

**INSTITUT INTERNATIONAL DES  
ASSURANCES**

**(IIA)**



BP: 1575 Yaoundé (Rep. Du Cameroun)

Tel: (+237)222-20.7152

Fax: (+237)222.207.151

Site Web: [www.iiayaounde.com](http://www.iiayaounde.com)

**INSTITUT DE SCIENCE FINANCIÈRE ET  
D'ASSURANCES**

**(ISFA)**



BP : 50 Lyon (République Française)

Tel: +33(0)4.37.28.74.74

Fax: +33(0)4.37.28.76.32

Site Web: [www.isfa.univ-lyon1.fr](http://www.isfa.univ-lyon1.fr)

## **MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES**

**POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER EN ACTUARIAT**

### **ANALYSE ET OPTIMISATION DE LA RENTABILITÉ DE LA BRANCHE RESPONSABILITÉ CIVILE GÉNÉRALE**

**PRÉSENTÉ PAR :**

DIBI N'guessan Salomon

**ENCADREUR PÉDAGOGIQUE**

**M. Éric MANIABLE**

Actuaire

Enseignant à l'IIA de Yaoundé

**TUTEUR DE STAGE**

**M. Janvier AVIT**

Responsable du service Réassurance  
et Études de Projets de SUNU  
Assurances IARD Côte d'Ivoire

Septembre 2021

*À mes parents, qui m'ont toujours soutenu.*

## REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier Janvier AVIT qui m'a accueilli en stage au sein de son département réassurance et étude de projets de SUNU Assurances IARD CÔTE D'IVOIRE. Il m'a été d'une grande aide pour la recherche de la base de données nécessaire à l'étude.

Je remercie Éric MANIABLE pour son suivi académique et son soutien dans la réalisation de ce mémoire. En tant qu'encadreur pédagogique, il a su être présent et disponible pour me guider dans l'élaboration du mémoire.

Je remercie spécialement Prométhée Kouamé pour sa disponibilité et les conseils qu'il m'a prodigués.

Enfin, mes remerciements vont au corps enseignant pour la qualité de la formation qui m'a permis d'acquérir les connaissances nécessaires à la réalisation de ce mémoire, à toute la direction technique de SUNU Assurances IARD qui a réussi tout ce temps à me soutenir, à mes parents, ma mère qui ont été d'une grande patience et d'un grand soutien durant ces deux dernières années.

## RÉSUMÉ

L'inversion du cycle de la production, l'actualité économique et réglementaire des entreprises d'assurance intensifient la réflexion sur la rentabilité des produits d'assurance.

Il est du ressort de l'assureur de veiller à dégager le meilleur résultat possible par les différents leviers dont il dispose. La surveillance du portefeuille par l'analyse de sa rentabilité se profile comme un des leviers permettant de piloter le portefeuille et de garantir la pérennité de l'activité d'assurance.

Nous cherchons, dans le cas de SUNU Assurance IARD et de la réglementation CIMA à analyser par des indicateurs pertinents traduisant la réalité économique, la rentabilité du portefeuille Assurances Responsabilité Civile Générale à des fins d'optimisation.

Ainsi, nous observerons d'abord la rentabilité à travers divers indicateurs de rentabilité notamment le ratio de sinistralité, le ratio combiné et le ratio combiné économique puis nous essayerons d'en optimiser les niveaux tout en tenant compte des contraintes de nos données.

L'activité de la branche responsabilité civile générale de SUNU IARD s'est avérée techniquement rentable aussi bien dans sa globalité qu'au niveau des produits commercialisés.

Enfin, nous avons proposé des moyens d'optimisation de la rentabilité en tenant compte de nos contraintes de données.

Mots clés : inversion du cycle de production, réalité économique, portefeuille, indicateur de rentabilité, réglementation CIMA, optimisation.

## ABSTRACT

The reversal of the production cycle, the economic and regulatory news of insurance companies intensify the reflection on the profitability of insurance products.

It is the responsibility of the insurer to ensure the best possible result through the various levers at its disposal. Monitoring the portfolio by analysing its profitability is emerging as one of the levers for managing the portfolio and ensuring the sustainability of the insurance business.

In the case of SUNU Insurance IARD and CIMA regulations, we are looking to analyse by relevant indicators reflecting economic reality, the profitability of the General Liability Insurance portfolio for optimization purposes.

Thus, we will first observe profitability through various profitability indicators including the loss ratio, the combined ratio and the economic combined ratio, and then we will try to optimize the levels while taking into account the constraints of our data.

The activity of the general liability branch of SUNU IARD has proven to be technically profitable, both as a whole and in terms of the products marketed.

Finally, we have proposed ways to optimize profitability while taking into account our data constraints

Keywords: reversal of the production cycle, economic reality, portfolio, profitability indicator, CIMA regulations, optimization.

## SIGLES ET ABREVIATIONS

ASACI : Association des Sociétés d'assurances de Côte d'Ivoire

BE : Best Estimate

CIMA : Conférence Interafricaine des Marchés d'Assurance

CART: Classification And Regression Tree

CL: Chain Ladder

COR: Combined Ratio (Ratio combiné)

CoR: Cost of Capital

DD: Dossier par Dossier

ECR: Economic Ratio Combined

FANAF : Fédération des Sociétés d'Assurances de Droit National Africaines

GLM: Generalized Linear Models

IARD: Incendies Accidents et Risques Divers

IBNR: Incurred But Not Reported

LC : London Chain

PSAP : Provision pour Sinistres À Payer

RC : Responsabilité Civile

RCE : Ratio Combiné Économique

RGPD : Règlement Général sur la Protection des Données

SCE : Sommes des carrés des écarts

TR : Triangle de règlements

VTC : Valeur Temps Comptable

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Exemple de ventilation de la prime .....	36
Tableau 2:Fonctions de liens canoniques associés aux lois de probabilités usuelles de la famille exponentielle .....	45
Tableau 3:Tableau des anomalies.....	62
Tableau 4:Évolution du CA net du cout de police .....	63
Tableau 5:indicateurs de rentabilité RC École.....	81
Tableau 6: instabilité et irrégularité des règlements RC École .....	81
Tableau 7:Triangle de règlements cumulés .....	82
Tableau 8:Triangle complété des règlements de la branche Responsabilité Civile .....	83
Tableau 9:Provisions ultimes par année de souscription.....	84
Tableau 10:Paramètre de la méthode de London Chain .....	84
Tableau 11:SCE des méthodes de provisionnement portefeuille RC.....	85
Tableau 13:Règlements des sinistres liés à la souscription 2010 .....	90

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Chiffre d'affaires SUNU Assurances IARD.....	13
Figure 2:Évolution du Chiffres d'affaires Assurances Responsabilité Civile Côte d'Ivoire (source rapport ASACI) .....	18
Figure 3:Évolution du Chiffres d'affaires Assurances Responsabilité Civile SUNU Assurances IARD Côte d'Ivoire (source rapport ASACI) .....	18
Figure 4: Illustration du triangle des règlements cumulés.....	38
Figure 5:Une illustration de l’algorithme K-means. (1) On dispose de 4 points à classer en deux classes. (2) A l’initialisation, deux de ces points sont choisis comme centres de classe. (3) Deux classes sont créées en regroupant les autres points en fonction.....	52
Figure 6:illustration d'un arbre de décision .....	55
Figure 7: Évolution du CA entre 2010 et 2020 .....	63
Figure 8:Composition du portefeuille globale par polices .....	64
Figure 9 : composition du portefeuille 2020 .....	64
Figure 10: box plot primes nettes par produit de la période 2010-2020.....	65
Figure 11: box plot primes nettes par produit 2020 .....	65
Figure 12 : Évolution du Chiffre d'affaires des produits de la RC générale.....	65
Figure 13:Evolution Chiffre d'affaires RC Entreprise .....	66
Figure 14: Évolution chiffre d'affaires RC Professions libérales .....	66
Figure 15: Évolution du chiffre d'affaires RC Événement .....	66
Figure 16: Évolution du chiffre d'affaires RC École .....	66
Figure 17:évolution de la charge sinistre du portefeuille RC .....	67
Figure 18: boxplot règlements par année .....	68
Figure 19:Coût moyen des sinistres du portefeuille RC .....	68
Figure 20: Évolution courbe d'inflation en Côte d'ivoire.....	69
Figure 21: Coût moyen RC Entreprises.....	70
Figure 22: boxplot règlements par année .....	70
Figure 23:Evolution de la charge sinistre RC Entreprise .....	71
Figure 24:Coût moyen des règlements RC Pro.....	72
Figure 25:Evolution charge sinistre RC Professions Libérales .....	72
Figure 26:Évolution charge sinistre RC École .....	73
Figure 27:Ratio de sinistralité du portefeuille RC.....	74
Figure 28: Ratio Règlements/Primes nettes du Portefeuille RC.....	74
Figure 29:Ratio de sinistralité portefeuille RC Entreprises .....	75
Figure 30:Ratio Règlements/Primes nettes Portefeuille RC Entreprises .....	75
Figure 31:Ratio de sinistralité portefeuille RC Professions Libérales.....	76
Figure 32:Ratio Règlements/Primes nettes Portefeuille RC Professions Libérales.....	76
Figure 33:Ratio Règlements/Primes nettes Portefeuille RC École .....	76
Figure 34:Ratio de sinistralité portefeuille RC École .....	76
Figure 35:Ratio de Combiné portefeuille RC .....	77
Figure 36:Ratio de Combiné portefeuille RC Entreprise .....	78
Figure 37:Ratio de Combiné portefeuille RC Professions libérales .....	79
Figure 38:Ratio de Combiné portefeuille RC École .....	80

Figure 39:Triangle de règlements cumulés .....	82
Figure 40: Vérification de l'hypothèse H1 .....	83
Figure 41::Triangle complété des règlements de la branche Responsabilité Civile .....	83
Figure 42:Provisions ultimes par année de souscription .....	84
Figure 43:Paramètre de la méthode de London Chain .....	84
Figure 44:Triangle de règlements complété de London Chain .....	84
Figure 45:Provisions ultimes et provision globale Tail factor .....	84
Figure 46:Triangle de règlements complété de Mack.....	85
Figure 47: Provisions ultimes et globale Mack .....	85
Figure 48:surprovisionnement dossier par dossier.....	86
Figure 49:Ratio de sinistralité London Chain vs Ratio de sinistralité dossier par dossier .....	87
Figure 50:Ratio Combiné avec provision London Chain vs Ratio Combiné avec provision dossier par dossier .....	88
Figure 51: Courbe des taux côte d'ivoire du 20/08/2021. Source : umoatitres.....	89
Figure 52: ratio combiné économique Portefeuille RC Générale .....	90
Figure 53: Ratio combiné économique RC Entreprise.....	91

## TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	1
RÉSUMÉ .....	2
ABSTRACT .....	3
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	11
<b>I. CADRE GÉNÉRAL – PROBLÉMATIQUE.....</b>	<b>12</b>
<b>A CADRE DU MÉMOIRE .....</b>	<b>12</b>
1 <i>SUNU Assurances IARD Côte d'Ivoire</i> .....	12
1.1 Présentation .....	12
2 <i>État du marché de l'Assurance Responsabilité Civile</i> .....	17
2.1 En Côte d'ivoire.....	17
2.2 Les chiffres de SUNU IARD en RC. ....	18
3 <i>Problématique</i> .....	19
<b>B CADRE CONCEPTUEL ET THÉORIQUE .....</b>	<b>19</b>
1 <i>La Responsabilité Civile générale (RC)</i> .....	19
1.1 Notion de responsabilité civile.....	19
2 <i>Les polices et Garanties</i> .....	21
3.1 Le taux de prime.....	22
3.1.1 L'activité de l'entreprise .....	23
3.1.2 La nature de la garantie.....	23
3.2 L'assiette de cotisation .....	23
3.2.1 Le chiffre d'affaires .....	23
3.2.2 Nombre des salariés ou salaires et rémunérations .....	23
3.3 Modalité de paiement de la prime.....	23
4 <i>Le sinistre de responsabilité civile</i> .....	24
<b>II. CADRE THEORIQUE : REVUE DE LITTÉRATURE .....</b>	<b>25</b>
<b>A. LA RENTABILITÉ EN ASSURANCE .....</b>	<b>25</b>
1 <i>Les indicateurs de mesure de la rentabilité</i> .....	25
1.1 Le ratio de sinistralité .....	25
1.2 Le ratio combiné.....	25
1.3 Le Ratio Combiné Économique.....	26
2 <i>Facteurs influençant la rentabilité</i> .....	31
2.1 La sélection et l'anti-sélection.....	31
2.2 L'asymétrie d'information.....	32
2.3 L'aléa moral.....	34
2.4 La franchise .....	34
2.5 Le montant des garanties (coût des sinistres).....	34
2.6 La tarification : l'évaluation de la prime.....	35
<b>B. MÉTHODES DE PROVISIONNEMENT .....</b>	<b>36</b>
1 <i>La méthode dossier par dossier</i> .....	36
2 <i>Les Méthodes Statistique de provisionnement</i> .....	37
2.1 La méthode Chain Ladder Standard .....	37
2.1.1 Approche de détermination de la provision .....	38
2.1.2 Calcul des facteurs de développements ( $f_j$ ).....	39
2.1.3 Calcul des charges ultimes $S_i$ , provisions $R_i$ et de la provision globale $R$ .....	39
2.1.4 Validation du modèle .....	40

2.2	La méthode London Chain.....	40
2.3	La méthode de Mack.....	41
2.4	Le Choix de la méthode.....	42
<b>C.</b>	<b>LES INSTRUMENTS D'ANALYSE DE LA RENTABILITÉ ET DE PROFILAGE D'UN PORTEFEUILLE.....</b>	<b>42</b>
1	<i>Les outils de modélisation de la rentabilité.....</i>	<i>42</i>
1.1	Le modèle linéaire gaussien.....	43
1.2	Généralité sur les GLM.....	43
1.2.1	La famille exponentielle.....	45
1.2.2	L'estimation des paramètres.....	46
1.2.3	Validation du modèle.....	47
1.2.4	Choix du modèle.....	48
1.2.5	Sélections des variables.....	48
2	<i>Les instruments de profilage du portefeuille.....</i>	<i>49</i>
2.1	Mesures de similarité, de dissimilarité et distance.....	49
2.2	Formalisation de la problématique de classification.....	50
2.3	La classification non supervisée.....	51
2.3.1	La méthode des K-means.....	51
2.3.2	La classification ascendante hiérarchique.....	53
2.4	La classification supervisée.....	54
2.4.1	La méthode CART.....	54
2.4.2	Random Forest.....	56
<b>III.</b>	<b>CADRE PRATIQUE ANALYSE DU PORTEFEUILLE ET DE LA RENTABILITÉ.....</b>	<b>58</b>
<b>A</b>	<b>PRÉSENTATION DES DONNÉES.....</b>	<b>58</b>
1	<i>Description des données.....</i>	<i>58</i>
2	<i>Retraitement.....</i>	<i>61</i>
<b>B</b>	<b>ANALYSE DU PORTEFEUILLE.....</b>	<b>62</b>
1	<i>Analyse du chiffre d'affaires.....</i>	<i>62</i>
1.1	Analyse de l'évolution globale du chiffre d'affaires.....	63
1.2	Composition du portefeuille RC.....	64
1.3	Analyse de l'évolution du chiffre d'affaires par produits.....	65
2	<i>Analyse de la charge sinistre.....</i>	<i>67</i>
2.1	Analyse de l'évolution globale de la charge sinistre.....	67
2.1	Évolution de la sinistralité des produits.....	70
3	<i>Analyse de la rentabilité par les ratios classiques.....</i>	<i>74</i>
3.1	Ratio de sinistralité S/P.....	74
3.1.1	Ratio de sinistralité du portefeuille global.....	74
3.1.2	Ratio de sinistralité des produits du portefeuille.....	75
3.2	Ratio combiné.....	77
3.2.1	Étude globale.....	77
3.2.2	Étude détaillée.....	78
4	<i>Provisionnement par les méthodes statistique.....</i>	<i>82</i>
4.1	Chain Ladder avec prise en compte d'un Tail factor.....	82
4.2	London Chain.....	84
4.3	Mack.....	85
4.4	Choix de la méthode de provisionnement.....	85
4.5	Comparaison des indicateurs de la rentabilité.....	87
5	<i>Ratio Combiné Économique.....</i>	<i>88</i>
5.2	Duration.....	89
5.3	Application (ratio combiné économique).....	90
<b>IV.</b>	<b>MOYENS D'OPTIMISATION DE LA RENTABILITÉ.....</b>	<b>92</b>
1	<i>La segmentation des risques.....</i>	<i>92</i>

3	<i>L'ajustement du taux de prime</i> .....	92
B	RECOMMANDATIONS OPÉRATIONNELLES.....	93
1	<i>Renseignement des éléments de tarification</i> .....	93
2	<i>Privilégier les canaux de distribution directs</i> .....	93
	CONCLUSION GÉNÉRALE .....	94

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le principe général de la responsabilité civile est prévu dans le Code civil. Il est une obligation légale qui impose à toute personne physique ou morale de réparer les dommages causés à une victime de son fait, de celui des personnes dont elle doit répondre ou des choses dont elle a la charge. Dans un contexte de transformation structurelle de nos économies, d'industrialisation, de changement de nos modes vie et de mécanisation des activités de la vie humaine, l'assurance de responsabilité civile permet de garantir les conséquences pécuniaires encourues par l'assuré lorsque celui-ci cause un dommage à un tiers.

SUNU Assurances IARD CÔTE D'IVOIRE, filiale à plus de 99,9993% de SUNU PARTICIPATION est chargée de distribuer les produits du groupe grâce à ses différents partenaires. Aujourd'hui, dans un marché de plus en plus tendu où la concurrence se fait très forte avec des outils de comparaison des prix mis à dispositions des assurés, la compagnie doit donc proposer des produits performants, innovants, répondant aux problématiques des souscripteurs, tout en faisant face à des problèmes de rentabilité qu'il est nécessaire de surveiller dans le contexte règlementaire de la CIMA.

Ce mémoire a pour objet l'analyse et l'optimisation de la rentabilité d'un portefeuille de la branche responsabilité civile générale. L'objectif de ce travail n'est pas avant tout de déterminer une méthode d'optimisation de la rentabilité mais plutôt de proposer une méthodologie suffisamment large pour analyser la rentabilité du portefeuille et des produits à des fins d'optimisation.

Dans une première partie qui pose le cadre du mémoire et la problématique, nous présenterons les activités de la compagnie SUNU Assurances IARD CÔTE D'IVOIRE, le fonctionnement et les garanties couvertes par l'assurance responsabilité civile ainsi qu'une revue de littérature sur la rentabilité en assurance, les méthodes de provisionnement et les instruments d'analyse de la rentabilité et du profilage d'un portefeuille.

Une deuxième partie s'articulera autour de l'étude du portefeuille et de sa rentabilité au travers des indicateurs classiques de rentabilité et du Ratio Combiné Économique (RCE).

Pour finir, une troisième partie présentera les moyens d'optimisation de la rentabilité de notre portefeuille en tenant compte de nos contraintes de données.

## I. CADRE GÉNÉRAL – PROBLÉMATIQUE

### A Cadre du mémoire

#### 1 SUNU Assurances IARD Côte d'Ivoire

##### 1.1 Présentation

Monsieur PATHE DIONE, Directeur Afrique de l'Union des Assurances de Paris (UAP) qui deviendra AXA, décide en 1998, de créer avec d'anciens collaborateurs, un groupe panafricain d'assurances au service du continent. Il signe un protocole d'accord avec le groupe AXA-UAP et crée le Groupe SUNU avec comme société mère SUNU Finances Holding SAS&, en leur rachetant cinq filiales africaines : CSAR Vie au Sénégal qui deviendra ensuite UA Sen-Vie (Union des Assureurs du Sénégal), UAT-Vie au Togo (Union des Assureurs du Togo), UBA-Vie au Bénin (Union des Assureurs du Bénin), UAC-IARD en Centrafrique (Union des Assureurs de la Centrafrique) et UGAN-IARD au Niger (Union Générale des Assureurs du Niger).

Aujourd'hui, Le groupe SUNU est présent dans 15 pays d'Afrique subsaharienne avec une vingtaine de sociétés d'assurance et autres sociétés affiliées. Son chiffre d'affaires consolidé s'élève à 195 milliards de FCFA (rapport SUNU 2019). Le groupe SUNU est constitué de plusieurs entités :

- **SUNU Finance Holding SAS** qui est la société mère du Groupe Sunu.
- **SUNU Participations Holding SA** qui est la holding de gestion qui détient directement ou indirectement toutes les sociétés du groupe.
- **SUNU Investment Holding SA** est la filiale à 100% de SUNU Participations Holding SA qui regroupe les fonctions transversales métiers dont la mission est d'assister les sociétés du Groupe SUNU. Ces métiers sont les suivants : la Direction Comptabilité et Consolidation, la Direction de l'Audit, les Directions Informatiques Vie et IARD, les Directions Techniques Centrales Vie et IARD, la Direction Communication, la Direction du Développement Commercial et la Direction Juridique.
- **SUNU Assurances** est la marque commerciale des filiales d'assurances de SUNU Participations Holding SA. Depuis 2015, année d'uniformisation de la marque du Groupe SUNU, 23 sociétés portent cette dénomination.
- **SUNU Bank** est la marque commerciale des sociétés bancaires de SUNU Investment Holding SA.
- **SUNU Santé**, créée en 2017, a pour vocation la gestion des budgets de santé des entreprises et les portefeuilles santé des sociétés d'assurance avec des outils à la pointe de la technologie. L'objectif est de faciliter l'accès aux soins aux patients.

SUNU Assurances IARD Côte d'Ivoire est une filiale détenue à 99,9993 % par SUNU Participations, sa naissance s'est faite grâce à une mutation. En effet, au début des années 1960, le groupe « Les Mutuelles du Mans Assurances », société d'assurance de droit français s'est installée

en Côte d'Ivoire. Il a opéré sur le marché ivoirien jusqu'en 1987 au travers d'une succursale qui deviendra en 1997 « Le Mans Assurances Internationales IARD ». Cette filiale a été rachetée en 2002 par le groupe SUNU Participations Holding SA. Le Mans Assurances Internationales changera de dénomination sociale le 01 Janvier 2005 pour devenir LE Millenium Assurances Internationales-IARD (LMAI-IARD) et ensuite SUNU Assurances IARD en 2015.

SUNU ASSURANCES IARD COTE D'IVOIRE est une Société Anonyme (S.A) au capital de 4 500 000 000 entièrement libérés. La compagnie est régie par le Code des Assurances CIMA et est sous la tutelle du Ministère de l'économie et des Finances. Son siège est à Abidjan et elle est classée depuis ces cinq dernières années dans le « Big five » des compagnies d'assurance du marché ivoirien.

## 1.2 Les chiffres

SUNU ASSURANCES IARD COTE D'IVOIRE est l'une des compagnies les plus performantes du marché ivoirien.

Le graphique ci-dessous présente l'évolution de son chiffre d'affaires sur les cinq dernières années :

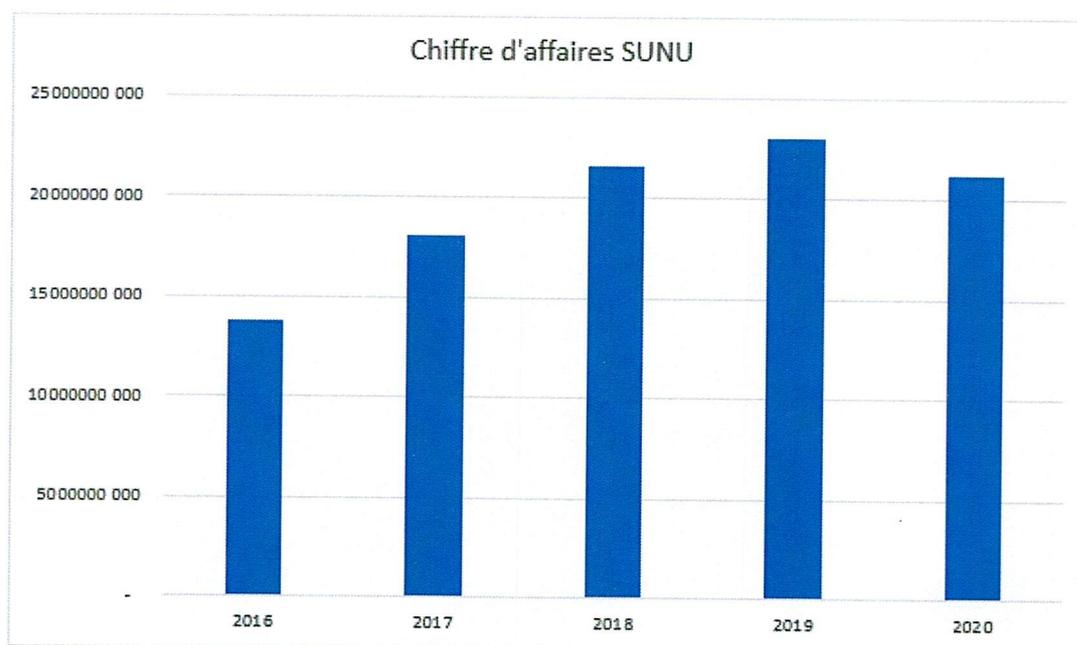


Figure 1: Chiffre d'affaires SUNU Assurances IARD

Nous pouvons dire que la compagnie croît au fil du temps car son chiffre d'affaires est en constante croissante dans le temps.

En 2016, elle réalise un chiffre d'affaires de 13 810 758 000 FCFA (8,1% de part de marché) qui croit pour atteindre 22 984 272 000 FCFA (10,39% de part de marché) en 2019 soit 166% de variation entre ces deux années et est troisième du classement des compagnies non vie du marché ivoirien des assurances (données : atlas magazine, 11 Novembre 2020. En 2020)

En 2020, la compagnie chute à la cinquième place du classement avec un chiffre d'affaires de 21 155 000 000 FCFA soit une variation du chiffre d'affaires de -7,53%, elle détient alors 9,14% de part de marché (données : apr-news, 18 Mars 2021).

### **1.3 Organisation de la compagnie**

SUNU ASSURANCES IARD COTE D'IVOIRE a une organisation hiérarchisée et bien détaillée. L'organigramme général est composé des principaux départements de la compagnie et l'organigramme détaillé est structuré en cinq (05) grandes Directions qui sont :

- La Direction Générale
- La Direction Juridique et des Ressources Humaines
- La Direction Administrative, Comptable et Financière
- La Direction Technique
- La Direction du Développement Commercial.

La Direction Technique où nous avons effectué notre stage comprend les trois départements suivants :

- Le département Production
- Le département de la Gestion des sinistres
- Le département Réassurance et Étude de projets qui exerce un rôle de soutien aux autres départements afin d'accompagner la vision du groupe SUNU dans la digitalisation de tous les processus métiers.

### **1.4 Métier et produits**

#### **1.4.1 Approche générale**

La compagnie prévoit les sinistres causés aux biens d'une personne, à autrui ou aux dommages corporels et propose des produits : Santé - Automobile - Habitation - Individuelle Accidents - Voyage - Transports - Multirisques Professionnels – Incendie - Tous Risques Chantiers - Responsabilité Civile etc.

L'activité de SUNU Assurances IARD-CÔTE D'IVOIRE est donc basée sur la vente de produits adaptés et la prestation de service lors de la survenance du sinistre garanti.

#### **1.4.2 Catégories d'assurances commercialisées**

La compagnie commercialise les produits de l'assurance non vie c'est-à-dire les opérations d'assurance qui n'ont pas pour objet la vie de l'assuré. Elle offre donc deux catégories d'assurances :

- **L'assurance dommages**, qui couvre les dommages subis par les biens : assurance de choses, la responsabilité civile. Elle repose sur le principe indemnitaire ;
- **L'assurances de personnes**, qui verse des prestations forfaitaires en cas d'événement affectant la personne même de l'assuré : dommage corporel (accident ou maladie).

C'est en ce sens que la compagnie met à la disposition des assurés les produits suivants :

##### **1.4.2.1 L'assurance santé**

La souscription à cette assurance permet de pallier de façon pertinente aux limites de la Sécurité sociale (Couverture Maladie Universelle en Côte d'Ivoire). Elle permet de limiter le reste à charge en cas de dépassement d'honoraires et d'ainsi faire face à l'augmentation des tarifs et des consultations. En gros, ce contrat permet le remboursement de la part des frais de soins non pris en charge par la Sécurité sociale. SUNU Assurances IARD-CI par ce contrat prend aussi en charge les consultations, examens et hospitalisations.

##### **1.4.2.2 L'assurance multirisque habitation**

Le contrat d'assurance multirisques habitation est un contrat multi garanties qui permet de protéger le patrimoine familial (habitation et mobilier) lorsque l'assuré est responsable ou victime d'un sinistre. L'assurance multirisque habitation est en clair, l'offre optimale pour s'assurer, assurer son lieu de vie et ses proches. Les garanties que l'on trouve le plus souvent dans cette assurance sont pour la protection contre les sinistres tels que les incendies, la responsabilité civile, les dégâts des eaux mais aussi la couverture bris de glace ou des indemnisations en cas de vol.

#### **1.4. 2. 3 L'assurance multirisque professionnelle**

C'est une assurance complète qui couvre les biens mobiliers et immobiliers d'une entreprise ainsi que sa responsabilité. Cette assurance pour professionnels est indispensable car elle garantit les biens et l'activité de l'entreprise, assurant ainsi sa pérennité. Notons que, la responsabilité civile professionnelle peut être incorporé à cette assurance comme souscrite séparément

#### **1.4. 2. 4 L'assurance automobile**

C'est le produit crucial de la compagnie, vu son caractère obligatoire sur le territoire ivoirien. Elle couvre les dommages matériels et/ou corporels que le véhicule assuré peut occasionner à autrui. Selon les garanties souscrites, elle peut également couvrir : les dégâts matériels subis par votre véhicule, mais aussi sur l'ensemble de vos biens endommagés. Chez SUNU Assurances IARD-CI, l'on peut bénéficier d'un constat, du remorquage, de réparation et d'un véhicule de remplacement en options.

