

Mémoire présenté pour l'obtention du DUAS et l'admission à l'Institut des Actuaire

le 05/12/2024

Par : Chekhe MAOULOUD

Titre: Domiciliation des captives de réassurance en France : une innovation dans la gestion des risques ?

Confidentialité : NON OUI Durée : 1 an 2 ans 3 ans 4 ans 5 ans

Membres du jury de l'IA :

Entreprise : ACTUELIA

Directeur de mémoire (entreprise) :

Membres du jury de l'Unistra :

Nom : Louis-Anselme De-Lamaze

J. BERARD

E. BIRMELE

A. COUSIN

P.-O. GOFFARD

M. MAUMY-BERTRAND

Signature du responsable entreprise

Secrétariat : Mme Stéphanie Richard

Signature du candidat



L'évolution récente de la réglementation française concernant les captives de réassurance a suscité beaucoup d'enthousiasme, de débats et de spéculations. Entrée en vigueur en 2023, cette nouvelle réglementation a déclenché une demande sans précédent de dossiers d'agrément pour les captives dans le pays. Il s'agit de l'introduction d'une provision pour résilience fiscalement déductible pour les captives de réassurance.

Le présent mémoire examine ce nouveau cadre réglementaire et ses implications pour les groupes industriels et commerciaux français cherchant à renforcer leur approche de gestion des risques, ainsi que pour la France en tant que domicile de captives.

L'analyse repose sur une approche de simulation Monte-Carlo, où les comptes financiers et prudentiels d'une captive domiciliée en France sont évalués sous différents scénarios réglementaires.

L'étude compare l'évolution de l'environnement réglementaire, afin de discerner les changements que la provision pour résilience implique pour les captives ainsi que pour les groupes de sociétés. En outre, cette provision est comparée à un contrat de réassurance *Stop Loss*, dans le but d'évaluer la première en tant qu'outil de mitigation des risques. Enfin, la validité de la France en tant que domicile de captives est mise à l'épreuve face au régime plus reconnu du Luxembourg.

Mots clefs: Réassurance, Domiciles, Provision pour résilience, Provision pour égalisation, Monte-Carlo, Gestion des risques, Fiscalité



ABSTRACT

The recent French regulatory evolution concerning captive reinsurers has been a matter of much enthusiasm, debate and speculation. Coming into effect in 2023, this new regulation triggered unprecedented demand for captive licensing applications in the country. It consists in the introduction of a tax-deductible equalization reserve for captive reinsurers.

The thesis examines this new regulatory framework and its implications for French industrial and commercial groups seeking to enhance their risk management approach, as well as for France as a captive domicile.

This is done through a Monte-Carlo simulation approach where the financial and prudential accounts of a French domiciled captive are evaluated under different regulatory scenarios.

The study pits the old regulatory environment against the new one to discern the changes which the equalization reserve implies for captives as well as for holdings. Additionally, the reserve is compared with a Stop Loss reinsurance contract with the goal of assessing the former as a risk mitigation tool. Finally, the validity of France as a captive domicile is put to the test against the more established jurisdiction of Luxembourg.

Keywords: Reinsurance, Domiciles, Resilience reserve, Equalisation reserve, Monte-Carlo, Risk Management, Fiscality



REMERCIEMENTS

À eux, je dédie humblement les parties de ce mémoire qui leur sont dignes :

À Patrick Cohen et Louis-Anselme De-Lamaze pour leur encadrement constant et leur direction éclairée. Merci d'avoir été mes soutiens les plus encourageants et mes critiques les plus exigeants.

À mon tuteur académique Jean Modry, pour sa disponibilité, pour les nombreux échanges enrichissants, et pour le suivi tout au long de cette expérience.

Aux associés et collaborateurs du cabinet Actuelia, pour leur confiance, pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail, et pour la bonne ambiance, terriblement contagieuse.

À Zélie, pour ses vaillants efforts face à des défis qui ont vaincu mes enseignants de français il y a de nombreuses années.

À Antonin, pour sa souffrance à cause de mes péchés et pour le prêt généreux d'un ouvrage précieux.

À ma famille, sans le soutien de laquelle ce mémoire n'aurait pas été possible.

À mes amis, sans le soutien desquels ce mémoire aurait été réalisé en moitié moins de temps.



ACRONYMES

AMRAE *Association de Management des Risques et des Assurances de l'Entreprise*

BE *Best Estimate*

BSCR *Basic Solvency Capital Requirement*

CAA *Commissariat Aux Assurances*

EIOPA *European Insurance and Occupational Pensions Authority*

IBNR *Incurred But Not Reported*

LoB *Line of Business*

LPG *Loi de Pareto Généralisée*

MCR *Minimum Capital Requirement*

PFS *Provision pour Fluctuation de Sinistralité*

PPR *Provision Pour Résilience*

RAC *Risk Adjusted Capital*

RM *Risk Margin*

RORAC *Return On Risk Adjusted Capital*

SCR *Solvency Capital Requirement*

VaR_{0,5} % *Value at Risk*



Contexte

Longtemps considérées comme une méthode de protection marginale contre les cycles du marché de l'assurance, les sociétés captives se sont aujourd'hui imposées comme un outil fondamental de gestion des risques pour les entreprises internationales.

Les avantages offerts par ces structures n'ont jamais été un secret pour les entreprises françaises, qui ont historiquement été à l'avant-garde de la création de captives en Europe. Cependant, ces bénéfices pour l'économie nationale ont longtemps été négligés par le régulateur, la France n'ayant jamais été envisagée comme un lieu de domiciliation pour les captives, même par des entreprises françaises ne manquant pourtant pas de patriotisme.

En effet, domicilier une captive en France avait peu de sens comparé à d'autres juridictions européennes où des régulateurs plus souples promettaient des traitements fiscaux indulgents.

Ainsi, la récente évolution réglementaire française concernant les réassureurs captives a suscité beaucoup d'enthousiasme, de débats et de spéculations. Entrée en vigueur en 2023, cette nouvelle réglementation a déclenché une demande sans précédent de licences pour captives dans le pays. Elle consiste en l'introduction d'une provision d'égalisation fiscalement déductible pour les captives de réassurance.



Méthodologie

Le mémoire examine ce nouveau cadre réglementaire et ses implications pour les groupes industriels et commerciaux français souhaitant améliorer leur approche de gestion des risques, ainsi que pour la France en tant que lieu de domiciliation de captives.

Il vise à le faire à travers une approche de simulation Monte-Carlo, où les comptes comptables et prudentiels d'une captive domiciliée en France sont évalués sous différents scénarios réglementaires.

L'étude introduit une entité captive appartenant à un grand groupe industriel français. L'étude de cas est fortement inspirée d'une véritable entité captive opérant pour un groupe français. De nombreux détails ont été retirés pour des raisons d'anonymat, tandis que d'autres ont été modifiés pour renforcer l'immersion, et des éléments supplémentaires ont été ajoutés pour l'intérêt de l'étude.

À partir de données de sinistres d'un assureur non-vie anonymisé, le mémoire ajuste des distributions théoriques aux pertes de sinistres subies par la captive. Ces distributions sont ensuite utilisées pour générer 5000 simulations des pertes de la captive sur une période de 20 ans dans une vision "As If" des montants des sinistres.

Les résultats de ce processus sont ensuite utilisés pour établir le compte de résultat ainsi que le bilan prudentiel selon Solvabilité 2 de la captive pour chaque simulation.

L'étude se concentre ensuite sur les deux premiers moments des distributions des éléments jugés les plus concluants. La Figure 1 montre le *modus operandi* de l'étude avec les 25 premières simulations des fonds propres à titre d'exemple.

Le compte de résultat et le bilan prudentiel sont projetés selon trois scénarios initiaux :

- Scénario 1 : correspond à l'hypothèse selon laquelle la captive opère toujours sous l'ancienne réglementation française, c'est-à-dire qu'elle ne peut pas constituer une provision pour résilience.
- Scénario 2 : la même hypothèse que le Scénario 1, mais prenant également en compte le cas où la captive rétrocède une partie de ses primes via un contrat de réassurance *Stop Loss*.
- Scénario 3 : celui dans lequel la captive peut bénéficier de tous les avantages inhérents à la constitution de la provision pour résilience.

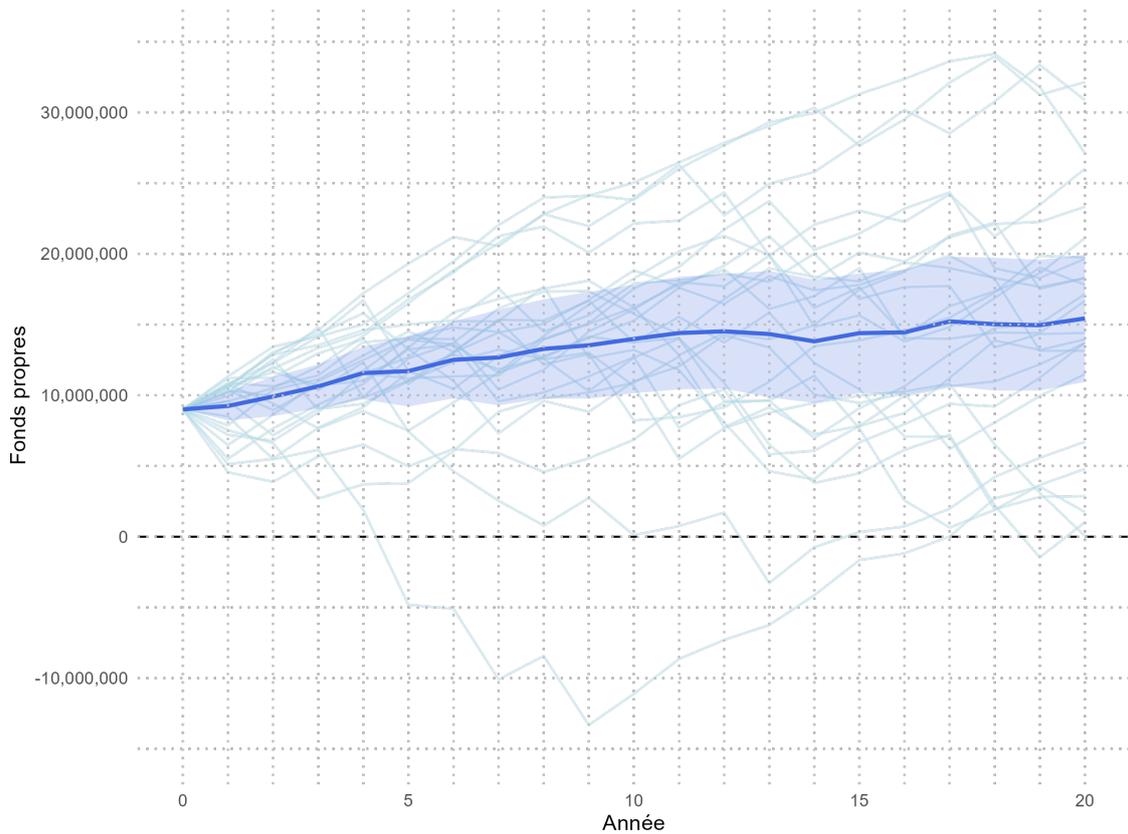


FIGURE 1 – Moyenne et écart-type des 25 premières simulations des fonds propres

La juxtaposition des Scénarios 1 et 3 vise à comprendre l'impact de la nouvelle réglementation. Le Scénario 2, bien que moins évident, se révèle utile en offrant une mesure alternative de réduction du risque par rapport à la provision pour résilience ; la force de cette dernière peut alors être contextualisée par rapport à la structure de réassurance *Stop Loss* plus familière.

Une fois les mérites de la réglementation française compris par rapport à l'ancienne, le mémoire examine ces mérites dans un contexte européen plus large. La question principale qui pourrait intéresser la plupart des groupes d'entreprises est la suivante : "Où cette évolution situe-t-elle la France en tant que lieu de domiciliation des captives en Europe ?"

Pour répondre à cette question, du moins d'un point de vue fiscal, l'Hexagone est comparé à la juridiction européenne la plus établie et la plus réputée : le Luxembourg. Un quatrième scénario est ensuite étudié, dans lequel la captive du groupe industriel est domiciliée au Luxembourg et soumise aux lois fiscales de cette juridiction, ainsi



qu'à la provision d'égalisation luxembourgeoise pour les réassureurs, désignée ci-après comme la PFS.

Résultats et Discussion

Le nouveau régime fiscal se révèle subtilement favorable et donc plus avantageux que prévu, bien que non exempt de limitations.

L'objectif principal du régulateur pour la provision pour résilience semble être la réduction des risques pour les entités captives ; le mémoire l'examine donc initialement sous cet angle. À cet égard, la provision démontre une grande efficacité en permettant un transfert partiel des pertes techniques des fonds propres vers les impôts différés. Ce mécanisme est partiellement pris en compte dans la formule standard de Solvabilité 2, et une captive domiciliée en France peut ainsi bénéficier d'une réduction de son exigence de capital de solvabilité, bien que cette réduction soit plafonnée par la formule standard.

Comparée au contrat de réassurance *Stop Loss*, la provision pour résilience montre sa robustesse contre les pertes petites à modérées qui ne percent que légèrement la couche de priorité de la réassurance. Cependant, bien que beaucoup plus coûteuse pour les fonds propres, la réassurance reste une meilleure protection en cas de scénarios catastrophiques.

Il est également important de noter que l'avantage fiscal de la provision pour résilience n'est pas immédiatement visible sur les fonds propres de la captive, étant plutôt reconnu comme impôts différés. Ces impôts différés permettent cependant à l'entreprise de bénéficier du principe de la "valeur temporelle de l'argent" à travers les rendements financiers qu'ils peuvent générer.

La provision pour résilience se maintient face à la PFS. Alors que la provision luxembourgeoise permet des dotations initiales plus importantes et donc un avantage fiscal plus rapide, une fois la provision d'égalisation pleinement constituée, ses avantages ne se manifestent que si une captive parvient à l'utiliser efficacement pour absorber des pertes. En ce sens, la provision française excelle par son accessibilité, étant capable d'absorber des pertes techniques même lorsque le résultat global est positif. En revanche, la PFS est un meilleur protecteur contre les pertes extrêmes et un réducteur plus important du capital requis sous Solvabilité 2.

Bien qu'il s'agisse d'un mémoire d'actuariat et que l'étude doive être conduite selon des méthodes actuarielles, le sujet abordé est intrinsèquement une question de ges-



tion des risques, et les résultats doivent donc être compris dans une perspective de gestion des risques d'entreprise.

L'intérêt pour les captives a toujours été présent pour de nombreuses entreprises françaises, que l'on peut diviser en deux groupes.

Le premier groupe comprend des conglomérats ayant une présence nationale marquante, mais beaucoup moins de notoriété sur le plan continental ou international¹. En substance, il s'agit d'entreprises pour lesquelles le projet de domicilier une captive à l'étranger serait difficilement défendable d'un point de vue stratégique ou réputationnel.

Bien que moins dommageable pour l'image projetée de l'entreprise, la captive domiciliée en France était toujours moins favorable à son bilan, en partie à cause des exigences élevées en capital sous le régime européen de Solvabilité 2. Le principal remède à cette situation était l'achat de réassurance, qui impliquait généralement une cession de capital non négligeable ainsi qu'une exposition aux cycles du marché. Il semblerait donc que, sous cette nouvelle réglementation, les captives françaises pourraient bénéficier d'une réduction de l'exigence en capital et être généralement moins dépendantes du marché de la réassurance.

D'autre part, les impôts différés de la provision pour résilience sont en eux-mêmes très attractifs et offrent un capital supplémentaire pour la société mère, qui peut être utilisé lorsqu'il est investi sur les marchés financiers ou dans d'autres projets du groupe.

