix inhérents à l'activité actuarielle.

Pour ce faire, nous avons choisi le modèle de comptabilisation simplifié à savoir le BBA que nous avons appliqué sur un portefeuille non vie. Dans ce rapport, nous mettons en exergue notre démarche pour l'usage automobile corporelle .

Après avoir explicité les hypothèses de travail, nous construisons la courbe de taux sans risque, puis nous appliquons les méthodes de projection expliquées dans la partie théorique, sur nos triangles pour l'année 2019, pour aboutir aux deux provisions essentielles en BBA : LIC et LRC.

Ensuite, nous passons à l'analyse de mouvement de l'année 2019 à l'année 2020, afin de distinguer les changements de flux et les postes responsables de ces changements, ce qui est d'ailleurs l'apport primordial de l'IFRS 17, afin d'offrir une évaluation plus prudente du passif.

# Bibliographie

- [1] IASB, IFRS 17 Insurance Contracts, 2020
- [2] IASB, IFRS Standards Illustrative Examples, 2017
- [3] IASB, IFRS, IFRS Standards Effects Analysis, 2017
- [4] Formation à la norme IFRS 17- RMA- 2023.
- [5] IFRS 17 :Formation dispensée à la SCR.
- [6] BAILLY R. and GEMIN N., IFRS 17 : interprétation de la norme,premiers résultats et leviers de pilotage pour un portefeuille dommages, 2019, IRM, EandY
- [7] LE GOFF M., Impacts méthodologiques de la norme IFRS 17 sur le provisionnement en assurance non-vie, 2019, ISFA, Addactis Software
- [8] POUGEON J., Ajustement pour risque sous IFRS 17 : impact des méthodes de calculs sur un portefeuille non-vie, 2019, ISFA.
- [9] RAY P., L'impact sur le résultat IFRS 17 d'un assureur automobile du choix du modèle comptable PAA ou BBA au travers des indicateurs de performance et de volatilité, 2020, Dauphine, Fixage
- [10] LE TESSON A. et al., Estimation de l'erreur de prédiction dans le cas de l'utilisation d'une combinaison de méthodes pour le calcul de provisions en assurance IARD, 2014, EURIA
- [11] addactis, Le risk adjustment sous IFRS 17, principes et enjeux opérationnels,2019, Les papiers d'ACTUARIS
- [12] Addactis, Introduction à la norme IFRS 17, 2017, InfoTech 48

- [13] "Comparaison de méthodes pour déterminer l'ajustement au titre du risque non-financier sous IFRS 17 : application pour un portefeuille non-vie" Haubruge, Olivia
- [14] IASB [2017] « IFRS 17 Insurance Contracts », IFRS Standards.
- [15] ACPR, International Accounting Standards Board (IASB), 2019
- [16] Aizac Robin, « Les composantes de la formation du résultat sous IFRS 17»
- [17] NJANPOU-WANDJI Wandj, « IFRS 17: Impact sur le résultat des méthodologies de calcul des éléments constituant le passif pour un portefeuille emprunteur»

# Annexe

## Annexe A : Interface de l'application VBA Excel

Cet outil permet d'effectuer les calculs de l'IFRS 17 à chaque année comptable à partir de l'année de transition 2019.

La première étape consiste à supprimer le dernier triangle à l'aide du bouton "Masquer". Ensuite, on récupère le triangle des règlements cumulés et on effectue le calcul à l'aide du bouton "Résultat".