#### **1.4. 2. 5 L'assurance responsabilité civile**

Les assurances de responsabilité ont pour but la garantie de l'assuré contre les recours exercés à son encontre par des tiers à raison du préjudice causé. Nous distinguons plusieurs types de responsabilité civile (la Responsabilité civile professionnelle, la RC exploitation, la RC après livraison et après travaux).

#### **1.4. 2. 6 L'assurance Tous risques chantiers (TRC)**

L'assurance Tous risques chantiers est destinée aux professionnels du bâtiment, du génie civil et des travaux publics. Elle couvre l'intégralité du chantier, sauf certaines exclusions qui sont stipulées contractuellement. Ce contrat vous préserve des dommages susceptibles d'affecter vos ouvrages et assure les conséquences de votre responsabilité civile vis-à-vis des autres. Grâce à ce produit, l'assuré peut faire face à des catastrophes naturelles (inondation, tempête), des sinistres de nature décennale (glissement de terrain, effondrement d'un mur, affaissement d'une dalle, ...) des erreurs humaines (mauvaise manœuvre avec un engin) et un incendie qui selon l'avancée du chantier pourrait être un risque maximum.

#### **1.4.2.7 L'assurance Individuelle accidents**

Ce contrat vous protège des accidents quelle que soit l'activité que vous exercez. Cette offre vous permet aussi de supporter les dépenses résultants d'un accident et d'un décès accidentel. En effet, elle couvre tous les dommages corporels dont il est victime. Que sa responsabilité soit engagée ou qu'il n'y ait aucun tiers identifié. En cas d'accident, l'assuré est pris en charge pour ses frais médicaux, chirurgicaux, pharmaceutiques et d'hospitalisation. Elle couvre le préjudice financier lié à un arrêt de travail ou à une incapacité permanente, sous la forme d'indemnité et couvre le décès par le biais du versement d'un capital de ses ayant-droit.

#### **1.4.2.8 L'assurance des transports de marchandises**

L'assurance transport de marchandises ou encore couverture des risques en transport couvre vos marchandises et équipements lors de leur transport par voie maritime, terrestre, aérienne ou ferroviaire. Quel que soit le mode de transport utilisé, la marchandise est soumise du fait du transport lui-même, à des risques particuliers tels que le groupage, le déraillement, la chute, le naufrage, le renversement. Ces risques peuvent survenir à tout moment : lors du chargement, du déchargement, ou pendant le transport proprement dit.

En conséquence, il appartient à tout opérateur économique d'assurer sa marchandise dès lors qu'elle est soumise au transport. L'assurance transport constitue une sécurité essentielle pour les entreprises.

## **2 État du marché de l'Assurance Responsabilité Civile**

### **2.1 En Côte d'Ivoire.**

L'Assurance Responsabilité Civile se porte bien en Côte d'Ivoire, le chiffres d'affaires de cette branche croit année après année (voir figure 2 ci-dessous). Elle possède une marge importante de progression car le taux de pénétration de l'assurance en Côte d'Ivoire est de 1%. Cependant elle ne représente que 4% du totale du chiffre d'affaires de l'assurance non vie en Côte d'Ivoire.

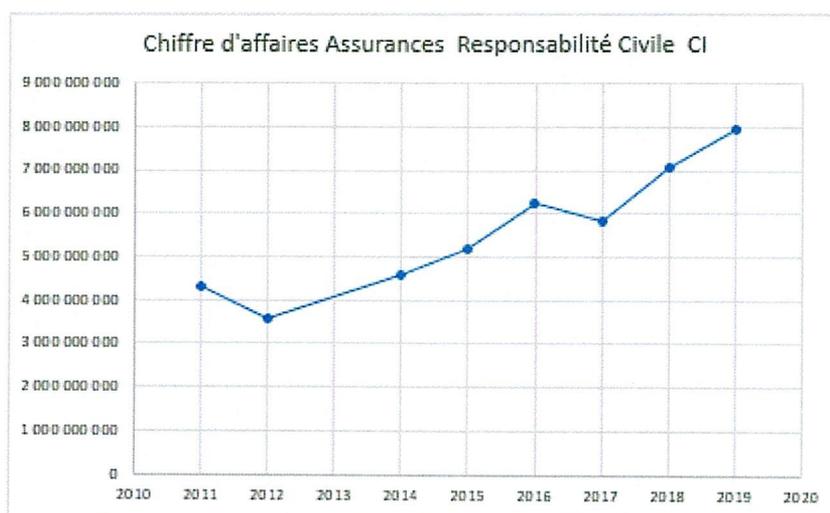


Figure 2:Évolution du Chiffres d'affaires Assurances Responsabilité Civile Côte d'Ivoire (source rapport ASACI)

Par ailleurs ; de nombreuses bonifications de sinistralité sont à signaler (spécial chiffres FANAF 2019 réalisé par ATLAS).

## 2.2 Les chiffres de SUNU IARD en RC.

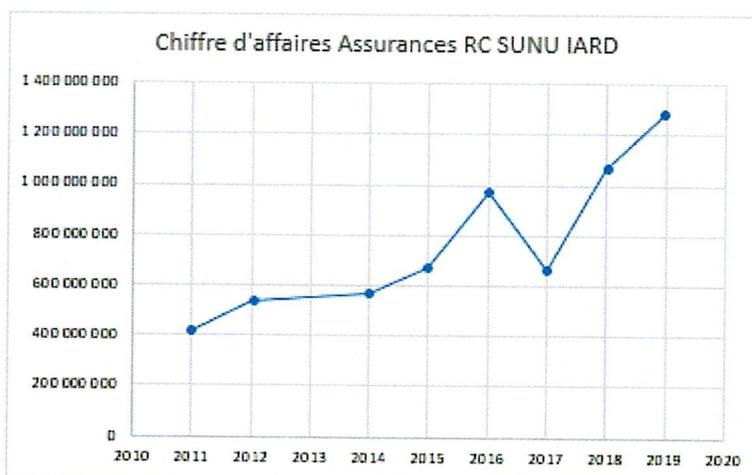


Figure 3:Évolution du Chiffres d'affaires Assurances Responsabilité Civile SUNU Assurances IARD Côte d'Ivoire (source rapport ASACI)

La chiffres d'affaires de SUNU Assurance IARD Côte d'ivoire est en constante progression depuis 2011. En 2018, elle occupe la 5<sup>ème</sup> place du classement des compagnies d'assurances de la zone CIMA en ce qui concerne la branche Responsabilité civile. Son Chiffre d'affaires sur cette branche est alors de 1 066 649 000 F.CFA.

La compagnie occupe selon les derniers chiffres publiés (Source spécial chiffres FANAF 2020) la 2<sup>ème</sup> place du classement des assurances de la branche responsabilité Civile du marché ivoirien.

### **3 Problématique**

SUNU Assurance IARD Côte d'ivoire, filiale détenue à 99,9993 % par SUNU participations est chargée de distribuer pour la plus grande partie de son activité les produits d'assurances dommages, de personne et de Responsabilité du groupe grâce à ses différents partenaires et intermédiaires en assurance. Cette activité inclut, entre autres spécificités, des frais annexes très importants que doit supporter la compagnie (frais d'acquisition, frais d'apporteur, etc.).

Le département Projet Études-Recherches et réassurance souhaite effectuer une analyse du portefeuille de responsabilité civile afin d'optimiser sa rentabilité.

Cette demande est accompagnée et motivée par une volonté de mieux connaître les sources de rentabilité du portefeuille concerné. L'objectif final étant de corriger la tarification sur les affaires trop risquées, et à contrario, d'augmenter la souscription d'affaires nouvelles sur des produits bénéficiaires.

Ce mémoire se donne pour objectif d'analyser et d'optimiser la rentabilité d'un portefeuille de responsabilité civile. Dans la suite, nous étudierons le portefeuille de responsabilité civile de Sunu Assurances IARD Côte d'ivoire afin de définir un cadre pour la construction d'un programme d'optimisation adapté à sa spécificité en tenant compte des contraintes propre à nos données.

## **B Cadre conceptuel et théorique**

### **1 La Responsabilité Civile générale (RC)**

#### **1.1 Notion de responsabilité civile**

Le principe général de la responsabilité civile est prévu dans le Code civil. Il est une obligation légale qui impose à toute personne de réparer les dommages causés à une victime de son fait, de celui des personnes dont elle doit répondre ou des choses dont elle a la charge.

Il convient de situer l'assurance R.C dans le cadre des familles d'assurances. C'est une composante des assurances de dommages qui elles, s'opposent aux assurances de personnes. Les assurances de dommages se subdivisent en deux catégories :

- Les assurances de choses.
- Les assurances de Responsabilité.

Les assurances de choses ont pour but d'indemniser l'assuré des pertes matérielles qu'il subit directement dans son patrimoine. Elles s'appliquent le plus souvent à des objets qui sont bien définis. Elles peuvent également porter sur des choses simplement déterminables (Marchandises entreposées, etc.).

Les assurances de responsabilité par contre ont pour but la garantie de l'assuré contre les recours exercés à son encontre par des tiers à raison du préjudice causé. La responsabilité se définit comme

une obligation de réparer par compensation financière, le dommage causé à un tiers. On la qualifie souvent d'assurances de dettes.

Compte tenu de sa fonction, la responsabilité civile relève du domaine des *risques assurables*. Elle vise non pas à sanctionner, mais à réparer. Elle est régie, sous réserve de quelques exceptions, par des textes à caractère général qui permettent de saisir le maximum de situations. La responsabilité civile est soit **délictuelle** soit **contractuelle**.

## 1.2 La responsabilité Civile délictuelle

Il existe deux cas de responsabilité civile délictuelle. On parle de *responsabilité délictuelle stricto sensu* quand le dommage résulte d'une *faute volontaire* et de *responsabilité quasi délictuelle* lorsque le dommage résulte d'une *faute non volontaire* (imprudence, maladresse, négligence). Exemple : Un enfant blesse un camarade de jeu. Un chien mord un visiteur.

NB : il y a une nuance entre la **faute volontaire** et la **faute intentionnelle** qui elle est non garantie par l'assureur de responsabilité civile :

« La Jurisprudence définit la *faute intentionnelle* qui exclut la garantie de l'assureur comme celle qui suppose la volonté de causer le dommage et seulement d'en créer le risque ». Ceci implique la volonté chez l'assuré de provoquer le dommage avec la conscience de ses actes : Cas de la rixe avec coup de poing, chute sur un caillou entraînant le décès et utilisation de la hache. (Qualification pénale en fonction de la détermination de l'intention.)

## 1.3 La responsabilité civile Contractuelle

La responsabilité civile est dite **contractuelle** si le dommage causé résulte de l'inexécution d'une convention liant le responsable et la victime. (Travaux mal exécutés, objet vendu non conforme...). Cette convention peut être matérialisée par un écrit ou être tacite, orale.

Exemple :

- Un plombier venu réparer une robinetterie défectueuse
- Une personne qui se rend en consultation chez un médecin

## 1.4 Les conditions de la responsabilité civile.

Elles sont au nombre de trois et se rapportent à l'existence :

- **Un préjudice ou dommage** : il n'y a pas de responsabilité civile si personne ne subit un préjudice. Une faute sans conséquence n'engage pas la responsabilité civile
- **Un fait dommageable ou faute** : Le fait dommageable doit être commis par l'auteur responsable de la faute ou de la maladresse, etc. il peut être aussi le fait d'une chose dont il a la garde et qui est à l'origine du dommage (comme une machine, un véhicule, un enfant)
- **Un rapport de cause à effet** : il doit avoir un lien de causalité entre le préjudice et le fait dommageable.

## 2 Les polices et Garanties

### 2.1 Quelques garanties de base

#### La Responsabilité Civile Exploitation

La garantie de base couvre les **conséquences pécuniaires** de la responsabilité contractuelle et extracontractuelle que l'exploitant peut encourir en droit du fait de son activité. Elle comprend la réparation des dommages corporels, matériels et immatériels.

Les **activités garanties** par l'assurance sont celles accomplies par l'assuré dans le cadre de l'exploitation de la société. Ces activités sont définies aux conditions particulières du contrat d'assurance, bien que cela ne soit pas limitatif.

Tout exploitant sérieux dispose d'une assurance le couvrant pour les risques de son exploitation professionnelle.

#### La Responsabilité Civile Professionnelle

L'assurance responsabilité civile professionnelle, également appelée assurance RC Pro, est l'essence même de l'assurance professionnelle. Elle permet de pouvoir répondre d'une erreur, d'une faute, d'un oubli ou d'un quelconque dommage envers quelqu'un ou quelque chose en tant que base de la couverture professionnelle. Elle garantit les dommages corporels, matériels, immatériels causés à toute personne physique ou morale. L'assurance RC Pro est la meilleure manière de se protéger contre les risques éventuels qui pourraient advenir de votre fait, de celui de vos préposés ou de celui de votre matériel professionnel.

La RC Pro est basée sur le chiffre d'affaires, l'effectif et surtout les activités pratiquées par la société

**Important :** Il est indispensable que l'activité déclarée corresponde parfaitement à la profession exercée afin que la garantie puisse s'appliquer.

#### Responsabilité Civile Après Livraison ou Après Travaux

La responsabilité civile après livraison ou après travaux permet de garantir les conséquences financières des dommages corporels, matériels ou immatériels causés à des tiers par des produits de l'entreprise, dès que ceux-ci ont été livrés ou effectués.

Cette responsabilité civile entreprise prend donc en charge :

- Le vice du produit ;
- Des recommandations données par l'entreprise erronées ou insuffisantes ;
- Une erreur de conditionnement par l'entreprise

**Bon à savoir :** les dommages affectant le produit lui-même ne sont par contre pas pris en charge par cette responsabilité civile.

## 2.2 Produits d'Assurances Responsabilité Civile de Sunu IARD Côte d'Ivoire

Le portefeuille responsabilité civile de la compagnie est composé d'une gamme variée de produits principalement :

- **La Responsabilité Civile Entreprise** : cette police comporte les garanties Responsabilité Civile Exploitation, la RC Pendant Travaux et la RC Avant Livraison, la RC Professionnelle, la RC après travaux ou après livraison, la RC contractuelle, défense et recours. Ces garanties comportent elles même des sous garanties.
- **La Responsabilité Civile Entreprise du bâtiment** : offre des garanties et sous garanties similaires à celles de la RC Entreprise et est adresser principalement aux entreprises
- **La Responsabilité Civile Profession Libérale** : elle offre les garanties Responsabilité Civile Professionnelle, Responsabilité Civile pendant travaux, et Responsabilité Civile Avant Travaux qui se déclinent elles-mêmes en plusieurs sous garanties.
- **La Responsabilité Civile Organisateur d'évènements** : elle offre les garantie défense et recours, des indemnités contractuelles.
- **La Responsabilité Civile Colonies de vacances** : elle offre les garanties Responsabilité Civile Exploitation, la RC Pendant Travaux et la RC Avant Livraison, la RC Professionnelle, la RC après travaux ou après livraison, défense et recours et des indemnités contractuelles. Ces garanties comportent elles-mêmes des sous garanties.
- **La Responsabilité Civile Association sportive** qui offre des garantie défense, recours et indemnités contractuelles. Ces garanties comportent elles-mêmes des sous garanties.

## 3 La tarification

Le principe de calcul de prime consiste à appliquer le taux de prime à un élément variable de l'entreprise représentatif du niveau du risque. Ainsi Les règles de tarification diffèrent selon la catégorie d'entreprise concernée. La prime sera le résultat de l'application d'un taux sur une assiette de cotisation qui pourra être :

- Le chiffre d'affaires ;
- La masse salariale ou le nombre des salariés.

Pour certaines entreprises une prime forfaitaire sera fixée. (Cas des artisans et commerçants).

### 3.1 Le taux de prime

La démarche de l'assureur consiste à quantifier ce taux à partir des éléments fournis par le chef de l'entreprise dans la proposition d'assurance. Il s'agit de l'activité de l'entreprise et de la nature de la garantie.

### **3.1.1 L'activité de l'entreprise**

Elle doit être décrite avec grande précision non seulement pour faire payer le juste prix, mais aussi, pour permettre à l'assureur de donner des meilleures garanties et apprécier exactement les risques qui leur sont soumis. Les entreprises sont classées en quatre grands groupes de tarification auquel il faut ajouter celui des professions libérales. Ce sont :

- Les artisans et commerçants
- Les entreprises industrielles,
- Les entreprises de bâtiment,
- Les exploitations agricoles et piscicoles.

### **3.1.2 La nature de la garantie**

Il y a une garantie de base à laquelle il est possible d'adjoindre les garanties facultatives en fonction de l'activité de l'entreprise et moyennant la perception d'une surprime.

## **3.2 L'assiette de cotisation**

### **3.2.1 Le chiffre d'affaires**

Le chiffre d'affaires, en principe, rend le mieux compte du risque de responsabilité civile après livraison. En effet, la responsabilité civile après livraison est fonction du chiffre d'affaires réalisé, donc du nombre de produits écoulés sur le marché. Sauf pour les entreprises faisant appel à beaucoup de mains d'œuvres, comme les entreprises de bâtiments. Ainsi, la prime suit les fluctuations quantitatives du chiffre d'affaires et celles du prix de vente. Il peut arriver qu'une augmentation du chiffre d'affaires soit le fait de l'augmentation du cours des matières premières ne correspondant pas à un réel accroissement du nombre de produits vendus. Même dans ce cas, c'est souvent le coût de la vie qui augmente se traduisant généralement par une augmentation du coût des sinistres.

### **3.2.2 Nombre des salariés ou salaires et rémunérations**

C'est le critère retenu en matière de responsabilité civile exploitation. Les risques sont proportionnels au nombre des salariés et donc de la masse salariale. Par salaires et rémunération, il faut entendre l'ensemble des rémunérations versées au personnel (gratification, treizième mois, etc.).

Les salaires ne rendent pas compte du risque de responsabilité civile après livraison, surtout lorsque, suite à l'automatisation des processus de production, seuls quelques salariés sont affectés à la surveillance des chaînes de fabrication. La masse salariale ne saurait dans ces conditions rendre compte du risque de responsabilité civile après livraison.

## **3.3 Modalité de paiement de la prime**

La déclaration de l'élément variable à savoir chiffre d'affaires ou salaire, ne peut être faite par l'assuré qu'en fin de période d'assurance. Par conséquent, le paiement de la prime va s'effectuer en deux étapes. Les assureurs pratiquent le système de *prime provisionnelle* perçue en début d'année d'assurance et ajustée à son expiration en fonction de la déclaration obligatoire à fournir par l'assuré.

La prime provisionnelle est parfois qualifiée de minimum d'avance irréductible. Cela signifie que si la prime définitive est inférieure à la provision perçue, l'assureur ne remboursera pas la différence.

**Remarque sur le Tarif :** Notons que Dans la pratique en zone CIMA, Il est vraiment difficile de dégager un tarif en responsabilité civile. Cependant, suivant les orientations citées plus haut, le taux applicable à l'assiette sera d'autant plus élevé que :

- Le risque présenté par l'entreprise est important ;
- Le montant de garantie est élevé ou que les franchises soient faibles ;
- La sinistralité (statistiques) du risque est importante et connue.

#### **4 Le sinistre de responsabilité civile**

**L'article 51 du code CIMA dispose : « Dans les assurances de responsabilité, l'assureur n'est tenu que si à la suite du fait dommageable prévu au contrat, une réclamation amiable ou judiciaire est faite à l'assuré par le tiers lésé. »**

La réclamation est pour l'assureur constitutive de sinistre. Cela est si vrai qu'il peut y avoir sinistre sans responsabilité (réclamation du tiers non fondée).

## II. CADRE THEORIQUE : REVUE DE LITTÉRATURE

Pour procéder à une analyse correcte de la rentabilité et des perspectives d'avenir d'un produit d'assurance, il est nécessaire de connaître les indicateurs de mesure de sa rentabilité, les facteurs qui l'influencent et de rechercher des techniques d'optimisation de cette dernière.

Dans cette partie, nous nous focaliserons sur les instruments nécessaires à l'analyse et l'optimisation de la rentabilité après avoir présenté les indicateurs nécessaires pour mesurer cette rentabilité.

### A. La rentabilité en assurance

Le diagnostic de la rentabilité en assurance s'appuie sur l'analyse statique et dynamique de ratios clés que nous nous attacherons à décrire ci-dessous.

#### 1 Les indicateurs de mesure de la rentabilité

##### 1.1 Le ratio de sinistralité

Le ratio de sinistralité (Loss Ratio en anglais) noté S/P est un ratio technique. Ce ratio correspond au rapport entre la charge sinistre et le total des primes acquises nettes de réassurance. Il peut être calculé de façon annuelle, mensuelle, trimestrielle pour une branche, un produit ou un contrat.

$$\text{Loss ratio} = \frac{S}{P} = \frac{\text{Charge sinistre}}{\text{Primes acquises}}$$

Avec S = sinistres réglés (règlements) + provisions

C'est un indicateur clé de performance en termes de rentabilité technique d'un portefeuille et est le plus utilisé en zone CIMA.

La charge sinistre est déterminée par la charge estimée définitive des sinistres. Elle englobe les règlements ainsi que les provisions dossier par dossier. Lors de l'ouverture d'un sinistre, l'assureur provisionne sur le dossier des reverses censées être suffisantes pour couvrir le sinistre. Il peut arriver que le coût réel du sinistre soit inférieur ou supérieur à la provision. Si le règlement définitif est supérieur à la provision, c'est un mali pour l'entreprise. Par contre, si le règlement définitif est inférieur à la provision, c'est un boni.

##### 1.2 Le ratio combiné

Le ratio combiné (Combined Ratio) est le rapport entre les dépenses relatives à un produit d'assurance, comme le règlement des sinistres connus, une projection des sinistres encore inconnus, les divers frais payés par l'assureur (acquisition, gestion, administration etc.) ainsi que

les commissions versées aux intermédiaires et les entrées d'argent du compte de résultat technique, à savoir les primes acquises, nettes de réassurance.

$$\text{Ratio combiné} = \text{COR} = \frac{\text{Charge sinistre} + \text{Commissions} + \text{frais de gestion}}{\text{Primes acquises}}$$

Si le ratio est inférieur à 100% alors l'assureur peut espérer dégager du bénéfice de ce produit. Au contraire, s'il est supérieur à 100%, le produit n'est pas rentable

Il est traditionnellement décomposé en deux ratios :

- — Le *Loss Ratio* prenant en compte les éléments liés directement à la sinistralité nette de réassurance divisé par les cotisations acquises (nettes de réassurance également).
- Le taux de chargement ou *Expense Ratio* (noté  $\frac{E}{P}$ ) venant ajouter les autres frais et les commissions divisés par le même dénominateur

$$\frac{E}{P} = \frac{\text{Commissions} + \text{frais de gestion}}{\text{Primes acquises}}$$

Finalement :

$$\text{COR} = \frac{S}{P} + \frac{E}{P}$$

Avec *COR* le ratio combiné (combined ratio), *S* le montant réglé au titre des sinistres augmenté des provisions (*PSAP*), *E* les dépenses (expenses) composé des commissions et frais de gestion et finalement *P* le montant des primes acquises, nettes de réassurance.

En outre Le ratio combiné permet d'observer à un instant *t* la rentabilité technique de la compagnie d'assurance, et sert aussi à faire des comparaisons entre les Lines of Business (lignes d'affaires) ou même entre des pays. De plus il permet d'analyser si la tarification est adéquate. Une tarification est adéquate si les primes encaissées permettent d'indemniser les sinistres et de générer des bénéfices.

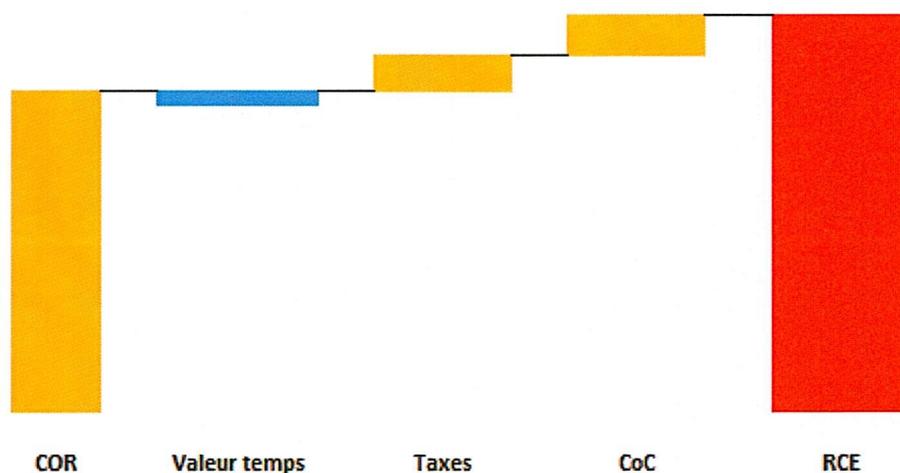
Autrement dit un ratio combiné inférieur à 100% nous dit que les coûts de sinistres et les frais de gestion et de commercialisation sont inférieurs aux primes encaissées, ce qui nous mènera à conclure que la compagnie a réalisé un profit. Mais il s'est avéré qu'avec des ratios combinés inférieurs à 100%, le résultat technique de la compagnie peut être négatif.

Par conséquent on ne peut pas se limiter au ratio combiné pour évaluer la rentabilité technique de l'assureur puisque ce ratio :

- Ne prend pas en considération le produit financier résultant de la durée entre le paiement des primes et le règlement des sinistres.
- Ne s'ajuste pas aux risques catastrophes.
- Ne prend pas en considération la taxe.
- Ne prend pas en considération le coût du capital.

### 1.3 Le Ratio Combiné Économique

Cette partie s'est inspiré du mémoire de Timothée DOMERGUE intitulé « Création d'indicateurs de performance économique dans le cadre de l'ORSA ».



Le Ratio Combiné Économique (*en anglais Economic Combined Ratio ECR*) vient remplacer le ratio combiné en évaluant la rentabilité technique de la compagnie d'une manière plus effective, puisqu'il prend en considération plusieurs composantes que le ratio combiné néglige. Pour obtenir l'ECR il faut donc introduire des ajustements économiques sur le ratio combiné.

Il est utile de préciser qu'il y a deux visions pouvant définir un ratio combiné économique (RCE) :

- a. La première vision est comptable et prend en compte l'ensemble des règlements de sinistres exécutés durant l'année N, en incluant ceux concernant les années de survenance antérieures. Autrement dit, tous les règlements de la diagonale principale d'un triangle de règlement (voir table ci-dessous). Cette vision permet un pilotage macro-économique et correspond aux chiffres utilisés pour le *reporting externe (sous solvabilité 2)* de l'assureur (reprenant notamment le compte de résultats). Mais l'inconvénient de ce ratio est qu'il est "brouillé" par les opérations liées aux années antérieures : le stock de provision déjà constitué au début de l'année représente un très gros volume (surtout si l'assureur a des branches longues) ou alors la distribution de rentes pendant des années durant, par exemple à la suite d'un accident corporel dans le cadre d'une RC générale (par exemple le plafond d'un magasin qui s'effondre, des rentes peuvent être versées sur toute la durée de la vie de la victime de l'accident en cas de grief physique sérieux). Ces éléments viennent lisser la rentabilité sur les bonnes et mauvaises années. Cela est très utile pour le reporting financier montrant une stabilité de l'assureur. Cependant, cette vision fait l'inventaire de toute la richesse passée de l'assureur et c'est un très synthétique résumé.
- b. Au contraire, le ratio combiné économique actuariel s'intéresse aux flux d'une même année de survenance, quelle que soit l'année de développement. Par exemple, en se plaçant en 2019, le ratio actuariel s'intéresse aux contrats souscrits en 2019, en prenant en compte toutes les prestations et les frais jusqu'à l'extinction d'activité. Autrement dit, sur 100

FCFA de primes en 2019, quel sera le résultat après tous les règlements, c'est à dire à l'ultime. Cette approche permet de capter si, intrinsèquement, le produit est rentable sans avoir la problématique comptable de gestion des provisions et des boni-mali. Cette vision actuarielle revient à observer la richesse ou la perte produite par chaque contrat. Cet indicateur est principalement utilisé pour le *reporting interne (sous solvabilité 2)*, en particulier à des fins de tarification. Il permet de repérer des tarifications trop prudentes ou au contraire trop agressives. La particularité de ce ratio réside dans le fait qu'on considère un stock de provisions nul en début d'année, car sinon cela reviendrait à ajouter des flux relatifs aux années de survenance antérieures et donc à considérer un risque ne rentrant pas dans le champ d'études.

Survenance	Développement				Total	Primes	Ratio combiné
	1	2	3	4			
2016	95	48	12	3	158	170	93%
2017	110	60	26	10	206	180	114%
2018	105	40	22	6	173	190	91%
2019	112	59	21	7	199	205	97%

■ Chiffres utiles au ratio actuariel  
■ Chiffres utiles au ratio actuariel ET comptable  
■ Chiffres utiles au ratio comptable

Le triangle de règlement de la table ci-dessus va permettre de détailler certains effets observables par l'un ou l'autre des ratios et ainsi comparer les caractéristiques captées par chacun.

Comme vu ci-dessus, le ratio actuariel se base sur la ligne (112 + 59 + 21 + 7), soit tout ce qui est lié à l'année de survenance 2019, et le ratio comptable utilise la diagonale (112 + 40 + 26 + 3), soit tous les règlements faits au cours de l'année courante. L'année 2017 qui a eu une forte sinistralité vient augmenter le ratio comptable, montrant l'impact sur ce dernier des années antérieures. De plus, il y a eu peu de souscription au cours de l'année 2018, cet effet est également capté par le ratio comptable. Ces effets contribuent à brouiller ce ratio. Au contraire, le ratio actuariel est sur la même base de souscription, tout en restant sur la même sinistralité. Cependant, cela peut aussi être un inconvénient pour le pilotage, cet indicateur est très influencé par les tendances des bonnes et mauvaises années de sinistralité. Également, le ratio actuariel isole la tarification de l'année 2019 et permet de l'analyser en particulier à travers la comparaison avec les autres années.