Ainsi, une entreprise décidant de domicilier une captive de réassurance en France pourrait bénéficier d'un véhicule de gestion des risques qui s'avère économique à moyen et long terme et qui génère une valeur ajoutée pour les actionnaires.

Le second groupe d'entreprises françaises inclut celles pour lesquelles une captive *offshore* est une option sérieuse. Certaines de ces entreprises ont peut-être déjà établi leur entité offshore et envisagent une relocalisation pour diverses raisons ; d'autres pourraient être en train d'étudier la faisabilité du projet et envisagent donc différentes options de domiciliation. Pour ces entreprises, le régime des captives françaises n'est alors perçu comme avantageux ou non que dans le contexte d'autres options de domiciliation.

À cette fin, la comparaison avec la réglementation luxembourgeoise a montré que le régime français laisse peu à désirer d'un point de vue fiscal. Le choix de la France comme lieu de domiciliation pourrait alors ne pas découler uniquement

1. SNCF, Aéroport de Paris, etc.



de considérations quantitatives, mais également de critères qualitatifs propres au groupe et à la structure de la captive.

Dans son zèle à créer un environnement favorable pour les captives détenues par des entreprises françaises, le régulateur a peut-être transformé le pays en une option de domiciliation sérieuse pour tout groupe européen souhaitant établir une captive de réassurance.



EXTENDED SUMMARY

Context

Once seen as a niche method for protection against the cycles of the insurance market, captive companies have since cemented their position as a fundamental risk management tool for international companies.

The benefits to be had from these structures have never been a secret for French companies, which have historically been at the forefront of captive creation in Europe. However, their benefits to a national economy have long been overlooked by the regulator, as the country was never in consideration as a captive domicile, not even by French companies not lacking the virtue of patriotism.

In effect, French-domiciled captives made little sense when compared to other European jurisdictions where lenient regulators promised indulgent fiscal treatments.

Thus, the recent French regulatory evolution concerning captive reinsurers has been a matter of much enthusiasm, debate, and speculation. Coming into effect in 2023, this new regulation triggered unprecedented demand for captive licensing applications in the country. It consists of the introduction of a tax-deductible equalization reserve for captive reinsurers.

Method

The thesis examines this new regulatory framework and its implications for French industrial and commercial groups seeking to enhance their risk management approach, as well as for France as a captive domicile.



It seeks to do this through a Monte Carlo simulation approach where the financial and prudential accounts of a French-domiciled captive are evaluated under different regulatory scenarios.

The thesis introduces a captive entity belonging to a large French industrial group. The case study is heavily inspired by a real captive entity operating for a French group. Many details were removed for anonymity's sake, with others taking their place for immersion, while additional elements were added for the interest of the study.

Starting from claims data belonging to an equally anonymous non-life insurer, the thesis fits theoretical distributions for claims' losses experienced by the captive. These distributions are then used to generate 5000 simulations of the captive's losses over a 20-year period under an "As If" vision of the claims' amount.

The results of this process are then put to use by establishing the accounting income statement as well as the prudential balance sheet under Solvency 2 of the captive under each simulation.

The study then focuses on the first two moments of the distributions of items judged to be the most conclusive. Figure 2 shows the *modus operandi* of the study with the first 25 simulations of the own funds as an example.

The income statement and the prudential balance sheet are projected under three initial scenarios :

- Scenario 1 : corresponds to the hypothesis under which the captive still operates under the old French regulation, i.e., it cannot construct a resilience reserve.
- Scenario 2 : the same hypothesis as Scenario 1 but also considers the case in which the captive retrocedes a part of its premiums through a Stop Loss reinsurance contract.
- Scenario 3 : is the one under which the captive may enjoy the full privileges inherent in the construction of the resilience reserve.

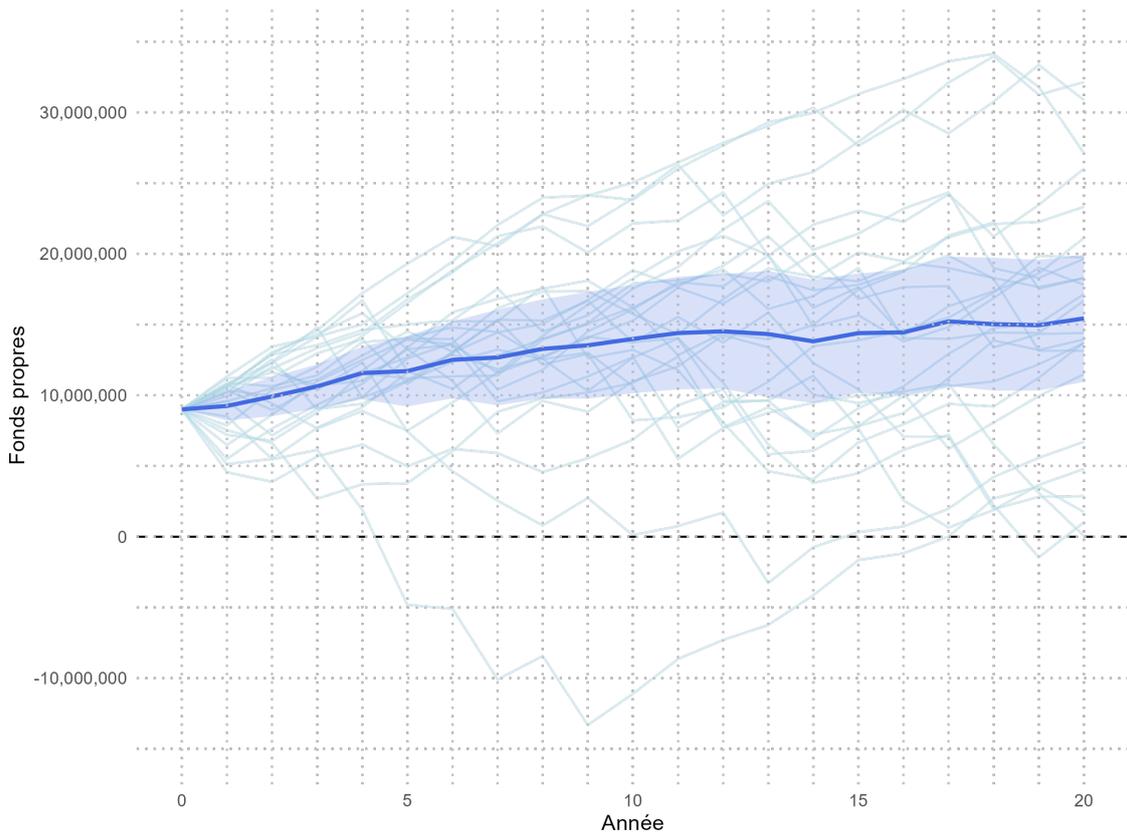


FIGURE 2 – Mean and standard deviation of the first 25 own funds simulations

The juxtaposition of Scenarios 1 and 3 is done in the hope of understanding the impact of the new regulation. Scenario 2, although less evident as a choice, proves its usefulness by offering an alternative risk reduction measure to the resilience reserve ; the strength of the latter may then be put into context with the more familiar Stop Loss reinsurance structure.

Once the merits of the French regulation are understood in context with the old one, the thesis then reflects on these merits in a larger European context. The main question which may be of interest to most business groups is the following one : "Where does this evolution situate France as a European captive domicile?"

To answer this question, at least from a fiscal point of view, the hexagon is compared to the most established and commonly appraised European domicile of Luxembourg. A fourth scenario is then examined under which the captive of the industrial group is domiciled in Luxembourg and therefore subject to the tax laws of the jurisdiction, as well as the Luxembourgish equalization reserve for reinsurers,



which shall from here on be referred to as the PFS.

Results and Discussion

The new fiscal regime is shown to be rather subtle in favorable ways and thus more advantageous than expected, but not without its limitations.

As the regulator's main intent for the resilience reserve seems to be as a risk reduction tool for captive entities, the thesis initially examines it as such. In this respect, the reserve shows remarkable potency by allowing a partial transfer of technical losses from own funds to deferred taxes. This mechanism is partially taken into account in the Solvency 2 standard formula, and so a French-domiciled captive may now benefit from a reduction to its Solvency Capital Requirement, although the standard formula puts a ceiling on this reduction.

When compared with the Stop Loss reinsurance contract, the resilience reserve shows its strength against small to moderate losses that do not or only slightly pierce the reinsurance priority layer. Unsurprisingly however, although much more costly on the own funds, reinsurance remains a more certain protector under catastrophic scenarios.

It may also be worth noting that the fiscal advantage of the resilience reserve is not immediately observed on the captive's own funds, being instead counted as deferred taxes. These deferred taxes, however, allow the company to benefit from the "time value of money" principle through the financial returns that may be generated on them.

The resilience reserve manages to hold its weight when compared against the PFS. While the Luxembourgish reserve allows for larger allocations initially and therefore a swifter fiscal advantage, once an equalization reserve is fully constituted, its subsequent advantages are only visible if a captive manages to put it into efficient use by absorbing losses. In this regard, the French reserve excels through its accessibility, being able to absorb technical losses even when the overall income may be positive. On the other hand, the PFS is a better protector against extreme losses and a greater reducer of the capital requirement under Solvency 2.

Although this is an actuarial thesis and the study has to be conducted through actuarial methods, the subject at hand is inherently a risk management one, and the results must therefore be understood from an enterprise risk management perspective.



Interest in captives has always been present for many French companies, which can be divided into two groups.

The first group includes conglomerates with a salient national presence but of much less renown continentally or internationally². In essence, companies for which the project of an offshore-domiciled captive could hardly be supported from a strategic or reputational point of view.

Although less harmful to the company's projected image, the French-domiciled captive was always less favorable to its balance sheet in part due to the high capital requirement under the European Solvency 2 regime. The main remedy to this was the purchase of reinsurance, which usually meant a non-negligible cession of capital as well as exposure to market cycles. It would seem then that under this new regulation, French captives may benefit from a reduction to the capital requirement and are generally less dependent on the reinsurance market.

On the other hand, the deferred taxes of the resilience reserve are by themselves very attractive and offer additional capital for the holding company, which may be of use when invested in the capital markets or other projects of the group.

Thus, a company deciding to domicile a reinsurance captive in France may benefit from a risk management vehicle that proves economical in the medium to long term, and generates additional shareholder value.

The second group of French companies includes those for which an offshore captive is a serious option. Some of these companies may have already established their offshore entity and are considering relocating for various purposes; some may be in the process of studying the feasibility of the project and are therefore considering different domicile options. For these companies, the French captive regime is therefore only seen as advantageous or not in the context of other domicile options.

For this purpose, the comparison with the Luxembourg regulation showed that the French regime leaves little to be desired from a fiscal standpoint. The choice of France as a domicile then may not come purely from quantitative considerations but from qualitative ones specific to the group and the captive structure.

In its zeal to create a favorable environment for French-owned captives, the regulator may have transformed the country into a serious domicile option for any European group wishing to establish a reinsurance captive.

2. SNCF, Aéroport de Paris, etc.



TABLE DES MATIÈRES

Note de synthèse	iii
Extended Summary	ix
Introduction	1
1 Des origines aux défis actuels : les captives en évolution	4
1.1 Qu'est-ce qu'une captive ?	4
1.2 Fonctionnement des captives	5
1.2.1 Notion de groupe	5
1.2.2 Types de structures	6
1.2.3 Les captives d'assurance et les captives de réassurance	7
1.3 Les intérêts et les coûts d'une captive	8
1.3.1 Les intérêts qualitatifs	8
1.3.2 Les intérêts quantitatifs	9
1.3.3 Pourquoi une captive ?	10
1.3.4 Le coût et les contraintes	12
1.4 Contexte actuelle	13
1.4.1 Des cycles de souscription propices à la création des captives	13
1.4.2 Une ouverture réglementaire en France	14
1.5 Solvabilité 2	16
1.5.1 Généralité sur la directive	16
1.5.2 Spécificités sur les captives	21
1.6 Présentation de la Provision Pour Résilience (PPR)	23



1.6.1	Réglementation	23
1.6.2	Fonctionnement	24
2	L'histoire de CemexRe : une captive française	26
2.1	Cadre de l'étude	26
2.1.1	Le risque dommages aux biens professionnels	28
2.1.2	Le risque responsabilité civile produit	29
2.1.3	Une évaluation sous différents scénarios	30
2.2	Présentation des données	31
2.2.1	Base de sinistres	32
2.3	Méthode utilisée	35
2.3.1	Distribution du résultat technique	35
2.3.2	Modèle collectif de risque	38
2.4	Modélisation de la sinistralité	40
2.4.1	Loi du nombre de sinistres	40
2.4.2	Loi du coût de sinistres	42
2.5	Simulation des scénarios de sinistralité	49
2.5.1	Distribution de la sinistralité annuelle	49
2.5.2	Hypothèse de développement des sinistres	51
2.6	Conclusion du chapitre	52
3	Impact quantitatif de l'évolution réglementaire	54
3.1	Impact sur le résultat technique	54
3.1.1	Hypothèses et paramètres de projection	55
3.1.2	Calcul sous le scénario 1	55
3.1.3	Calcul sous le scénario 2	58
3.1.4	Calcul sous le scénario 3	61
3.2	Impact sur la Solvabilité	64
3.2.1	Actif du bilan	65
3.2.2	Passif du bilan	66
3.2.3	<i>Solvency Capital Requirement</i> (SCR)	68
3.2.4	Présentation des résultats	70
3.3	Focus sur des simulations individuelles	79
3.3.1	Simulation favorable	80
3.3.2	Simulation volatile	87
3.4	Conclusion du chapitre	93



4 La question de redomiciliation	95
4.1 Présentation de la Provision pour Fluctuation de Sinistralité (PFS)	96
4.2 Comparaison entre les deux dispositifs	98
4.2.1 Sous une simulation favorable	102
4.2.2 Sous une simulation volatile	108
4.3 Conclusion du chapitre	112
Conclusion	114
Annexes	130
A Annexes au chapitre 1	130
A.1 Simplifications prévus pour les captives dans le règlements délégué	130
B Annexes au chapitre 2	135
B.1 Prise en compte de l'inflation dans le coût des sinistres	135
B.2 Incertitude autour des estimations de paramètres	138
B.3 Densité des sinistres avant l'application des contrats de réassurance	140
C Annexes au chapitre 3	142
C.1 Densité empirique du résultat technique	142
C.2 Zoom sur le résultat médian sous le scénario 3	145
C.3 Statistiques descriptives pour la section 3.2	145
C.4 Inflation sur la sinistralité	159
D Annexes au chapitre 4	166
D.1 Statistiques descriptives pour la section 4.2	166



INTRODUCTION

"Escargots !

Peu à peu

Vous y grimpez, au Mont Fuji !"

-Kobayashi Issa, *1951*

Le consensus actuel sur le marché de l'assurance est celui d'un cycle de durcissement, marqué par une détérioration des indicateurs comptables et de solvabilité pour les assureurs non-vie (MARSH, [2023a](#)). Ce marché difficile se fait ressentir dans d'autres secteurs de l'économie, les assurés étant confrontés à de nombreux défis, notamment des coûts d'assurance accrus et des difficultés à obtenir une couverture adéquate.

En conséquence, de nombreuses entreprises réévaluent leurs stratégies de gestion des risques et envisagent des solutions alternatives de transfert de risques, principalement les captives. Ce mécanisme implique que les entreprises établissent leur propre filiale d'assurance ou de réassurance capable de couvrir les risques des sociétés mères et de leurs filiales. Les compagnies "captives" se sont progressivement imposées comme une méthode d'auto-assurance, non seulement pour se protéger des cycles du marché, mais aussi en tant qu'outil de gestion des risques, offrant une couverture pour des risques atypiques et émergents face auxquels les assureurs se sont montrés réticents (COMMERCIAL RISK EUROPE, [2023](#)).