Branche	Auto-Corporat	Triangle	Règlements cumulés	Années de développement	15	Masquer	Résultats	GO IFRS 17																		
N°	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11	N°12	N°13	N°14	N°15	N°16	N°17	N°18	N°19	N°20	N°21	N°22	N°23	N°24	N°25	
1594	162 370	201 833	1 872 359	2 210 315	3 073 009	4 025 806	4 614 708	4 938 932	5 083 253	5 077 227	5 055 908	5 040 484	5 031 359	5 030 940	5 030 320	5 029 804	5 029 400	5 029 100	5 028 900	5 028 800	5 028 800	5 028 800	5 028 800	5 028 800	5 028 800	5 028 800
1595	102 310	478 835	951 321	1 500 660	2 146 741	2 838 182	3 527 627	4 171 460	4 741 460	5 241 994	5 681 587	6 061 800	6 381 800	6 641 800	6 841 800	6 991 800	7 101 800	7 171 800	7 201 800	7 211 800	7 216 800	7 218 800	7 219 800	7 220 800	7 221 800	7 222 800
1596	27 004	381 620	809 068	1 510 041	2 330 484	3 207 260	4 100 327	4 967 237	5 767 237	6 567 237	7 317 237	8 017 237	8 667 237	9 267 237	9 817 237	10 317 237	10 767 237	11 167 237	11 517 237	11 817 237	12 067 237	12 267 237	12 417 237	12 517 237	12 567 237	12 587 237
1597	106 168	509 468	1 175 305	2 083 438	3 273 494	4 801 724	6 606 076	8 648 880	10 891 800	13 291 800	15 801 800	18 361 800	20 921 800	23 441 800	25 881 800	28 211 800	30 401 800	32 421 800	34 151 800	35 561 800	36 631 800	37 341 800	37 771 800	37 921 800	37 961 800	37 981 800
1598	128 680	1 053 607	2 374 657	4 330 592	6 900 547	10 102 639	13 829 661	17 981 785	22 459 757	27 163 785	32 003 785	36 879 785	41 691 785	46 349 785	50 853 785	55 213 785	59 429 785	63 503 785	67 335 785	70 925 785	74 273 785	77 289 785	79 875 785	82 041 785	83 789 785	85 119 785
1599	151 876	1 233 820	2 828 207	4 853 774	7 509 519	10 808 207	14 669 663	18 914 845	23 475 845	28 281 845	33 263 845	38 351 845	43 475 845	48 657 845	53 907 845	59 147 845	64 387 845	69 537 845	74 607 845	79 507 845	84 147 845	88 537 845	92 687 845	96 517 845	100 037 845	103 257 845
1600	185 054	1 485 700	3 462 869	6 083 313	9 535 363	13 820 280	18 859 800	24 584 800	30 924 800	37 810 800	45 184 800	53 088 800	61 464 800	70 252 800	79 404 800	88 872 800	98 608 800	108 564 800	118 692 800	128 944 800	139 272 800	149 628 800	159 964 800	170 280 800	180 576 800	190 852 800
1601	172 000	1 205 347	2 828 207	4 853 774	7 509 519	10 808 207	14 669 663	18 914 845	23 475 845	28 281 845	33 263 845	38 351 845	43 475 845	48 657 845	53 907 845	59 147 845	64 387 845	69 537 845	74 607 845	79 507 845	84 147 845	88 537 845	92 687 845	96 517 845	100 037 845	103 257 845
1602	205 142	1 508 860	3 462 869	6 083 313	9 535 363	13 820 280	18 859 800	24 584 800	30 924 800	37 810 800	45 184 800	53 088 800	61 464 800	70 252 800	79 404 800	88 872 800	98 608 800	108 564 800	118 692 800	128 944 800	139 272 800	149 628 800	159 964 800	170 280 800	180 576 800	190 852 800
1603	273 208	1 930 989	4 400 424	7 824 384	11 800 160	16 330 880	21 320 800	26 780 800	32 620 800	38 850 800	45 480 800	52 520 800	60 000 800	67 940 800	76 360 800	85 180 800	94 420 800	104 000 800	113 940 800	124 180 800	134 740 800	145 640 800	156 800 800	168 240 800	179 960 800	191 880 800
1604	326 048	2 291 100	5 008 607	8 924 366	13 300 160	18 140 800	23 350 800	28 940 800	34 920 800	41 300 800	48 080 800	55 280 800	62 920 800	71 020 800	79 500 800	88 380 800	97 680 800	107 340 800	117 380 800	127 840 800	138 720 800	149 960 800	161 580 800	173 600 800	186 040 800	198 920 800
1605	399 409	2 814 475	6 338 382	11 024 366	16 200 160	21 880 800	27 970 800	34 480 800	41 420 800	48 800 800	56 640 800	64 960 800	73 780 800	83 000 800	92 640 800	102 720 800	113 160 800	123 980 800	135 200 800	146 840 800	158 920 800	171 460 800	184 480 800	197 920 800	211 780 800	226 080 800
1606	492 072	3 510 006	8 070 867	14 300 160	21 500 160	29 680 800	38 850 800	48 020 800	57 200 800	66 400 800	75 640 800	84 920 800	94 240 800	103 600 800	113 000 800	122 440 800	131 920 800	141 440 800	151 000 800	160 600 800	170 240 800	180 000 800	190 000 800	200 240 800	210 720 800	221 440 800