Il est aussi à noter qu'un biais usuel est fait lors du calcul du loss ratio comptable : au dénominateur est pris le volume de primes de l'année, alors que le véritable calcul consisterait à pondérer également les années antérieures en fonction des règlements effectués. Autrement dit, il faut regarder les primes des années de survenance et pas uniquement celles de l'année courante. Cela fait tout de même passer le loss ratio de 90,95% à 97,70%. Le ratio actuariel est quant à lui de 97,07%. Le ratio comptable calculé avec les primes adaptées est plus haut du fait du choc de sinistralité de 2017. Cependant, on considère usuellement qu'avec une gestion des provisions adaptée, ce biais devrait avoir un effet minime.

Pour conclure, ces deux indicateurs captent des effets pertinents à étudier et différents, ils seront donc tous deux étudiés. La suite s'intéresse à la décomposition de ces indicateurs puis aux ajustements à faire en fonction de celui utilisé (comptable ou actuariel).

### La valeur-temps

A ce ratio combiné est soustrait une *valeur-temps* (*Time value en anglais*) : plus la branche est longue, plus les placements seront rentables et le rendement obtenu vient diminuer le ratio. Cette valeur temps peut être vue comme le résultat financier alloué à l'élément. Cependant, ce résultat financier alloué tient compte de la durée de la branche et doit donc être modélisé jusqu'à l'ultime, ce qui, pour des durées importantes peut être complexe à modéliser et il faut alors faire des hypothèses de projection sur un temps assez long (10 ans par exemple pour la construction), augmentant d'autant le risque de déviance des résultats.

**Définition :**

- La valeur-temps en vision comptable (VTC) est définie telle que :

$$VTC = PSAP_{cloture} \times ((1 + \tau)^{duration} - 1)$$

Avec  $\tau$  la valeur de la courbe de taux correspondant à la durée arrondie de l'élément. Par exemple, pour une durée de 2,8 ans, le taux pris sera celui relatif à la maturité  $n=3$ .

En ce qui concerne le RCE actuariel, nous sommes cette fois sur la sinistralité de la même année de survenance, il est alors plus aisé de déterminer directement le montant de la valeur temps. On peut calculer alors la valeur d'escompte comme la différence entre le Best Estimate standard non actualisé et le Best Estimate standard actualisé. La différence représentant donc la valeur capitalisée (ramenée bien sûr au montant des primes acquises afin d'être ajoutée au ratio combiné).

- La Valeur-temps actuarielle (VTA) est définie comme suit :

$$VTA = BE_{standard}^{non\ actualisé} - BE_{standard}^{actualisé}$$

Il faut noter que toutes ces approches de calcul de la valeur temps sont celles définies dans le cadre réglementaire *solvabilité 2*. Pour notre étude nous utiliserons la *valeur temps comptable*.

**Taxes**

L'ajout des taxes (exemple taxe sur le chiffre d'affaires en Côte d'Ivoire) dans le ratio combiné permet de prendre en compte le montant destiné au Trésor Public et de retirer en partie le biais de dire que, pour un ratio combiné à 90%, 10% seront du bénéfice alors qu'en réalité, le ratio net d'impôts est de 93%. Cet effet est donc important à prendre en compte que à cause débit d'impôts.

La base du calcul de la taxe sera le ratio combiné, soit

$$ratio\ taxe = \max\{(100\% - COR + value\ time + CoC) * taux\ taxe; 0\}$$

**Commentaire :** les taxes étant déjà incluse dans nos frais de gestion, notre ratio combiné tient déjà compte des taxes.

**Coût du risque ou exigence des actionnaires**

Le dernier élément ajouté peut plutôt être vu comme un coût d'opportunité. Les actionnaires fournissent l'exigence de marge de solvabilité (EMS) requise à l'entreprise d'assurance et cette dernière l'investit dans des actifs non risqués puisque c'est un capital qui lui permettra d'éviter la ruine.

En effet, c'est même cette dernière brique qui permet au ratio combiné économique une analyse économique de l'activité. Le fait d'investir dans un élément nécessite l'immobilisation de fonds propres. Cet élément est donc le coût du capital : si un assureur décidait de céder son activité, le repreneur ne consentirait pas à reprendre cela pour le montant des fonds immobilisés, car immobiliser ce capital a un coût d'opportunité, c'est le rendement que le repreneur peut avoir en plaçant son capital ailleurs. De plus, l'aspect incertain de l'activité assurantielle vient à tenir compte des risques inhérents à l'activité cédée. Plus celle-ci est risquée, plus la marge demandée est importante pour couvrir les risques en présence.

La rentabilité espérée de cet investissement est évaluée par la réglementation Solvabilité II à 6% mais puisque ce rendement a été calculé sur la base du marché européen, il nous a paru plus adéquat de l'adapter au marché de la CIMA.

La répartition de la prime nette montre que 2,5% de ce montant est destiné aux bénéficiaires, en contrepartie le montant minimum réglementaire de la marge de solvabilité est de 20% des primes nettes dans l'hypothèse d'un taux de rétention égale à 1. (Article 337-2). Le rapport de 2,5% par 20% nous donne 12,5%.

Nous considérons donc que le taux de rentabilité (espéré par les investisseurs) de l'exigence de marge de solvabilité est de 12,5% Ainsi notre ratio *coût du capital* est :

$$CoC = \frac{12,5\% * EMS}{Primes acquises}$$

Avec le coût du risque qui vaut  $CoR = 12,5\% * EMS$ .

Finalement nous proposons cette définition du RCE :

$$RCE_{brut} = COR - value\ time + CoC$$

En effet,

$$RCE_{brut} = \frac{R + Prov + FG + Comm - VTC + CoR}{P}$$

Et le RCE net de réassurance :

$$RCE_{net\ de\ réass} = \frac{R + Prov + FG + Comm - VTC + CoC - S_{réass}}{P + C_{réass} - P_{réass}}$$

Où

- $P$  : Primes acquises
- $PF$  : Produits financiers
- $C_{réass}$  : Commissions de réassurance
- $FG$  : Frais de gestion
- $Comm$  : Commissions d'apporteurs
- $P_{réass}$  : Primes de réassurance
- $R$  : Règlements des sinistres des contrats souscrits dans l'année
- $CoC$  : Coût du capital
- $S_{réass}$  : Sinistres de réassurance
- $Prov$  : Provisionnements relatifs aux sinistres survenus ou à venir, connus ou non, qui se rapportent aux contrats souscrits dans l'année.

## 2 Facteurs influençant la rentabilité

### 2.1 La sélection et l'anti-sélection

L'un des principes fondamentaux de l'actuariat est de donner un prix au risque à couvrir. L'assurabilité d'un risque repose sur le principe de mutualisation d'aléas indépendants, encourus par tous les assurés mais effectivement supportés par quelques-uns. Pour être assurable, le risque doit être :

- Futur : un risque déjà réalisé ne peut être assuré
- Licite : une condamnation pénale ne peut être assurée.
- Incertain : l'incertitude peut porter sur la réalisation elle-même du risque (montant du sinistre en assurance habitation par exemple) ou sur la date de réalisation.

Pour être incertain, un risque ne doit pas dépendre le moins possible du comportement ou de la volonté de l'assuré.

L'incertitude est ce qui pousse l'individu, par nature averse au risque, à acheter un contrat d'assurance

En assurant un grand nombre d'individus, l'assureur transforme un événement incertain au niveau de l'individu en événement quasi-certain au niveau de la communauté d'assurés. Par la loi des grands nombres, l'assureur réalise ce que l'assuré ne peut se permettre, grâce à la mutualisation des risques.

Un événement assurable est incertain mais il est connu. Cela suppose que l'actuaire qui modélise le risque connaisse ses principales caractéristiques à travers sa loi de probabilité.

## 2.2 L'asymétrie d'information

En pratique, l'assuré connaît en général mieux son risque que l'assureur. L'individu qui souhaite s'assurer connaît son comportement, son niveau de vie, sa propension à prendre des risques, ses antécédents médicaux ...

C'est ce que les économistes appellent une asymétrie d'information. Elle diminue la rationalité des choix de l'assuré et l'équilibre des risques pour l'assuré et l'assureur.

En l'absence d'information précise, l'assureur va donner un prix unique moyen au risque qui, va dépendre seulement d'un ou deux critères que l'assuré peut vérifier facilement, en calculant une prime actuarielle.

La conséquence de ce prix unique est d'agir comme un signal envoyé aux assurés. Il va tout à fait convenir à certains assurés et pas du tout à d'autres assurés.

Ce phénomène s'appelle l'anti-sélection et est de nature technique. Il est subi par l'assureur lorsque ce dernier n'a pas suffisamment fait preuve de discernement dans la sélection des risques. Ce terme d'anti-sélection est utilisé lorsque ce sont les assurés qui connaissent leur risque et que ce sont eux qui décident ou non d'acheter un contrat d'assurance.

Pour une couverture donnée, l'assureur n'est alors plus en mesure de différencier les primes en fonction des risques. Les primes demandées reflètent donc le coût moyen des sinistres des individus ayant souscrit le contrat en question.

Pour des individus « à bas risque, c'est-à-dire dont le coût moyen des sinistres est faible, la prime demandée apparaît particulièrement élevée par rapport à la prime actuarielle, tandis qu'elle est considérée comme relativement faible par les hauts risques.

En présence d'information cachée sur les risques, les hauts risques sont donc particulièrement demandeurs d'assurance (d'où l'expression anti-sélection), parce qu'ils bénéficient de « subventions croisées » avec les bas risques ayant souscrit le même contrat.

L'assureur peut y remédier, tout d'abord en poussant l'assuré à lui donner plus d'informations sur son risque ou préférer l'introduction d'un délai de carence dans le contrat.

Mais l'assureur peut aussi lui-même modifier les règles du jeu concurrentiel. Informé, il peut adapter son offre par une plus ou moins grande segmentation. Il possède une quantité de données sur la sinistralité de son portefeuille lui permettant d'anticiper les probabilités de sinistres des différents types de clients.

En assurance non vie, il est important d'avoir une bonne connaissance des risques individuels et de constituer des groupes homogènes permettant de faire des analyses statistiques cohérentes l'anti-

sélection s'amenuise lorsque l'analyse des risques devient plus performante avec une segmentation efficace.

### Exemple illustratif : Anti-sélection par asymétrie d'information : assurance automobile

Un assureur a proposé de tarifier la garantie automobile pour une population de 100 000 personnes ayant un véhicule à assurer. Il propose une prime moyenne de 2500, soit  $2\,500 \times 100\,000 = 250\,000\,000$  pour l'ensemble de la population. Ce chiffre d'affaires est censé équilibrer ses sinistres, soit 250 000 000.

En réalité, la fréquence accident de ses assurés qui ont un véhicule à puissance faible est inférieure à celle des véhicules à forte puissance. Le coût moyen est également plus faible.

De fait, le coût par assuré des véhicules à puissance faible vaut moins de la moitié de celui de celui des assurés ayant des véhicules à puissance élevée :

#### ASSUREUR A

##### Assurance automobile

	Puissance faible	Puissance élevée	Ensemble
Nombre d'assurés	50 000 CFA	50 000 CFA	100 000 CFA
Coût total des assureurs	75 000 000 CFA	175 000 000 CFA	250 000 000 CFA
Fréquence	0,30	0,50	0,40
Coût moyen d'un sinistre	5 000 CFA	7 000 CFA	6 250 CFA
Coût par assuré	1 500 CFA	3 500 CFA	2 500 CFA
Prime Assureur A	2 500 CFA	2 500 CFA	2 500 CFA
Résultat pour l'assuré	-1 000 CFA	1 000 CFA	0 CFA
Résultat pour l'assuré		-50 000 000 CFA	

Les assurés à puissance faible n'ont pas intérêt à s'assurer chez l'assureur A au contraire de ceux à puissance élevée. L'assureur subit une anti-sélection par asymétrie de l'information. Son résultat probable est donc de  $50\,000 \times 2\,500 - 175\,000\,000 = -50\,000\,000$  CFA.

L'année suivante, l'assureur A différencie ses tarifs sur le critère garage et s'attend à atteindre l'équilibre.

Un assureur B constate ce phénomène et propose une segmentation du tarif en fonction de la sinistralité

#### ASSUREUR B

##### Assurance automobile

	Puissance faible	Puissance élevée	Ensemble
Nombre d'assurés	50 000 CFA	50 000 CFA	100 000 CFA
Coût total des assureurs	75 000 000 CFA	175 000 000 CFA	250 000 000 CFA

Fréquence	0,30	0,50	0,40
Coût moyen d'un sinistre	5 000 CFA	7 000 CFA	6 250 CFA
Coût par assuré	1 500 CFA	3 500 CFA	2 500 CFA
Prime Assureur B	1 500 CFA	3 500 CFA	2 500 CFA

Il va attirer les véhicules à puissance faible, mais perdre les véhicules à puissance élevée qui ont intérêt à s'assurer auprès de l'assureur A, ce qui va accroître son déficit.

### 2.3 L'aléa moral

La souscription d'un contrat d'assurance (ou sa modification contractuelle) peut entraîner un changement de comportement de l'assuré, par l'affaiblissement de son souci de prévention ou par intérêt économique.

Par exemple, un armateur assuré peut choisir un navire en plus mauvais état, un agriculteur indemnisé, si sa récolte est faible, peut négliger ses cultures, un assuré social peut réduire ses efforts pour trouver du travail (assurance chômage)

Une situation d'aléa moral se crée lorsque des actions sont réalisées et modifient la réalisation du risque.

Le cas extrême est celui de sinistres d'origine criminelle ou, à défaut de l'inattention portée à un bien, qui faussent le côté hasardeux de la réalisation du risque. La nature de ce risque est véritablement d'ordre moral

De façon plus courante, en présence de risque moral, les franchises, le bonus-malus en assurance automobile, ou les tickets modérateurs en assurance santé sont des mécanismes de responsabilisation de l'assuré.

### 2.4 La franchise

La franchise correspond au montant de l'indemnité laissé à la charge de l'assuré en cas de survenance d'un sinistre. Pour atténuer le risque d'aléa moral, l'assureur peut intervenir au niveau des sinistres en appliquant des franchises qui sont à priori définies dans le contrat. La franchise peut être absolue, calculée en pourcentage du montant du sinistre et laissée à la charge de l'assuré ou simple, c'est un montant forfaitaire en dessous duquel l'assureur n'intervient pas.

### 2.5 Le montant des garanties (coût des sinistres)

À la souscription, l'assureur prend un engagement, il fait une promesse d'indemnisation des sinistres en cas de la survenance. L'assureur est chargé d'évaluer le montant du préjudice et de constituer une provision à l'ouverture d'un sinistre, le montant de l'indemnité dépend des conditions de la garantie contractualisée. L'indemnisation de l'assuré doit répondre au principe indemnitaire (article 31 du code CIMA). Selon ce principe, l'indemnité due par l'assureur à l'assuré ne peut dépasser le montant de la valeur de la chose assurée au moment du sinistre.

En Assurance Responsabilité Civile le montant des garanties se déclinent ainsi :

- **Dommmages corporels limités** (avec clause dommages exceptionnels).
- **Dommmages matériels et immatériels consécutifs** : un capital est fixé d'un commun accord avec des sous limitations pour les dommages résultant d'incendie, d'explosion ou de l'action des eaux, le vol)

Il est fréquent de prévoir une franchise par sinistre.

## 2.6 La tarification : l'évaluation de la prime

Les composantes de la prime sont :

### - La prime pure :

C'est le montant dont l'assureur doit disposer pour indemniser les assurés suite aux sinistres survenus. Elle est calculée à partir de l'estimation de la probabilité d'occurrence des sinistres et du coût moyen par sinistre. L'ensemble des primes pures relatives au portefeuille doit permettre à l'assureur d'indemniser les assurés en cas de sinistre.

Soit  $N$ , le nombre de sinistres survenus

Soit  $X_i$ , le montant que l'assureur doit indemniser lors de la réalisation d'un sinistre  $i$ .

$S$ , la charge totale des sinistres

$$S = \sum_{i=1}^N X_i$$

Nous avons **Prime pure** =  $E(S)$

Sous l'hypothèse de l'indépendance de la fréquence et du coût des sinistres :

$$\mathbf{Prime\ pure} = E(N) * E(X)$$

La prime pure est le produit de l'espérance mathématique du coût des sinistres et de la fréquence.

- **Les chargements d'acquisition** sont le montant de la rémunération des apporteurs d'affaires, ce sont les frais liés à l'acquisition des contrats
- **Les chargements de gestion** sont les frais liés à la gestion et des contrats ainsi que les divers frais de fonctionnement de la compagnie.
- **La marge bénéficiaire** de l'assureur sur le produit

Pour une prime nette de 100 encaissée par la compagnie, nous avons à titre illustratif la ventilation de cette prime dans le tableau suivant :

Composantes de la prime	Part de chaque composante	Destination	Commentaires
Prime pure	60	Collecte de ce montant sur l'ensemble du portefeuille afin d'indemniser les sinistres	Si le ratio S/P est supérieur à 60 alors le contrat n'est pas rentable, par contre s'il est inférieur à 60, il est rentable
Chargements d'acquisition	22,5	Rémunération des apporteurs d'affaires tels que les courtiers.	L'arrêté N°019/MEF/DGCPT/DA du 29 janvier 1999 fixe le taux de rémunération des intermédiaires en fonction des branches. Pour la RC Générale le plancher est de 20% et le plafond de 23%.
Chargements gestion	16	Frais de gestion et d'administration de l'entreprise	
Marge	2,5	Bénéfice	Cette marge est fixée par chaque compagnie
Total	100		

Tableau 1: Exemple de ventilation de la prime

Le tableau ci-dessus montre qu'une sous-estimation de la prime peut entraîner un déséquilibre structurel qui aura une influence sur toute la chaîne de production des contrats d'assurance et la solvabilité de l'entreprise.

## B. Méthodes de Provisionnement

### 1 La méthode dossier par dossier

C'est une méthode d'évaluation des engagements de la compagnie. Le coût du sinistre comprend toutes les charges externes individualisables à savoir :

- Le montant principal de l'indemnité ;
- Les honoraires d'expertise technique et médicale ;
- Les honoraires d'avocat et d'enquêteur ;
- Les frais des procès-verbaux de constat.

Notons que cette méthode est prospective et l'assureur doit réévaluer régulièrement la charge globale du sinistre à chaque fois qu'une information nouvelle modifie les différentes composantes du coût du sinistre.

## 2 Les Méthodes Statistique de provisionnement

Les méthodes statistiques reposent principalement sur les données historiques de la sinistralité. Leur performance est fortement corrélée à la régularité, la stabilité, la taille, la fiabilité des données historiques et de l'absence de volatilité de la branche considérée.

Parmi les méthodes statistiques, on distingue les **méthodes déterministes** des **méthodes stochastiques**. Les méthodes déterministes ne fixent que le montant de la PSAP sans possibilité de préciser l'erreur d'estimation commise. Les méthodes stochastiques définissent une structure probabiliste en plus, et donne l'intervalle de confiance du montant estimé de la PSAP. Dans la suite, nous vous présenterons deux méthodes déterministes.

**Remarque** : la survenance de sinistres catastrophiques perturbe gravement le processus de provisionnement. La pratique consiste à les écrêter au-delà d'un seuil donné, celui-ci étant fonction de la branche ou sous branche étudiée et d'appliquer un traitement spécifique aux montants supérieurs au seuil d'écrêtement.

### 2.1 La méthode Chain Ladder Standard

Cette méthode s'applique à des triangles de paiements cumulés (ou de charges). Elle est basée sur l'utilisation de facteurs de développements  $(f_j)_{j \in \{0, \dots, n-1\}}$  ou des facteurs de cadences de règlement  $(p_j)_{j \in \{0, \dots, n-1\}}$  implicitement supposées constants pour toutes les années d'origine.

La méthode Chain Ladder est la méthode de provisionnement la plus simple et la plus utilisée. Elle s'appuie sur l'hypothèse suivante :

- Pour  $(j=0, \dots, n-1)$ , les ratios  $\frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}}$ , sont indépendants de l'année d'origine  $i$  (année de survenance  $i$ ) et sont donc dépendants de la seule année de développement

		Délai de règlement							
		0	1	...	j	j+1	...	...	n
Année d'origine	0	$C_{00}$	$C_{01}$	...	$C_{0j}$	$C_{0,j+1}$	...	...	$C_{0n}$
	1	$C_{10}$	$C_{11}$	...	$C_{1j}$	$C_{1,j+1}$	...	...	
	...	...	...	...	...	...	...	...	
	i	...	...	...	$C_{ij}$	$C_{i,j+1}$	...		
	...	...	...	...	...	...			
	n-j-1	...	...	...	$C_{n-j-1,j}$	$C_{n-j-1,j+1}$			
	n-j	...	...	...	$C_{n-j,j}$				
	...	...	...	...					
	n-1	$C_{n-1,0}$	$C_{n-1,1}$						
	$C_{no}$	$C_{no}$							

Figure 4: Illustration du triangle des règlements cumulés

Où  $C_{ij}$  est le montant cumulé des règlements pour l'année d'origine  $i$  jusqu'au délai de règlement  $j$ .

### 2.1.1 Approche de détermination de la provision

À partir des données du triangle supérieur (et éventuellement d'informations exogènes), on cherche à obtenir une estimation au 31/12/n de :

- La charge sinistres  $S_i = C_{in}$  de chaque année d'origine  $i$ . On retiendra que  $S_0 = C_{0n}$  est connue, puisqu'il est considéré un déroulement complet de  $(n+1)$  années. Cependant, ce n'est toujours pas le cas. Le cas des triangles incomplets seront ajustés par un tail factor.
- La provision  $R_i = C_{in} - C_{i,n-1}$  à constituer pour chaque année d'origine  $i$  avec  $R_0 = 0$ .
- La provision globale, toutes les années d'origine confondues, est :

$$R = \sum_{i=0}^n R_i$$

Pour l'estimation de ces éléments, deux indicateurs sont utilisés :

- Les facteurs de développement ou coefficients de transition  $(f_j)_{j \in \{0, \dots, n-1\}}$ .
- Les cadences de règlement  $(p_j)_{j \in \{0, \dots, n-1\}}$ .

### 2.1.2 Calcul des facteurs de développements ( $f_j$ )

Le facteur de développement ( $f_j$ ) de l'année de développement  $j$  est donnée par l'expression : pour  $j = 0, \dots, 1$

$$f_j = \frac{\sum_{i=0}^{n-j-1} C_{i,j+1}}{\sum_{i=0}^{n-j-1} C_{ij}}$$

On remarque que :

$$f_j = \frac{\sum_{i=0}^{n-j-1} \frac{C_{i,j+1}}{C_{ij}} C_{ij}}{\sum_{i=0}^{n-j-1} C_{ij}} = \frac{\sum_{i=0}^{n-j-1} C_{ij} f_{ij}}{\sum_{i=0}^{n-j-1} C_{ij}}, \text{ avec } f_{ij} = \frac{C_{i,j+1}}{C_{ij}}$$

$f_{ij}$  est appelé facteur de développement individuel et  $f_j$  est aussi la moyenne des  $f_{ij}$  pondérée par  $C_{ij}$ .

### 2.1.3 Calcul des charges ultimes $S_i$ , provisions $R_i$ et de la provision globale $R$

En se servant des  $f_j$  calculés, l'on déduit

- La charge ultime :

$$S_i = C_{in} = C_{i,n-i} \prod_{h=n-i}^{n-1} f_h$$

- La provisions  $R_i$  par exercice  $i$ , ( $i = 1, \dots, n$ )

$$R_i = C_{in} - C_{i,n-1}$$

- La provision globale  $R$  :

$$R = \sum_{i=0}^n R_i$$

Enfin, à partir des facteurs de développement et du triangle de liquidation nous déterminons le rectangle complet de liquidation grâce à la formule suivante :

$$C_{ij} = C_{i,n-1} \prod_{h=n-i}^{j-1} f_h$$

### 2.1.4 Validation du modèle

Nous disposons de deux outils pour valider l'hypothèse d'application de la méthode de Chain Ladder : le « CC-plots » et le « d-triangle ».

#### – CC-plots :

Si pour  $j$  fixé, il existe un paramètre  $f_j$  tel que :  $C_{i,j+1} = C_{ij}f_j$  alors les couples  $(C_{ij}, C_{i,j+1})_{j \in \{0, \dots, n-j-1\}}$  sont "sensiblement" alignés par une droite passant par l'origine.

#### – D-triangle

La validation repose sur le triangle des facteurs de développements individuels ( $f_{ij}$ ), dit d-triangle, pour  $i + j \leq n - 1$ .

L'hypothèse de validation de la méthode Chain Ladder n'est acceptable que si pour  $j = 0, \dots, n - 1$ , les  $f_{ij}$  de la  $j$ ème colonne sont "sensiblement" constants.

Si cette condition de constance des  $f_{ij}$  n'est pas remplie, des choix alternatifs de facteurs  $f_j$  peuvent être faits, en particulier si les colonnes du d-triangle montrent la présence de valeurs extrêmes ou de structures non aléatoires (tendance, effet saisonnier...).

**NB** : à partir du logiciel R, on peut aussi appeler directement la fonction `chainladder()` de la `library(ChainLadder)` appliqué sur le triangle des paiements cumulés : `chainladder(cij)`.

## 2.2 La méthode London Chain

Contrairement à la méthode de Chain Ladder qui ne peut être appliquée que lorsque les couples sont  $(C_{i,j}, C_{i,j+1})_{i=1, \dots, n-1}$  sensiblement alignés sur une droite passant par l'origine, la méthode de London Chain suppose que la dynamique des  $C_{i,j+1}$  est de la forme :

$$C_{i,j+1} = \lambda_j C_{i,j} + \alpha_j \text{ avec } i = 1, \dots, n \text{ et } j = 1, \dots, n - 1$$

Cette méthode nécessite donc l'estimation des paramètres  $\lambda_j$  et  $\alpha_j$  par la méthode des moindres carrés ordinaires, en minimisant la fonction :

$$(\hat{\lambda}_j, \hat{\alpha}_j) = \operatorname{argmin} \left\{ \sum_{i=1}^{n-1} (C_{i,j+1} - \lambda_j * C_{i,j} - \alpha_j)^2 \right\}$$

On obtient alors  $\hat{\lambda}_j = \frac{\frac{1}{n-j} * \sum_{i=1}^{n-j} C_{i,j} * C_{i,j+1} - \bar{C}_j * \bar{C}_{j+1}}{\frac{1}{n-j} * \sum_{i=1}^{n-j} C_{i,j}^2 - \bar{C}_j^2}$  et  $\hat{\alpha}_j = \bar{C}_{j+1} - \hat{\lambda}_j * \bar{C}_j$

Avec

$$\bar{C}_j = \frac{1}{n-j} * \sum_{i=1}^{n-j} C_{i,j} \text{ et } \bar{C}_{j+1} = \frac{1}{n-j} * \sum_{i=1}^{n-j} C_{i,j+1}$$

Les moyennes sur les n-j valeurs des colonnes j et j+1.

### 2.3 La méthode de Mack

#### Le Modèle

Le modèle conditionnel de Mack consiste à réécrire sous forme stochastique le modèle Chain Ladder standard. Le modèle est :

$$\text{pour tout } i, j = 1, \dots, n : E(C_{i,j+1}) = f_j * E(C_{i,j})$$

Les hypothèses du modèle sont :

- (H1) : indépendance des exercices d'origine :

Les variables aléatoires  $(C_{i,j})_{j=1, \dots, n}$  et  $(C_{k,j})_{j=1, \dots, n}$  sont pour  $i \neq k$  indépendantes.

- (H2) : Il existe une constante  $f_j > 0$ , telle que  $\forall j = 0, \dots, n$  et  $\forall i = 0, \dots, n$ ,

$$E(C_{i,j+1} / C_{i,1}, \dots, C_{i,j}) = f_j * E(C_{i,j} / C_{i,1}, \dots, C_{i,j-1})$$

- (H3) : pour  $j = 1, \dots, n$ , Il existe  $\sigma_j^2$  telle que :

$$\operatorname{Var}(C_{i,j+1} / C_{i,1}, \dots, C_{i,j}) = \sigma_j^2 C_{i,j} \text{ pour } i = 1, \dots, n$$

#### Estimation des paramètres

Mack a montré que le modèle stochastique induit fournit exactement les mêmes montant de charges finales que la méthode standard de Chain Ladder. Les estimateurs  $f_j$ , issus de la méthode de Chain Ladder standard, sont sans biais et non corrélés. Ce qui a permis de montrer que les provisions estimées

$$\hat{R}_i = \hat{C}_{i,j} - C_{i,n-i+1}$$

Où  $C_{i,n-i+1}$  est le dernier paiement cumulé observé de l'année de survenance  $i$  sont des estimateurs non biaisés du montant de provisions pour l'année de survenance  $i$  défini comme  $R_i = C_{i,n} - C_{i,n-i+1}$ .

La considération stochastique permet de préciser l'erreur de prévision par l'intermédiaire du calcul de l'erreur moyenne quadratique de l'écart entre la valeur estimée de la provision et sa vraie valeur, défini par

$$MSE(\hat{R}_i) = E((\hat{R}_i - R_i)^2)$$

et de fournir des estimations d'intervalle de confiance des montants de provisions.

## 2.4 Le Choix de la méthode

Le choix de la méthode est basé sur la technique proposée par Denuit et Charpentier, qui met en évidence l'erreur d'estimation des provisions faites dans le passé de chacune des méthodes précédentes par rapport aux vraies valeurs observées dans le passé. L'idée est donc prendre un sous-triangle, qui, complété, reste inclus dans le triangle de base, et le compléter en utilisant les différentes méthodes de provisionnement. Une fois le sous-triangle complété, on compare les provisions estimées avec les vraies valeurs du triangle. La meilleure méthode sera donc celle qui fournira la somme des carrés des erreurs minimales.

La somme des carrés des erreurs est donnée par la formule suivante :

$$SCE = \sum_{i=1}^n \sum_{j=n-i+1}^n (\hat{C}_{i,j} - C_{i,j})^2$$

## C. Les Instruments d'analyse de la rentabilité et de profilage d'un portefeuille

### 1 Les outils de modélisation de la rentabilité

En assurance, la rentabilité des produits est un indicateur influencé par plusieurs facteurs liés à l'évaluation de la prime, les caractéristiques des profils en portefeuille ainsi que le coût des sinistres.