Dans une étude réalisée en 2022 par la *Federation of European Risk Management Association* (FERMA, [2023](#)), 47 % des risk managers interrogés se sont déclarés intéressés par les captives (contre 15 % en 2018). La France n'échappe pas à cette tendance globale européenne, puisque 64 % des risk managers français se déclarent



intéressés par cette forme de transfert de risque.

Un aspect important d'un projet de captive est lié à sa domiciliation. Certaines juridictions offrant des réglementations favorables³ attirent de nombreuses captives, ce qui conduit à un marché plus développé avec plus d'expertise industrielle. Parmi ces territoires, les plus connus sont les Bermudes, les îles Caïmans, la Suisse, Malte, l'Irlande et le Luxembourg. La France ne figure pas sur cette liste, n'ayant historiquement que 4 captives, alors que les entreprises françaises sont parmi les plus grandes créatrices de captives sur le continent européen (SCOR, 2023).

Cependant, la loi de finances française pour 2023 (ASSEMBLÉE NATIONALE, 2022) a démontré la volonté du régulateur français de rapatrier les captives de réassurance des entreprises françaises en France tout en encourageant à la création de futures captives sur le territoire national. En effet l'article 6 de cette loi vient modifier le code général des impôts afin de définir une nouvelle provision fiscalement déductible unique au passif des captives de réassurance, la provision pour résilience.

Elle permet aux entreprises captives de réassurance de provisionner pour une dérive imprévue de sinistralité, visant à renforcer leur capacité de couverture des risques au sein d'un même groupe.

Cette évolution réglementaire en France s'inscrit dans un contexte où l'Union européenne, de manière générale, commence à reconnaître la spécificité des structures captives, permettant ainsi une réglementation plus souple et uniforme sur le continent.

Le présent mémoire a pour objectif d'analyser la France en tant que domicile pour les captives de réassurance dans ce nouveau cadre réglementaire, ainsi que les implications pour les entreprises industrielles et commerciales. Il vise à le faire à travers une approche de simulation Monte-Carlo, où les comptes comptables et prudentiels d'une captive domiciliée en France sont évalués sous différents scénarios réglementaires.

Le premier chapitre sert d'introduction au marché des captives, en offrant un aperçu du contexte historique et actuel, avec une attention particulière sur la France.

Le second chapitre présente et justifie l'approche et les méthodes employées pour répondre à la problématique. Ce chapitre introduit la captive fictive au cœur de l'étude et expose le travail effectué pour générer des simulations de sinistralité pour celle-ci.

Le troisième chapitre évalue ensuite le résultat comptable et le bilan prudentiel

3. En matières de fiscalité, de gouvernance et de solvabilité.



de la captive pour chaque simulation, sous différents scénarios réglementaires, et examine la distribution de ces résultats dans le but de comprendre les implications de la nouvelle réglementation.

Enfin, le quatrième chapitre permet de mettre en contexte le dispositif français pour les captives en le comparant à un régime européen plus reconnu : le régime luxembourgeois.



CHAPITRE 1

DES ORIGINES AUX DÉFIS ACTUELS : LES CAPTIVES EN ÉVOLUTION

"Actuaries have long been tasked with tackling difficult quantitative problems. Loss estimates, reserves requirements, and other quantities have been their traditional domain, but the actuary of the future has an opportunity to broaden his/her scope of knowledge to include other risks facing corporations around the globe. While this may seem like a daunting task at first, the reality is that the skills required to analyze business risks are not a significant stretch of the traditional actuary's background."

—Timothy Essaye, [2007](#)

1.1 Qu'est-ce qu'une captive ?

Dans un cadre judiciaire français, la notion d'une entreprise dite captive d'assurance ou de réassurance est définie par l'article **L 350-2 du code des assurances**. Cet article est une transposition de la définition fournie par l'article 13 de la directive Solvabilité 2 ([2009](#)).

Ainsi, une captive d'assurance ou de réassurance est un organisme d'assurance ou de réassurance appartenant à un groupe de sociétés non prudentiel, destiné à couvrir exclusivement des risques au sein du groupe dont il appartient.

L'histoire des captives remonte à avant le **XIXe** siècle, lorsqu'ils s'agissaient



en effet de fonds mutuels pour des voyages maritimes et des filatures textiles. Les premières occurrences de captives détenues par un seul propriétaire peuvent être retracées en Europe dans les années 1920. Ces captives ont été développées par des conglomérats de l'époque en réponse à une réticence ou à l'absence de couverture pour certains risques importants. En tant qu'exemple, nous mentionnons la société captive de *British Petroleum*, Tanker, qui assurait la couverture des risques associés à l'expédition de pétrole (Royaume-Uni) ; la société captive de *Imperial Chemical Industries*, spécialisée dans les expéditions d'explosifs (Royaume-Uni) et la société captive de *FLSmidth*, ayant pour objet la protection contre les concentrations élevées d'actifs (Danemark) (« History of Captives », 2024).

Ce n'est qu'à partir des années 1950 que Frederic M. Reiss (1924-1993), également appelé le "grand père" des captives, a fondé sa première captive, la Steel Insurance Company of America, qui assurait une entreprise sidérurgique. Le terme "captive" trouve son origine des mines dites "captives" qui envoyaient du minerai aux usines de l'entreprise. Le surnom de Reiss lui a été attribué pour sa grande contribution au développement des captives tout au long de la seconde moitié du XXe siècle.

L'industrie a commencé à connaître une croissance significative dans les années 70, quand les grandes entreprises ont réalisé les avantages économiques qui pouvaient être obtenus en gérant leurs propres risques et couvertures d'assurance, notamment pendant les cycles de marché dur. Des centaines de captives ont été formées pendant cette période, dont certaines par des grandes entreprises mondiales.

Cette tendance a sensibilisé les régulateurs, conduisant à une législation favorable dans certaines juridictions et incitant davantage d'entreprises à ouvrir des captives. Le marché dur et l'accent mis sur le *risk management* en entreprise dans les années 90 ont accéléré la croissance de cette industrie, en terme de nombre de captives, mais aussi en termes de variété de structures, d'objectifs différents et de méthodes de gestion subséquentes pour celles-ci. En 2022, le nombre de captives dans le monde a atteint 6191, dont 666 domiciliées en Europe (SOUTER, 2023).

1.2 Fonctionnement des captives

1.2.1 Notion de groupe

Afin de cerner la définition et le fonctionnement d'une captive il semble pertinent d'introduire la notion de groupe de sociétés. Le phénomène de groupe est une réalité



plus économique que juridique, l'expression groupe de société désigne un ensemble de sociétés qui :

- ont chacune une personnalité juridique autonome ;
- mais sont soumises à une unité de direction.

La société dont les dirigeants détiennent le pouvoir de direction est la société mère. Elle contrôle les autres sociétés du groupe (ou filiales). La société mère assure généralement son contrôle par la détention de la majorité des droits de vote dans les assemblées générales des sociétés filiales.

La notion de groupe de sociétés est reconnue en matière fiscale, comptable et en droit du travail, cependant le législateur français ne fournit aucune définition de cette notion et la personnalité morale du groupe n'est pas admise : chaque société garde une personnalité distincte.

1.2.2 Types de structures

Les entreprises captives peuvent être classifiées en deux groupes principaux :

- Captives pures : se référant aux entreprises qui sont entièrement possédées, directement ou indirectement, par leurs assurés.
- Captives sponsorisées : se référant aux captives possédées et contrôlées par des tiers non liés à l'assuré.

Les captives pures peuvent être possédées soit par une seule entité (la société mère), auquel cas elles sont désignées comme monoparentales, soit par plusieurs entités. En pratique, les captives détenues par un groupe peuvent être possédées par des sociétés dans le même groupe, secteur ou dans des secteurs totalement différents. Les captives sponsorisées sont des dérivés de la structure captive classique, particulièrement observée en Amérique du Nord. Ce sont des entreprises possédées par des tiers qui fournissent des services similaires à une captive au profit d'une entreprise ou un groupe d'entreprises.

Ces structures sont intéressantes à discuter dans ce mémoire comme une vitrine de la complexité et du développement de l'industrie globale des captives. Cependant, la définition judiciaire des captives inclut uniquement les captives pures monoparentales, ce qui correspond à la grande majorité des captives européennes.



1.2.3 Les captives d'assurance et les captives de réassurance

Une captive d'assurance est équivalente à un véritable assureur dans le sens qu'elle peut émettre des polices, souscrire des primes et traiter les sinistres liés aux risques qu'elle a assumés pour son groupe.

Une captive de réassurance, en revanche, ne peut pas conclure directement des transactions d'assurance, elle doit donc recourir à une compagnie d'assurance intermédiaire, appelée "fronteur" ¹.

Le fronteur est l'assureur de référence, il supervise l'émission des polices, la souscription et le règlement des sinistres, mais cède les flux de trésorerie à la captive de réassurance. En essence, le fronteur assume la charge réglementaire et administrative associée à l'assurance, mais le risque est retenu par la captive de réassurance. Pour ses services, un assureur fronteur demandera souvent des commissions de fronting ainsi que des garanties pour arbitrer le risque de contrepartie qu'il assume.

La gestion des captives est le plus souvent confiée à des sociétés de gestion qui possèdent une expérience plus approfondie dans le domaine que la société mère.

Une captive de réassurance engendre généralement des frais de gestion moindres, étant donné qu'elle n'a pas la responsabilité de gérer les sinistres ni d'émettre les polices d'assurance. Elle doit tout de même rembourser ces coûts au fronteur, mais cela lui revient généralement moins cher qu'une captive d'assurance, grâce aux économies d'échelle ².

Le recours à un fronteur peut également éviter un souci de conflit d'intérêts et rajouter une sûreté aux opérations de la captive aux yeux du régulateur, ce qui fait que les captives de réassurances bénéficient généralement d'une réglementation moins stricte et fiscalement plus avantageuse qu'une captive d'assurance.

La figure 1.1 synthétise le fonctionnement des captives d'assurance et de réassurance.

1. Le terme est emprunté à l'industrie bancaire. Une commission de fronting est payé par un emprunteur à une banque pour le risque de crédit que la banque assume en émettant une lettre de crédit, une obligation, ou un autre type de garantie contractuelle.

2. Les travaux de PICARD et PINQUET (2011) abordent les conditions dans lesquelles le recours au fronteur est plus optimal.

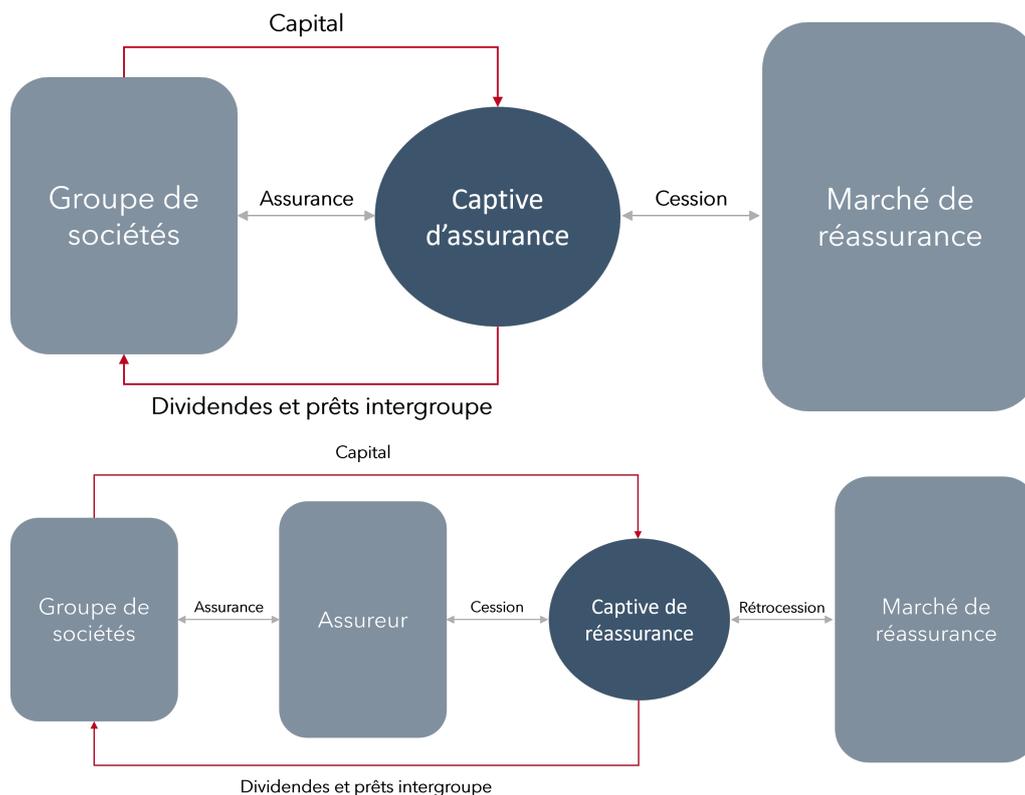


FIGURE 1.1 – Schéma de transfert de risque pour une captive d'assurance vs de réassurance

1.3 Les intérêts et les coûts d'une captive

Les captives ont connu une popularité durable en raison de leur capacité à offrir aux entreprises divers avantages quantitatifs et qualitatifs.

1.3.1 Les intérêts qualitatifs

Une approche flexible de gestion des risques : l'un des principaux moteurs de la création de captives réside dans la liberté qu'elles confèrent au groupe. En effet, les captives représentent une solution pour la gestion de risques spécifiques au groupe, que l'assuré est souvent mieux à maîtriser que le marché de l'assurance.

Bien que les captives soient un outil bien établi, elles sont généralement associées à l'innovation, car elles permettent de couvrir des projets inédits, pour lesquels le marché traditionnel demeure insuffisamment préparé ou expérimenté.



Cette dynamique est particulièrement observable dans des secteurs émergents tels que la *blockchain* ou l'industrie pharmaceutique (WILKINSON, 2023).

Incitations pour les mesures de réduction des risques : les captives renforcent les pratiques de gestion des risques au niveau du groupe. En effet, elles créent une incitation à la mise en œuvre de mesures visant à réduire le coût et la fréquence des sinistres, ainsi qu'à contrôler les pertes. Contrairement à la dynamique traditionnelle de l'aléa moral, où les parties prenantes adoptent des comportements imprudents en raison de la protection de l'assurance, les captives incitent les entreprises à agir de manière prévoyante.

Ainsi, les captives offrent une structure qui, par sa nature même, s'oppose à l'aléa moral en encourageant la prise de décision responsable et la gestion proactive des risques (WETERINGS, 2015).

Accès facilité au marché de la réassurance : grâce à une captive, une entreprise dont l'activité principale n'est pas assurantielle peut accéder au marché de la réassurance, ce qui présente plusieurs avantages. Premièrement, le marché de la réassurance est souvent plus compétitif en termes de coûts par rapport au marché de l'assurance traditionnel. En ayant recours à une captive avec un programme de récession efficace, les entreprises peuvent bénéficier de tarifs plus avantageux pour certaines couvertures, ce qui se traduit souvent par des économies sur les coûts globaux (BANKS, 2004).

De plus, l'accès au marché de la réassurance permet aux captives de diversifier leur portefeuille de risques et d'accroître leur capacité à absorber des sinistres importants ou des événements catastrophiques.

1.3.2 Les intérêts quantitatifs

Coûts réduits : le coût du marché de l'assurance et celui d'une captive répondent à des contraintes différentes et ne sont par conséquent pas équivalents. Les disparités en termes d'exigences de rentabilité, de profil de risque du portefeuille, de frais de gestion, et l'absence de frais d'acquisition font que la structure captive est souvent en mesure de proposer des primes plus avantageuses que celles du marché de l'assurance, de moins jusqu'à certaines lignes de couverture (THACH, 2015). De plus, comme les primes sont payées à l'avance alors que les sinistres surviennent au fil du temps, les entreprises peuvent perdre les avantages liés à la valeur temps de l'argent avec le marché de l'assurance traditionnel.