1607	604 168	4 380 006	10 000 000	17 500 000	26 000 000	35 500 000	46 000 000	57 500 000	69 000 000	81 500 000	95 000 000	109 500 000	125 000 000	141 500 000	159 000 000	177 500 000	197 000 000	217 500 000	239 000 000	261 500 000	285 000 000	309 500 000	335 000 000	361 500 000	389 000 000	417 500 000
1608	739 305	5 430 006	12 500 000	21 500 000	32 000 000	44 000 000	57 500 000	72 500 000	89 000 000	107 000 000	126 500 000	147 500 000	170 000 000	194 000 000	219 500 000	246 500 000	275 000 000	305 000 000	336 500 000	369 500 000	404 000 000	440 000 000	477 500 000	516 500 000	557 000 000	600 000 000
1609	900 000	6 660 000	15 000 000	25 000 000	36 000 000	49 000 000	64 000 000	81 000 000	100 000 000	121 000 000	144 000 000	169 000 000	196 000 000	225 000 000	256 000 000	289 000 000	324 000 000	361 000 000	400 000 000	441 000 000	484 000 000	529 000 000	576 000 000	625 000 000	676 000 000	730 000 000
1610	1 087 000	8 070 000	18 000 000	30 000 000	44 000 000	61 000 000	81 000 000	104 000 000	130 000 000	159 000 000	191 000 000	226 000 000	264 000 000	305 000 000	349 000 000	396 000 000	446 000 000	500 000 000	557 000 000	617 000 000	680 000 000	746 000 000	815 000 000	887 000 000	963 000 000	1 043 000 000
1611	1 300 000	9 660 000	21 000 000	35 000 000	52 000 000	73 000 000	98 000 000	128 000 000	163 000 000	203 000 000	247 000 000	295 000 000	347 000 000	403 000 000	463 000 000	527 000 000	595 000 000	667 000 000	743 000 000	823 000 000	907 000 000	995 000 000	1 087 000 000	1 183 000 000	1 283 000 000	1 387 000 000
1612	1 537 000	11 430 000	25 000 000	42 000 000	63 000 000	89 000 000	121 000 000	159 000 000	203 000 000	253 000 000	307 000 000	365 000 000	427 000 000	493 000 000	563 000 000	637 000 000	715 000 000	797 000 000	883 000 000	973 000 000	1 067 000 000	1 165 000 000	1 267 000 000	1 373 000 000	1 483 000 000	1 597 000 000
1613	1 800 000	13 400 000	30 000 000	50 000 000	74 000 000	103 000 000	138 000 000	179 000 000	226 000 000	279 000 000	337 000 000	399 000 000	465 000 000	535 000 000	609 000 000	687 000 000	769 000 000	855 000 000	945 000 000	1 039 000 000	1 137 000 000	1 239 000 000	1 345 000 000	1 455 000 000	1 569 000 000	1 687 000 000
1614	2 097 000	15 660 000	35 000 000	58 000 000	86 000 000	121 000 000	163 000 000	213 000 000	270 000 000	333 000 000	401 000 000	474 000 000	551 000 000	632 000 000	717 000 000	805 000 000	897 000 000	993 000 000	1 093 000 000	1 197 000 000	1 305 000 000	1 417 000 000	1 533 000 000	1 653 000 000	1 777 000 000	1 905 000 000
1615	2 427 000	18 290 000	42 000 000	70 000 000	104 000 000	146 000 000	196 000 000	254 000 000	319 000 000	391 000 000	469 000 000	553 000 000	643 000 000	739 000 000	841 000 000	949 000 000	1 063 000 000	1 183 000 000	1 309 000 000	1 441 000 000	1 579 000 000	1 723 000 000	1 873 000 000	2 029 000 000	2 191 000 000	2 359 000 000
1616	2 887 000	21 390 000	48 000 000	80 000 000	120 000 000	169 000 000	227 000 000	294 000 000	369 000 000	451 000 000	539 000 000	633 000 000	733 000 000	839 000 000	951 000 000	1 069 000 000	1 193 000 000	1 323 000 000	1 459 000 000	1 601 000 000	1 749 000 000	1 903 000 000	2 063 000 000	2 229 000 000	2 401 000 000	2 579 000 000
1617	3 480 000	25 060 000	56 000 000	95 000 000	144 000 000	203 000 000	271 000 000	348 000 000	434 000 000	527 000 000	627 000 000	733 000 000	845 000 000	963 000 000	1 087 000 000	1 217 000 000	1 353 000 000	1 495 000 000	1 643 000 000	1 797 000 000	1 957 000 000	2 123 000 000	2 295 000 000	2 473 000 000	2 657 000 000	2 847 000 000
1618	4 217 000	29 430 000	66 000 000	110 000 000	160 000 000	220 000 000	289 000 000	367 000 000	454 000 000	549 000 000	651 000 000	759 000 000	873 000 000	993 000 000	1 119 000 000	1 251 000 000	1 389 000 000	1 533 000 000	1 683 000 000	1 839 000 000	1 999 000 000	2 165 000 000	2 337 000 000	2 515 000 000	2 699 000 000	2 889 000 000
1619	5 100 000	34 510 000	78 000 000	130 000 000	190 000 000	260 000 000	339 000 000	427 000 000	524 000 000	629 000 000	743 000 000	865 000 000	995 000 000	1 133 000 000	1 279 000 000	1 431 000 000	1 589 000 000	1 753 000 000	1 923 000 000	2 099 000 000	2 281 000 000	2 469 000 000	2 663 000 000	2 863 000 000	3 069 000 000	3 281 000 000