Nous nous inspirons des travaux de **Thomas Durand** dans son mémoire intitulé « *Évaluation et optimisation de la rentabilité d'un portefeuille automobile* » qui d'abord utilise un arbre CART pour obtenir des profils de rentabilité, et donc de risque, très facilement interprétables. Puis une régression pénalisée de Tweedie (Un modèle linéaire généralisé) afin d'étudier plus finement la rentabilité et de réaliser d'éventuelles corrections.

Les modèles linéaires généralisés (Generalized Linear Models GLM) constituent le cadre de référence pour modéliser l'effet des variables de segmentation sur la variable rentabilité.

Avant de présenter les modèles linéaires généralisés, il conviendrait de comprendre le modèle linéaire gaussien.

### 1.1 Le modèle linéaire gaussien

Soit  $Y$  notre variable réponse et considérons  $n$  observations indépendantes  $y_1, \dots, y_n$  correspondant à des réalisations de la variable réponse  $Y_i$ . L'équation s'écrit sous la forme suivante :

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i,1} + \dots + \beta_p x_{i,p} + \epsilon_i \quad i = 1, \dots, n$$

Ou encore

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i \cdot X_{i,p} + \epsilon_i \quad i = 1, \dots, n$$

Où :

- $X_{i,1}, \dots, X_{i,p}$  sont  $p$  variables explicatives associés à l'individus  $i$ .
- $\beta_0, \dots, \beta_p$  sont des paramètres inconnus à estimer.
- $(\epsilon_i)_{1 \leq i \leq n}$  sont des termes d'erreurs provenant de la différence entre l'observation et l'estimation de la variable réponse. On fait l'hypothèse que les termes  $\epsilon_i$  sont indépendants et identiquement distribués (i.i.d) selon une loi normale telle que  $E(\epsilon_i) = 0$  et  $Var(\epsilon_i) = \sigma^2$ .

Bien qu'intéressant, la conception du modèle linéaire gaussien fait en sorte qu'une variation constante d'une variable explicative entraîne une variation constante de la variable réponse. Or, en RC générale, et dans de nombreux autres domaines, les phénomènes modélisés sont plus complexes et l'influence des variables explicatives peut être non linéaire.

### 1.2 Généralité sur les GLM

Les GLM ont fait leur apparition dans NELDER et WEDDERBURN [1972]. Ils sont adaptés à de nombreuses problématiques et sont d'utilisation courante dans le domaine de la statistique et de l'actuariat (cf. DENUIT et CHARPENTIER [2005]).

Les GLM sont une généralisation du modèle linéaire classique en autorisant d'autres lois autre que la loi gaussienne et une fonction de lien autre que l'identité. C'est-à-dire qu'ils permettent de s'affranchir de 3 hypothèses, nécessaires au modèle linéaire gaussien :

- La relation entre la variable à expliquer et les variables explicatives est linéaire.
- Les observations sont distribuées suivant une loi normale.
- L'hypothèse d'homoscédasticité c'est-à-dire la variance des variables aléatoires représentant les observations est constante.

Le modèle linéaire généralisé se caractérise par 3 composantes :

- **Une composante aléatoire :**

La loi de probabilité de la variable réponse  $Y_i$  appartient à la famille exponentielle (nous définirons la notion de famille exponentielle plus bas)

- **Une composante déterministe ou systématique appelée prédicteur linéaire :**

Le prédicteur linéaire est égal à une combinaison linéaire des observations  $(x_{i,k})_{1 \leq k \leq p}$  de la variable  $X_{i,j}$ .

Pour tout  $i = 1, \dots, n$ , on a 
$$\eta(x_i) = \beta_0 + \beta_1 x_{i,1} + \dots + \beta_p x_{i,p}$$

Ou encore : 
$$\eta_i = x_i^t \beta \quad \text{Avec } x_i = (1, x_{i,1}, \dots, x_{i,p})^t \text{ et } \beta = (\beta_0, \dots, \beta_p)^t$$

- **La fonction de lien entre les deux premières composantes**

Le prédicteur linéaire et la composante aléatoire sont liés par la troisième composante appelée fonction de lien  $g$  strictement monotone et différentiable telle que.

On a : 
$$g(E(Y_i)) = \eta(X_i)$$

En posant 
$$\mu_i = E(Y_i)$$

Nous obtenons 
$$g(\mu_i) = \eta(X_i)$$

D'où l'on tire 
$$\mu_i = g^{-1}(\eta_i) = g^{-1}(x_i^t \beta)$$

Ainsi dans un GLM, l'on modélise l'espérance de la variable réponse qui correspond à une transformation du prédicteur par la réciproque de la fonction de lien.

Le tableau ci-dessous présente des fonctions de lien classique :

Distribution de probabilité	Nom de la fonction	Fonction de lien canonique
Loi normale	Identité	$g(x) = x$

Loi de Poisson	Log	$g(x) = \ln(x)$
Loi gamma	Inverse	$g(x) = \frac{1}{x}$
Bernoulli	Logit	$g(x) = \log\left(\frac{x}{1-x}\right)$
	probit <sup>1</sup>	$g(x) = \phi(x)$

Tableau 2: Fonctions de liens canoniques associés aux lois de probabilités usuelles de la famille exponentielle

### 1.2.1 La famille exponentielle

#### Définition :

Une loi de probabilité de densité  $f_Y$  (resp.  $P_Y$ ) est dite appartenir à la famille exponentielle naturelle si sa densité s'écrit sous la forme :

$$f(y/\theta, \varphi) = \exp\left\{\frac{y\theta - b(\theta)}{a(\varphi)} + c(y, \varphi)\right\}$$

L'espérance et la variance sont données par les formules suivantes :

$$E(Y) = b'(\theta) = \frac{db(\theta)}{d\theta}$$

$$Var(Y) = a(\varphi)b''(\theta)$$

Où :  $\theta$  est appelé le paramètre naturel ou de position et  $\varphi$  le paramètre de dispersion ou de nuisance.  $a$  est une fonction définie sur  $R$  non nulle,  $b$  est une fonction définie sur  $R$  deux fois dérivable et  $c$  est une fonction définie sur  $R^2$ .

#### Exemples :

– La loi normale  $N(\mu, \sigma^2)$  appartient à cette famille exponentielle avec :

En effet la densité de la loi  $N(\mu, \sigma^2)$  peut s'écrire :

$$f(y, \mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(y-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) = \frac{\exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma^2}\right)}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(\frac{1}{\sigma^2}\left(y\mu - \frac{\mu^2}{2}\right)\right)$$

Et par identification :

- $\theta = \mu$
- $b(\theta) = \frac{\theta^2}{2}$

<sup>1</sup>  $\phi$  est la fonction de répartition de la loi normale centrée réduite  $N(0,1)$ .

- $\varphi = \sigma^2$
- $a(\varphi) = \varphi$
- $c(y, \varphi) = -\frac{1}{2} \left( \frac{y^2}{\sigma^2} + \log(2\pi\varphi) \right), y \in \mathbb{R}$

– La loi de Poisson  $\mathcal{P}(\lambda)$  appartient à la famille exponentielle. En effet,

$$P[Y = y; \lambda] = \frac{\lambda^y}{y!} e^{-\lambda} = \frac{1}{y!} \exp(y \times \log(\lambda) - \lambda)$$

Et par identification :

- $\theta = \log(\lambda)$
  - $b(\theta) = \lambda$
  - $\varphi = 1$
  - $a(\varphi) = 1$
  - $c(y, \varphi) = -\log(y!), y \in \mathbb{N}$
- La loi binomiale  $\mathcal{B}(n, p)$  appartient à la famille exponentielle avec
- $\theta = \log\left(\frac{p}{1-p}\right)$
  - $b(\theta) = n \times \log(1 + \exp(\theta))$
  - $\varphi = 1$
  - $a(\varphi) = 1$
  - $c(y, \varphi) = -\log(C_n^y)$

– La loi Gamma appartient à la famille exponentielle

$$f(y, \mu, v) = \frac{1}{\Gamma(v)} \left(\frac{v}{\mu}\right)^v y^{v-1} \exp\left(-\frac{v}{\mu} y\right), y \in \mathbb{R}_+$$

Ce qui correspond à :

- $\theta = -\frac{1}{\mu}$
- $b(\theta) = -\log(-\theta)$
- $\varphi = v^{-1}$
- $a(\varphi) = v^{-1}$
- $c(y, \varphi) = v \log(vy) - \log(y) - \log(\Gamma(v))$

### 1.2.2 L'estimation des paramètres

L'estimation des paramètres consiste à estimer le vecteur  $\beta = (\beta_0, \dots, \beta_p)^t$ . La loi de Y sachant X étant connue, La méthode utilisée afin d'atteindre cet objectif est l'estimation du maximum de vraisemblance qui consiste en une maximisation de la vraisemblance qui dans la pratique conduit à une maximisation de la log-vraisemblance.

– **Rappel (vraisemblance) :**

Soit  $Y_i$  une variable aléatoire suivant une loi continue décrite par la densité de probabilité  $f_\theta$  dépendant d'un paramètre  $\theta$ . La vraisemblance est une fonction de  $\theta$ , étant donné un échantillon  $y = (y_1, \dots, y_n)'$  du vecteur aléatoire  $Y = (Y_1, \dots, Y_n)'$ , qui s'écrit alors :

$$L(y_1, \dots, y_n; \theta) = \prod_{i=1}^n f_{\theta}(y_i)$$

### 1.2.3 Validation du modèle

#### Validation du modèle : la déviance

La déviance est un indicateur qui permet de mesurer la qualité d'ajustement du modèle GLM.

Elle est par définition égale au produit de deux fois le paramètre de dispersion par la différence entre la log-vraisemblance du modèle saturé (modèle qui reproduit exactement les valeurs de Y) et la log-vraisemblance du modèle focal (celui qui produit nos estimations).

$$D = 2\varphi * (\ln L(Y / Y) - \ln L(\hat{\mu} / Y))$$

Une petite déviance s'interprète comme un faible écart entre les valeurs de l'échantillon (observées) et nos prédictions (valeurs modélisées). Ainsi le modèle avec la plus petite déviance est de bonne qualité. Cette statistique suit asymptotiquement une loi de chi-2 à n-p-1.

Dans la pratique, Avant de valider un modèle l'on procède en complément de cet indicateur global à une analyse des observations au travers le calcul des résidus.

#### Validation du modèle : les résidus

Les résidus sont une quantification de l'écart entre l'observation  $y_i$  et sa prédiction  $\hat{\mu}_i$  par le modèle. Les résidus peuvent être calculer de plusieurs manières. Cependant les deux principales sont les résidus de Pearson et les résidus de déviance.

Soit  $\varepsilon_i = (y_i - \hat{\mu}_i)$ , on a :

- **Résidus de Pearson :** Le résidu de Pearson se calcule comme le résidu  $(y_i - \hat{\mu}_i)$  rapporté à l'écart-type estimé de  $y_i$ .

$$r_{pi} = \frac{(y_i - \hat{\mu}_i)}{\sqrt{V_{\theta}(y_i)}} = \frac{\varepsilon_i}{\sqrt{V_{\theta}(y_i)}}$$

- **Résidus de déviance**

$$r_{Di} = \text{signe}(y_i - \hat{\mu}_i) \times \sqrt{d_i}$$

Où  $d_i = (\ln L(y_i / Y) - \ln L(\hat{\mu} / Y))$  représente la contribution de l'observation  $y_i$  à la déviance globale.

## 1.2.4 Choix du modèle

La démarche vise à sélectionner le modèle ayant une déviance très faible (proche du modèle saturé) avec le moins de paramètres. En effet le modèle saturé qui reproduit les observations à une déviance nulle mais possède autant de paramètres que d'observations.

Le choix du modèle se fait dans la pratique suivant deux principaux critères : le critère d'Akaike et le critère Bayésien.

- **AIC** : Akaike Information Criterion appelé aussi critère AIC

$$AIC(M(\hat{\theta})) = -2\ln L(\hat{\mu} / Y) + 2p$$

- **BIC** : Bayesian Information Criterion ou critère BIC

$$BIC = -2\ln L(\hat{\mu} / Y) + p\ln(n)$$

En particulier, l'AIC est asymptotiquement optimal lorsque l'on souhaite sélectionner le modèle avec l'erreur quadratique moyenne (si l'on fait l'hypothèse que le modèle générant les données n'est pas parmi les candidats, ce qui est en fait presque toujours le cas en pratique) ce n'est pas le cas du BIC. Yang (2005) montre également que la vitesse de convergence de l'AIC vers l'optimum est, dans un certain sens, le meilleur possible ([https://fr.wikipedia.org/wiki/Crit%C3%A8re\\_d'information\\_d'Akaike](https://fr.wikipedia.org/wiki/Crit%C3%A8re_d'information_d'Akaike)).

## 1.2.5 Sélections des variables

Les variables liées ou peu significatives peuvent entraîner des biais au niveau des estimations, il faut donc utiliser les variables significatives pour de meilleures prédictions. Il existe trois procédures de sélection de variables pertinentes de nos modèles qui sont :

### La procédure ascendante (Forward)

Dans cette procédure, l'algorithme implémente le modèle comportant seulement le terme constant, puis il ajoute pas à pas les variables exogènes qui permettent une diminution de l'AIC. Le processus est arrêté lorsque l'ajout d'une variable entraîne une hausse de l'AIC.

### La procédure descendante (Backward)

Dans cette procédure, l'algorithme implémente le modèle complet c'est-à-dire celui qui intègre toutes les variables et procède ensuite un enlèvement des variables, les unes après les autres. Le processus supprime la variable dont le retrait entraîne une baisse de l'AIC. Nous utilisons sur R, la fonction *stepAIC*.

### La procédure pas à pas mixte

C'est une combinaison des procédures précédentes.

## 2 Les instruments de profilage du portefeuille

« *Le profilage est le traitement automatisé de données à caractère personnel qui consiste à utiliser ces données pour évaluer certains aspects de la personne concernée, et analyser ou prédire ses intérêts, son comportement ou d'autres attributs* » (article 4.4 du RGPD).

Cette technique est couramment utilisée dans le domaine des assurances où l'homogénéisation des profils de risque permet de réduire le risque d'antisélection en proposant des primes d'assurances adaptées au profil de risque. Cette homogénéisation des risques passe par une analyse des caractéristiques des assurés et du regroupement en différentes classes à partir des variables les plus discriminantes ou pertinentes.

Les **méthodes de classification**, aussi appelées méthodes de partition des données, permettent de grouper des objets (observations ou individus) dans des classes (clusters) de manière à ce que les objets appartenant à la même classe sont plus similaires entre eux qu'aux objets appartenant aux autres classes. Le calcul de la proximité entre objets se fait sur une série de variables mesurées sur tous les objets. Les méthodes de classification sont très utilisées dans le data mining. Dans le domaine des assurances, ces méthodes permettent de détecter des profils de risque homogènes.

Il existe deux principaux modèles de classification :

- **La classification non supervisée.**
- **La classification supervisée**

### 2.1 Mesures de similarité, de dissimilarité et distance.

La similarité et la dissimilarité sont deux fonctions permettant de mesurer la ressemblance entre deux observations, nous les définissons ci-dessous.

**Définition 1 :** Une **dissimilarité** est une fonction  $d$  qui à tout couple  $(x_i, x_j)$  associe une valeur dans  $R_+$  et telle que :

- $d(x_i, x_j) = d(x_j, x_i) \geq 0$
- $d(x_i, x_j) = 0 \Rightarrow x_i = x_j$

En d'autres termes, deux observations  $x_i$  et  $x_j$  qui se ressemblent ont un score de dissimilarité faible tandis que deux observations différentes auront un score de dissimilarité élevé.

Remarquons que toute distance est une dissimilarité car toute distance possède, en plus de l'inégalité triangulaire, les deux propriétés précédentes. La réciproque est fautive.

Les distances généralement utilisées pour le clustering sont :

- La distance Euclidienne

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

– La distance de Manhattan

$$d(x, y) = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|$$

**Définition 2 :** Une **similarité** est une fonction  $s$  qui à tout couple  $(x_i, x_j)$  associe une valeur dans  $R_+$  et telle que :

- $s(x_i, x_j) = s(x_j, x_i) \geq 0$
- $s(x_i, x_i) \geq s(x_i, x_j)$

Contrairement à la dissimilarité, deux observations  $x_i$  et  $x_j$  qui se ressemblent ont un score de similarité élevé tandis que deux observations différentes auront un score de similarité très faible.

## 2.2 Formalisation de la problématique de classification

L'objectif de la classification est la détermination de classes homogènes et distinctes, il conviendrait donc de préciser certaines notions mathématiques nécessaires à notre démarche.

**Définition 1 : L'inertie d'un nuage de points.**

Soient  $x_1, \dots, x_n$   $n$  points, on désigne par  $x_G$  le barycentre du nuage de ces points alors :

$$x_G = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

L'**inertie** est la somme des carrés des distance entre les points du nuage de point et son barycentre et est obtenue par la formule suivante :

$$I = \sum_{i=1}^n d^2(x_i, x_G) = \sum_{i=1}^n \|x_i - x_G\|^2$$

Supposons que nous avons  $K$  classes homogènes  $C_1, \dots, C_K$ , chaque classe ayant son barycentre. On distingue alors l'**inertie inter-classe** de l'**inertie intra-classe**.

L'inertie intra-classe mesure la somme des distances entre les points d'une classe et leur barycentre tandis que l'inertie inter-classe mesure la somme des distances entre les différents barycentres des classes et le barycentre global.

Ainsi, lorsque les classes sont homogènes, les points d'une classe sont proches les uns des autres et l'inertie intra-classe est faible.

## 2.3 La classification non supervisée

« La classification non supervisée désigne un corpus de méthodes ayant pour objectif de dresser ou de retrouver une typologie existante caractérisant un ensemble de  $n$  observations, à partir de  $p$  caractéristiques mesurées sur chacune des observations. Par typologie, on entend que les observations, bien que collectées lors d'une même expérience, ne sont pas toutes issues de la même population homogène, mais plutôt de  $K$  populations » (E. Lebarbier, T. Mary-Huard).

Ces méthodes servent donc sur une base de données à regrouper les individus en  $K$  classes homogènes ou à partitionner une variable quantitative à partir d'autres variables. Ainsi dans un objectif de segmentation d'un portefeuille d'assurance, la classification non supervisée nous permet non seulement de retrouver les populations homogènes (les  $K$  profils de risques) mais aussi de déterminer pour chaque observation le profil de risque correspondant.

En classification non supervisée, l'appartenance des observations à un profil de risque n'est pas connue, l'objectif est donc de retrouver le profil de risque correspondant à partir des descripteurs disponibles. Les méthodes de classification non supervisée sont caractérisées en général par les éléments suivants :

- Le nombre de groupes qui existent dans la population n'est pas connu à priori
- Le groupe auquel appartient chaque observation n'est pas connu
- Les observations sont classées dans des groupes homogènes à partir des différentes variables

L'on peut répartir ces méthodes en deux groupes :

- **Les méthodes de partitionnement** qui ne font appel à aucune modélisation statistique. Ces méthodes sont dites *exploratoires* et le regroupement des observations en classe se fait sur des considérations géométriques grâce à la définition d'une mesure de proximité entre observation.
- **Les méthodes basées sur des modèles statistiques ou probabilistes.**

Dans la suite nous nous limiterons à la présentation de la méthode des K-means et la classification hiérarchique ascendante qui sont deux méthodes de partitionnement.

### 2.3.1 La méthode des K-means

La méthode des K-means ou la méthode des centres mobiles est une méthode de partitionnement qui permet de diviser un ensemble d'observations en groupes homogènes.

**Principe (algorithme de la méthode des K-means) :**

- On suppose qu'il existe  $K$  classes distinctes. On commence par désigner  $K$  centres de classes  $\mu_1, \dots, \mu_k$  parmi les individus. Ces centres peuvent être soit choisis par l'utilisateur pour leur "représentativité", soit désignés aléatoirement. On réalise ensuite itérativement les deux étapes suivantes :

- Pour chaque individu qui n'est pas un centre de classe, on regarde quel est le centre de classe le plus proche. On définit ainsi  $K$  classes  $C_1, \dots, C_K$  où  $C_K = : \{ \text{ensemble des points les plus proches du centre } \mu_k \}$ .
- Dans chaque nouvelle classe  $C_i$  on définit le nouveau centre de classe  $\mu_i$  comme étant le barycentre des points de  $C_i$ .

L'algorithme s'arrête suivant un critère d'arrêt fixé par l'utilisateur qui peut être choisi parmi les suivants :

- Soit le nombre limite d'itérations est atteint
- Soit l'algorithme a convergé, c'est-à-dire qu'entre deux itérations les classes formées restent les mêmes.
- Soit l'algorithme a "presque" convergé, c'est à dire que l'inertie intra-classe ne s'améliore quasiment plus entre deux itérations.

### Exemple

Nous illustrons les différentes étapes de l'algorithme par le graphique suivant.

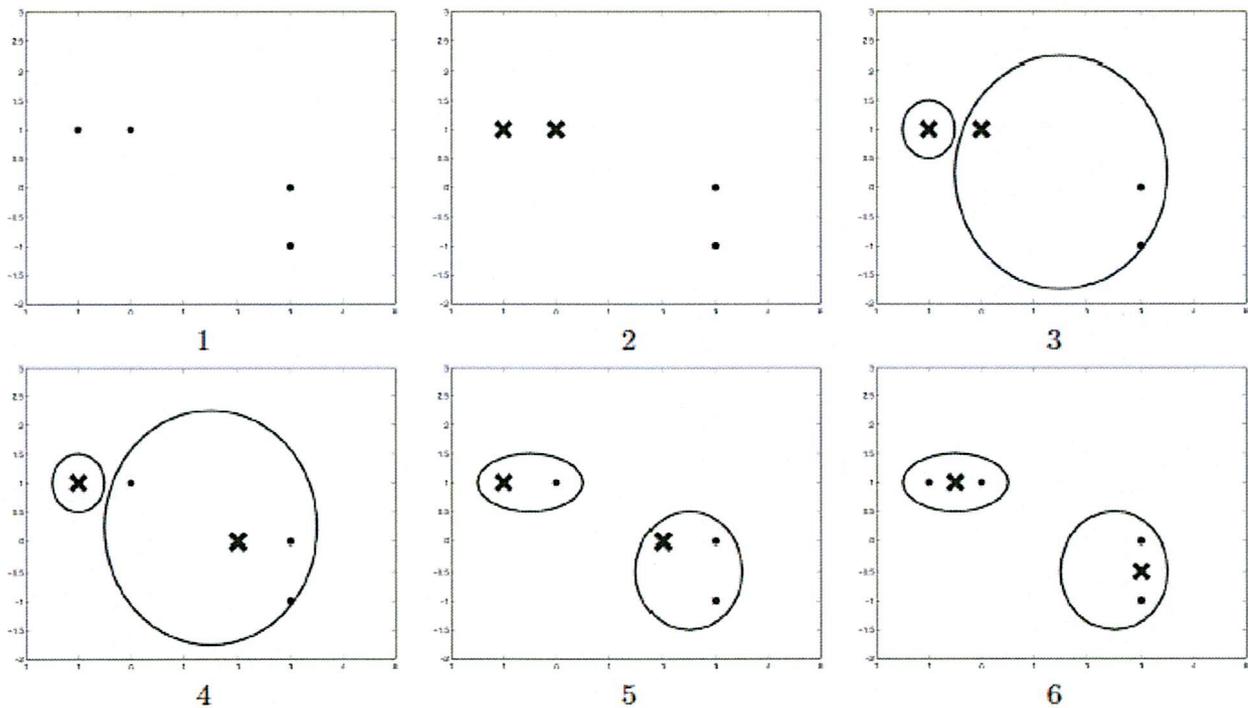


Figure 5: Une illustration de l'algorithme K-means. (1) On dispose de 4 points à classer en deux classes. (2) A l'initialisation, deux de ces points sont choisis comme centres de classe. (3) Deux classes sont créées en regroupant les autres points en fonction

Notons que l'énergie intra-classe diminue à chaque itération (amélioration de la classification) et est minimale lorsque la partition optimale est atteinte. Aussi la partition optimale peut différer selon l'initialisation, cette instabilité de la partition optimale représente un inconvénient majeur de cette méthode.

L'algorithme ne permet donc pas de trouver la partition optimale, mais converge plutôt vers une partition localement optimale (minima locaux). Pour résoudre en partie ce problème, on peut choisir de faire tourner l'algorithme plusieurs fois avec différentes initialisations, et de choisir la meilleure des partitions obtenues au sens de l'inertie intra-classe (E. Lebarbier, T. Mary-Huard).

### 2.3.2 La classification ascendante hiérarchique

La classification ascendante hiérarchique notée CAH est une méthode de partitionnement qui a pour objectif de construire une suite de partitions emboîtées de données en  $n$  classes,  $n-1$  classes, ..., 1 classe. Ces méthodes peuvent être vues comme la vieille maxime populaire « *les oiseaux de même plumage volent ensemble* ».

La CAH vise à déterminer une partition de  $K$  classes d'inertie inter-classe minimale. La procédure va consister à regrouper à chaque étape les deux classes dont la fusion entraîne la plus faible augmentation de l'inertie intra-classe

#### Principe<sup>2</sup> (algorithme de la méthode CAH) :

- À l'étape initiale, les  $n$  individus constituent des classes à eux seuls.
- On calcule les distances deux à deux entre individus, et les deux individus les plus proches sont réunis en une classe.
- La distance entre cette nouvelle classe et les  $n - 2$  individus restants est ensuite calculée, et à nouveau les deux éléments (classes ou individus) les plus proches sont réunis.

Ce processus est réitéré jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'une unique classe constituée de tous les individus.

Nous remarquons qu'à l'initialisation chaque individu constitue une classe, cette classe est donc totalement homogène et l'inertie inter-classe est maximale tandis que l'énergie intra-classe est nulle. À l'opposé, il ne reste plus qu'une seule classe à la fin du processus, l'inertie intra-classe est donc maximale et l'inertie inter-classe est nulle. De plus, à chaque itération, l'inertie intra-classe augmente tandis que l'énergie inter-classe diminue suite aux regroupements successifs. Il est aussi nécessaire de préciser deux distances :

- La distance entre les individus : nous utilisons la même distance que celle utilisée pour calculer l'inertie intra-classe lors de la méthode des K-means.
- La distance entre les classes : nous utilisons ici la distance de **Ward**

#### Définition : la distance de Ward

La distance de Ward entre deux classes  $(C_i, C_j)$  de barycentres respectifs  $x_{C_i}$  et  $x_{C_j}$  est définie par :

$$D_W^2(C_i, C_j) = \frac{n_i n_j}{n_i + n_j} \|x_{C_i} - x_{C_j}\|^2$$

---

<sup>2</sup> (E. Lebarbier, T. Mary-Huard).

En utilisant la distance de Ward dans l'algorithme CAH, on réalise à chaque étape la fusion optimale au sens de la conservation de l'inertie intra-classe. Les partitions successivement obtenues sont hiérarchisées en étant emboîtées les unes aux autres. De ce fait, il est possible de représenter l'historique des différentes étapes de l'algorithme à l'aide d'une arborescence, aussi appelée **dendrogramme**.

L'avantage de cette méthode réside dans sa stabilité contrairement à la méthode des K-means où le partitionnement peut changer en fonction des centres de classes choisis au début de l'algorithme.

## 2.4 La classification supervisée

La classification supervisée consiste à faire émerger d'un ensemble de données d'entraînement pré-classifiées, les caractéristiques nécessaires et suffisantes pour classer une nouvelle donnée. L'on dispose au préalable des différentes classes et de  $n$  observations (**échantillon dit d'apprentissage**) dont l'appartenance aux différentes classes est connue, et l'objectif est de construire une règle de classement pour prédire la population d'appartenance de nouvelles observations.

La connaissance des classes est utilisée dans le processus d'apprentissage afin d'établir des règles permettant de classer de nouvelles observations à partir de leurs caractéristiques qualitatives ou quantitatives.

Il existe plusieurs algorithmes de classification supervisée : l'algorithme CART, les réseaux de neurones, les forêts aléatoires ou Random Forest et bien d'autres méthodes (Regression multiple, Ridge, Lasso, ACP, PLS...). Nous nous limiterons à la présentation des trois premières citées.

### 2.4.1 La méthode CART

La méthode CART (Classification And Regression Trees en anglais) a été introduite par Breiman, Friedman, Olshen et Stone en 1984. C'est une méthode de classification supervisée non paramétrique. Elle repose sur le partitionnement récursif et dyadique de l'espace des observations, ce qui se représente par un arbre binaire de décision encore appelé arbre de segmentation.

Lorsque la variable réponse est qualitative, on parle de classification et dans le cas d'une variable réponse quantitative, on parle d'arbre de régression. Les méthodes d'arbre de décision visent à répartir les individus d'une population en groupes les plus homogènes possibles en fonction de la variable à expliquer.

#### 2.4.1.1 Principe de l'algorithme CART

C'est une série de tests effectués par l'algorithme afin de scinder la population en groupes homogènes à partir de plusieurs critères définis automatiquement sur les variables explicatives. C'est un enchaînement de série de tests qui crée l'arbre de décision. Un arbre est constitué de nœuds, le nœud contenant toutes les observations est appelé **la racine** et les nœuds terminaux sont **les feuilles**. À chaque itération, le nœud est divisé en deux sous populations à partir d'un critère afin d'observations des segments les plus homogènes possibles.

Les arbres sont généralement présentés de la manière suivante :

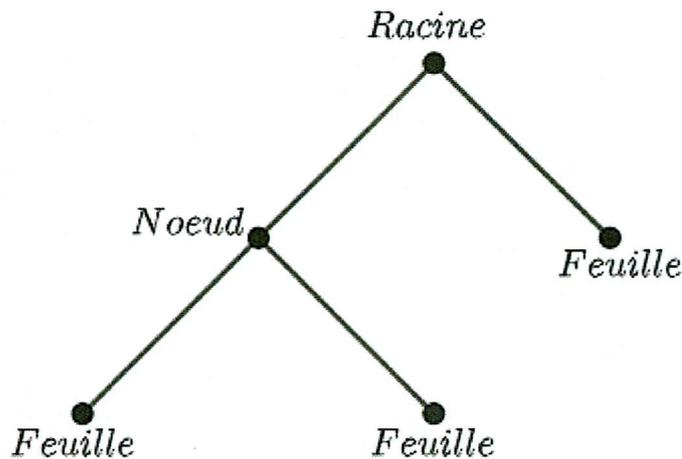


Figure 6: illustration d'un arbre de décision

Chaque feuille contient la prédiction de la variable réponse. Par construction, l'algorithme donne en réponse la moyenne de la variable quantitative calculée sur chaque population (racine, nœud et feuille).