Couverture des risques pour des expositions difficiles : les captives offrent une couverture des risques notamment utile pour des expositions qui pourraient être difficiles à assurer ou considérées comme non assurables.

Un exemple d'actualité est le risque cyber, ce risque émergent présente un défi non négligeable pour les entreprises dans plusieurs secteurs. En raison d'une réticence observée du marché de l'assurance à assumer ce risque, de nombreuses entreprises se tournent vers les captives comme moyen de maîtriser leur exposition à ce risque (SOUTER, 2023).

Arbitrage du coût d'assurance : la mise en place d'une captive permet une stabilisation et éventuellement une réduction des coûts de transfert des risques à moyen et long terme. En utilisant une captive, les entreprises bénéficient d'une plus grande souplesse dans la gestion des offres des assureurs, leur permettant d'ajuster de manière proactive la rétention des risques de l'entreprise et de ses filiales en fonction des fluctuations du marché. Ainsi, les fonds accumulés au fil du temps au sein de la captive agissent comme un "coussin" financier, atténuant les variations rencontrées sur le marché telles que les changements de tarifs, les restrictions de capacité ou les modifications de périmètre. En somme, la captive offre une structure qui permet de lisser les effets des cycles de marché de l'assurance, assurant ainsi une gestion plus stable et prévisible des risques à long terme (PICARD et PINQUET, 2011).

Avantages fiscaux potentiels : selon la structure et le domicile de la captive, des avantages fiscaux potentiels sont associés aux transactions financières et aux provisions. Toutefois, la manière dont ces avantages fiscaux se traduisent dans le bilan du groupe est indirecte et incertaine. En effet, la fiscalité ne constitue pas une raison première pour établir une captive, mais une fois cette structure mise en place, elle peut potentiellement bénéficier d'avantages en matière de fiscalité.

1.3.3 Pourquoi une captive ?

Bien que tous les avantages mentionnés soient cruciaux, l'aspect le plus convaincant réside dans le fait qu'une captive permet à une entreprise de gérer sa rétention au risque d'une manière rentable et homogène au sein du groupe.

Théoriquement, une entreprise peut obtenir des résultats similaires à ceux d'une captive avec un fonds pour couvrir sa rétention ou un programme de rétention auto-assurée.



Considérons un exemple avec un fonds de franchise plutôt qu'une captive :

L'entreprise A dispose de nombreux bureaux à travers le pays, pour lesquels elle détient un contrat d'assurance cyber sans franchise et avec une prime annuelle totale de 500 000 €. En augmentant sa franchise à 2 M€, l'entreprise A peut obtenir une prime réduite, fixée à 100 000 € par an.

L'entreprise estime que la prime pure pour la tranche de 0 à 2 M€ s'élève à 300 000 €, et décide donc de couvrir ce risque en créant un fonds dans lequel l'ensemble de ses différentes filiales transfèrent annuellement ce montant, et paye ainsi que 100 000 € pour la couverture au-delà de 2 M€.

De cette manière, l'entreprise parvient à obtenir le même niveau de couverture à un coût inférieur, tout en continuant à bénéficier d'un certain niveau de mutualisation des risques entre ses différents bureaux.

Cet exemple montre comment la rétention d'une partie du risque est avantageuse en fonction de l'appétit pour le risque de l'entreprise, mais il remet également en question l'utilité de la captive.

Quelle justification peut-il y avoir à entreprendre des démarches supplémentaires pour externaliser le fonds de franchise et lui conférer une structure d'entreprise d'assurance distincte, ainsi qu'une organisation séparée ? Dans un cadre théorique dépourvu de considérations réglementaires, fiscales ou managériales, la réponse serait que cela n'offre aucun avantage.

Cependant, l'importance intrinsèque d'une captive réside dans le fait qu'elle est le seul outil conforme à la réglementation qui puisse remplir cette fonction au sein d'un groupe. Tout d'abord, un tel fonds doit être géré indépendamment pour chaque entité juridique et doit être épuisé chaque année, sous peine de devenir une instance d'assurance non agrémentées (APREF, 2023).

Deuxièmement, à l'exception de certains risques très spécifiques, les dotations dans un fonds dans le but de couvrir les risques ne sont pas déductibles fiscalement, alors que les primes d'assurance le sont. De plus, le modèle d'assurance permet à une entreprise de constituer des provisions (également déductibles fiscalement) pour des événements futurs incertains, ce qui n'est possible que dans une mesure très limitée dans le bilan d'une entreprise non-assureur. Enfin, l'assurance a des valeurs qui dépassent la simple réception de primes et le paiement des sinistres ; les programmes d'assurance sont des mécanismes reconnus pour déplacer des fonds aux endroits et moments opportuns, ce qui signifie qu'ils ne sont pas soumis aux mêmes limitations de transfert de fonds entre entreprises et frontières de pays.



1.3.4 Le coût et les contraintes

En dépit de leurs avantages, les captives présentent également certains coûts et contraintes inhérents à leur activité d'assurance et de réassurance. Tout d'abord, les frais de création et de gestion des captives représentent une barrière significative à l'entrée sur le marché, ce qui explique pourquoi elles sont rarement envisagées par les entreprises de petite ou moyenne taille.

La taille de l'entreprise entre en jeu non seulement en raison des coûts, mais aussi parce qu'une structure captive, à l'instar d'un assureur, sert à la mutualisation des risques entre les différentes entités du groupe ou de l'entreprise. Si l'entreprise ne dispose pas en interne de suffisamment de risques non corrélés pour permettre la diversification, alors le projet de captive est rarement pertinent. C'est également pour cette raison que la plupart des entreprises utilisent des captives pour couvrir des risques facilement diversifiables, même entre les entités d'un groupe (flottes, dommages aux biens, responsabilité civile, etc.).

De plus, il convient de prendre en compte le coût en capital lié à l'immobilisation des fonds propres nécessaires pour répondre aux exigences réglementaires, notamment celles découlant de la directive Solvabilité 2 en Europe.

La réglementation engendre des coûts pour les captives, non seulement en termes d'exigences quantitatives, mais aussi qualitatives. Par exemple, en France, la demande de processus d'agrément peut être longue et incertaine et les exigences en matière de gouvernance et de reporting peuvent s'avérer inadaptées à la taille et à la complexité de ces structures. De plus, la législation ne prévoit pas de dispositions spécifiques pour les captives en ce qui concerne la gouvernance ou le reporting. Cependant, étant donné que le sujet est relativement récent dans le pays, il est probable que la réglementation puisse s'assouplir dans les années à venir.

Une autre contrainte pour les captives réside dans leur capacité de couverture limitée par rapport aux assureurs traditionnels. Bien qu'elles puissent offrir des primes plus compétitives pour les lignes d'exposition les moins importantes, un seuil critique est atteint au-delà duquel les exigences en matière de fonds propres et le tarif deviennent prohibitives, rendant ainsi l'utilisation d'une captive peu judicieuse par rapport à un assureur bénéficiant des avantages liés à la diversification (GRAEFF et al., 2017).

En réalité, la captive est davantage considérée comme un outil de négociation auprès des assureurs que comme une solution permettant de regrouper toutes les polices d'assurance. Il est nécessaire pour les entreprises d'évaluer attentivement



l'adéquation de l'utilisation d'une captive en fonction de leurs besoins en matière de gestion des risques.

1.4 Contexte actuelle

1.4.1 Des cycles de souscription propices à la création des captives

Il est bien établi dans la littérature actuarielle et économique (MEIER, 2007 ; LAMM-TENNANT et WEISS, 1997) que le marché de l'assurance traverse des cycles de souscription, allant de conditions de marché souples ou *soft market* dans lesquelles les primes sont faibles, l'appétit des assureurs pour la souscription des risques est élevé et les ratios techniques sont stables, à des cycles de marché dur ou *hard market* caractérisés par des primes et des franchises plus élevées, une réticence du marché à accepter les risques et des ratios gonflés. De nombreuses hypothèses ont été avancées pour expliquer les causes de ces cycles, allant des explications actuarielles, comportementales, microéconomiques et macroéconomiques. Cependant, aucune cause unique n'est généralement admise pour ce phénomène. Le lecteur est invité à consulter le travail d'OUTREVILLE (2000) pour un résumé des hypothèses ayant été avancées. Ce qui est clair sur ce phénomène, c'est son existence et l'impact qu'il a non seulement sur le secteur de l'assurance, mais aussi sur l'économie dans son ensemble.

De nombreux acteurs économiques, tant au niveau mondial qu'en Europe, ont observé une augmentation significative des primes d'assurance. Le quatrième trimestre de 2023 a marqué le vingt-cinquième trimestre consécutif où les primes au renouvellement ont connu une hausse (MARSH, 2023b). Parallèlement, une détérioration notable de la couverture a été constatée, avec 27 % des consommateurs français signalant une augmentation des franchises entre 2021 et 2023 (EIOPA, 2023a).

Cette tendance s'inscrit également dans le contexte économique actuel marqué par une incertitude croissante. S'éloignant de l'ère des taux d'intérêt bas et de l'inflation stable observée au cours des décennies précédentes, le paysage économique mondial contemporain se caractérise par une augmentation des taux d'intérêt et une inflation persistante. La lente récupération suite à la pandémie de Covid-19, aggravée par l'incursion russe en Ukraine en février 2022, a exacerbé les tendances et défis préexistants. Parmi ces défis, on compte des perturbations dans la chaîne d'approvisionnement et des contraintes en ressources conduisant à une augmentation des prix des produits de base.



Les entreprises se retrouvent confrontées à des risques émergents tels que les menaces cybernétiques, ainsi qu'à une aggravation des risques existants, principalement associés au changement climatique (catastrophes naturelles, pertes d'exploitation), et ce, dans un contexte où l'industrie de l'assurance montre une réticence à assumer ces risques³. Il est dès lors cohérent que de nombreuses entreprises, reconnaissant l'importance de la gestion des risques dans un tel environnement, aient cherché des approches alternatives pour naviguer dans les complexités inhérentes à ce contexte. La récente vague de création de captives (MARSH, 2023a) trouve sa justification dans cette démarche.

Actuellement, les captives représentent 25 % du marché global de l'assurance commerciale (EY, 2023). Autrefois considérées comme une méthode alternative de transfert des risques, elles sont désormais largement intégrées et jouent un rôle central dans la gestion des risques d'entreprise, avec la majorité des sociétés du Fortune 500 et du CAC 40 possédant des assureurs ou réassureurs captives.

1.4.2 Une ouverture réglementaire en France

Les problématiques économiques, environnementales et politiques mentionnées précédemment, ainsi que les considérations démographiques et sociétales, ont poussé les entreprises à accorder de plus en plus d'importance aux facteurs environnementaux, sociaux et de gouvernance (ESG). L'engagement d'une entreprise envers son image publique est désormais plus important que jamais, les jeunes générations attendant des entreprises qu'elles contribuent à la société et souhaitant travailler pour des entreprises qui embrassent une mission plus élevée (HARRING et KIM, 2023).

Un aspect notable à considérer dans un projet de captive réside dans le choix de sa domiciliation, certaines juridictions proposant des réglementations plus avantageuses en matière de gouvernance et de fiscalité que d'autres.

Historiquement, la France ne disposait pas d'un régime spécial pour les captives. Parmi les plus de 120 captives françaises, la majorité opte pour des territoires *off-shore* tels que les Bermudes, les îles Caïmans, Guernesey et surtout le Luxembourg. Étant donné que ces domiciliations sont souvent associées à des suspicions d'évasion fiscale, la création d'une captive a longtemps eu un impact négatif sur l'image projetée d'une entreprise.

Outre ce fait, de nombreuses entreprises françaises disposaient également d'une

3. Par exemple, face au changement climatique et à l'inflation certains assureurs dommages refusent de renouveler leurs polices en Californie (JACOBSON, 2024).



diversification au niveau national qui leur permettait de bénéficier des avantages d'une captive, mais elles manquaient alors de la présence internationale nécessaire pour envisager un domicile *offshore* plus avantageux. Ainsi, après des années de pression du marché (DESJARDINS, 2022), le régulateur français a récemment manifesté une volonté de développer le marché des captives au sein de l'économie nationale.

«Le rapporteur général juge intéressante la création d'une provision pour captive de réassurance. Une telle provision est en effet de nature à développer ce secteur économique en France et, ainsi, à rapatrier les captives de nos entreprises nationales situées à l'étranger. La localisation sur le territoire national de la couverture des risques de nos entreprises apparaît comme un élément de souveraineté à saluer.» (CAZENEUVE, 2022)

C'est ainsi que l'article 6 de la loi de finances française de 2023 (ASSEMBLÉE NATIONALE, 2022) a été introduit, précisant un régime spécial pour les captives de réassurance. Cette loi vient modifier le code général des impôts afin de définir une nouvelle provision fiscalement déductible unique au passif des captives de réassurance, **la Provision Pour Résilience (PPR)**.

Jusqu'à présent, cet article semble produire les effets escomptés, car même son anticipation a été suffisante pour inciter certaines entreprises à entreprendre leur parcours de transfert alternatif de risques à Paris. Le nombre de captives domiciliées en France est passé de 4 en 2019 à 14 en fin de 2023, dont 5 ont obtenu leur agrément au cours de l'année 2023. L'Association de Management des Risques et des Assurances de l'Entreprise (AMRAE) estime que le nombre de captives domiciliées en France s'élèvera à une trentaine à la fin de l'année 2024 (GARROUSTE, 2024). Cependant, les entreprises possédant déjà des captives n'ont pas manifesté un grand intérêt pour la relocalisation aux frontières nationales. Étant donné que l'article de loi prévoit que le gouvernement est tenu de présenter une évaluation des entreprises bénéficiant de la franchise d'impôts avant octobre 2025, de nombreuses entreprises anticipent que le dispositif est susceptible de changer dans un avenir très proche et par conséquent adoptent une stratégie prudente d'attente (LEBOUCHER, 2024).

Les considérations fiscales, bien qu'importantes, ne sont pas le seul facteur déterminant le choix d'un domicile pour les captives ; un autre déterminant crucial est le cadre réglementaire. Les captives, étant des entités relativement simples et non complexes, considèrent certaines exigences, telles que le reporting trimestriel, comme inadaptées.

Le Luxembourg, par exemple, a longtemps été la destination privilégiée des cap-



tives en Europe, principalement en raison de sa clémence réglementaire, de sa commodité et de sa stabilité. L'autorité de régulation, le Commissariat Aux Assurances (CAA), possède une expertise étendue en matière de captives de réassurance et a historiquement fait preuve d'efficacité et de clarté dans les procédures d'accord d'agrément. Le CAA a également manifesté une application plus souple du principe de proportionnalité pour les captives de réassurance, permettant ainsi des exigences moins contraignantes en termes de gouvernance et de reporting.

Étant donné la nature naissante du sujet à Paris, nous disposons d'un recul moins conséquent que nos homologues luxembourgeois dans le traitement des procédures d'octroi d'agrément. De plus, en 2023, aucune mesure spécifique d'allègement concernant la gouvernance et le reporting n'a été mise en place pour les captives.

Cependant, malgré la probabilité de changements dans le cadre français, cela pourrait ne pas être nécessaire, car l'ensemble du cadre réglementaire européen est sur le point de subir une révision de Solvabilité 2. Le texte adopté a en effet pris en compte la nature spécifique des entreprises captives et assouplit de manière uniforme les exigences pour les assureurs et réassureurs captives européens.

1.5 Solvabilité 2

1.5.1 Généralité sur la directive

Peu de mémoires d'actuariat ne mentionnent pas la directive européenne Solvabilité 2, et ce pour la raison suivante : rares sont les problématiques en assurance qui ne sont pas concernées par cette réglementation.

En effet, cette directive représente un enjeu qui ne peut pas être reléguée au second plan pour toute entreprise d'assurance ou de réassurance. Les compagnies captives ne faisant pas exceptions à cela, ce mémoire se doit naturellement d'avoir la diligence de rappeler au lecteur les principales obligations imposées aux groupes prudentiels européens, et plus spécifiquement aux réassureurs captives.