Ensuite, le bouton "Go IFRS 17" permet d'accéder à la partie correspondant aux différents calculs du passif.

**IFRS 17**

||
||
||

Les boutons "Réinitialiser LIC", "Réinitialiser LRC" et "Réinitialiser Résultat" permettent d'effacer le contenu des tableaux récapitulatifs des parties LIC, LRC et Résultat uniquement lorsque le calcul est effectué en année de transition.

Le bouton "Remplir les taux forwards" permet de récupérer les taux forwards relatifs à l'année de calcul à partir d'une autre feuille contenant les taux sans risque. Cette feuille est nommée "Taux ZC - Taux FWD".

Ensuite, les boutons "LIC" et "LRC" permettent de calculer les composantes de chaque partie et fournissent les résultats suivants :

		2 019	2 020
<b>2019</b>	<b>LRC</b>	PA	8 658 467
		BE	6 393 167
		RA	1 227 488
		CSM OUVERTURE	1 037 811
		CHARGE INTERET	
		BELACHEMENT CSM	
	CSM CLOTURE	1 037 811	
	<b>BE LIC</b>	BE OUVERTURE	
		Passage temps	
		Retrait des flux de l'année en cours	
		Changement d'hypothese technique	
		Changement de courbe de taux	
	<b>RA LIC</b>	BE CLOTURE	101 589 801
		RA OUVERTURE	
Variation RA			
RA CLOTURE		19 505 242	

Après avoir effectué ces calculs pour toutes les feuilles disponibles, on se place dans une autre feuille nommée "Diversification".

		DIVERSIFICATION RA		
		RA AVANT	2019 BE	RA APRES
Date de calcul	2019			
Annee de transition	2019			
PTA_Indiv_Acc		11 980	23 714	23 343
Incap_Inval		151 142	386 403	380 361
Maladie		413 015	6 462 377	6 361 324
AT		1 128 986	6 462 377	6 361 324
Auto_Corp		20 732 730	6 393 167	6 293 186
Auto_Mat		3 324 860	3 303 628	3 251 968
AUTO_NPC		15 112	150 159	147 511
PCG		828 554	405 387	399 048
Incendie		205 937	486 504	478 896
Risques_Divers		287 153	762 162	750 243
Transport		38 369	317 567	312 601
Total		27 135 836	25 153 444	24 760 117
<b>RA Global</b>				24 760 117

Le bouton "Réinitialiser RA" permet d'effacer le contenu du tableau. De plus, le bouton "Remplir RA" effectue le calcul du RA Global ainsi que la réallocation à partir du BE. Enfin, le bouton "Remplir RA diversifié feuilles" permet d'affecter la nouvelle valeur du RA LIC et RA LRC dans chaque feuille relative à chaque

branche.

Enfin, en cliquant sur le bouton "Output après diversification" dans chaque feuille, on remplit les nouveaux tableaux relatifs au calcul des autres composantes après la diversification. Le nouveau tableau se trouve à côté de celui avant la diversification afin de comparer les résultats.

2 019			
2019	LRC	PA	8 658 467
		BE	6 393 167
		RA	1 227 488
		CSM OUVERTURE	1 037 811
		CHARGE INTERET	
		RELACHEMENT CSM	
		CSM CLOTURE	1 037 811
	BE LIC	BE OUVERTURE	
		Passage temps	
		Retrait des flux de l'année en cours	
		Changement d'hypothese technique	
		Changement de courbe de taux	
		BE CLOTURE	101 589 801
	RA LIC	RA OUVERTURE	
		Variation RA	
RA CLOTURE		19 505 242	

FIGURE 38 – Résultats avant diversification

2 019			
2019	LRC	PA	8 658 467
		BE	6 393 167
		RA	372 591
		CSM OUVERTURE	1 892 709
		CHARGE INTERET	
		RELACHEMENT CSM	
		CSM CLOTURE	1 892 709
	BE LIC	BE OUVERTURE	
		Passage temps	
		Retrait des flux de l'année en cours	
		Changement d'hypothese technique	
		Changement de courbe de taux	
		BE CLOTURE	101 589 801
	RA LIC	RA OUVERTURE	
		Variation RA	
RA CLOTURE		5 920 606	

FIGURE 39 – Résultats après diversification