Les nœuds de l'arbre sont créés par l'algorithme qui effectue plusieurs séparations possibles d'une variable explicative et choisit celle qui rend les sous-groupes les plus homogènes. Cette séparation est réalisée pour chaque variable explicative qualitative ou quantitative.

Pour une variable explicative quantitative, la séparation est faite de telle sorte que les individus dont la variable est inférieure à un seuil choisi se retrouvent d'un côté de l'arbre et les autres individus de l'autre côté. Lorsque c'est une variable explicative qualitative, il y a autant de séparations possibles que de combinaisons, les individus sont séparés de sorte que la variance inter-groupe soit maximal.

### 2.4.1.2 Construction de l'arbre CART

Les étapes de la construction de l'arbre sont :

- Définir un critère permettant de sélectionner la meilleure division à une étape donnée, une division est admissible si aucun des nœuds descendants n'est vide. Le critère de division repose sur la définition d'une fonction d'hétérogénéité.

L'hétérogénéité dans un nœud A pour une variable réponse quantitative se mesure par la variance intra-nœud de la manière suivante :

$$D_A = \frac{1}{n_A} * \sum_{i \in A} (y_i - \bar{y}_A)^2$$

Où

- $n_A$  est l'effectif du nœud A
- $y_i$  la valeur observée de la variable réponse sur l'individu i

- $\bar{y}_A$  la moyenne des valeurs de la variable réponse des individus appartenant au nœud A.

Lorsque la variable d'intérêt est qualitative, l'hétérogénéité du nœud est mesurée par l'entropie ou la concentration de Gini. Soit Y, une variable qualitative à m modalités.

Selon la fonction d'entropie, l'hétérogénéité dans le nœud A se mesure de la manière suivante :

$$D_A = -2 * \sum_{i=1}^n |n_A| p_A^i \log(p_A^i)$$

Où  $p_A^i$  est la proportion des valeurs observées ayant la modalité i dans le nœud A.

Selon la concentration de Gini, l'hétérogénéité dans le nœud est définie par :

$$D_A = -2 * \sum_{i=1}^m p_A^i (1 - p_A^i)$$

L'objectif est de chercher pour chaque nœud la division, la variable ou la règle de décision qui contribuera à la plus forte décroissance de l'hétérogénéité des nœuds.

- Définir la condition d'arrêt du découpage, la croissance de l'arbre s'arrête lorsque les feuilles sont homogènes et il n'existe plus de partition ou lorsque le nombre d'observations que les feuilles contiennent sont inférieurs à un certain seuil.
- Attribuer au nœud terminal la classe ou la valeur la plus probable de la variable à expliquer. Dans le cas de l'arbre de régression, il s'agit de la moyenne des observations de la variable observée. Dans le cas de la classification, la modalité de la variable réponse qualitative la plus représentée est attribuée au groupe.
- Élaguer l'arbre lorsque le nombre de nœuds est trop important dans l'arbre maximal

**L'élagage** consiste à une sélection de modèles afin de réduire la complexité et le surajustement. On parle de **sur-apprentissage** ou de sur-ajustement lorsque le modèle arrive à effectuer des prédictions précises sur la base d'apprentissage mais son extrapolation sur d'autres observations est biaisée. Dans ce cas, les erreurs commises sur les bases de test tendent à augmenter, à la différence de celles sur la base d'entraînement.

Il consiste à contrôler la taille de l'arbre afin d'obtenir l'arbre optimal en surveillant le taux d'erreur. Le principe est de développer l'arbre maximal c'est-à-dire l'arbre saturé puis de remonter en partant des feuilles et de supprimer les nœuds dont la division n'améliore pas significativement l'arbre de régression.

Il faut noter que l'algorithme CART requiert très peu de connaissances de la structure des données et permet de travailler sur différents segments constitués. Les résultats de cet algorithme sont facilement interprétables et compréhensibles. Ce sont les raisons pour lesquelles notre choix s'est porté sur ce modèle pour le profilage des assurés de notre portefeuille.

#### 2.4.2 Random Forest

Le random forest ou « forêts aléatoires » est un algorithme proposé par L. Breiman en 2001. Il consiste à un assemblage d'arbres de décision indépendants. Le but de ce modèle est de regrouper

un grand nombre d'arbres afin de réduire la variance de notre modèle. C'est un modèle qui permet de contourner l'une des limites du modèle CART qui est sa sensibilité aux fluctuations d'échantillonnage, une modification de l'échantillon d'apprentissage peut modifier la structure de l'arbre et impacter les prédictions.

L'algorithme effectue B tirages avec remise à partir d'un échantillon de taille  $n$  par Bootstrap. Le Bootstrap est une technique de rééchantillonnage consistant à créer de nouveaux échantillons de la même taille que l'échantillon de départ en tirant les observations de manière aléatoire. Chaque échantillon issu de ce processus est utilisé pour construire un arbre de régression. Chaque arbre est construit en sélectionnant  $m$  variables aléatoirement parmi les  $p$  variables explicatives. En pratique,  $m = \frac{p}{3}$  pour un arbre de régression et  $m = \sqrt{p}$  pour un arbre de classification.

La division est ensuite effectuée de la même manière que l'algorithme CART pour chaque échantillon. Lorsque tous les arbres sont construits, la valeur prédite de la variable réponse est alors la moyenne des prédictions des arbres maximaux construits.

On obtient :

$$\hat{y}_i = \frac{1}{B} \sum_{k=1}^B \hat{y}_{i,k}$$

Où :

- B est le nombre d'échantillons Bootstrap créés
- $\hat{y}_i$  est l'estimation de la variable d'intérêt de l'individu  $i$ .
- $\hat{y}_{i,k}$  est la valeur prédite pour l'individu  $i$  sur l'échantillon  $k$ .

En plus de la prédiction de la variable réponse, les forêts aléatoires fournissent deux informations utiles que sont l'erreur **Out Of Bag** et l'importance des variables.

#### 2.4.2.1 L'erreur Out Of Bag (OOB)

L'erreur OOB fournit une estimation des erreurs de prédiction en fonction d'une méthode d'apprentissage-validation ou de validation-croisée. Cette procédure ne nécessite pas alors de découper l'échantillon en une base d'apprentissage et une base de validation.

Étant donnée une observation  $(X_i, Y_i)$  d'un échantillon  $D_n$ , on désigne par  $I_B$  l'ensemble des arbres de la forêt qui ne contiennent pas cette observation dans leur échantillon Bootstrap. La prévision de  $Y_i$  sur la forêt aléatoire est donnée par :

$$\hat{Y}_i = \frac{1}{|I_B|} \sum_{k \in I_B} h(X_i, \theta_k)$$

Dans le cas de la classification, la prévision s'obtient en faisant voter ces arbres à la majorité. L'erreur OOB est définie par :

- En régression  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - Y_i)^2$
- En classification  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (1_{\hat{Y}_i \neq Y_i})$

### III. CADRE PRATIQUE ANALYSE DU PORTEFEUILLE ET DE LA RENTABILITÉ

Ce chapitre est consacré à la présentation et à l'analyse des données que nous avons utilisées pour réaliser ce mémoire. En effet, de la qualité des données dépend la pertinence de l'étude méthodologique et des résultats associés.

Par ailleurs, La compagnie d'assurance comme toute autre entreprise a pour objectif principal de rentabiliser ses fonds.

Ainsi, en utilisant des instruments d'analyse et d'évaluation qui sont propre au domaine des assurances, tout en prenant en considération son environnement réglementaire, nous procéderons à une analyse correcte de la rentabilité et des perspectives d'avenir de notre portefeuille d'assurance Responsabilité Civile à travers les instruments présentés au chapitre II.

#### A Présentation des données

##### 1 Description des données

Sunu Assurances IARD a mis à notre disposition deux dossiers distincts : un dossier « productions » composé des fichiers contrats de chaque année qui résument l'information disponible en début de période sur chaque contrat qui permet de proposer une prime d'assurance et un dossier « inventaire permanent » qui renseigne sur les sinistres. Le dossier production contient dix fichiers « production » correspondant à la production des 11 années sur lesquelles portent notre étude. Nous les avons fusionnés pour constituer une base commune « BaseProduction ». Le dossier « inventaire permanent » contient dix fichiers « inventaire\_permanent ». Notons que cette dernière base est cumulative, c'est-à-dire que le fichier « inventaire\_permanent\_2020 » retrace la sinistralité, toutes branches confondues, de la compagnie jusqu'en 2020, l'intérêt de tous ces fichiers est donc de retrouver les règlements effectués année après année. Nous les avons donc fusionnés afin d'atteindre cet objectif.

Nous avons d'abord procédé à l'identification des variables qui compose ces différents fichiers, puis nous avons effectué des retraitements des variables utiles pour l'analyse statistique et la mise en place de notre méthodologie. La base de données « sinistres » est le fichier dans lequel sont renseignées les informations relatives aux sinistres des contrats en portefeuille (garantie sinistrée, nombre de sinistres, l'indemnité, la provision...). Nous rappelons que notre période d'étude se situe entre 2010 et 2020.

Nous désignerons dans toute la suite le fichier production par « fichier production » et le fichier inventaire permanent par « fichier sinistres »

##### 1.1 La base « production »

Notre portefeuille d'assurance contient les informations sur les contrats d'assurances responsabilité civile souscrits entre 2010 et 2020.

Le fichier production comporte tous les contrats commercialisés par la compagnie durant la période d'étude. Cette base ne contient que les informations relatives à la production de la période d'étude et comprend 22 colonnes et 10458 lignes.

- Période : Période de souscription (le mois de la souscription)
- Exercice : Année d'exercice rattachée à la souscription
- Date facture : Date d'émission de la facture
- Code intermédiaire : code de l'intermédiaire
- Intermédiaire : nom de l'intermédiaire apporteur de cette affaire
- Police : Numéro de police généré par le système
- Ancien numéro : Numéro de police entrée manuellement avec une nomenclature permettant d'identifier facilement la police
- Date effet : Date de prise d'effet du contrat d'assurance, date de souscription
- Fin garantie : Date de fin de la couverture d'assurance
- Code client
- Client : Nom du client
- Code branche : Code de la branche
- Branche : La branche d'assurance à laquelle appartient ce contrat d'assurance
- Code produit
- Produit : Type de produit d'assurance vendu
- Garantie : Libellé de la garantie
- Taux compagnie : Taux de coassurance détenu sur ce contrat
- Prime nette : Prime nette = prime pure + chargement + commission
- Commission : commission de l'apporteur d'affaire
- Garantie smp : Sinistre maximum possible
- Garantie valeur assurée : Capital maximal assuré

**Remarque** : le chiffre d'affaires, l'activité et la masse salariales bien qu'étant des éléments de tarification de la branche responsabilité civile générale ne sont pas renseignés

## 1.2 La base « sinistres »

Notre portefeuille d'assurance contient les informations sur les contrats d'assurances responsabilité civile souscrits entre 2010 et 2020.

La base sinistre, après fusion comporte 39 953 lignes et relate l'historique de la gestion des sinistres RC jusqu'au 31 décembre 2020. Elle est la résultante de la fusion des inventaires permanents sur la sinistralité de la branche Responsabilités civile des années sur lesquelles porte notre étude. Cette fusion vise à retrouver le montant des règlements par année pour chaque sinistre survenus ou rattaché à la période de notre étude.

Elle comprend 25 colonnes que nous présentons :

- Intermédiaire : Nom de l'intermédiaire apporteur de cette affaire

- Branche : La branche d'assurance à laquelle appartient ce contrat d'assurance
- Produit : Le type de produit d'assurance
- Numéro sinistre : Le numéro du sinistre
- Origine : Ancien numéro de police avant la migration du système
- Survenance : Date de survenance
- Déclaration : Date de déclaration
- Police : Numéro de police généré automatiquement par le système
- Ancien Numéro de Police : Numéro de police entrée manuellement avec une nomenclature permettant d'identifier facilement la police
- Date Effet : Date de prise d'effet du contrat
- Date fin Effet : Date de fin du contrat
- Client : Nom du client
- Date : date du dernier mouvement relatif au sinistre
- Code Garantie : Codification de la garantie
- Garantie\_1 : Type de garantie
- État : État du contrat
- Part coassurance : Part de coassurance détenue par la compagnie sur la police
- Eval\_dépenses : la provision d'ouverture du dossier sinistre (non pertinent)
- Cumul payé : Le cumul des paiements effectués sur ce dossier sinistre
- Règlement exercice : le montant règlement effectué sur ce dossier sinistre au cours de l'exercice
- Provision dépense : Provision nécessaire pour les règlements jusqu'à extinction du passif obtenu par la méthode dossier par dossier.
- Eval\_recours : Évaluation des recours (non pertinent)
- Cumul recours : le cumul des recours sur le dossier sinistre
- Recours exercice : Montant des recours de l'exercice
- Prévisions recours : prévision des recours
- Smp : Sinistre Maximum Possible
- Valeur assurée : Capital maximum assuré
  
- Variables retenues :

Nous identifions pour le besoin de l'étude une liste de variables utiles pour les analyses statistiques appartenant aux bases suivantes

- Année de souscription
- Année de survenance
- Règlement exercice
- Provision dépenses
- Cumul recours
- Prévision recours
- Cumul payé

- Part coass
- Produits
- Garanties

**Remarque** : cette base ne fournit pas les éléments de tarification. En effet ces informations ne sont pas enregistrées dans le système de la compagnie

## 2 Retraitement

### La base production

Comme dans toute base de données, nous avons constaté des anomalies (par exemple des lignes coût des polices) à retraiter, le premier retraitement après la fusion des bases a consisté à supprimer 1630 lignes dont la prime nette pour chacune des lignes est de 0 ou 1.

Les colonnes « produit » et « garantie » qui représentent respectivement le produit d'assurance vendus et les garanties incluses sont sujettes à des problèmes de qualification des modalités, certainement dû à un mauvais renseignement de la base et à la non catégorisation, par le passé, des produits vendus par la compagnie. Après consultation des contrats, nous vous présentons dans un tableau les différentes modalités inscrites dans la base ainsi que la requalification (éventuellement les regroupements) effectuée(s).

PRODUIT	Décisions	Pnette cumulée	Regroupement
RC Entreprise			RC Entreprise
RC Divers			RC Entreprise
RC Particulier			RC Professions libérales
RC Professions libérales			RC Professions libérales
RC Dégâts des eaux			RC Entreprise
Autres RC PRO			RC Professions libérales
Corps de bateau de plaisance	2 lignes supprimées	8 082 833 CFA	F
RC Chef d'entreprise			RC Entreprise
RC Médicale			RC Professions libérales
RC Écoles			RC Écoles
RC Familiale	44 lignes supprimées	289 633 F CFA	
RC Organisateur de fêtes			RC organisateur événements
RC Décennale			RC Entreprises
RC Collectivités privées			RC Organisateur événements
RC Propriétaire immeuble	1 ligne Supprimée	504 654 F CFA	
RC Exploitation Spéciale			RC Professions libérales
RC Expert et autres			RC Professions libérales

### *Tableau 3: Tableau des anomalies*

Nous aboutissons donc à un regroupement en quatre produits pour la suite de notre étude :

- La RC Entreprises
- La RC Profession libérales
- La RC Organisateur d'évènements
- La RC Écoles

#### **La base production**

Nous avons supprimé 40 lignes de la branche transport que nous avons retrouvé dans notre base, cependant aucun règlement n'avait été effectué sur ces lignes.

Notre base ne nous renseigne pas sur la sinistralité de la RC Organisateur d'évènements, nous aboutissons donc après regroupement à trois produits :

- La RC Entreprises
- La RC Profession libérales
- La RC Écoles

### **B Analyse du portefeuille**

Dans cette partie, nous serons amenés à nous imprégner de la base de données soumise à notre étude au travers une analyse qui se déclinera en trois principaux axes :

- Une analyse globale du portefeuille en termes d'évolution du chiffre d'affaires, et de la charge sinistres.
- Une analyse de la composition du portefeuille en termes de chiffre d'affaires suivant les produits commercialisés
- Une analyse restreinte de l'évolution du chiffre d'affaires et de la charge sinistre des différents produits commercialisés

Il conviendrait donc de préciser certains termes nécessaires à la compréhension de ce qui suit :

- An Effet signifie que la charge sinistre est reliée à l'année de souscription (année de la date de prise d'effet du contrat) de la couverture (contrat) ayant donné naissance au sinistre.
- An Surv signifie que la charge sinistre est reliée à l'année de survenance du sinistre.

#### **1 Analyse du chiffre d'affaires**

Dans cette partie, nous analysons d'abord le chiffre d'affaires global du portefeuille, ensuite cette étude s'étendra aux différents produits commercialisés par la compagnie.

Nous présentons l'évolution globale du chiffre d'affaires de la branche Responsabilité Civile Générale

Le chiffre d'affaires (en abrégé CA) représente le montant des ventes (hors taxes) réalisées par l'entreprise avec les tiers dans l'exercice de son activité professionnelle normale et courante. Cette donnée constitue notamment une indication sur le volume d'affaires générée par l'entreprise.

En assurance, l'activité consiste à vendre des couvertures (acheter des risques), le chiffre d'affaires d'une compagnie d'assurance est donc la somme des montant de ses primes collectées (nette de coassurance et taxe) en échange de la couverture de risque accordée à l'assuré. Cette prime est dénommée par « prime nette » et le chiffre d'affaires donne une indication sur le volume de risques mutualisés.

### 1.1 Analyse de l'évolution globale du chiffre d'affaires

Le tableau ci-dessous présente l'évolution du chiffre d'affaires de notre portefeuille responsabilité civile entre 2010 et 2020.

Année	Chiffre d'affaires (net du coût de police)	Évolution
2020	1 017 723 131	-6,01%
2019	1 082 810 845	8,93%
2018	994 022 441	53,04%
2017	649 507 286	-26,41%
2016	882 544 868	48,41%
2015	594 650 864	19,00%
2014	499 717 270	57,21%
2013	317 858 822	-27,45%
2012	438 101 893	13,35%
2011	386 516 876	-8,38%
2010	421 869 597	
<b>Total</b>	<b>7 285 323 893</b>	<b>141,24%</b>

Tableau 4: Évolution du CA net du coût de police

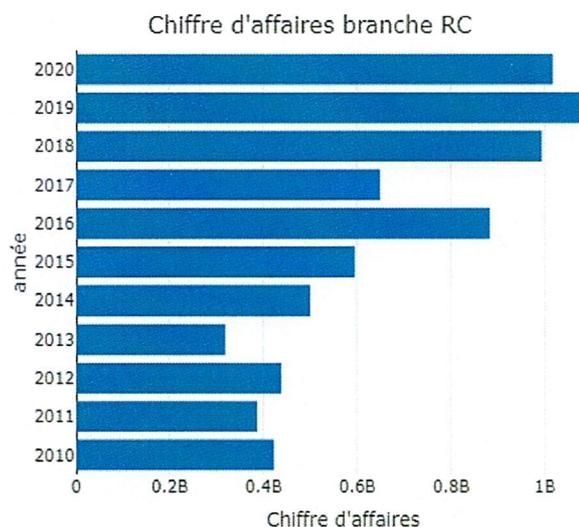


Figure 7: Évolution du CA entre 2010 et 2020

Le graphique ci-dessus illustre la croissance du chiffre d'affaires Responsabilité Civile de la compagnie avec le temps et cela à partir de l'année 2014. On notera une baisse de 6,01% entre 2019 et 2020 du chiffre d'affaires qui s'explique par la conjoncture liée à la pandémie du COVID 19. Le confinement et la non mobilité des équipes commerciale ont indéniablement comme

influence la baisse des ventes de nouveaux contrats. D'autres lignes de métiers en ont vraisemblablement été touchés.

## 1.2 Composition du portefeuille RC

Notre base RC Générale comprend une variable « produits » dont les 17 modalités ont été regroupées en 5 grandes catégories :

- RC Entreprises
- RC Professions libérales
- RC Écoles
- RC organisateur d'évènement que nous dénommons par RC Event dans la suite.

La composition en termes de pourcentage du chiffre d'affaires est donnée par le diagramme par secteur suivants :

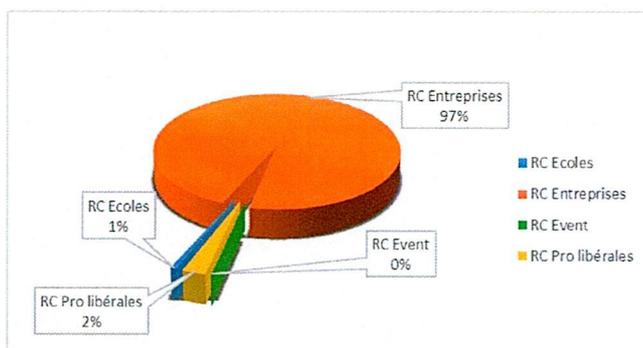


Figure 8: Composition du portefeuille globale par polices

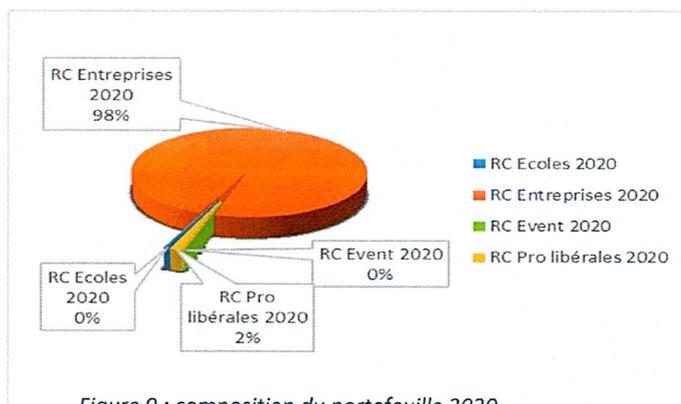


Figure 9 : composition du portefeuille 2020

Le chiffre d'affaires du produit RC Entreprises représente près de 98% du chiffre d'affaires de notre portefeuille de RC générale, la RC Écoles et Event sont de nouveaux produits commercialisés depuis l'année 2016 avec moins de 1% chacun de part du portefeuille Responsabilité Civile en termes de chiffre d'affaires. Ces produits n'ont pas encore un poids conséquent en termes de chiffre d'affaires sur le marché de la CIMA et en particulier sur le marché ivoirien.

Nous pouvons, au vu de la composition du portefeuille RC générale affirmer que l'évolution du chiffre d'affaires et de la charge sinistre du produits RC Entreprise va de pair avec celle du portefeuille dans sa globalité sauf en cas de la réalisation d'un sinistre grave impactant les autres produits.

## Statistique descriptive

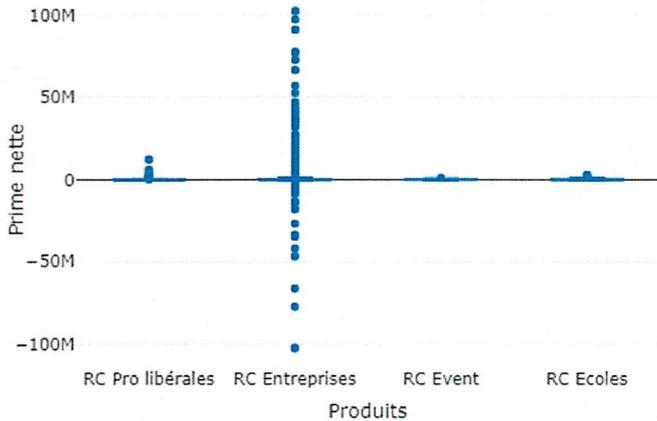


Figure 10: box plot primes nettes par produit de la période 2010-2020

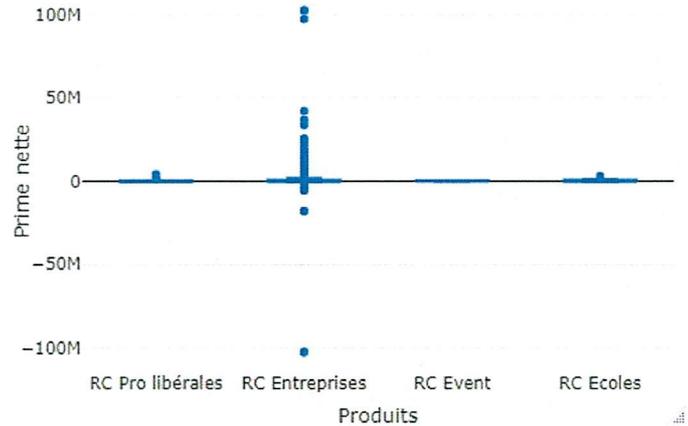


Figure 11: box plot primes nettes par produit 2020

Les valeurs négatives constatées sont des annulations de primes. Certaines annulations ayant été effectuées après plus d'un an, nous convenons de ne pas les retirer de notre étude.

Le graphique montre une mutualisation de divers risques pour le produit Responsabilité Civile Entreprises.

### 1.3 Analyse de l'évolution du chiffre d'affaires par produits

Le graphique sous dessous présente l'évolution du chiffre d'affaires des produits de notre portefeuille Responsabilité Civile durant la période de notre étude.

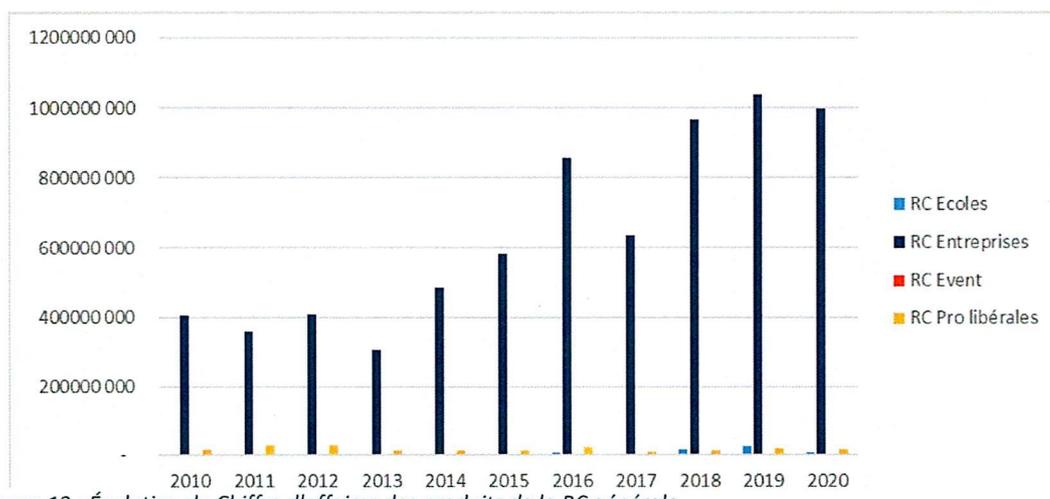


Figure 12 : Évolution du Chiffre d'affaires des produits de la RC générale

L'évolution du chiffre d'affaires du produit Responsabilité Civile Entreprises est quasiment identique à l'évolution globale du portefeuille Responsabilité Civile, ce qui s'explique par la structuration de notre portefeuille. En effet le chiffres d'affaires du portefeuille RC Entreprises représente 98% du chiffre d'affaires global du portefeuille.

Après une série de hausse et de baisse de 2010 à 2012, le chiffre d'affaires de la compagnie croit de façon générale avec le temps depuis 2013. Cependant nous notons une baisse du chiffre d'affaires en 2020 qui s'explique par la conjoncture liée à la pandémie du COVID 19. Le confinement et la non mobilité des équipes commerciales ont indéniablement comme influence la baisse des ventes de nouveaux contrats.