La directive Solvabilité 2, en vigueur depuis 2016, repose sur une architecture tripartite destinée à renforcer la robustesse financière et opérationnelle des compagnies d'assurance. La figure 1.2 résume la division des exigences réglementaires à travers les trois piliers.

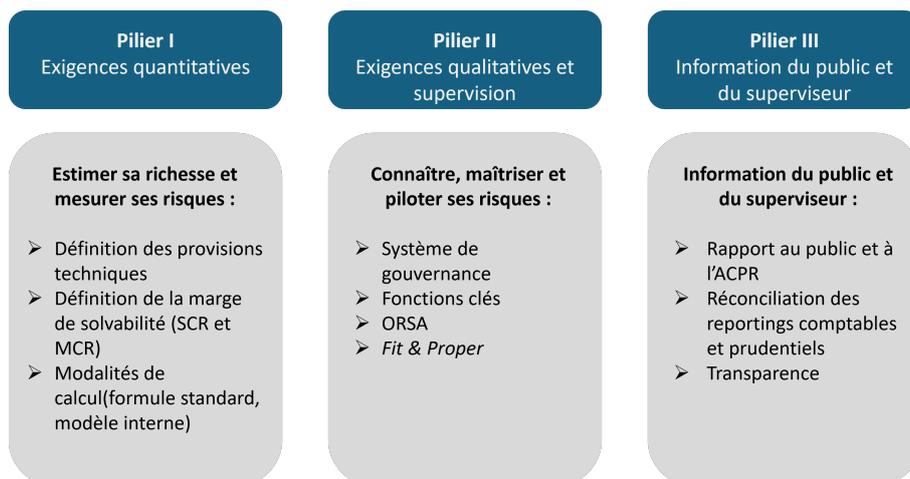


FIGURE 1.2 – Les trois piliers de la directive

Le premier pilier de la directive regroupe les différentes exigences quantitatives dans le secteur. Il introduit la valorisation économique exigée par l'*European Insurance and Occupational Pensions Authority* (EIOPA), tant du côté des actifs que du côté des passifs du bilan.

Le bilan prudentiel, tout comme son équivalent comptable, s'articule autour de deux parties : les actifs et les passifs. Alors que les actifs en normes comptables françaises sont évalués à leur valeur d'acquisition, la vision économique des investissements exige qu'ils soient évalués à leur juste valeur de marché. De plus, certains actifs du bilan comptable ne sont pas considérés comme pertinents pour la solvabilité d'une entreprise et voient ainsi leur valeur ajustée à zéro lors du passage au bilan prudentiel⁴.

Du côté des passifs du bilan, les provisions techniques se composent de deux éléments : le *Best Estimate* (BE) et la *Risk Margin* (RM).

Comme son nom l'indique, le BE représente la meilleure estimation par l'entreprise de ses engagements techniques, c'est-à-dire la valeur actuelle probable des flux de trésorerie futurs liés à son activité d'assurance ou de réassurance.

La RM, telle que décrite par le règlement délégué (2015), correspond au coût supplémentaire supporté par une entité qui reprendrait l'intégralité du portefeuille des passifs d'un assureur. Cela peut être assimilé au coût de détention du *Solvency Capital Requirement* (SCR) associé aux passifs assurantiels jusqu'à leur extinction. Les entreprises d'assurance et de réassurance procèdent à une évaluation séparée du

4. parmi ceux-ci : le goodwill, les actifs incorporels, etc.



BE et de la RM.

Du fait des modifications portées à la fois à l'actif et au passif du bilan, une nouvelle notion apparaît au bilan prudentiel : les impôts différés.

La richesse dégagée des retraitements sera soumise à terme à l'impôt sur les sociétés, un poste d'impôts différés est donc rajouté au passif : il s'agit d'impôts différés passifs. Dans le cas d'une perte de richesse lors du passage entre le bilan comptable et économique, la société doit être en mesure de prouver qu'elle réalisera des bénéfices dans les années futures afin de pouvoir bénéficier d'un crédit d'impôt : il s'agit d'impôts différés actifs.

Une fois la transformation du bilan comptable en bilan économique effectuée conformément aux pratiques énoncées par l'EIOPA, les assureurs constatent un écart de montant entre les blocs d'actifs et de passifs : cet écart est égal aux fonds propres de base sous Solvabilité 2. Plus globalement, les fonds propres peuvent être segmentés selon leur qualité, sous forme de *tiering*, et selon leur nature. Il existe deux types de fonds propres :

- les fonds propres de base, correspondant à l'écart entre actifs et passifs ; ils sont constitués d'éléments de capital et de dettes subordonnées ;
- les fonds propres auxiliaires, équivalents à des montants hors bilan, mais qui peuvent être utilisés pour couvrir des pertes.

Les fonds propres auxiliaires peuvent comprendre les éléments suivants dans la mesure où ils ne sont pas des éléments de fonds propres de base :

1. le capital social non appelé ou le fonds initial non appelé ;
2. les lettres de crédit et garanties ;
3. tout autre engagement juridiquement contraignant reçu par les entreprises d'assurance et de réassurance.

Les compagnies d'assurance et de réassurance captives étant généralement des structures de petite taille dépendant fortement de la société mère, les fonds propres auxiliaires sont souvent présents sur leurs bilans prudentiels afin de satisfaire aux exigences de capital énoncées par la directive.

Le sujet des exigences de capital est également au cœur du premier pilier. Afin de mieux gérer la solvabilité des organismes européens, la directive introduit deux exigences de capital :



- le capital de solvabilité requis ou SCR : il s'agit du niveau de fonds propres nécessaires pour éviter une situation de ruine avec une probabilité de 99,5 % sur l'année. Le SCR peut être calculé de trois manières : selon la formule standard définie par la directive et le règlement délégué, en prenant en compte les paramètres spécifiques à l'entreprise⁵ dans la formule standard, ou alternativement avec un modèle interne qui peut être développé par l'entreprise.
- L'exigence de capital minimum ou *Minimum Capital Requirement* (MCR) : représente le niveau minimal de capital à détenir pour couvrir les engagements des assurés. Si ce montant n'est pas entièrement couvert par les fonds propres éligibles, l'agrément de l'entité sera révoqué par l'autorité nationale compétente.

La formule standard

Dans le cadre de la formule standard, le *Basic Solvency Capital Requirement* (BSCR) est réparti en six modules de risques :

- le risque de marché,
- le risque de souscription santé,
- le risque de contrepartie,
- le risque de souscription vie,
- le risque de souscription non-vie,
- le risque lié aux actifs intangibles.

Chaque module de risque est subdivisé en sous-modules, comme le montre la figure 1.3. Chaque sous-module capture un mécanisme qui introduit de l'incertitude sur la situation financière de l'entreprise, plus précisément sur les fonds propres. Un « sous-SCR » correspond à chaque sous-module et mesure la variation totale des actifs (c'est-à-dire la perte en fonds propres) associée au mécanisme pertinent. L'agrégation des sous-SCR est réalisée en utilisant la matrice de corrélation mise à disposition par l'EIOPA afin de prendre en compte les interactions entre les différents risques.

5. *Undertaking-Specific Parameters* (USP) ou *Group-Specific parameters* (GSP)

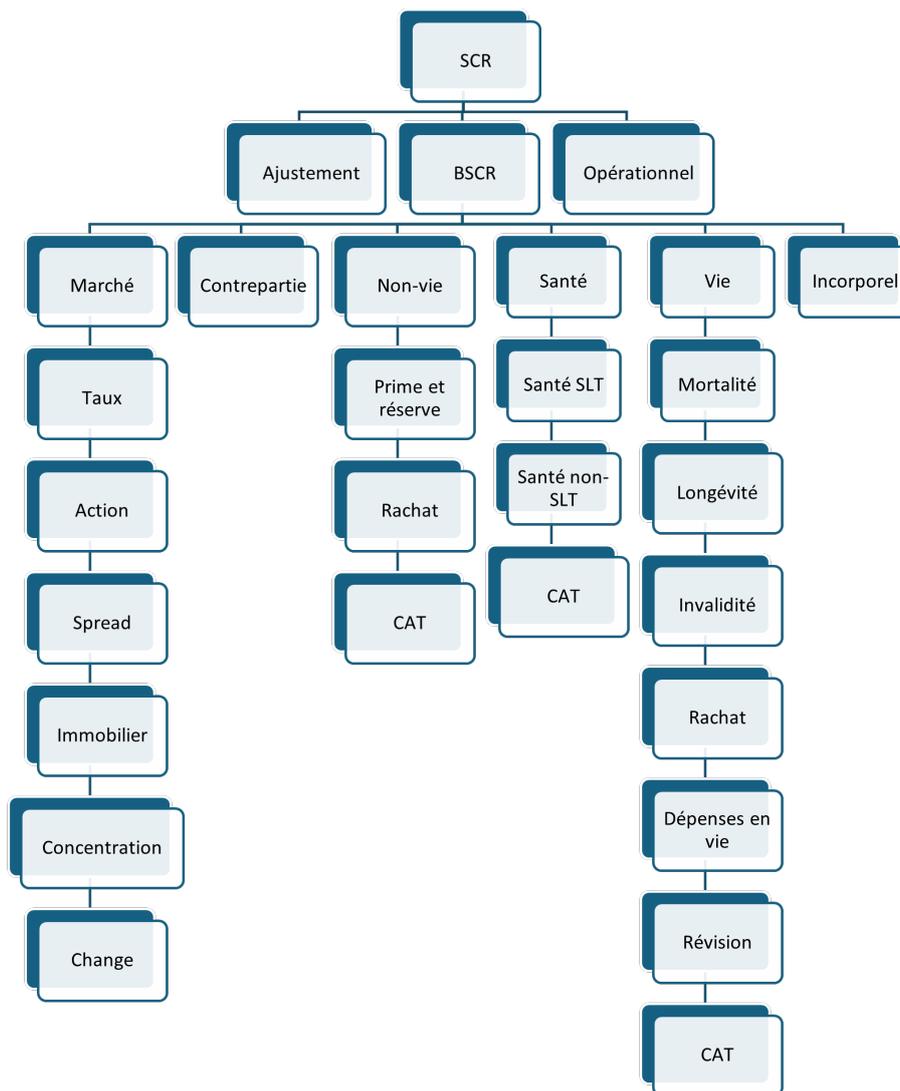


FIGURE 1.3 – Sous-modules de risques en Solvabilité 2

Le BSCR est complété en SCR par l’ajout de l’ajustement des risques non financiers et du risque opérationnel. Cet ajustement vise à prendre en compte la capacité d’absorption des pertes des provisions techniques et des impôts différés.

Le MCR est calculé comme une fonction linéaire d’un ensemble ou sous-ensemble des variables suivantes : les provisions techniques de l’entreprise, les primes émises, le capital à risque, les impôts différés et les frais administratifs. Les variables utilisées sont mesurées nettes de réassurance.

Le MCR a un plancher minimum absolu basé sur le type d’entreprise, et doit également se situer entre 25 % et 45 % du SCR.



1.5.2 Spécificités sur les captives

La directive Solvabilité 2 (2009) a reconnu la nécessité de prendre en compte la nature spécifique des captives dans la réglementation. Dans le cadre de la directive de 2009, cela consistait à spécifier un plancher distinct pour le MCR des captives de réassurance. Ce fut l'article 89 du règlement délégué (2015) qui introduisit des simplifications pour le calcul de certains modules de risque dans la formule standard. Les normes de gouvernance et de reporting pour les captives ont été laissées à l'application du principe de proportionnalité par les régulateurs locaux.

Cependant, ce n'est qu'en 2024 que la proposition d'amendement de la directive (2024) introduirait une certaine mesure d'uniformité européenne en ce qui concerne les deux derniers piliers de cette directive concernant les sociétés captives. Cet amendement devrait probablement avoir lieu en 2026 ou 2027 et vise à réduire les exigences réglementaires pour les captives remplissant certaines conditions attestant de leur nature d'organisme petit et non complexe.

La présente section présentera la spécificité des captives dans la réglementation Solvabilité 2 sur une segmentation par pilier, en commençant par ce qui est actuellement en place pour le premier pilier et ce qui est encore à venir concernant le deuxième et troisième piliers.

Le pilier 1

Comme évoqué antérieurement, la directive de 2009 a défini un seuil plancher minimum spécifique pour les réassureurs captives, différent de celui appliqué aux compagnies d'assurance ou de réassurance classiques. Suite à l'amendement de ladite directive (2021), prenant en considération les effets de l'inflation, l'exigence de capital minimum pour une société de réassurance captive ne peut être inférieure à 1,3 M€, contrairement à celle imposée à une société de réassurance non captive, laquelle s'élève à 3,9 M€.

De plus, les compagnies de réassurance et d'assurance captives, bénéficiant du principe de proportionnalité, ont la faculté de recourir à des simplifications pour le calcul de certains sous-modules du SCR. Ces derniers portent sur les risques non-vie et les risques de marché, et sont stipulées dans le règlement délégué, aux articles 89, 90, 103, 105 et 106.

Les captives opérant dans le domaine des activités non-vie peuvent utiliser une formule simplifiée pour le calcul du risque de prime et de réserve, décrite à l'article 90,



disponible en annexe A.

Quant aux risques de marché, les sous-modules concernés englobent le risque de taux, le risque de spread et le risque de concentration. Les formules et hypothèses modifiées pour ces calculs sont déterminées respectivement par les articles 103, 105 et 106 pour chaque risque. Ces dispositions sont également disponible en annexe A.

La revue de Solvabilité 2 et ses implications pour les captives

La disposition de révision périodique, inscrite dans le cadre de Solvabilité 2, fait allusion à la réglementation qui prévoit une évaluation régulière du cadre de la directive afin de garantir sa pertinence continue pour atteindre son objectif fondamental : la protection des preneurs d'assurance et des bénéficiaires, ainsi que la préservation de la stabilité financière du marché européen de l'assurance. Cette clause autorise l'ajustement du régime en fonction de l'évolution du marché, des pratiques de gestion des risques, de l'innovation financière et des enseignements tirés de sa mise en œuvre.

En juillet 2023, le Parlement Européen a adopté sa proposition de révision de Solvabilité 2, un an après le Conseil Européen. La révision du niveau 1, entamée en 2020, a atteint sa phase finale : les discussions en trilogue ont abouti à un accord à la fin de l'année 2023.

Cette révision présente des implications particulières pour les entreprises captives d'assurance et réassurance, principalement en ce qui concerne les exigences de gouvernance et reporting.

En premier lieu, la revue établit des critères permettant à une compagnie d'assurance ou de réassurance d'être qualifiée de petite et non complexe, un statut qui lui confère le bénéfice du principe de proportionnalité. Parmi ces critères, figure notamment pour une entreprise captive l'exigence que tous les assurés et bénéficiaires soient affiliés au groupe d'exploitation de ladite entreprise, en plus de l'absence de souscription de contrats de responsabilité civile obligatoire.

De plus, la révision prévoit des ajustements concernant les obligations de reporting des captives, notamment en ce qui concerne la définition des critères pour un reporting limité, adapté à la nature et à la complexité de leurs activités. L'introduction de dispositions permettant aux captives remplissant certaines conditions de bénéficier d'une exemption de reporting sur des périodes plus courtes, telles que les rapports trimestriels, constitue également un point notable.

Par ailleurs, le rapport SFCR serait réparti en deux parties distinctes, l'une destinée



aux assurés et bénéficiaires, et l'autre aux acteurs du marché. Cette répartition offrirait une flexibilité aux entreprises captives, puisqu'elles seraient tenues de n'inclure dans leur rapport que la partie destinée aux acteurs du marché⁶.

Enfin, la revue apporte également des clarifications sur les informations minimales à fournir pour le reporting de durabilité dans le cas d'une compagnie d'assurance ou de réassurance captive. Elle octroie à ces structures des exigences plus légères que celles imposées aux entreprises non petites et complexes.

Le tableau 1.1 synthétise l'évolution de l'environnement réglementaire pour les captives européennes.

Actuel	À venir
Simplifications prévues pour certains sous modules du SCR	Introduction du statut d'entreprise petite et non complexe qui accorde les mesures de proportionnalité
Application du principe de proportionnalité selon l'appréciation du régulateur	Exemption de rapports requis selon l'appréciation du régulateur
	Exemption de la partie du SFCR destinée aux assurés et bénéficiaires
	Simplification des rapports en matière de durabilité

TABLE 1.1 – Tableau de synthèse sur les particularités réglementaires des captives

1.6 Présentation de la PPR

1.6.1 Réglementation

L'inconvénient apparent du modèle "captive" par rapport au marché traditionnel de l'assurance réside dans l'unicité de la source de risque. Le portefeuille d'une captive étant de nature beaucoup plus limitée que celui d'un assureur, il est évident qu'une captive pourrait rencontrer des problèmes liés à la diversification des expositions. Une solution proposée à cette insuffisance du marché captive est la diversifi-

6. Sous des conditions supplémentaires détaillées dans la revoyure de l'article 51.



cation temporelle, c'est-à-dire la diversification de l'exposition dans le temps. C'est précisément la fonction de la Provision pour Fluctuation de Sinistralité (PFS) dans le bilan luxembourgeois pour les réassureurs, en partie la raison pour laquelle ce domicile est considéré comme l'un des plus attractifs pour les captives européennes. En provisionnant une partie ou la totalité du résultat durant les années où la sinistralité est favorable, une captive dispose de fonds propres supplémentaires pour faire face aux années où elle pourrait observer un résultat négatif (GRAEF, 2023).

L'article de la loi de finances françaises votée le 30 décembre 2022 vise à instaurer un cadre similaire pour les captives de réassurance basées en France. Cet article est venu ajouter un II à l'article 39 quinquies G du code général des impôts, lequel permet à compter des exercices ouverts depuis le 1er janvier 2023 aux entreprises captives de réassurance de constituer, en franchise d'impôt, une provision « pour résilience » destinée à faire face aux charges afférentes aux opérations de réassurance acceptée portant sur certains risques spécifiques.

Les règles de comptabilisation de la provision étant fixées par le décret numéro 2023-449 du 7 juin 2023 et figurant dans le 4 bis de l'annexe II du code général des impôts, la prochaine sous-section vise à présenter les conditions et les modalités applicables à ce nouveau dispositif de l'état.

1.6.2 Fonctionnement

L'objectif de la PPR est analogue à celui de la provision pour égalisation, dont une entreprise d'assurance ou de réassurance non-vie pourrait bénéficier⁷.

La PPR peut être constituée par une entreprise captive de réassurance n'appartenant pas à un groupe financier⁸ et concerne les catégories de risques suivantes⁹. :

- Dommages aux biens professionnels et agricoles (25 et 26)
- Catastrophes naturelles (27)
- Responsabilité civile générale (28)
- Pertes pécuniaires diverses (31)
- Dommages et pertes pécuniaires consécutifs aux atteintes aux systèmes d'information et de communication et des transports (33 et 34)

7. La provision pour égalisation, bien que définie par le même article du code général des impôts, est destinée aux assureurs et réassureurs opérant dans des catégories de risques « extrêmes » telles que le nucléaire, le terrorisme, etc.

8. Dans le sens de l'article L 310-3 du code des assurances.

9. Telles que définies par l'article A 344-2 du code des assurances.



Cette provision est dotée du bénéfice technique sur l'ensemble de ces risques et vient compenser le résultat négatif des années avec une sinistralité importante. La dotation est à hauteur de 90 % du bénéfice technique et le montant total de la provision ne doit pas excéder dix fois la moyenne du MCR sur les trois dernières années.

Le bénéfice technique mentionné est net de cession. Il représente la différence entre les primes acquises au cours de l'exercice et la somme des charges de sinistres et des frais attribuables à la catégorie de risque concernée.

La provision doit être utilisée selon l'ancienneté de la dotation, avec une durée limitée à quinze ans, la dotation non utilisée au cours de la quinzième année devant être réintégrée au résultat de la seizième.

Il est important de souligner que la dotation est calculée sur la base de l'agrégation du bénéfice technique plutôt que sur celle du résultat technique. Cela implique que les catégories ayant subi des pertes au cours de l'exercice ne verront pas leurs déficits compensés par les bénéfices du même exercice, mais par les bénéfices des exercices antérieurs. Cela s'avère en effet être l'un des principaux atouts de la réglementation, car elle permet de recycler les dotations anciennes dans la provision avec de nouvelles. Cette pratique est souhaitable en raison de la limite temporelle imposée à l'utilisation des dotations.

L'intérêt principal réside dans l'avantage fiscal que la provision confère à la captive. En effet, la dotation est fiscalement déductible, ce qui permet à une captive de réassurance de ne pas payer d'impôt immédiat sur 90 % de son bénéfice technique provenant des risques concernés. Cet avantage fiscal est ensuite conservé dans les actifs de la structure, augmentant ainsi sa capacité de couverture pour une période pouvant aller jusqu'à quinze ans.

Le deuxième avantage notable est la capacité de la provision à lisser le résultat comptable. Cela se traduit non seulement par une réduction des impôts au cours de l'année, mais aussi par une diminution des dividendes sortant de la captive ainsi qu'une réduction du risque de pertes déclarées.



CHAPITRE 2

L'HISTOIRE DE CEMEXRE : UNE CAPTIVE FRANÇAISE

"Now it would be very remarkable if any system existing in the real world could be exactly represented by any simple model. However, cunningly chosen parsimonious models often do provide remarkably useful approximations."

—George Box, [1979](#)

Le chapitre précédent a permis de mettre en lumière la vague mondiale de créations de captives, dont la France a également été témoin grâce, notamment, à l'introduction de la PPR.

Le chapitre 3 a pour objectif d'étudier l'impact de cette provision pour une entreprise captive de réassurance. La méthodologie employée repose sur des simulations de type Monte-Carlo, explorant divers scénarios afin d'observer l'effet de l'introduction de la PPR sur les comptes de la captive.

Le présent chapitre, en tant que précurseur à celui-ci, vise à présenter le cas pratique, les données, les méthodes et le modèle sur lesquels reposera le reste de l'étude.

2.1 Cadre de l'étude

Pour répondre à la problématique de ce mémoire, un cas pratique a été développé à partir de données réelles provenant de diverses sources. Le traitement et la



consolidation de ces données seront présentés dans la section 2.2. La présente section vise à établir le cadre pratique sur lequel s'appuie l'étude dans le reste du mémoire.

Cemega est une entreprise **fictive** française spécialisée dans la fabrication de ciment et de béton prêt à l'emploi sur quatre continents. Son activité s'est développée en France grâce à une intégration verticale et à l'étranger par le biais d'acquisitions. La figure 2.1 montre la distribution globale des activités de Cemega.

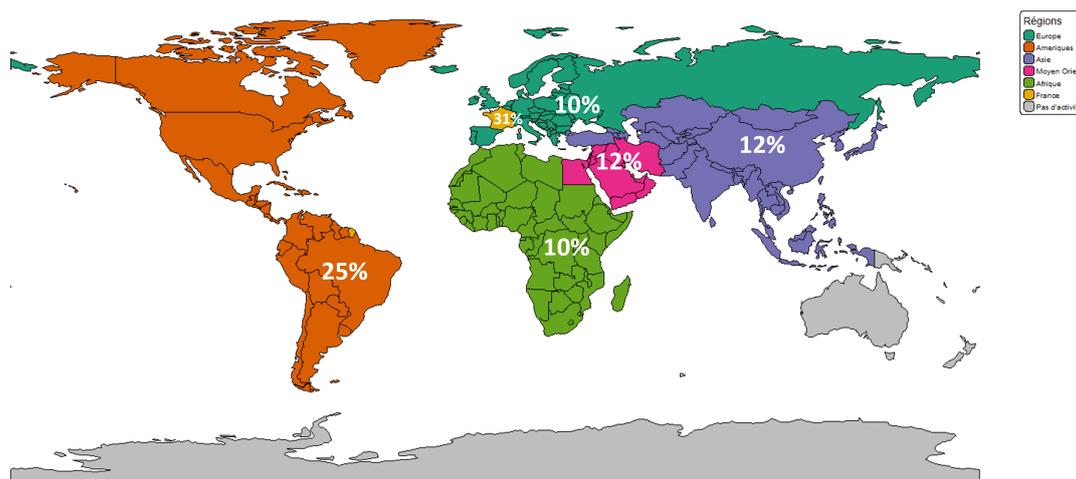


FIGURE 2.1 – Distribution globale du chiffre d'affaires de Cemega

Cemega est assurée pour plusieurs types de risques non-vie, auprès de la société d'assurance **Frontier**¹ depuis des années. En 2022, Cemega a observé une forte augmentation de ses primes d'assurance.

Consciente que de nombreux groupes ont su maîtriser leurs coûts d'assurance grâce aux captives, et en constatant avec justesse qu'elle dispose d'un réseau étendu de filiales à travers le monde, permettant une diversification aisée de certains risques, Cemega se considère en position de créer sa propre captive.

Ainsi, dans le but de réduire le coût de sa couverture, elle envisage d'augmenter sa rétention et de financer cette rétention grâce à sa nouvelle captive de réassurance, baptisée CemexRe. Elle choisit deux risques initiaux pour incorporer dans sa captive : Les dommages aux biens professionnels et la responsabilité civile produit.

Frontier, étant un partenaire de longue date et un assureur mondial offrant des services de fronting à ses clients, propose un accord de fronting à CemexRe et lui

1. Il convient de préciser que Frontier est aussi fictive.



fournit les données de sinistres du groupe sur ces lignes d'activité depuis 2007, permettant ainsi à CemexRe de réaliser une étude de rétention et de constituer un dossier d'agrément.

Cemega prévoit un investissement initial en capital de 9 M€. Le groupe Cemega dispose également d'un mécanisme de *cash-pooling* auquel CemexRe pourra participer². La figure 2.2 montre la structure de transferts de risque de Cemega.

Cemega ayant la plus grande partie de son activité à l'hexagone, elle choisit de domicilier sa captive sur le territoire national. Ainsi, après la validation de son dossier par l'ACPR (Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution), CemexRe débute ses activités le 1^{er} janvier 2024 à Paris.

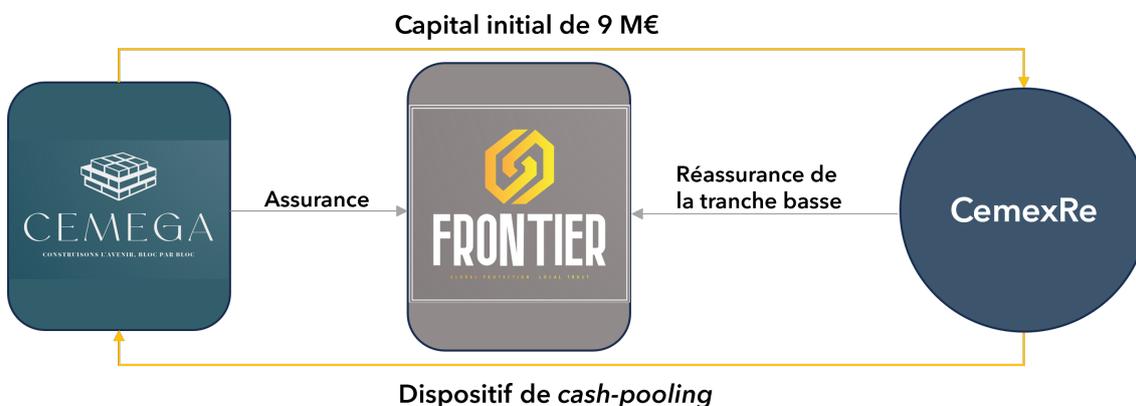


FIGURE 2.2 – Structure de transferts de risques

2.1.1 Le risque dommages aux biens professionnels

À partir des activités de Cemega, il peut être supposé, de manière assez correcte, qu'elle doit avoir besoin d'usines, de machines de production, de produits de construction, et de bâtiments. Comme pour tout autre actif générateur de revenus principaux, la gestion des risques associés à ceux-ci constitue une priorité pour l'entreprise. Dans ce but, CemexRe réassure le niveau inférieur du contrat d'assurance de Cemega avec Frontier, optant pour un contrat de réassurance en excédent de sinistre non proportionnelle avec une limite par sinistre ainsi qu'une limite agrégée annuelle. Le contrat convenu exclut naturellement les catastrophes naturelles, car l'exposition est jugée trop élevée pour une captive nouvellement créée.

2. Ce point sera développé dans la section 3.2.1.



La figure 2.3 sert à illustrer la structure du contrat non proportionnel sur cette ligne.

L'avantage principal mis en avant par l'équipe de gestion des risques de Cemega pour la décision d'ajouter cette couverture à la captive est de permettre une vision globale du risque systémique associé à leurs actifs. L'argumentation utilisée est que grâce à CemexRe, Cemega sera désormais capable de disposer de données importantes permettant de quantifier quel type de machine est plus susceptible de subir certains types de défaillances ou d'accidents, d'estimer plus précisément les coûts de réparation de leurs produits, de savoir quelles zones sont plus sujettes à certains types d'accidents d'usine et ainsi de les relier aux conditions météorologiques ou géographiques.

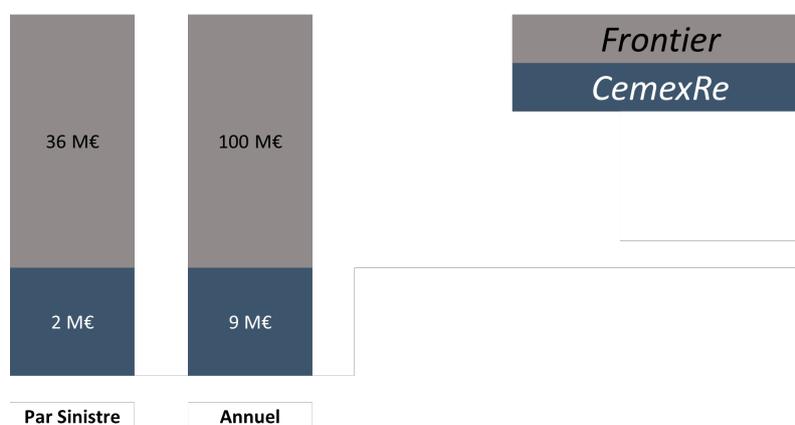


FIGURE 2.3 – Contrat excédant de sinistres sur les dommages aux biens

2.1.2 Le risque responsabilité civile produit

En remontant la chaîne des risques liés à la production vers ceux liés à la vente, et avec le même zèle pour la gestion des risques, Cemega reconnaît l'importance d'avoir une vision sur les produits qui sont plus susceptibles d'entraîner des poursuites judiciaires, ainsi que sur les usines ayant les plus fortes probabilités de produire des produits défectueux. Cela est particulièrement important pour ses entités basées en Amérique du Nord, car ne pas détecter un schéma dans une série de petites réclamations pourrait entraîner une *class action* beaucoup plus coûteuse.

De plus, l'équipe de gestion des risques reconnaît qu'il n'est pas trop coûteux de réassurer cette ligne d'activité, car le produit n'est pas une obligation légale pour l'entreprise et la captive ne fera pas face à des exigences réglementaires plus strictes.



L'entreprise évalue cette ligne d'activité comme moins risquée et décide de conclure un contrat en quote-part avec une limite agrégée annuelle.

En outre, étant donné que les dommages aux biens sont évalués comme un risque très volatil, mais dont les sinistres sont clôturés relativement rapidement, l'ajout de la ligne de responsabilité civile, moins volatile mais à longue traîne, est envisagé dans une optique de diversification.