### Évolution détaillée du chiffre d'affaires de chaque produit

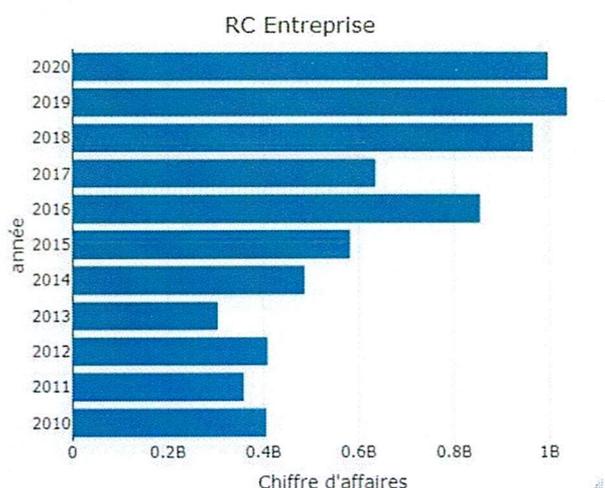


Figure 13: Évolution Chiffre d'affaires RC Entreprise

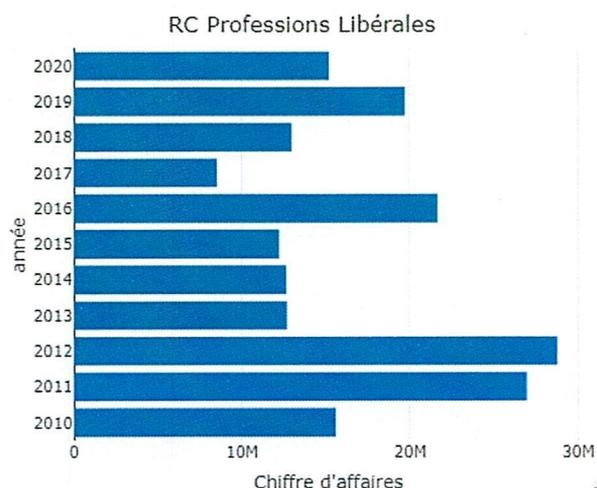


Figure 14: Évolution du chiffre d'affaires RC Professions libérales

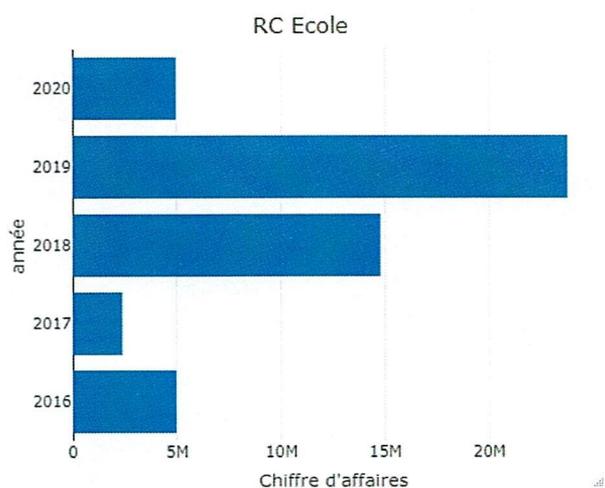


Figure 16: Évolution du chiffre d'affaires RC École

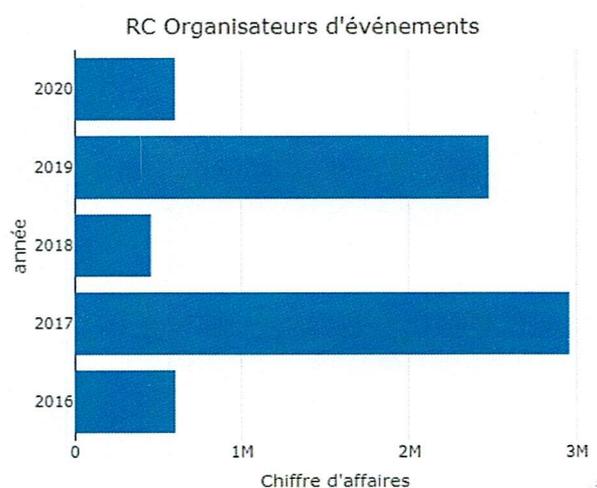


Figure 15: Évolution du chiffre d'affaires RC Événements

On constate que tous les produits commercialisés par la compagnie ont subi une baisse de leur chiffre d'affaires en 2020, cela traduit l'impact de la pandémie du COVID 19 sur la production de 2020.

## 2 Analyse de la charge sinistre

La charge sinistre correspond à la totalité des paiements effectués relatifs à l'exercice augmentée des sommes probables restant à payer (PSAP : provisions pour sinistres à payer) si le sinistre n'est pas clos déduction faite des recours encaissés. En ce qui concerne notre étude, nous utilisons deux approches de calcul de la sinistralité enfin de cerner l'évolution de cette dernière sous différents angles :

- *Les sinistres rattachés à l'année de survenance.*
- *Les sinistres rattachés à l'année de souscription* : l'idée de cette approche est de pouvoir rapporter le montant de cette charges sinistres aux primes des années de souscription afin d'avoir la vraie information sur l'évolution de la sinistralité relative à une année de production donnée jusqu'à extinction du passif

### 2.1 Analyse de l'évolution globale de la charge sinistre

Le Graphique suivant présente l'évolution de la sinistralité de 2010 à 2020 :

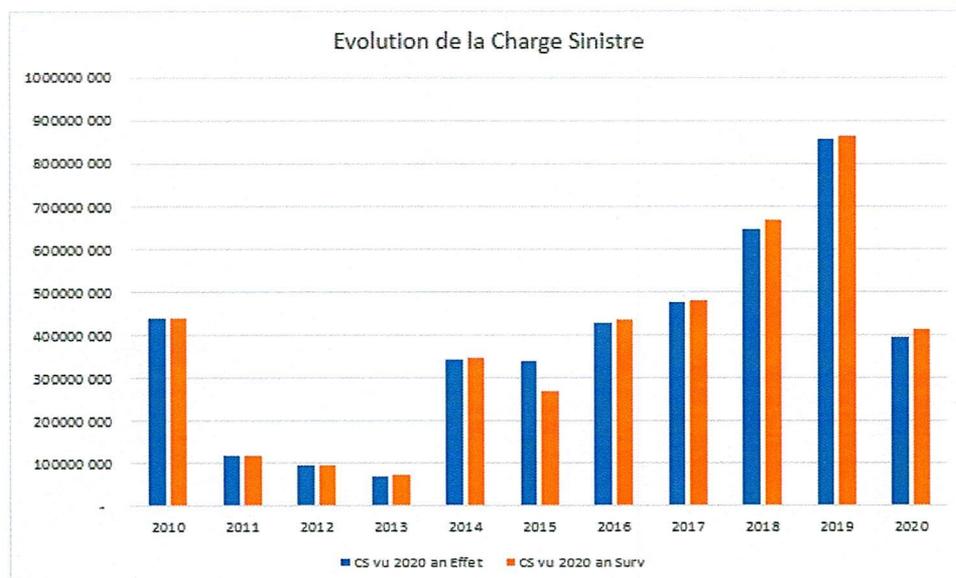


Figure 17: évolution de la charge sinistre du portefeuille RC

La charge sinistre évolue au fil du temps en adéquation avec l'évolution du chiffre d'affaires. En effet le montant de la charge sinistre estimée croît fondamentalement avec le chiffre d'affaires.

La charge de 2020 devrait s'accroître avec les sinistres tardifs et les sinistres à payer (SAP) qui sont des sinistres déclarés mais pas encore réglés et les IBNR (incurred but not reported) qui sont les sinistres survenus mais pas encore déclarés.

### Analyse descriptive

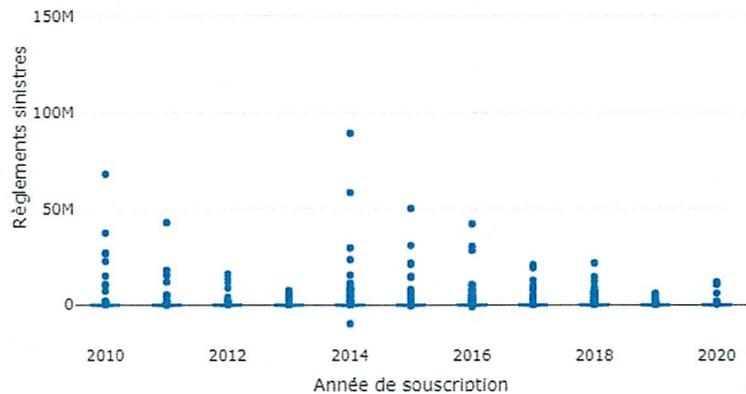


Figure 18: boxplot règlements par année

Nous constatons une valeur extrême liée à l'année de souscription 2010. Cette valeur est le montant d'un règlement de 185.000.000 FCFA effectué en 2017 relativement à un sinistre grave survenu au cours de l'année 2010 et lié à la production de la même année dont l'indemnisation s'est élevée à 311.249.729 FCFA. Le seuil des sinistres graves de notre portefeuille Responsabilité Civile étant de 100.000.000 FCFA, il s'agit donc d'un sinistre estimé à plus du triple de ce seuil.

L'étude du dossier révèle que ce sinistre est du fait de la contamination de l'eau par des déchets de nature fécale suite à l'endommagement d'un tuyau d'acheminement des eaux de la Société de Distribution des Eaux de Côte d'Ivoire (SODECI).

### Coût moyen

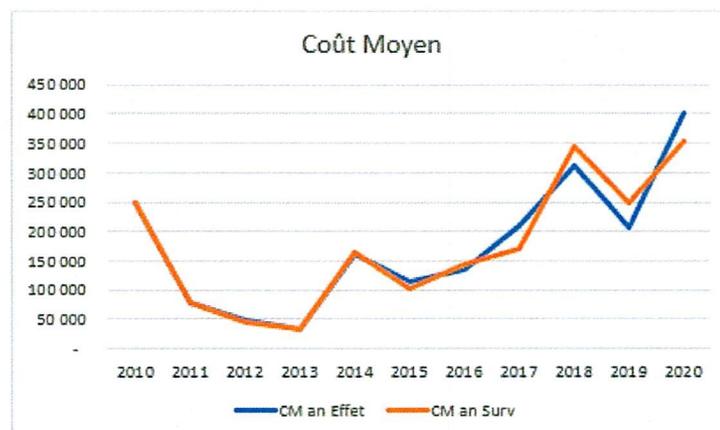


Figure 19: Coût moyen des sinistres du portefeuille RC

Le coût moyen des sinistres liés à la production de 2010 est relativement élevé. Ce qui s'explique par le fait du sinistre grave lié à cette année de production et évalué au triple du seuil des sinistres graves de la compagnie.

Par ailleurs il est difficile de se prononcer sur le coût moyen des sinistres des années récentes car la branche Responsabilité Civile est à développement lent. Cependant le boxplot de la *figure 18* ci-dessus nous montre une certaine homogénéité des coûts de sinistres et un coût moyen des sinistres réglés en 2020 égal à 400 000 FCA. Cette légère hausse du coût moyen peut s'expliquer par l'inflation.

Le graphique ci-dessous nous renseigne sur l'évolution de l'inflation<sup>3</sup> en Côte d'Ivoire de 2017 à 2020.

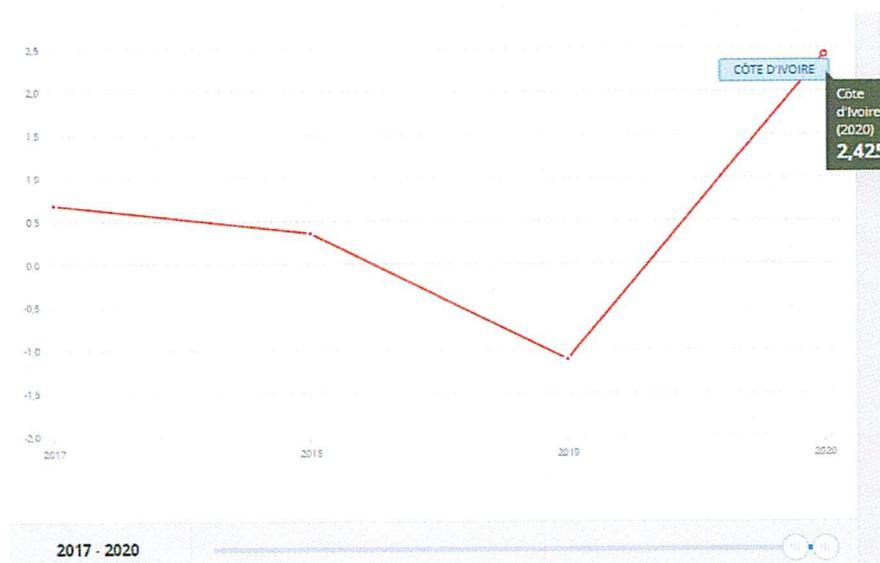


Figure 20: Évolution courbe d'inflation en Côte d'Ivoire

En outre, Le coût moyen de nos sinistres sur la période 2010-2020 est de 133 000 FCFA.

<sup>3</sup> Source : Statistiques financières internationales et autres fichiers de données du Fonds monétaire international <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/FP.CPI.TOTL.ZG?end=2020&locations=CI&start=2017&view=chart>

## 2.1 Évolution de la sinistralité des produits

### La Responsabilité Civile Entreprises

- Statistiques descriptives

Nous faisons un boxplot des règlements effectués entre 2010 et 2020. le résultat est le suivant :

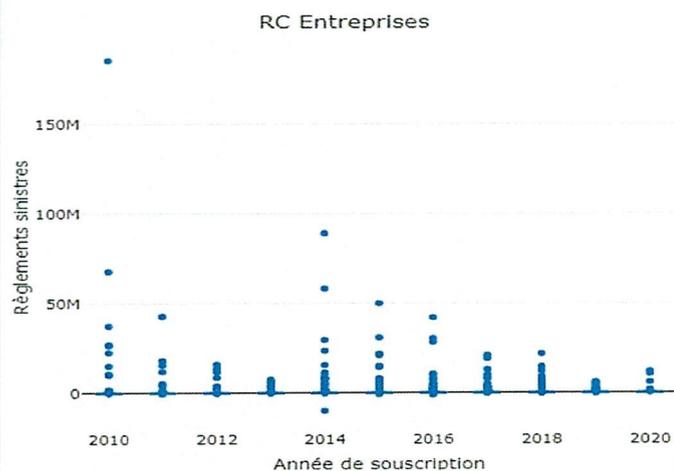


Figure 22: boxplot règlements par année

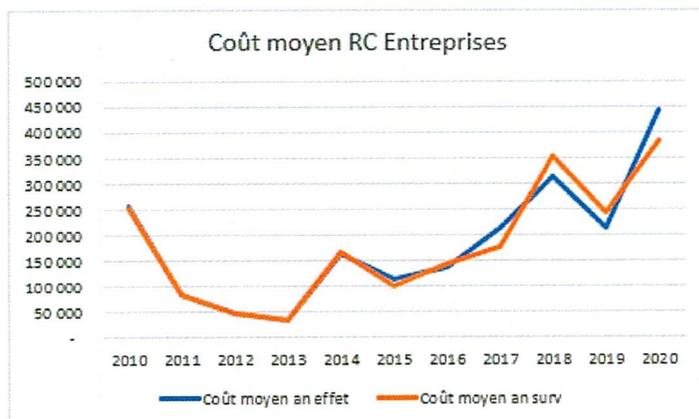


Figure 21: Coût moyen RC Entreprises

La sinistralité et le coût moyen sont quasiment identique à celle du portefeuille dans sa globalité compte tenu de la structure de notre portefeuille. Le sinistre grave mentionné un peu plus haut provient d'un contrat RC Entreprise.

Ce sinistre grave est évalué au triple du seuil défini par la compagnie. L'analyse du dossier nous a révélé que ce sinistre est du fait de la contamination de l'eau par des déchets de nature fécale suite à l'endommagement d'un tuyau d'acheminement des eaux de la Société de Distribution des Eaux de Côte d'Ivoire (SODECI). La Responsabilité Civile engagée ici est contractuelle (RC après livraison).

Les valeurs négatives sont des annulations de primes. Le coût moyen est relativement stable, il est de 135.179 F.CFA pour l'ensemble de notre portefeuille sur la période entre 2010 et 2020. Il faut cependant noter qu'il a évolué au fil du temps (figure 21) avec un pic en 2020 qui pourrait s'expliquer par l'inflation en 2020. Nous constatons une homogénéité des règlements.

Par ailleurs le coût moyen des sinistres liés à l'année de souscription 2010 est relativement élevé car cette production est impactée par un sinistre grave évalué au triple du seuil (100.000.000 FCFA) des sinistres graves du portefeuille. La chute du coût moyen les années qui s'en suivent s'explique non seulement par la non réalisation d'un sinistre grave mais aussi par une sélection rigoureuse des risques : « qui a déjà été mordu par un serpent se méfie du ver »

## Charge sinistre

Le schéma ci-dessous nous montre l'évolution de la sinistralité du produits RC Entreprise.

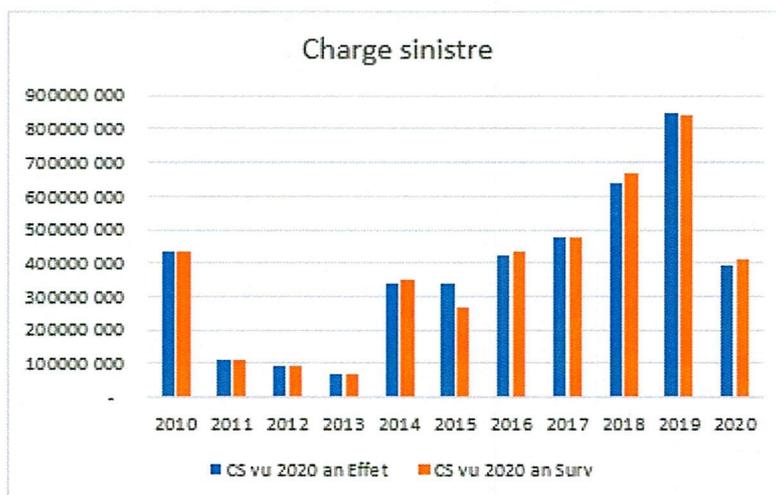


Figure 23: Evolution de la charge sinistre RC Entreprise

Comme nous aurions pu nous en douter du fait de la composition du portefeuille en termes de chiffre d'affaires, la charge sinistre du produit RC Entreprise évolue de façon similaire à celle du portefeuille RC Générale.

## La RC Professions libérales

La RC Professions libérales représente 2,56% de notre portefeuille en termes de chiffres d'affaires de la période 2010-2020 et 1,49% pour l'année 2020. C'est le deuxième produit le plus vendu de la branche responsabilité en termes de chiffre d'affaires.

Les graphiques suivants présentent l'évolution de la sinistralité et du coût moyen vu le 31 décembre 2020

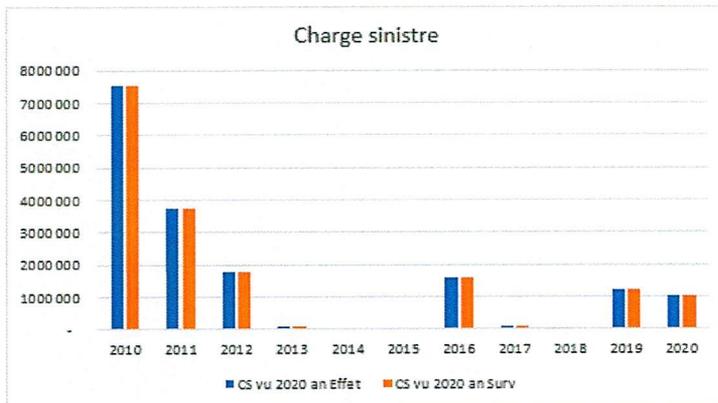


Figure 25: Evolution charge sinistre RC Professions Libérales

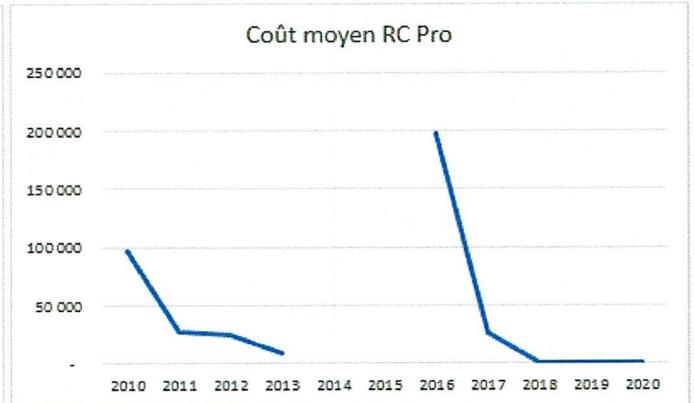


Figure 24: Coût moyen des règlements RC Pro

La production liée à l'année 2010 est la plus sinistrée avec un montant de 7.500.000 FCFA de charge sinistre. Cependant elle ne constitue pas une perte pour la compagnie dans la mesure où la prime nette liée à cette année est de 15.500.000 FCFA. Le ratio de sinistralité est de 48%.

Aucun sinistre lié aux affaires souscrites en 2014 ; 2015 et 2018 n'ai mentionné dans notre base les primes respectives relatives à ces années sont chacune inférieure à 13.000.000 FCFA. Nous pouvons donc dire que ce portefeuille est rentable.

### La RC École

Le produit Responsabilité Civile École est un produit commercialisé depuis l'année 2016 par la compagnie. Après avoir connue un évolution de son chiffre d'affaire passant de 5.000.000 FCFA en 2016 à 24.000.000 de F.CFA en 2019, ce chiffre d'affaires s'est effondré en 2020. Cette baisse pourrait s'expliquer par la fermeture des écoles au cours de l'année 2020 suite à la pandémie de la COVID 19. L'évolution de la charge sinistre de ce produit est présentée sur le graphique suivant :

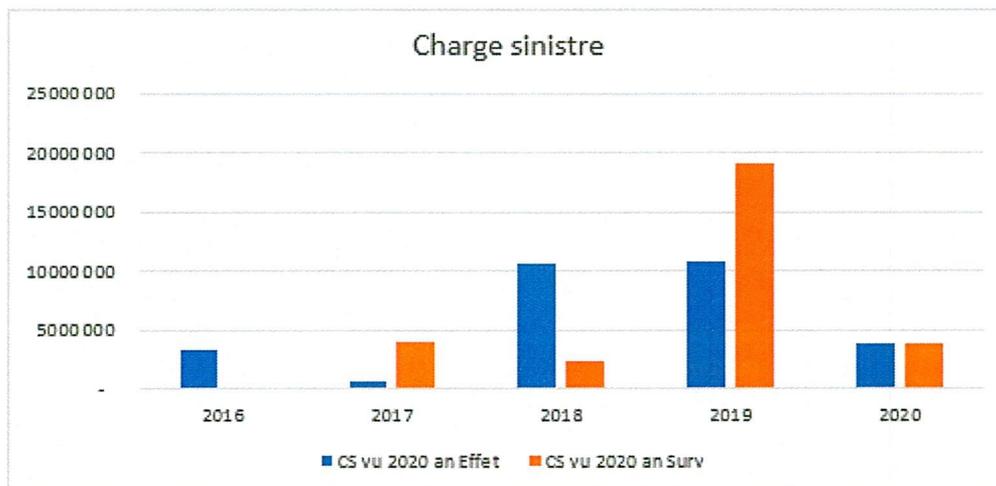


Figure 26:Évolution charge sinistre RC École

Nous constatons de grande variation en fonction de l'approche utilisée pour calculer la charge sinistre.

Les barres de couleur bleu représentent le montant de la charge sinistre vu le 31 décembre 2020 calculée en reliant les montants de sinistres à l'année de souscription du contrat qui a donné naissance à cette charge. Les barres de couleur orange quant à elles, représentent le montant de la charge sinistre vu à la même date et reliant les montants des sinistres à leur année de survenance.

Cette fluctuation s'explique principalement par le fait qu'un sinistre survenu en année N+1 d'un contrat souscrit en année N dont la couverture d'assurance court durant une période de l'année N+1 sera comptabilisée différemment selon nos approches mentionnées plus haut. Ainsi des contrats souscrits en 2016 dont les sinistres sont survenus durant la période couverte de 2017 figure dans la charge sinistre liée à l'année de souscription 2016 sans toutefois figurer dans la charge sinistre liée à l'année de survenance 2016. Cette charge différence de charge sera par la suite reversée sur la charge sinistre liée à l'année de survenance 2017 créant ainsi des variations au niveau des montant calculée d'une approche à une autres. Il est donc important, dans l'optique d'une analyse de la rentabilité, de rapporter les charges liées à une année de souscription aux primes de cette année afin d'éviter un biais dans notre appréciation.

Par ailleurs, un portefeuille constitué d'un grand nombre d'assurés serait moins sensible à cette fluctuation sous les hypothèses d'indépendance et de distribution identique de la variables aléatoires représentant la charge sinistre.

### RC Event

Nous n'avons pas pu effectuer l'étude de ce produit par manque de données sur sa sinistralité.

### 3 Analyse de la rentabilité par les ratios classiques

Nous présentons dans cette partie l'état des différents ratios de rentabilité, vu en fin 2020, de notre portefeuille sur notre période d'étude. Ces observations sont essentielles d'autant plus que le temps de développement parfois très long des sinistres de la branche Responsabilité Civile est une des principales préoccupations des assureurs non-vie.

#### 3.1 Ratio de sinistralité S/P

##### 3.1.1 Ratio de sinistralité du portefeuille global

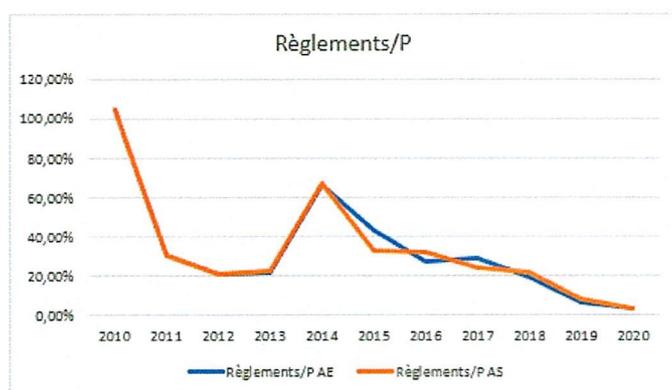


Figure 28: Ratio Règlements/Primes nettes du Portefeuille RC

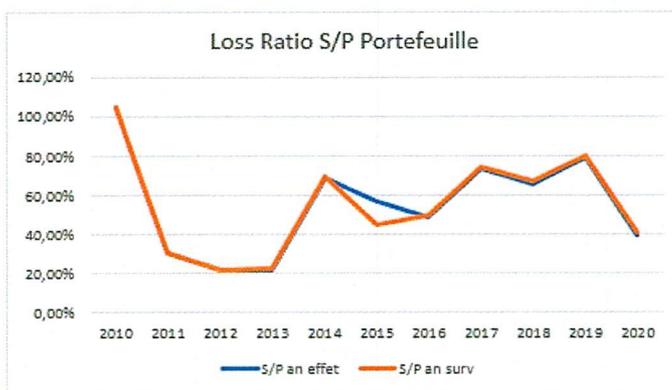


Figure 27: Ratio de sinistralité du portefeuille RC

La courbe du ratio de sinistralité nous montre que les sinistres survenus durant la période 2010-2014 sont connus et cela se traduit par la superposition des courbes du ratio **Règlements / primes nettes** et celle du **ratio de sinistralité S/P** où la charge sinistre est la somme des règlements majorés des provisions.

On remarque que la production de l'année 2010 a occasionné d'énormes pertes pour la compagnie car le ratio de sinistralité est de plus de 104%. Les rentabilités des productions respectives des années 2017 et 2019 sont aussi alarmantes avec des ratios de sinistralité respectives de 73 et 79%.

En outre, on observe à partir de 2015 un écart croissant année après année entre les courbes des ratio (**Charge sinistre**) / **Primes nettes** et **Règlements/primes nettes**. Ces écarts sont dus non seulement aux délais potentiellement longs entre la survenance du sinistre et sa déclaration mais aussi le fait que les sinistres pourraient être réglés longtemps après la survenance des événements. Tout ceci pourrait exposer une compagnie non aguerrie à des pertes disproportionnées résultant d'un mauvais tarif, d'une forte accumulation de risques ou d'un mauvais provisionnement.

Nous proposerons donc dans la suite de notre étude, des provisions obtenues par une méthode statistique pour le calcul des ratios de rentabilité afin de les comparer aux résultats obtenus par les provisions dossier par dossier.

### 3.1.2 Ratio de sinistralité des produits du portefeuille

#### Responsabilité Civile Entreprises

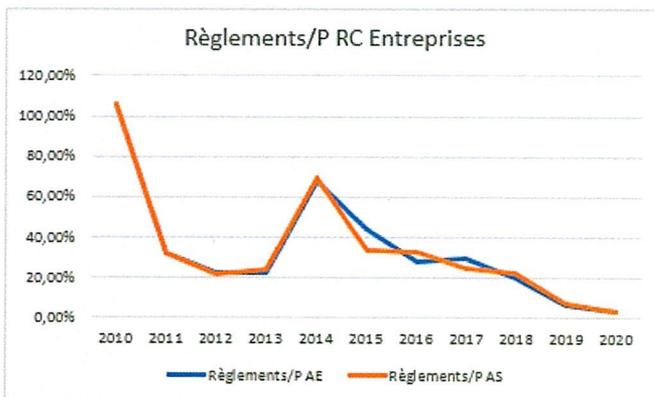


Figure 30: Ratio Règlements/Primes nettes Portefeuille RC Entreprises

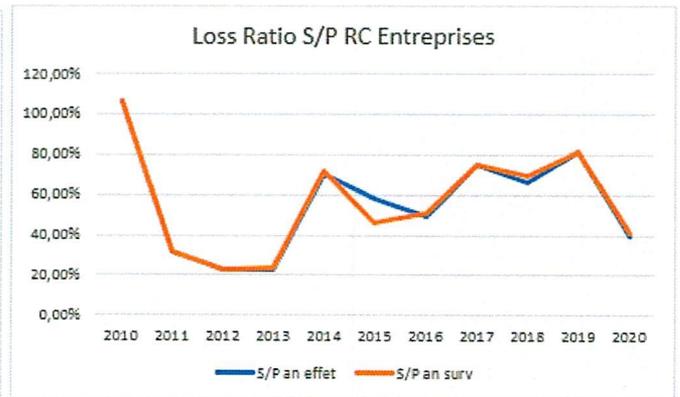


Figure 29: Ratio de sinistralité portefeuille RC Entreprises

Les sinistres relatifs à la période 2010-2014 sont connus et parfois tous réglés sinon avec des provisions très faibles, ce qui explique l'identité des courbes des figures 27 et 28 sur cette période. Cela traduit l'égalité entre la charge sinistre et les règlements effectués, ce qui n'est pas encore le cas pour ceux survenus après 2015. La différence entre les deux graphiques (figure 27 et figure 22) sur la période entre 2015 et 2020 reflète l'impact des provisions constituées pour les règlements jusqu'à extinction du passif sur la charge sinistre qui n'est pas encore connue car la branche est à cadence de règlement lent.

La charge sinistre liée à la production des années récentes évoluera au fur et à mesure des déclarations tardives et diminuera éventuellement en cas de sur-provisionnement pour les sinistres déclarés dont la charge n'est qu'une estimation.

#### Responsabilité Civile Professions Libérales

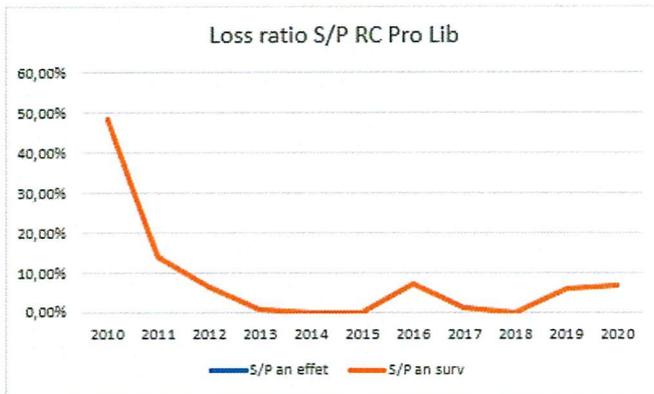


Figure 32: Ratio Règlements/Primes nettes Portefeuille RC Professions Libérales

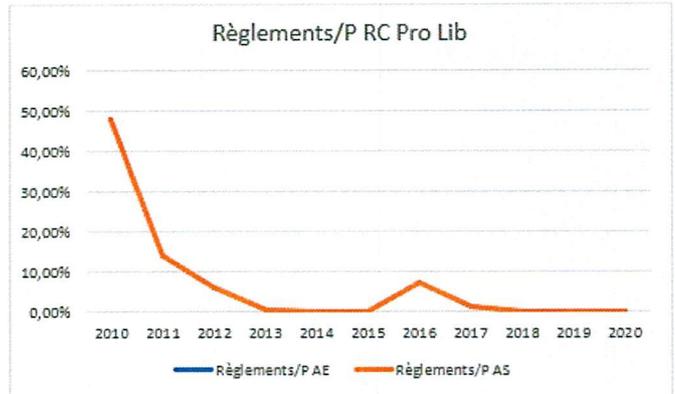


Figure 31: Ratio de sinistralité portefeuille RC Professions Libérales

Comme nous l'avons expliqué un peu plus haut, l'analyse des courbes révèle que la charge sinistre est égale aux montants réglés. Cette branche est rentable pour chaque année de production de notre période d'étude.

### Responsabilité Civile École

Les figures ci-dessous présentent l'évolution du ratio de sinistralité et du ratio Règlements/prime nette du produit Responsabilité Civile École.

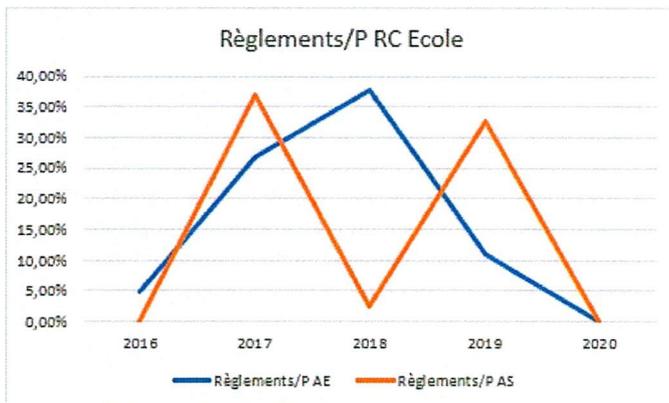


Figure 33: Ratio Règlements/Primes nettes Portefeuille RC École

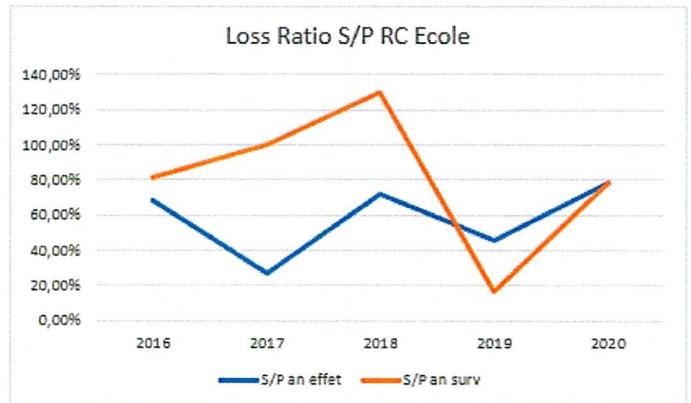


Figure 34: Ratio de sinistralité portefeuille RC École

Les ratios obtenus en rattachant les sinistres à leur année de survenance nous emmènerait à conclure que ce produit n'est pas rentable. Ceci est dû à un biais résultant de cette approche, en effet des sinistres liés à la production de 2016 mais survenus en 2017 durant une période où court la couverture de vienne augmenter la charge sinistre de 2017, paradoxalement la prime de 2017 a chuté, passant de 4,9 millions en 2016 à 2,3 millions en 2017. Ce qui entraîne ces grandes variations. Ce serait donc une erreur d'interpréter ces résultats comme des années rentables et

d'autres non rentable en se basant sur cette approche de la sinistralité pour des portefeuilles de petites tailles soumis à une volatilité de tout genre.

Cependant, en analysant l'évolution du ratio de sinistralité obtenu, nous pouvons affirmer que les contrats souscrits en 2017 et 2018 sont rentables, nous ne pouvant pas en dire autant de ceux souscrits en 2016, 2018 et 2019. D'énormes provisions ont été constituées relativement à ces contrats, cependant les règlements réels montrent que ces provisions sont quasiment le double des règlements réels, on devrait donc s'attendre à des résultats positifs au fil de la réévaluation des provisions dossier par dossier car elles sont de nature 'très' prudentes.

### 3.2 Ratio combiné

Dans cette partie nous analysons l'évolution du ratio combiné du portefeuille Responsabilité Civile. D'abord nous analysons la rentabilité à l'aide du ratio combiné du portefeuille dans sa globalité, puis nous ferons une analyse détaillée produit après produit.

Les sinistres sont soit rattachés à leur année de survenance soit à l'année de souscription du contrat d'assurance. Pour une meilleure compréhension, il conviendrait de définir les termes suivants

- COR an effet : le ratio combiné (Combined Ratio) dont la charge sinistre est rattachée à l'année de souscription
- COR an surv : Ratio combiné (Combined Ratio) dont la charge sinistre est rattachée à l'année de survenance.

#### 3.2.1 Étude globale

La figure suivante présente l'évolution du ratio combiné du portefeuille Responsabilité Civile vue

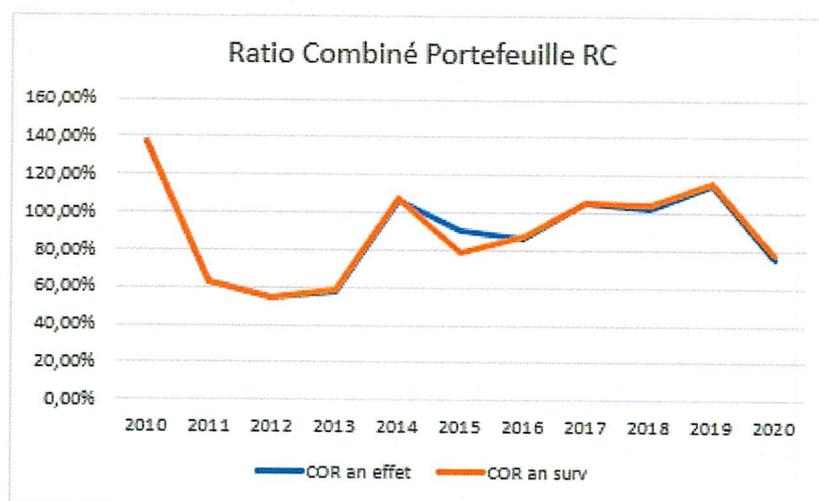


Figure 35: Ratio de Combiné portefeuille RC

à la date du 31 décembre 2020 pour les contrats souscrits durant notre période d'étude.

L'année 2010 n'est pas rentable, son ratio combiné est de 138%, c'est la pire performance sur notre période et cela s'explique par le sinistre grave survenu au cours de cette année.

L'analyse de l'évolution du ratio combiné, nous montre qu'en plus de l'année 2010, les années 2014, 2017, 2018 et 2019 ne sont pas rentables car leurs ratios combinés respectifs sont supérieurs à 100%.

### 3.2.2 Étude détaillée

#### Responsabilité Civile Entreprise

Le graphique suivant présente l'évolution du ratio combiné du portefeuille Responsabilité Civile Entreprises vue à la date du 31 décembre 2020 pour les contrats souscrits durant notre période d'étude.

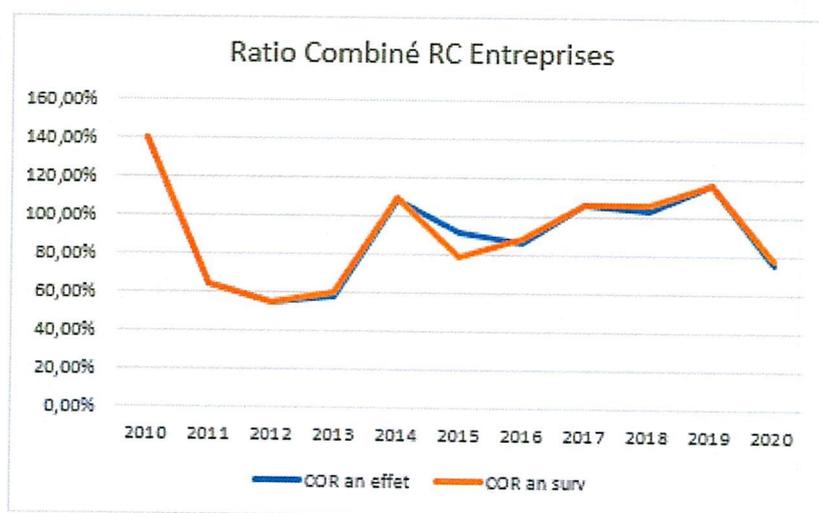


Figure 36: Ratio de Combiné portefeuille RC Entreprise

À l'analyse du ratio combiné du portefeuille RC Entreprise, l'activité de la compagnie en ce qui concerne le produit RC Entreprises n'est pas rentable pour la production des années 2010, 2017, 2018 et 2019.

L'année avec le plus mauvais ratio combiné est celle de 2010, cette mauvaise performance s'explique par le sinistre grave survenu en 2010.

#### Responsabilité Civile Professions Libérales

Le graphique suivant présente l'évolution du ratio combiné du portefeuille Responsabilité Civile Professions libérales vue à la date du 31 décembre 2020 pour les contrats souscrits durant notre période d'étude.

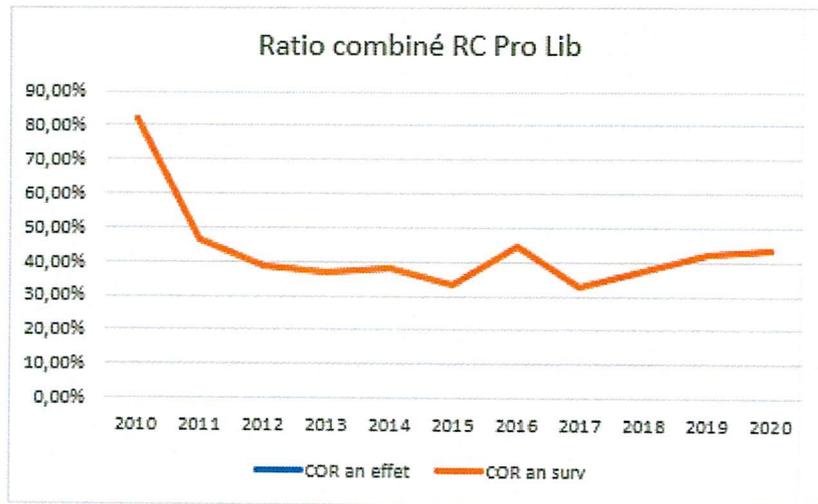


Figure 37: Ratio de Combiné portefeuille RC Professions libérales

L'analyse de la courbe du ratio combiné du produit RC Professions Libérales montre que ce produit est « largement » rentable. En effet le ratio combiné se situe au voisinage de 40% pour chaque année de notre période d'étude à l'exception de 2010 qui est de 80%.

Il est important de rappeler qu'aucune charge sinistre n'a été constatée pour la production des années 2014, 2015 et 2018. De plus aucun règlement n'a été effectué pour les années 2019 et 2020. Cependant des dossiers sinistres ont été ouvert avec des provisions relativement faibles.

### Responsabilité Civile École

Le graphique suivant présente l'évolution du ratio combiné du portefeuille Responsabilité Civile École vue à la date du 31 décembre 2020 pour les contrats souscrits durant notre période d'étude.

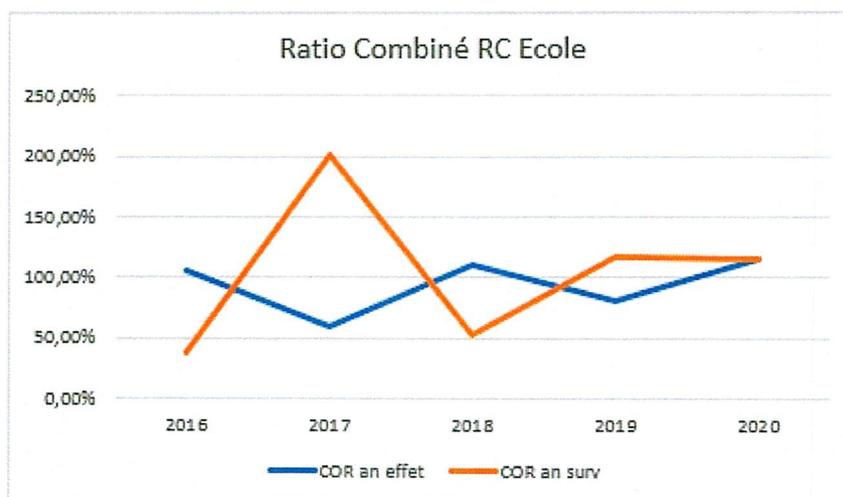


Figure 38: Ratio de Combiné portefeuille RC École

L'analyse de l'évolution du ratio nous montre une forte fluctuation d'une année à une autre. Cette fluctuation s'explique par le nombre de contrats dans le portefeuille qui est en moyenne de 20 contrats par année. Ce qui crée une fluctuation de la charge sinistre d'une année à une autre car les critères théoriques de convergence de la charge ne sont pas respectés.

Le pic observé sur le ratio dont la charge sinistre est rattachée aux années de survenance des sinistres ne traduit pas économiquement une grande perte. En effet, des sinistres survenus en 2017 mais liés à la production de 2016 dont la couverture courait sur une période de 2017 ont eu pour effet d'augmenter la charge sinistre de l'année 2017 dont la production avait baissé, ce qui a abouti à ce ratio élevé.

Par contre cet effet pervers n'est pas observé lorsqu'on relie la charge sinistre à l'année de production (année de la date d'effet du contrat). Ainsi nous avons une meilleure appréciation de la sinistralité.

La rentabilité de ce produit oscille entre bonne et mauvaise année. Le ratio combiné est légèrement supérieur à 100% pour les années non rentables (2016, 2018 et 2020). Il est cependant difficile de se prononcer sur la non rentabilité des ayant un mauvais ratio combiné car les règlements réellement effectués sont faibles et les provisions constituées relativement élevée (*Tableau 5*). Ainsi une provision trop excessive augmentera la charge sinistre et par conséquent « brouillera » notre indicateur de rentabilité.

Année	Règlements/P	S/P année	COR an effet
2016	4,84%	67,98%	105,46%
2017	26,91%	26,91%	58,73%
2018	37,71%	72,29%	109,69%
2019	10,91%	45,65%	81,57%
2020	0,00%	78,81%	115,86%
2010-2020	17,80%	57,93%	93,45%

Tableau 5: indicateurs de rentabilité RC École

À titre d'illustration, considérons deux années du tableau ci-dessus :

Pour notre premier exemple considérons l'année 2016, le ratio **règlements/primes nettes** est égal à 4,84% à la date 31/12/2021 donc cinq (5) années plus tard. Cependant en y ajoutant les provisions constituées à cette date, le ratio de sinistralité passe à 67,98%, soit un 62 points de plus. Nous pouvons déjà affirmer, à l'analyse de ce ratio que les contrats de 2016 ne sont pas rentables car 60% de la prime devraient suffire à couvrir la charge sinistre liée aux contrats souscrits au cours de cette année.

Pour notre second exemple nous considérons l'année de 2020 en laquelle nous n'avons aucun règlement effectué mais qui a un ratio de sinistralité égal à 78,81% et un ratio combiné égal à 115,86%.

Il paraît donc nécessaire de confronter les résultats d'un provisionnement rigoureusement effectué par une méthode statistique aux montants obtenus par le provisionnement dossier par dossier. Cependant la taille de notre portefeuille RC École, l'irrégularité et l'instabilité des règlements effectués (tableau) rendent impossible cette approche statistique.

	1	2	3	4	5	Total	Prime nette
2016	-	-	-	-	240 000	240 000	4 957 292
2017	-	638 435	-	-	-	638 435	2 372 542
2018	294 265	84 000	5 192 500	-	-	5 570 765	14 771 135
2019	335 000	2 255 000	-	-	-	2 590 000	23 744 746
2020	-	-	-	-	-	-	4 948 304

Tableau 6: instabilité et irrégularité des règlements RC École

Nous ne pouvons donc pas confirmer la non rentabilité des années 2016, 2018, et 2020. Cependant l'analyse globale, bien qu'intégrant cet éventuel sur-provisionnement montre que l'activité est rentable pour la période 2016-2020 avec un ratio combiné égal à 93,45%.

## 4 Provisionnement par les méthodes statistique

### 4.1 Chain Ladder avec prise en compte d'un Tail factor

Nous présentons ci-dessous le triangle de règlements cumulés de la branche Responsabilité civile utilisé pour l'estimation des provisions.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2010	35 043 892	87 233 477	90 784 544	97 772 724	108 996 477	179 117 965	206 706 173	321 706 173	331 736 173	331 736 174	354 385 174
2011	8 234 813	18 160 799	34 309 799	77 264 225	111 081 700	111 081 701	117 101 701	117 101 702	117 101 703	117 101 704	
2012	22 808 444	39 584 729	42 739 213	75 171 172	84 916 002	90 144 476	91 507 991	91 507 992	91 507 993		
2013	14 448 025	33 429 851	56 328 932	60 841 372	66 911 684	67 202 872	67 202 873	68 214 604			
2014	34 920 277	148 546 550	202 993 853	219 779 203	338 532 033	329 290 524	329 290 525				
2015	19 776 640	51 749 731	158 410 542	206 661 207	248 805 503	255 112 035					
2016	80 481 927	173 169 526	217 801 470	236 589 351	238 501 121						
2017	42 944 769	110 001 579	160 117 614	187 665 390							
2018	18 548 395	120 472 169	194 861 958								
2019	8 755 067	67 973 511									
2020	31 317 195										

Tableau 7: Triangle de règlements cumulés

Le triangle étant tronqué à droite car la branche responsabilité Civile est à longue cadence de règlement. Nous utiliserons une méthode de lissage avec le Tail factor.

Ces techniques de lissage avec le Tail factor apportent une réponse à la détermination de la provision dans le cas où le triangle des paiements est tronqué à droite (liquidation incomplète).

Par extrapolation d'une fonction ajustée sur les coefficients d'ajustement calculés jusqu'au dernier délai présent et après avoir choisi un délai ultime dans la branche analysée, on obtient une suite finie de facteurs théoriques dont le produit fournit le Tail factor. Celui-ci permet de déduire la provision par exercice du montant cumulé du dernier délai connu.

#### Validation des hypothèses :

Avant d'appliquer la méthode de provisionnement Chain Ladder, il faut au préalable vérifier ses hypothèses

(H1) : La droite de régression des couples  $(C_{i,j}, C_{i,j+1})$  passe par l'origine.

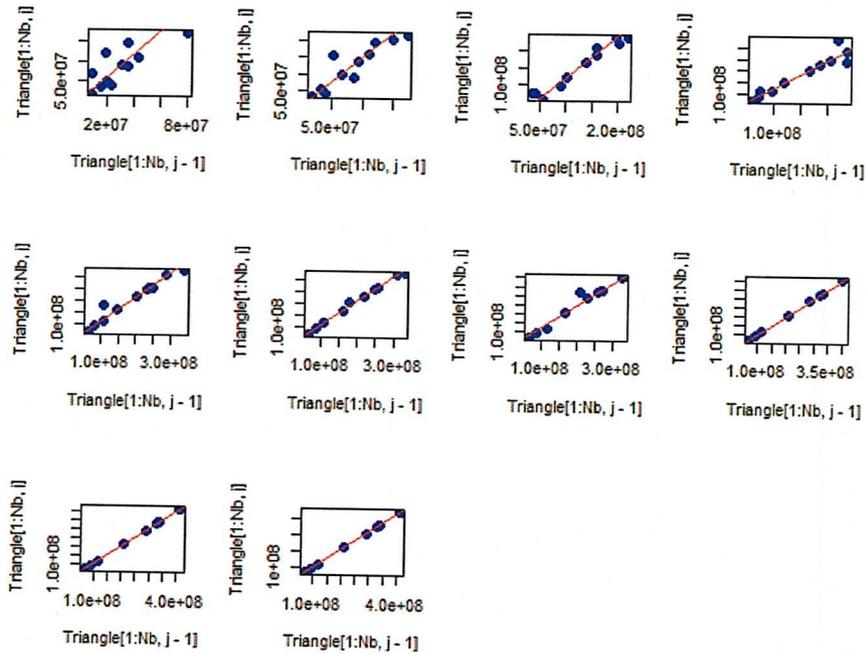


Figure 40: Vérification de l'hypothèse H1

À partir des graphes ci-dessus, on remarque que les couples  $(C_{i,j}, C_{i,j+1})$  sont quasiment alignés sur la même droite de régression avec l'origine, à l'exception de ceux de la 1<sup>ère</sup> année de développement, donc l'hypothèse (H1) est vérifiée.

Ayant vérifié les hypothèses, on peut maintenant appliquer la méthode de provisionnement Chain Ladder avec un Tail factor. Nous obtenons le triangle de règlements cumulés complété ci-après :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2010	35 043 892	87 233 477	90 784 544	97 772 724	108 996 477	179 117 965	206 706 173	321 706 173	331 736 173	331 736 174	354 385 174
2011	8 234 813	18 160 799	34 309 799	77 264 225	111 081 700	111 081 701	117 101 701	117 101 702	117 101 703	117 101 704	125 096 721
2012	22 808 444	39 584 729	42 739 213	75 171 172	84 916 002	90 144 476	91 507 991	91 507 992	91 507 993	91 507 993	97 755 622
2013	14 448 025	33 429 851	56 328 932	60 841 372	66 911 684	67 202 872	67 202 873	68 214 604	69 504 765	69 504 765	74 250 142
2014	34 920 277	148 546 550	202 993 853	219 779 203	338 532 033	329 290 524	329 290 525	408 461 677	416 187 019	416 187 021	444 601 830
2015	19 776 640	51 749 731	158 410 542	206 661 207	248 805 503	255 112 035	266 596 686	330 694 391	336 948 900	336 948 901	359 953 796
2016	80 481 927	173 169 526	217 801 470	236 589 351	238 501 121	248 246 847	256 578 393	268 129 057	332 595 188	338 885 648	338 885 649
2017	42 944 769	110 001 579	160 117 614	187 665 390	230 756 575	248 246 847	259 422 440	321 795 245	327 881 442	327 881 443	350 267 265
2018	18 548 395	120 472 169	194 861 958	234 959 142	288 909 782	310 807 795	324 799 762	402 891 202	410 511 188	410 511 190	438 538 486
2019	8 755 067	67 973 511	100 641 830	121 351 125	149 215 420	160 525 253	167 751 790	208 084 267	212 019 819	212 019 820	226 495 289
2020	31 317 195	93 123 122	137 878 436	166 249 992	204 423 835	219 918 208	229 818 501	285 073 646	290 465 318	290 465 319	310 296 587

Tableau 8: Triangle complété des règlements de la branche Responsabilité Civile

Nous obtenons une Tail factor égale à 1,000135 et les réserves ultimes (provisions ultimes) par année de production sont données dans le tableau suivant :

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
47 843	8 011 906	6 260 827	6 045 562	115 371 327	104 890 355	123 570 527	162 649 162	243 735 732	158 552 356	279 021 283	1 208 156 880

Tableau 9: Provisions ultimes par année de souscription

## 4.2 London Chain

La méthode London Chain suppose elle aussi l'alignement des couples  $(C_{i,j}, C_{i,j+1})$  mais sans la contrainte d'alignement avec l'origine. Elle repose donc sur l'estimation de deux paramètres  $\lambda_j$  et  $\alpha_j$  afin de compléter le triangle.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\lambda_j$	1,8993714	1,1928034	0,9847624	1,2464008	0,9140361	1,0066895	1,8849918	1,0456612	1,000	1,0682741
$\alpha_j$	30717341,63	25017783,55	26617481,18	-2335526,42	25861082,43	5955016,34	-77753350,58	-4728293,23	1,00	0,00

Tableau 10: Paramètre de la méthode de London Chain

Nous déterminons alors le triangle des règlements complété pour chaque année de souscription de notre période d'étude.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2010	35 043 892	87 233 477	90 784 544	97 772 724	108 996 477	179 117 965	206 706 173	321 706 173	331 736 173	331 736 174	354 385 174
2011	8 234 813	18 160 799	34 309 799	77 264 225	111 081 700	111 081 701	117 101 701	117 101 702	117 101 703	117 101 704	125 096 721
2012	22 808 444	39 584 729	42 739 213	75 171 172	84 916 002	90 144 476	91 507 991	91 507 992	91 507 993	91 507 994	97 755 623
2013	14 448 025	33 429 851	56 328 932	60 841 372	66 911 684	67 202 872	67 202 873	68 214 604	66 601 074	66 601 075	71 148 206
2014	34 920 277	148 546 550	202 993 853	219 779 203	338 532 033	329 290 524	329 290 525	542 956 595	563 020 375	563 020 376	601 460 104
2015	19 776 640	51 749 731	158 410 542	206 661 207	248 805 503	255 112 035	262 773 620	417 572 772	431 911 371	431 911 372	461 399 747
2016	80 481 927	173 169 526	217 801 470	236 589 351	238 501 121	243 859 713	251 446 025	396 220 349	409 583 970	409 583 971	437 547 962
2017	42 944 769	110 001 579	160 117 614	187 665 390	231 570 774	237 525 126	245 069 063	384 199 828	397 014 576	397 014 577	424 120 404
2018	18 548 395	120 472 169	194 861 958	218 510 219	270 015 795	272 665 262	280 444 269	450 881 801	466 741 331	466 741 332	498 607 693
2019	8 755 067	67 973 511	106 096 821	131 097 646	161 064 690	173 080 021	180 192 853	261 908 704	269 139 488	269 139 489	287 514 754
2020	31 317 195	90 200 325	132 609 041	157 205 884	193 606 021	202 823 971	210 135 775	318 350 867	328 158 870	328 158 871	350 563 634

Figure 44: Triangle de règlements complété de London Chain

Les provisions ultimes par année de production sont données dans le tableau suivant :

Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Provisions ultimes	-	7 995 017	6 247 630	2 933 602	272 169 579	206 287 712	199 046 841	236 455 014	303 745 735	219 541 243	319 246 439	1 773 668 811

Figure 45: Provisions ultimes et provision globale Tail factor

### 4.3 Mack

Sous les hypothèses (H1) et (H2), Mack a montré que le modèle stochastique, fournit la même provision que par la méthode de Chain Ladder standard.

L'application méthode de la méthode de Mack nous donne le triangle complété suivant :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2010	35 043 892	87 233 477	90 784 544	97 772 724	108 996 477	179 117 965	206 706 173	321 706 173	331 736 173	331 736 174	354 385 174
2011	8 234 813	18 160 799	34 309 799	77 264 225	111 081 700	111 081 701	117 101 701	117 101 702	117 101 703	117 101 704	125 096 721
2012	22 808 444	39 584 729	42 739 213	75 171 172	84 916 002	90 144 476	91 507 991	91 507 992	91 507 993	91 507 993	97 755 622
2013	14 448 025	33 429 851	56 328 932	60 841 372	66 911 684	67 202 872	67 202 873	68 214 604	69 504 765	69 504 765	74 250 142
2014	34 920 277	148 546 550	202 993 853	219 779 203	338 532 033	329 290 524	329 290 525	408 461 677	416 187 019	416 187 021	444 601 830
2015	19 776 640	51 749 731	158 410 542	206 661 207	248 805 503	255 112 035	266 596 686	330 694 391	336 948 900	336 948 901	359 953 796
2016	80 481 927	173 169 526	217 801 470	236 589 351	238 501 121	256 578 393	268 129 057	332 595 188	338 885 648	338 885 649	362 022 774
2017	42 944 769	110 001 579	160 117 614	187 665 390	230 756 575	248 246 847	259 422 440	321 795 245	327 881 442	327 881 443	350 267 265
2018	18 548 395	120 472 169	194 861 958	234 959 142	288 909 782	310 807 795	324 799 762	402 891 202	410 511 188	410 511 190	438 538 486
2019	8 755 067	67 973 511	100 641 830	121 351 125	149 215 420	160 525 253	167 751 790	208 084 267	212 019 819	212 019 820	226 495 289
2020	31 317 195	93 123 122	137 878 436	166 249 992	204 423 835	219 918 208	229 818 501	285 073 646	290 465 318	290 465 319	310 296 587

Figure 46: Triangle de règlements complété de Mack

Les provisions ultimes par année de production sont données dans le tableau suivant :

Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	R
Provision Ri	-	7 995 017	6 247 629	6 035 538	115 311 305	104 841 761	123 521 653	162 601 875	243 676 528	158 521 778	278 979 392	1 207 732 476

Figure 47: Provisions ultimes et globale Mack

Bien que la réglementation CIMA adopte une démarche prudente pour la constitution des provisions, il serait inadéquat de choisir la méthode de provisionnement qui maximise la provision globale car cela pourrait entraîner un sur-provisionnement. Il conviendrait donc de déterminer l'erreur d'estimation selon la démarche citée dans le deuxième chapitre.

### 4.4 Choix de la méthode de provisionnement

Le choix du modèle est effectué sur le critère du SCE :

Méthode	Chain Ladder Tail Factor	London Chain	Mack
Sommes des carrés des écart (SCE)	1,63 E18	1.60 E18	1,63 E18

Tableau 11: SCE des méthodes de provisionnement portefeuille RC

Nous remarquons que la méthode London Chain à le meilleur SCE. De plus, elle a une provision globale de 1.773.668.811 F.CFA qui est supérieure à chaque provision globale obtenue par les autres méthodes statistiques tout en étant inférieure au montant global des provisions obtenues par la méthode dossier par dossier (2.181.454.883 F.CFA). Donc il y a 400 millions de bénéfices futurs (donc de rentabilité provisionnée)

En effet l'analyse du portefeuille présente un sur-provisionnement lors des premières années de développement. Afin de visualiser ce phénomène, nous avons considéré la charge sinistre vu à l'année N+1 pour chaque année de production N de la période entre 2010 et 2019 que nous comparons à la charge sinistre vu en 2020 pour les mêmes années de production.