Les caractéristiques des contrats de réassurance entre CemexRe et Frontier sont résumés dans le tableau 2.1.

Catégorie de risque	Risque	Traité	Type de contrat	Caractéristique	Limite annuelle
25	Dommages aux biens professionnels	Non proportionnel	Excédent de sinistre	2 M€ XS 0	9 M€
28	Responsabilité civile produit	Proportionnel	Quote-part	95%	6 M€

TABLE 2.1 – Contrats souscrit par CemexRe

2.1.3 Une évaluation sous différents scénarios

Cette étude adopte une perspective au 31 décembre 2023 et projette l'activité de CemexRe selon trois scénarios³ :

1. Ancienne réglementation : la PPR n'a jamais été introduite pour les captives de réassurance.
2. Ancienne réglementation : la PPR n'a jamais été introduite pour les captives de réassurance, donc CemexRe se couvre contre le risque lié à son activité par un contrat de réassurance *Stop Loss*.
3. Réglementation actuelle : CemexRe dispose du droit de provisionner pour sa résilience.

Le premier scénario permettra d'explorer la loi du résultat technique de CemexRe, avec une attention particulière portée sur le résultat net afin d'évaluer les économies d'impôts que la PPR pourrait accorder.

Le deuxième scénario a pour but d'offrir une vision plus réaliste des activités des captives de réassurance avant l'introduction de la PPR. En effet, GRAEFF et al. (2017) ont soutenu que, dans le cadre de Solvabilité 2, le coût du capital peut être pénalisant pour une captive. Une façon de gérer cette situation, selon eux, est la rétrocession grâce à des traités *Stop Loss*. Cette remarque est généralement cohérente avec les observations du marché européen (SCOR, 2023).

3. Cette approche sera pleinement justifiée dans la section 2.3.



Une comparaison de ces deux scénarios avec le dernier permettra donc d'isoler les effets de la PPR sur la captive, ainsi que de comparer sa capacité à couvrir les risques par rapport à la stratégie traditionnelle de rétrocession.

À titre d'exemple, la figure 2.4 détaille les flux de trésorerie entre les 3 entités pour une simulation sous le premier scénario. Le calcul de ces flux sera expliquer ultérieurement.

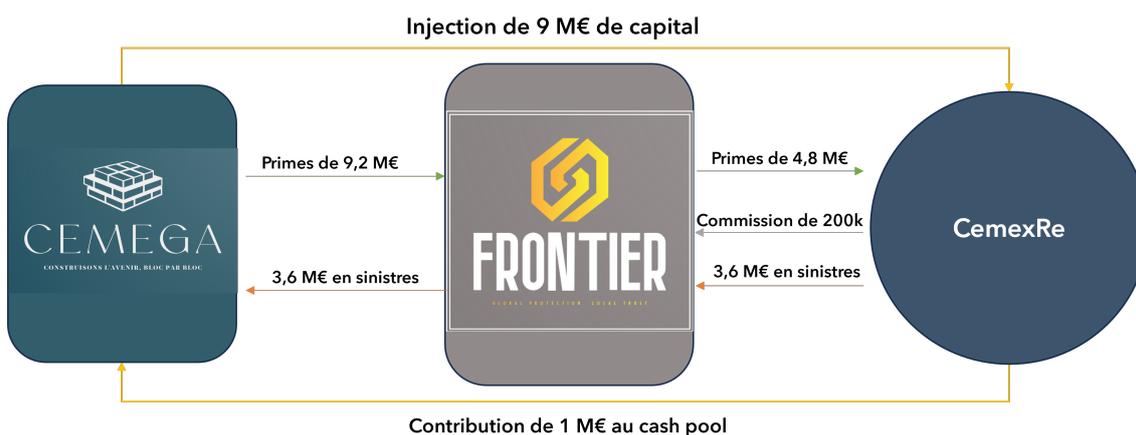


FIGURE 2.4 – Flux de trésorerie entre les 3 entités

2.2 Présentation des données

Ce mémoire a nécessité la consolidation et la modification de différents ensembles de données provenant de nombreuses sources externes dont cette section se propose d'exposer le travail accompli pour la construction de la base de données utilisée.

CemexRe et le groupe Cemega sont basées sur un exemple réelle d'un groupe industriel basé en France. Ainsi, le cas pratique est une exposition anonymisée d'un cas concret. Cependant, le problème rencontrée ici est la non disponibilité des données relatives à la sinistralité. Ainsi une base de données relative aux sinistres du groupe Cemega devra être créé.

Une base de données de règlements d'un assureur français non-vie a été utilisée en conservant les règlements relatives aux catégories de risques 28 (Responsabilité civile générale) et 25 (Dommages aux biens professionnels) à l'exclusion des attentats et des catastrophes naturelles.

Cette base de données a été préalablement ajustée par un coefficient afin de garantir la confidentialité de l'entreprise concernée. Après vérification de la cohérence



des données conservées et nettoyage des valeurs aberrantes, les règlements ont été convertis en vision *AS IF* grâce à des indicateurs d'inflation appliqués à chaque catégorie de risque considérée⁴.

Un regroupement des règlements par sinistre unique a ensuite été réalisé. Afin de fournir une exposition plus représentative correspondant à celle d'un seul groupe, les franchises ont été augmentées pour les deux catégories de risques.

Ainsi, deux bases de données ont été constituées pour l'analyse de la sinistralité : une base de règlements et une base de sinistres.

2.2.1 Base de sinistres

La base de sinistralité sera utilisée pour ajuster un modèle collectif de sinistres pour CemexRe. Les variables de cette base sont détaillées comme suit :

1. **Numéro Sinistre** : référence unique pour chaque sinistre.
2. **Année** : année de survenance du sinistre.
3. **Nature Sinistre** : Type de sinistre, par exemple incendie, bris de machine, responsabilité civile, etc.
4. **Line of Business (LoB)** : ligne d'activité selon l'annexe I du règlement délégué (2015) :
 - LoB 20 : réassurance proportionnelle de responsabilité civile générale.
 - LoB 28 : réassurance dommages non proportionnelle.
5. **Sinistres Clos** : variable binaire indiquant si le développement du sinistre est clos ou non. Seul les sinistres Clos sont pris en compte pour la suite.
6. **Coût** : coût *AS IF* du sinistre.

En tout, cette base de données contient 1217 sinistres, dont 1102 sinistres clos. Parmi ces sinistres clos, 410 sont classés en LoB 20 et 692 en LoB 28. Les figures 2.5 et 2.6 illustrent le nombre de sinistres par année pour les deux catégories de risques concernés.

Ces deux figures montrent que le nombre de sinistres ne semble pas suivre une structure de dépendance claire avec l'année. Toutefois, une diminution du nombre de sinistres au cours des années les plus récentes est perceptible, probablement en raison des *Incurred But Not Reported* (IBNR).

4. cf. annexe B.1

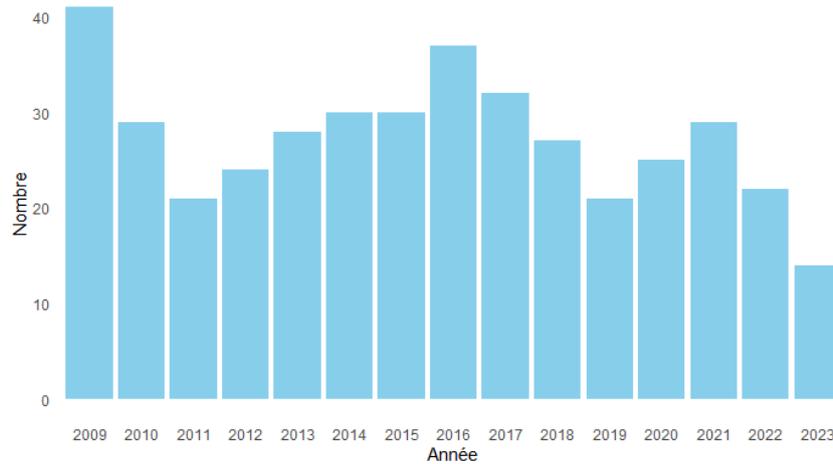


FIGURE 2.5 – Nombre de sinistres responsabilité civile par année

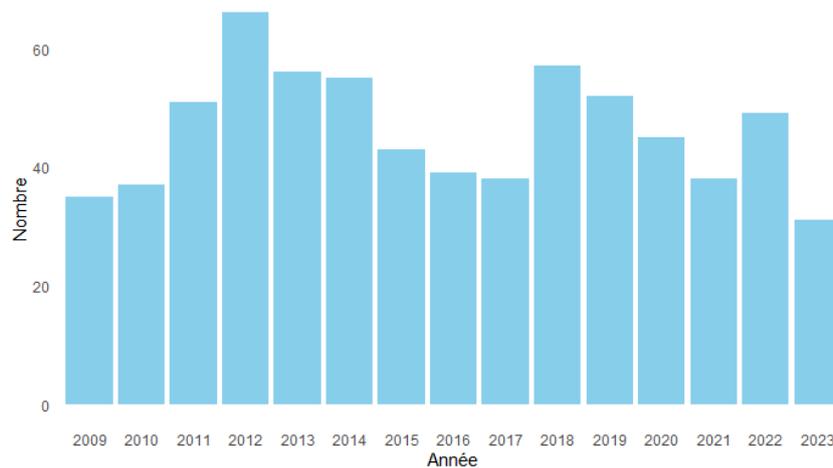


FIGURE 2.6 – Nombre de sinistres dommages aux biens par année

Concernant la distribution du coût des sinistres, les statistiques descriptives pour chaque LoB sont disponibles dans le tableau 2.2. Les histogrammes sont également présentés dans les figures 2.7 et 2.8.

La différence entre les valeurs moyennes et maximales pour les deux catégories de risques, ainsi que les légères irrégularités qui se profilent sur le côté droit des deux histogrammes, laissent supposer que ces distributions possèdent une queue lourde.



LoB	Min	1 ^{er} quartile	Médiane	3 ^e quartile	Moyenne	Max	Écart-type
20	28 €	2 195 €	6 589 €	15 886 €	24 679 €	3 558 870 €	179 919 €
28	25 €	3 445 €	9 124 €	26 995 €	69 240 €	5 525 624 €	359 184 €

TABLE 2.2 – Résumé des statistiques du coût de sinistres par LoB

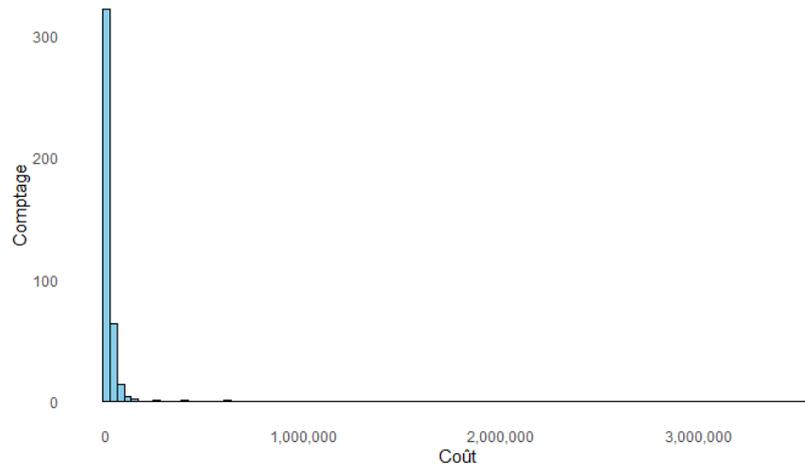


FIGURE 2.7 – Histogramme du coût pour la LoB 20

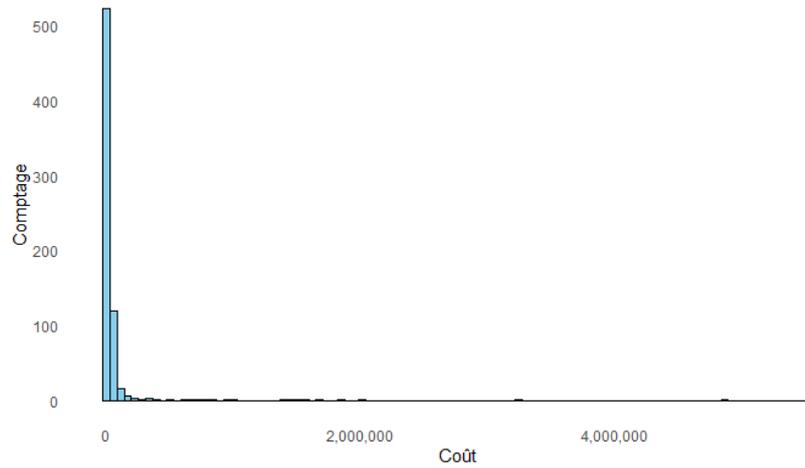


FIGURE 2.8 – Histogramme du coût pour la LoB 28



2.3 Méthode utilisée

Cette section est la plus théorique dans un mémoire portant sur une problématique très appliquée. L'objectif n'est pas de perdre le lecteur, mais de lui fournir les formules exactes utilisées pour la comptabilisation de la PPR. Elle introduira également des notations utiles pour le reste du mémoire. Enfin, elle a pour but de justifier la méthode qui sera employée pour répondre à la problématique.

2.3.1 Distribution du résultat technique

Supposons une entreprise captive de réassurance opérant sur n lignes d'activité. Pour simplifier l'exemple, nous supposerons également que tous les risques réassurés par l'entreprise sont éligibles à bénéficier du régime de la PPR. L'analyse se situe au début de l'année t , soit la $t^{\text{ème}}$ année après l'introduction de la provision pour la captive. Nous nous intéressons alors au résultat de l'entreprise à la fin de l'année⁵, en ayant toutes les informations des années précédentes.

Afin d'isoler les effets de la provision, deux scénarios sont étudiés dans cette section : le premier qui suppose que la réglementation est restée inchangée, excluant ainsi la PPR, et le troisième scénario qui reflète la réglementation en vigueur actuellement.

D'une manière plus formelle, soient :

- R_t le résultat technique brut à l'année t sous le premier scénario, c'est-à-dire le résultat sans dotation au titre de la PPR.
- R_t^P le résultat technique brut à l'année t sous le troisième scénario, c'est-à-dire avec la PPR⁶.
- P_t le montant total de la PPR à la fin de l'année t .
- $(\mathcal{F}_t)_{t>0}$ la filtration engendrée par (R_t, R_t^P, P_t) . Cela correspond à l'information disponible à la fin de l'année t .

5. Dans cette section, par souci de ne pas introduire un trop grand nombre de notations, l'accent est mis sur le résultat brut. Toutefois, dans le reste du mémoire, nous nous concentrerons principalement sur le résultat net. En pratique, la transition entre ces deux visions est directe.

6. Après la dotation, absorption de perte et réintégration d'ancienne dotation le cas échéant.



Le problème d'intérêt est alors d'étudier $R_t^P \mid \mathcal{F}_{t-1}$ par rapport à $R_t \mid \mathcal{F}_{t-1}$. Dans ce but, d'autres notations seront introduites :

- Soient $X_1(t), \dots, X_n(t)$ les résultats techniques correspondant aux lignes d'activités de 1 à n à la fin de l'année t .
- Soient $B_1(t), \dots, B_i(t)$ l'ensemble des bénéfices techniques réalisés à la fin de l'année t sur les lignes d'activités concernées.
- De même, $L_1(t), \dots, L_j(t)$ l'ensemble des pertes techniques réalisés à la fin de l'année t sur les lignes d'activités concernées⁷.
- Soit $Dot(t)$ la dotation au titre de la PPR l'année t .
- Soit $Rep(t)$ le montant de reprise de la provision à des fins d'absorption de perte.
- Soit $Lib(t)$ le montant de la provision libérée au cours de l'année t . Cela représente la portion de la dotation de l'année $t - 15$ qui n'a pas été utilisée pour absorber les pertes. Le montant à libérer est déterminé avant l'allocation de la dotation, afin de prendre en compte correctement la limite imposée à la provision.
- Soit $Lim(t)$ le plafond réglementaire de la provision pour l'entreprise, donc dix fois la moyenne des MCR des années $t - 3, t - 2$ et $t - 1$.
- Finalement, nous notons α le taux limite de dotation de la provision, soit 90 % sous la réglementation actuelle.