En ce qui concerne l'année 2020, nous faisons l'hypothèse que la charge sinistre liée à la production 2020 vu en 2021 (N+1) est égale à la charge sinistre vu en 2020 car nous n'avons pas d'informations sur les règlements de 2021. Le graphique ci-dessous (figure 48) illustre ces écarts dans le temps.

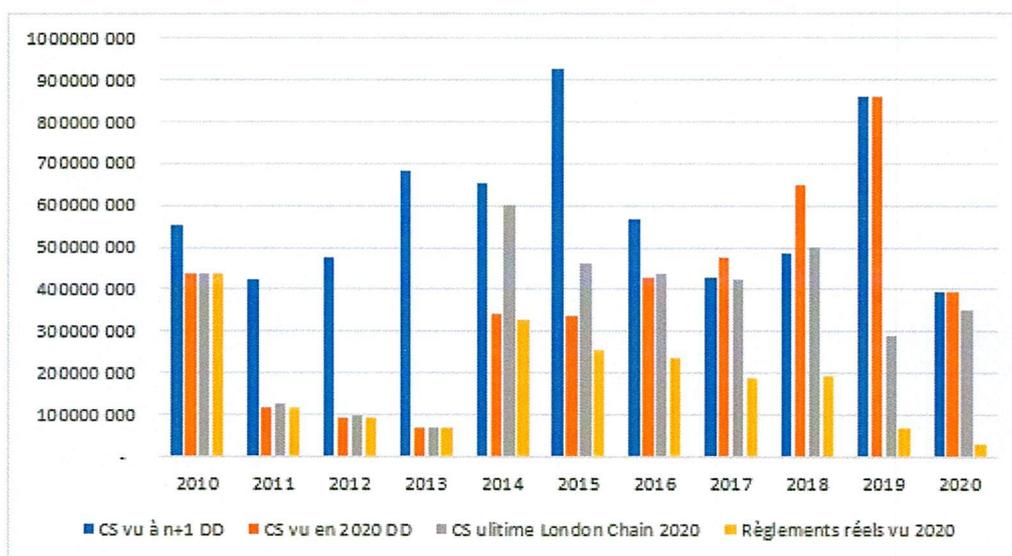


Figure 48: surprovisionnement dossier par dossier

Pour chaque année de production, Nous constatons un grand écart entre la charge sinistre ultime vu un an après l'année de production et la charge sinistre ultime vu en 2020 pour ces mêmes années lorsque la charge sinistre est évaluée par la méthode dossier par dossier. Ceci s'explique par une surévaluation donc un sur-provisionnement de la charge sinistre par la méthode dossiers par dossiers que l'on ajuste au fil du temps. En effet nous constatons que pour notre portefeuille, sauf réalisation d'un tardif inhabituel, la provision dossier par dossier ajuste mieux la charge sinistre lié à une année de production 6ans après la réalisation. Par contre pour une année N donnée, nous constatons un sur-provisionnement à la fin des années N et N+1 de la charge liée à cette année production.

Ainsi, un sur-provisionnement entraine un biais sur l'analyse de la rentabilité de notre portefeuille Responsabilité Civile en estimant une charge beaucoup plus élevée que la charge réelle espérée.

#### 4.5 Comparaison des indicateurs de la rentabilité

Nous utiliserons donc pour la suite de notre analyse de la rentabilité, les provisions obtenues par la méthode London Chain pour évaluer la rentabilité de notre portefeuille Responsabilité Civile. Les résultats obtenus sont les suivants :

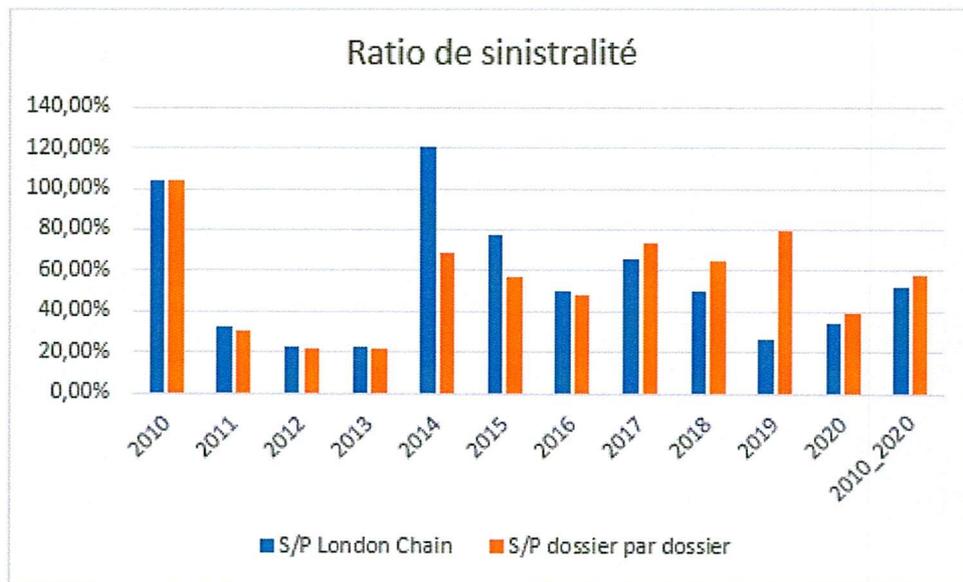


Figure 49: Ratio de sinistralité London Chain vs Ratio de sinistralité dossier par dossier

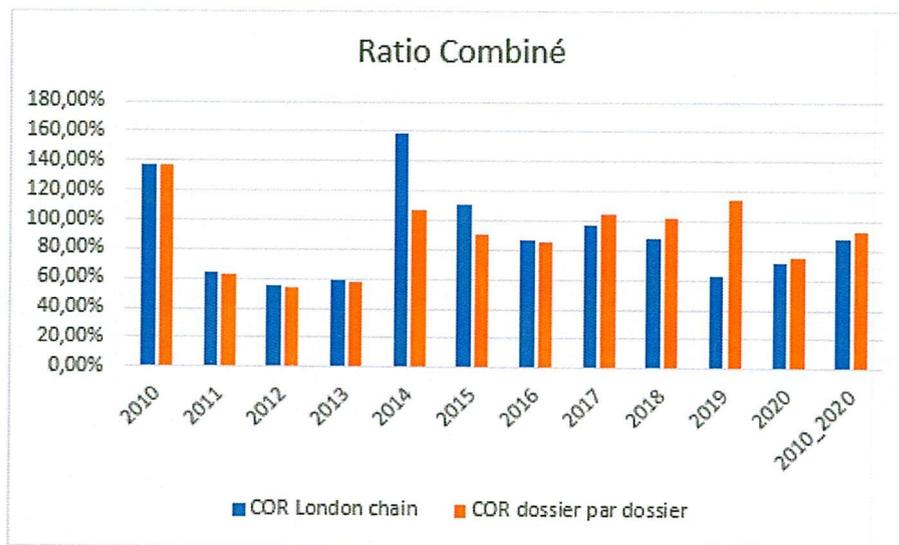


Figure 50: Ratio Combiné avec provision London Chain vs Ratio Combiné avec provision dossier par dossier

Au vu de la figure ci-dessus, nous pouvons affirmer que les années 2010 et 2014 ne sont pas rentables pour la branche Responsabilité Civile Générale.

Cela s'explique par la réalisation d'un sinistre grave lié à la production de 2010 dont l'indemnisation s'est élevée à 311.249.729 FCFA et d'un sinistre lié à la production de l'année 2014 dont l'indemnisation de 80 378 328 FCFA est relativement élevée pour des primes nettes respectives de 421.869.597 FCFA et de 499.717. 270.FCFA. La production de l'année 2010 ne devrait pas être très catastrophique à moins de la survenance d'un tardif élevé compte tenu de la provision dossier par dossier constitué à la fin 2020 étant donné qu'il y a 6ans entre 2020 et 2014.

## 5 Ratio Combiné Économique

La formule utilisée pour le calcul de notre ratio combiné économique est la suivante :

$$RCE_{brut} = COR - value\ time + CoC$$

Comme expliqué au chapitre 1 (A .1.1):

- La taxe est incluse dans les frais de gestion
- Le taux de rentabilité espéré par les investisseurs pour l'exigence de marge de solvabilité est de 12,5%
- Nous utilisons la valeur temps comptable définie comme suit :

$$VTC = PSAP_{cloture} \times ((1 + \tau)^{duration} - 1)$$

Avec  $\tau$  la valeur de la courbe de taux correspondant à la durée arrondie de l'élément. Par exemple, pour une durée de 2,8 ans, le taux pris sera celui relatif à la maturité  $n=3$ .

## 5.1 Courbe des taux

La courbe des taux est celle de la côte d'Ivoire à la date du 20/08/2021 obtenue à l'adresse <https://www.umoatitres.org/fr/ressources-2/courbe-des-taux/>

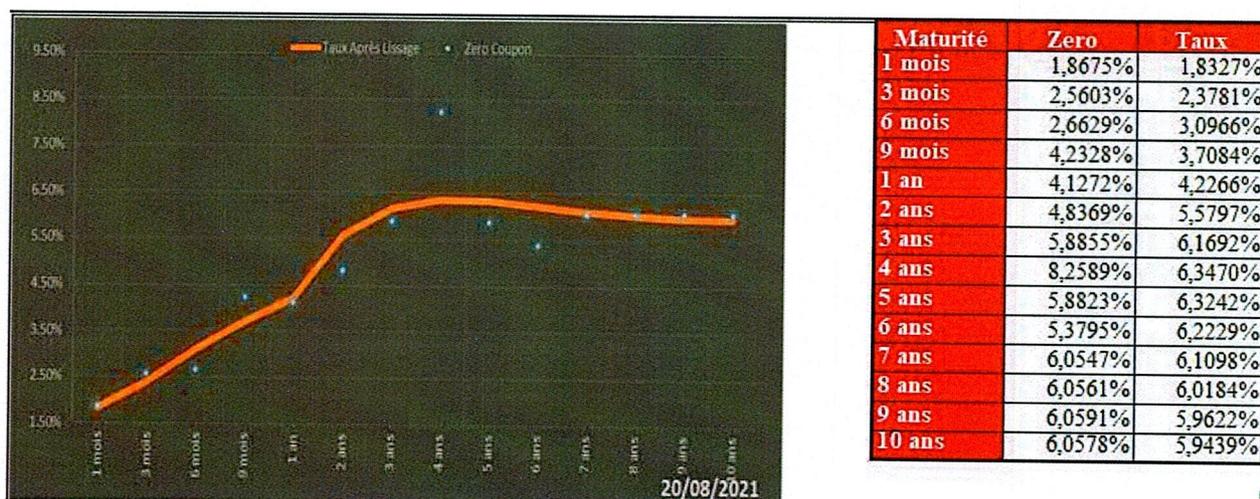


Figure 51: Courbe des taux côte d'ivoire du 20/08/2021. Source : umoatitres

## 5.2 Duration

La durée de Macaulay est une mesure du temps moyen pondéré jusqu'au paiement des flux par l'obligation (coupons et principal). Elle s'exprime en année et identifie la durée moyenne pendant laquelle le capital investi est immobilisé.

La durée d'une obligation touchant les flux  $F_i$  lors des périodes restantes, est donnée par la formule suivante, où  $t_i$  est l'intervalle de temps, exprimé en années, séparant la date d'actualisation  $t$  de la date  $i$  du flux :

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{t_i * F_i}{(1+r)^{t_i}}}{\sum_{i=1}^n \frac{F_i}{(1+r)^{t_i}}}$$

Où  $r$  est le taux actuariel.

La duration obtenue sur les règlements effectués relativement aux sinistres liés aux contrats souscrits en 2010 (tableau ci-dessous) est de 4,88. Nous considérons donc que la durée moyenne pendant laquelle les PSAP sont immobilisée est de 5ans. Le taux zéro-coupon correspondant est de 5,88%.

ti	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ri	35 043 892	52 189 585	3 551 067	6 988 180	11 223 753	70 121 488	27 588 208	200 228 447	10 030 000	-	22 649 000

Tableau 12: Règlements des sinistres liés à la souscription 2010

### 5.3 Application (ratio combiné économique)

La duration obtenue sur les règlements effectués relativement aux sinistres liés à au contrats souscrits en 2010 est de 4,88. Nous considérons donc que la durée moyenne pendant laquelle les PSAP sont immobilisée est de 5ans. Le taux zéro-coupon correspondant est de 5,88%.

#### Portefeuille responsabilité civile générale

La figure suivante nous présente l'évolution du ratio combiné :

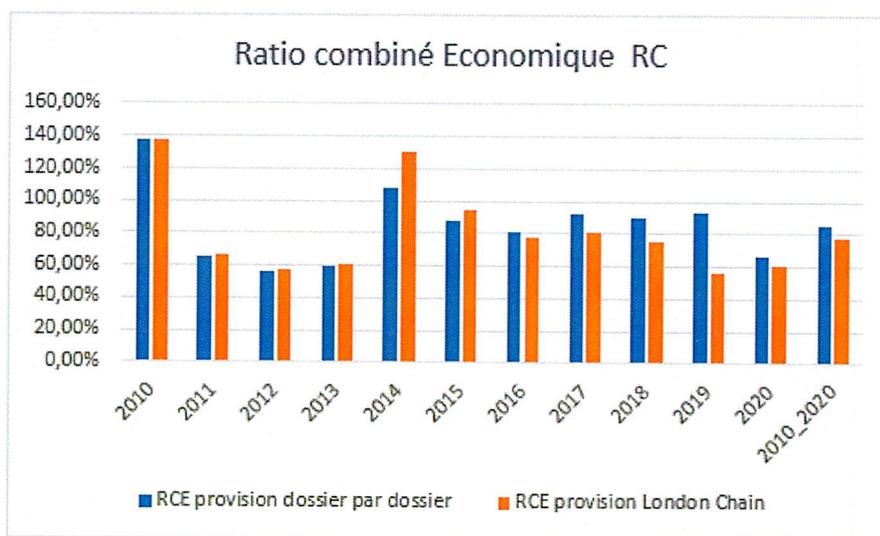


Figure 52: ratio combiné économique Portefeuille RC Générale

L'analyse du ratio combiné économique permet d'affirmer que la branche RC Générale de la compagnie est rentable avec un ratio combiné économique de 80%.

Aussi, à l'exception des années 2010 et 2014, toutes les autres années sont rentables. Les mauvaises performances de 2010 et 2014 s'expliquent respectivement par un sinistre grave évalué à plus de 300 millions (Triple du seuil des sinistres grave) en 2010 et des sinistres extrêmes (57 millions et 88 millions) en 2014 pour un montant total des primes nettes évalué à 421 millions en 2014 et 500 millions en 2014

### Portefeuille responsabilité civile générale

Le graphique suivant présente l'évolution du ratio combiné économique de la branche RC Entreprise

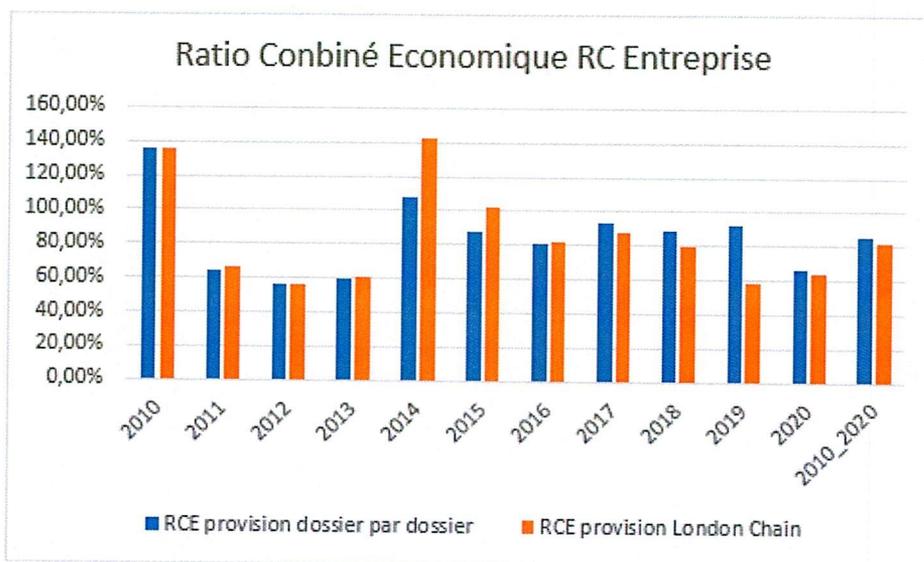


Figure 53: Ratio combiné économique RC Entreprise

L'analyse est similaire à celle du portefeuille RC dans sa globalité. L'analyse du graphique montre que le produit RC Entreprise est rentable.

## IV. MOYENS D'OPTIMISATION DE LA RENTABILITÉ

### A Recommandations techniques quant à l'évaluation des primes

#### 1 La segmentation des risques

Afin de réduire les risques d'anti-sélection, la population des assurés doit être découpée en ensembles homogènes en tenant compte du nombre d'observations observées car elles doivent rester statistiquement significative.

#### 2 La franchise

La franchise est la somme qui reste à la charge d'un assuré à la suite d'un sinistre. La franchise peut être absolue, dans ce cas l'assuré reçoit la différence entre le montant du sinistre et la franchise, ou relative (l'assuré est indemnisé en totalité si le sinistre dépasse la franchise).

D'un point de vue actuariel, la franchise concourt à homogénéiser le montant des sinistres et à responsabiliser l'assuré sachant qu'il devra prendre en charge une part de ses sinistres. En outre, elle évite une pollution de la sinistralité par un grand nombre de sinistres attritionnels.

#### 3 L'ajustement du taux de prime

La prime est calculée en appliquant un taux de prime à une assiette de prime. Notre objectif est de déterminer le taux de prime à appliquer afin d'assurer la rentabilité des contrats et principalement sur les segments non rentables identifiés à partir des modèles de classification. Un indicateur pertinent de la rentabilité est le ratio de sinistralité. La répartition de la prime nous montre que le ratio S/P d'équilibre a été fixé à 60%. Afin d'améliorer la rentabilité du portefeuille automobile sur les garanties les moins rentables, nous proposons le programme d'ajustement du taux de prime suivant :

Soit  $\left(\frac{S}{P}\right)_i$  le ratio de sinistralité du contrat  $i$

Soit  $\left(\frac{S}{P}\right)_{\text{équilibre}}$  le ratio de sinistralité d'équilibre, alors il vaut 60% dans notre cas.

Un contrat est rentable si  $\left(\frac{S}{P}\right)_i < \left(\frac{S}{P}\right)_{\text{équilibre}}$

Soit  $x_i$  le taux de majoration ou de réduction de la prime (inconnu)

Nous avons  $\frac{S_i}{(1+x_i)P_i} < \left(\frac{S}{P}\right)_{\text{équilibre}}$

Le taux de prime étant annuel, nous ramenons toutes les primes à l'année en les divisant par l'exposition qui correspond au nombre d'années-police

$$\frac{S_i}{(1 + x_i) \frac{P_i}{e_i}} < \left(\frac{S}{P}\right)_{\text{équilibre}}$$

En résolvant cette inéquation, nous obtenons  $x_i > \frac{S_i * e_i}{P_i * \left(\frac{S}{P}\right)_{\text{équilibre}}} - 1$

Pour chaque contrat, nous calculons  $x_i = \frac{S_i * e_i}{P_i * \left(\frac{S}{P}\right)_{\text{équilibre}}} - 1$

Ensuite la moyenne des  $x_i$  est calculée afin d'avoir le taux de majoration du taux de prime appliqué aux contrats ou aux garanties non rentables.

## **B Recommandations opérationnelles**

### **1 Renseignement des éléments de tarification**

Toute problématique d'optimisation de la rentabilité d'un portefeuille d'assurance est directement ou indirectement liée à la tarification des produits commercialisés par la compagnie.

Il est donc nécessaire de disposer des informations sur les éléments de tarification afin de s'assurer que le tarif pratiqué est conforme à la réalité de notre portefeuille.

### **2 Privilégier les canaux de distribution directs**

Privilégier les canaux de distribution directe permettrait à la compagnie de mieux sélectionner son risque et de se constituer un portefeuille en faisant des économies de sur la rémunération des intermédiaires.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce mémoire a permis d'analyser et de proposer des moyens d'optimisation de la rentabilité du portefeuille d'assurances responsabilité civile de Sunu Assurances IARD CÔTE D'IVOIRE. En se basant sur son expérience (primes et sinistralité réelles), deux différentes visions de la charge sinistre ont été comparées, une vision actuarielle qui s'intéresse aux flux liés à une même année de souscription, quelle que soit l'année de développement et une autre qui s'intéresse aux flux liés à l'année de survenance du sinistre.

L'analyse de la rentabilité s'est faite à travers différents ratios notamment le ratio combiné économique puisqu'il prend en considération plusieurs composantes que le ratio combiné néglige. Nous avons constaté qu'un sur provisionnement pourrait mener à conclure que l'activité est non rentable. Chose qui nuirait à l'image de la compagnie et décourager les actionnaires à y investir leurs capitaux. Ceci nous a amenés à confronter les provisions obtenues par la méthode dossier par dossier à des méthodes statistiques de provisionnement. L'activité de l'assurance responsabilité civile générale de SUNU IARD s'est avérée techniquement rentable aussi bien dans sa globalité qu'au niveau des produits commercialisés.

En outre, nous avons proposé des moyens d'optimisation de la rentabilité, cependant compte tenu de l'absence d'informations sur les éléments de tarification notamment la masse salariale et le chiffre d'affaires, une partie de notre travail a consisté à l'enrichissement de notre base de données. Une étude sur la tarification modélisant la relation de causalité éléments de tarification-rentabilité permettrait d'apprécier le risque couvert sous d'autres angles et de proposer une méthode de tarification beaucoup plus structurée.

## BIBLIOGRAPHIE

### OUVRAGES

- [1] Édith Bocquaire & Marion le Camus-Paradis, Les grands principes de l'actuariat (2019)
- [2] Michel Denuit & Arthur Charpentier, Mathématiques de l'assurance non-vie, Tome I : Principes Fondamentaux de Théorie du Risque (2004)
- [3] Michel Denuit & Arthur Charpentier, Mathématiques de l'assurance non-vie, Tome II : Tarification et Provisionnement (2009)
- [4] Codes des Assurances CIMA

### MÉMOIRES

- [5] Thomas DURAND (2016), « Évaluation et optimisation de la rentabilité d'un portefeuille automobile », EURIA
- [6] Timothée DOMERGUE (2020) « Création d'indicateurs de performance économique dans le cadre de l'ORSA »
- [7] Mme Faouzia Alami Zajli & M. Aimane Sounaine (2019) « Rentabilité des branches de l'assurance non-vie : Estimation du Ratio économique combiné »
- [8] [Rémi BELLINA (2014), « Méthodes d'apprentissage appliquées à la tarification non-vie »
- [9] Fatou N'DIAYE (2021), « analyse de la rentabilité de la branche automobile et profilage des poches de pertes »

### RAPPORTS

- [10] Spécial chiffres FANAF 2019
- [11] Spécial chiffres FANAF 2020
- [12] Rapport ASACI 2011
- [13] Rapport ASACI 2012
- [14] Rapport ASACI 2014

- [15] Rapport ASACI 2015
- [16] Rapport ASACI 2016
- [17] Rapport ASACI 2017
- [18] Rapport ASACI 2019
- [19] Rapport Annuel CIMA 2018
- [20] Rapport Annuel SUNU 2017
- [21] Rapport Annuel SUNU 2018

### **COURS**

- [22] Djagana OUATTARA, Provisionnement non Vie (2020)
- [23] César EKOMIE AFENE (2011), Les assurances de responsabilité civile
- [24] DONGMEZA Épse WOUATSA, Responsabilité Civile
- [25] Émilie LEBARBIER & Tristan. MARY-HUARD, Classification non supervisée

## TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	1
RÉSUMÉ .....	2
ABSTRACT .....	3
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	11
<b>I. CADRE GÉNÉRAL – PROBLÉMATIQUE.....</b>	<b>12</b>
<b>A CADRE DU MÉMOIRE .....</b>	<b>12</b>
<b>1 SUNU Assurances IARD Côte d'Ivoire .....</b>	<b>12</b>
1.1 Présentation .....	12
<b>2 État du marché de l'Assurance Responsabilité Civile.....</b>	<b>17</b>
2.1 En Côte d'ivoire.....	17
2.2 Les chiffres de SUNU IARD en RC .....	18
<b>3 Problématique.....</b>	<b>19</b>
<b>B CADRE CONCEPTUEL ET THÉORIQUE .....</b>	<b>19</b>
<b>1 La Responsabilité Civile générale (RC) .....</b>	<b>19</b>
1.1 Notion de responsabilité civile.....	19
<b>2 Les polices et Garanties .....</b>	<b>21</b>
3.1 Le taux de prime.....	22
3.1.1 L'activité de l'entreprise .....	23
3.1.2 La nature de la garantie.....	23
3.2 L'assiette de cotisation .....	23
3.2.1 Le chiffre d'affaires .....	23
3.2.2 Nombre des salariés ou salaires et rémunérations .....	23
3.3 Modalité de paiement de la prime.....	23
<b>4 Le sinistre de responsabilité civile.....</b>	<b>24</b>
<b>II. CADRE THEORIQUE : REVUE DE LITTÉRATURE .....</b>	<b>25</b>
<b>A. LA RENTABILITÉ EN ASSURANCE .....</b>	<b>25</b>
<b>1 Les indicateurs de mesure de la rentabilité.....</b>	<b>25</b>
1.1 Le ratio de sinistralité .....	25
1.2 Le ratio combiné.....	25
1.3 Le Ratio Combiné Économique.....	26
<b>2 Facteurs influençant la rentabilité.....</b>	<b>31</b>
2.1 La tarification : l'évaluation de la prime.....	35
2.2 Le montant des garanties (coût des sinistres).....	34
2.3 La sélection et l'anti-sélection.....	31
2.4 L'asymétrie d'information.....	32
2.5 L'aléa moral.....	34
2.6 La franchise .....	34
<b>B. MÉTHODES DE PROVISIONNEMENT .....</b>	<b>36</b>
<b>1 La méthode dossier par dossier .....</b>	<b>36</b>
<b>2 Les Méthodes Statistique de provisionnement .....</b>	<b>37</b>
2.1 La méthode Chain Ladder Standard .....	37
2.1.1 Approche de détermination de la provision .....	38
2.1.2 Calcul des facteurs de développements ( $f_j$ ).....	39
2.1.3 Calcul des charges ultimes $S_i$ , provisions $R_i$ et de la provision globale $R$ .....	39
2.1.4 Validation du modèle .....	40

2.2	La méthode London Chain .....	40
2.3	La méthode de Mack .....	41
2.4	Le Choix de la méthode .....	42
C.	LES INSTRUMENTS D'ANALYSE DE LA RENTABILITÉ ET DE PROFILAGE D'UN PORTEFEUILLE .....	42
1	<i>Les outils de modélisation de la rentabilité</i> .....	42
1.1	Le modèle linéaire gaussien .....	43
1.2	Généralité sur les GLM .....	43
1.2.1	La famille exponentielle .....	45
1.2.2	L'estimation des paramètres .....	46
1.2.3	Validation du modèle .....	47
1.2.4	Choix du modèle .....	48
1.2.5	Sélections des variables .....	48
2	<i>Les instruments de profilage du portefeuille</i> .....	49
2.1	Mesures de similarité, de dissimilarité et distance .....	49
2.2	Formalisation de la problématique de classification .....	50
2.3	La classification non supervisée .....	51
2.3.1	La méthode des K-means .....	51
2.3.2	La classification ascendante hiérarchique .....	53
2.4	La classification supervisée .....	54
2.4.1	La méthode CART .....	54
2.4.2	Random Forest .....	56
III.	CADRE PRATIQUE ANALYSE DU PORTEFEUILLE ET DE LA RENTABILITÉ .....	58
A	PRÉSENTATION DES DONNÉES .....	58
1	<i>Description des données</i> .....	58
2	<i>Retraitement</i> .....	61
B	ANALYSE DU PORTEFEUILLE .....	62
1	<i>Analyse du chiffre d'affaires</i> .....	62
1.1	Analyse de l'évolution globale du chiffre d'affaires .....	63
1.2	Composition du portefeuille RC .....	64
1.3	Analyse de l'évolution du chiffre d'affaires par produits .....	65
2	<i>Analyse de la charge sinistre</i> .....	67
2.1	Analyse de l'évolution globale de la charge sinistre .....	67
2.1	Évolution de la sinistralité des produits .....	70
3	<i>Analyse de la rentabilité par les ratios classiques</i> .....	74
3.1	Ratio de sinistralité S/P .....	74
3.1.1	Ratio de sinistralité du portefeuille global .....	74
3.1.2	Ratio de sinistralité des produits du portefeuille .....	75
3.2	Ratio combiné .....	77
3.2.1	Étude globale .....	77
3.2.2	Étude détaillée .....	78
4	<i>Provisionnement par les méthodes statistique</i> .....	82
4.1	Chain Ladder avec prise en compte d'un Tail factor .....	82
4.2	London Chain .....	84
4.3	Mack .....	85
4.4	Choix de la méthode de provisionnement .....	85
4.5	Comparaison des indicateurs de la rentabilité .....	87
5	<i>Ratio Combiné Économique</i> .....	88
5.2	Duration .....	89
5.3	Application (ratio combiné économique) .....	90
IV.	MOYENS D'OPTIMISATION DE LA RENTABILITÉ .....	92
1	<i>La segmentation des risques</i> .....	92

3	<i>L'ajustement du taux de prime</i> .....	92
B	RECOMMANDATIONS OPÉRATIONNELLES.....	93
1	<i>Renseignement des éléments de tarification</i> .....	93
2	<i>Privilégier les canaux de distribution directs</i> .....	93
	CONCLUSION GÉNÉRALE .....	94