Il est clair que :

$$R_t = \sum_{k=1}^n X_k = \sum_{k=1}^i B_k + \sum_{k=1}^j L_k$$

Nous cherchons ensuite à exprimer R_t^P .

Il est supposé que l'entreprise, dans un premier temps, effectue la dotation maximale dans la provision, puis qu'elle essaie de compenser les pertes techniques avec les dotations des années antérieures avant d'utiliser la dotation de la même année.

La dotation au titre de la provision P_t s'exprime alors :

$$Dot(t) = \min(Lim(t) - (P_{t-1} - Lib(t)), \alpha \sum_k B_k)$$

Regardons ensuite la capacité de la provision à absorber les pertes techniques.

7. Remarquons que i et j sont également des variables aléatoires, tel que : $i + j = n$.



Soit $R_t^{Dot} = R_t - Dot(t)$ le résultat technique après la dotation pour la provision, et R_t^{Rep} correspondant à ce résultat après l'absorption des pertes par la provision de résilience.

En remarquant que le montant total de la provision à cette étape égale à $P_{t-1} + Dot(t) - Lib(t)$, il peut être vu que :

$$R_t^{Rep} = \begin{cases} R_t^{Dot}, & \text{Si } R_t^{Dot} \geq 0. \\ 0, & \text{Si } 0 > R_t^{Dot} \geq -(P_{t-1} + Dot(t) - Lib(t)). \\ R_t^{Dot} + P_{t-1} + Dot(t) - Lib(t), & \text{Si } -(P_{t-1} + Dot(t) - Lib(t)) > R_t^{Dot}. \end{cases}$$

Il peut être remarqué alors qu'après la dotation, la PPR agit comme un traité de réassurance *Stop Loss* de priorité 100% et de portée correspondant au montant de la provision⁸ : $P_{t-1} + Dot(t) - Lib(t)$ XS 100%.

R_t^{Rep} peut également être exprimé plus simplement comme :

$$R_t^{Rep} = R_t^{Dot} - \min(0, \max(R_t^{Dot}, -(P_{t-1} + Dot(t) - Lib(t))))$$

Il vient donc que :

$$Rep(t) = -\min(0, \max(R_t^{Dot}, -(P_{t-1} + Dot(t) - Lib(t))))$$

Il est donc possible d'exprimer R_t^P en fonction de R_t :

$$R_t^P = R_t - Dot(t) + Rep(t) + Lib(t)$$

Pour rappel, l'intérêt porte sur les lois de $R_t | \mathcal{F}_{t-1}$ et $R_t^P | \mathcal{F}_{t-1}$. La loi de $R_t | \mathcal{F}_{t-1}$ est entièrement déterminée par les lois de $(X_k(t))_k$ et peut théoriquement être déterminée en formule fermée comme convolution des $(X_k(t))_k$.

Quant à elle, la loi de $R_t^P | \mathcal{F}_{t-1}$ semble beaucoup plus compliquée. Elle dépend en effet des lois de $(B_k(t))_{0 < k \leq i}$ et $(L_k(t))_{0 < k \leq j}$, qui ne sont pas simples à obtenir à partir de la loi de $(X_k(t))_k$.

Face à un tel problème, la réponse actuarielle classique est d'estimer les caractéristiques de la loi souhaitée grâce à des simulations de Monte-Carlo.

8. Cette remarque justifie davantage le choix du contrat de réassurance dans le scénario 2. Le mécanisme des scénarios 2 et 3 est similaire, du moins en apparence sur le compte de résultat, avec la différence principale que le scénario 3 est plus coûteux en termes de cession des bénéfices. Cependant, en réalité, aucun actif n'est effectivement cédé.



Introduites pour la première fois par METROPOLIS et ULAM (1949) pour une classe de problèmes en physique mathématique, les méthodes de Monte-Carlo se sont largement répandues en finance et en assurance comme moyen d'évaluer le risque et l'incertitude qui affecteraient le résultat des différents arbres de décision. Telle que définie par SAWIŁOWSKY (2003), il s'agit de l'utilisation de tirages répétitifs pour obtenir les propriétés statistiques d'un phénomène.

Cette approche est largement reconnue dans la littérature. SCORDIS et al. (2007) ont recouru aux simulations de Monte-Carlo sous divers scénarios pour évaluer la valeur des captives en fonction de différentes décisions de gestion, tandis que MAEDA (2012) s'en est ensuite servi pour comparer l'attractivité de plusieurs domiciles.

Dans cette même perspective, ce mémoire utilisera des réalisations des variables aléatoires $(X_k(t))_k$ pour estimer des propriétés relatives au résultat de la captive avant l'introduction de la PPR (R_t) et après (R_t^P) . Par la suite, cette méthode sera généralisée à d'autres variables également.

2.3.2 Modèle collectif de risque

Cette sous-section présentera le modèle collectif de risque sous-jacent aux simulations Monte-Carlo effectuées. Ce modèle construit la sinistralité agrégée à partir d'une loi du nombre de sinistres et d'une loi des montants de sinistres. Bien que cette présentation se veuille accessible, les lecteurs souhaitant approfondir la théorie peuvent se référer à l'ouvrage de KAAS et al. (2008).

Soit $S_i(t)$ le montant total des charges de sinistres⁹ pour l'année t dans la ligne d'activité i . Selon le modèle collectif de risque, le portefeuille est considéré comme un ensemble produisant un nombre de sinistres N au cours de l'année. On note :

$$S_i(t) = Y_1 + \dots + Y_N$$

où Y_j représente le coût du $j^{\text{ème}}$ sinistre.

Deux hypothèses principales sont formulées dans ce modèle :

- Y_1, \dots, Y_N sont des variables indépendantes et identiquement distribuées dans \mathbb{R}^+ . Il est généralement noté $Y_1, \dots, Y_N \sim Y$, où Y est une variable aléatoire dans \mathbb{R}^+ .
- N est indépendante de toutes les variables $(Y_j)_j$.

9. Par souci de simplification, les sinistres IBNR ne seront pas prises en compte. L'effet des boni-mali sur les charges est également négligé.



Ce modèle est choisi pour la simulation de sinistres dans le cadre de ce mémoire en raison de sa simplicité et de son efficacité en termes de temps de calcul. La démarche adoptée pour la méthode de Monte-Carlo est la suivante : pour chaque simulation, une réalisation de N est générée, suivie de N réalisations de Y , le montant total des sinistres étant alors la somme des N valeurs de Y . La figure 2.9 peut aider à visualiser ce processus.

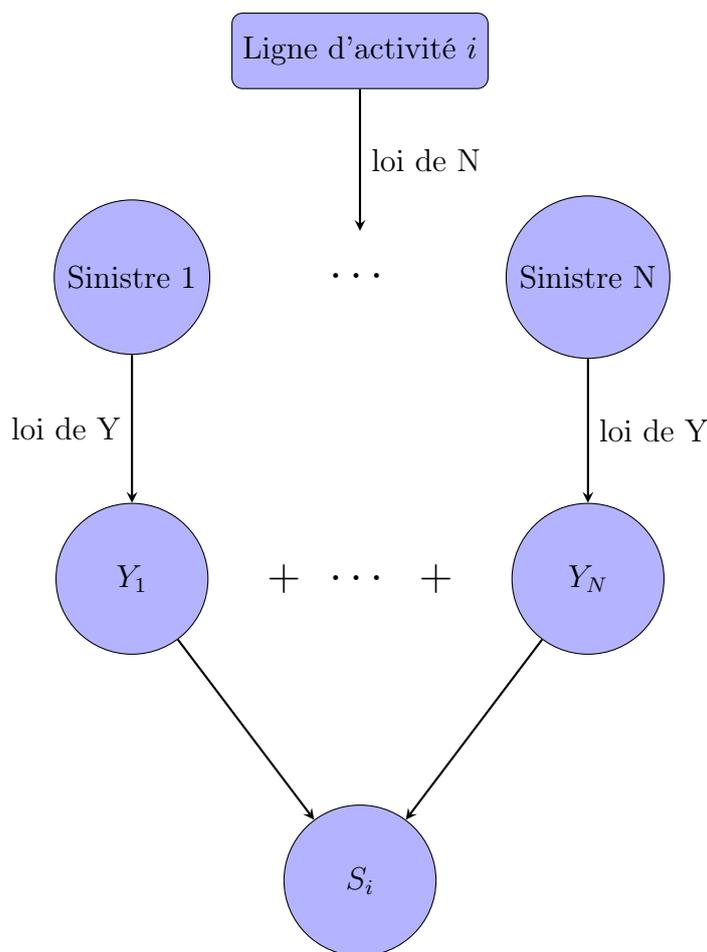


FIGURE 2.9 – Génération des sinistres pour la ligne d'activité i

Le résultat technique pour la ligne d'activité est ainsi obtenu avec :

$$X_i(t) = \text{Primes}_i(t) - S_i(t) - \text{Frais}_i(t)$$

Le montant des primes est supposé connu en début de période, c'est-à-dire que $\text{Primes}_i(t)|\mathcal{F}_{t-1}$ est constant. Les frais sont exprimés en pourcentage des primes et des sinistres.



Il est donc supposé que les lois pour N et Y_1 sont connues. En pratique, ces lois seront estimées à partir des données de sinistres.

2.4 Modélisation de la sinistralité

Cette section présente les modèles choisies pour générer la sinistralité de la captive sur les deux lignes d'activité. À partir des données initiales, des lois ont été ajustées à la fois pour le nombre de sinistres et pour le coût des sinistres.

2.4.1 Loi du nombre de sinistres

Lors de l'estimation du nombre de sinistres, la loi de Poisson, qui ne nécessite l'estimation que d'un seul paramètre, est souvent privilégiée. De plus, une propriété particulièrement utile de cette loi est l'égalité entre l'espérance mathématique et la variance, toutes deux égales au paramètre λ . Si ce n'est pas le cas dans les données observées, c'est-à-dire en présence soit de sous-dispersion ($\mathbb{E}(N) > \mathbb{V}(N)$) soit de surdispersion ($\mathbb{E}(N) < \mathbb{V}(N)$), alors une loi binomiale ou binomiale négative peut être utilisée à la place.

Loi de Poisson

La loi de Poisson décrit le nombre d'occurrences d'événements aléatoires indépendants dans un intervalle de temps fixe. Une variable aléatoire N suivant une loi de Poisson avec le paramètre λ a la fonction de densité suivante :

$$\mathbb{P}(N = n) = \frac{\lambda^n e^{-\lambda}}{n!}, \quad \forall n \geq 0$$

L'estimateur du maximum de vraisemblance $\hat{\lambda}$ est simplement donné par la moyenne empirique des observations de N .

Ainsi, une loi de Poisson a été ajustée sur le nombre de sinistres par an pour les deux lignes d'activité, en utilisant la méthode du maximum de vraisemblance. L'ajustement a été réalisé uniquement sur les années considérées comme n'ayant plus de IBNR. Les résultats de l'ajustement sont résumés dans le tableau 2.3.

Le test d'adéquation de χ^2 est un test d'adéquation statistique qui utilise une statistique distribuée selon une loi de χ^2 sous l'hypothèse nulle. Les hypothèses sont les suivantes :

- H_0 : La variable suit la loi spécifiée.



— H_1 : La variable ne suit pas la loi spécifiée.

Le test est réalisé avec un niveau de confiance de 95 %, ce qui nous conduit à rejeter la loi de Poisson pour les deux lignes d'activité.

LoB	$\hat{\lambda}$	log-vraisemblance	Intervalle de confiance	p-valeur (test d'adéquation)
20	27,33	-50,08	[24,68 ; 29,98]	7.10^{-5}
28	46,13	-57,3	[42,69 ; 49,58]	3.10^{-7}

TABLE 2.3 – Modèle Poisson sur le nombre de sinistres par année

Loi binomiale négative

Contrairement à la loi de Poisson, la loi binomiale négative est généralement plus appropriée lorsque les événements présentent des occurrences positivement corrélées, ce qui entraîne une variance plus élevée que si les occurrences étaient indépendantes. Ainsi, elle constitue une bonne description d'une distribution centrée sans limite supérieure intrinsèque et avec une variance plus grande que celle de la loi de Poisson.

La fonction de densité pour une variable suivant cette loi avec les paramètres (μ, k) est la suivante¹⁰ :

$$\mathbb{P}(N = n) = \frac{\Gamma(k + n)}{\Gamma(k)n!} \left(\frac{k}{k + \mu}\right)^k \left(\frac{\mu}{k + \mu}\right)^n, \forall n \geq 0$$

Le paramètre μ correspond à l'espérance de la loi, tandis que la variance est égale à $\mu + \frac{\mu^2}{k}$, ce qui explique pourquoi le paramètre k est appelé le paramètre de taille ou de sur-dispersion.

La synthèse de l'ajustement de la loi binomiale négative pour les deux LoB est présentée dans le tableau 2.4, et les ellipses de confiance autour des paramètres sont également illustrées dans les figures B.1 et B.2 en annexe.

10. La paramétrisation utilisée dans ce mémoire est habituellement réservée aux écologistes et n'est pas couramment rencontrée dans les ouvrages de probabilité. Le lecteur curieux pourra consulter le livre de BOLKER (2008).



LoB	$\hat{\mu}$	\hat{k}	log-vraisemblance	p-valeur (test d'adéquation)
20	27,33	50,43	-49,29	0,29
28	46,13	46,45	-55,02	0,57

TABLE 2.4 – Modèle binomiale négative sur le nombre de sinistres par année

À la vue des résultats du tableau, cette loi sera ensuite utilisée pour générer le nombre de sinistres pour les deux LoB.

2.4.2 Loi du coût de sinistres

Cette section présente les travaux effectués pour ajuster une loi sur le montant des sinistres pour les deux lignes d'activité. Plusieurs lois candidates ont été envisagées, allant de la loi log-normale à queue légère à la loi de Pareto à queue lourde.

Les ajustements de ces lois sur l'ensemble des données de sinistres étaient, au mieux, insatisfaisants et, au pire, incohérents. La méthodologie finalement retenue est une approche par la théorie des valeurs extrêmes.

Ce mémoire ne plongera pas dans le cadre théorique relativement complexe de la théorie des valeurs extrêmes. Le lecteur est invité à consulter le cours de RONCALLI (2002) pour une présentation détaillée de ce sujet.

Ce qu'il est important de retenir :

1. Nous allons essayer d'ajuster une loi pour le montant des sinistres Y en dessous et au-dessus d'un certain seuil u . C'est-à-dire, caractériser les deux lois : $Y|Y \leq u$ et $Y|Y > u$.
2. La loi des excès de Y au-dessus du seuil u est définie par $F_u(y) = \mathbb{P}(Y - u \leq y|Y > u)$.
3. Le théorème de Pickands–Balkema–De Haan stipule que sous certaines conditions, la loi des excès de coûts au-dessus d'un certain seuil u suffisamment élevé peut être approximée par une Loi de Pareto Généralisée (LPG).

La LPG de paramètres (ξ, σ) est définie avec la fonction de répartition :

$$F_{(\sigma, \xi)}(y) = \begin{cases} 1 - \left(1 + \frac{\xi y}{\sigma}\right)^{-1/\xi} & \text{si } \xi \neq 0, \\ 1 - \exp\left(-\frac{y}{\sigma}\right) & \text{si } \xi = 0. \end{cases}$$



Estimation du seuil des valeurs extrêmes

L'estimation des paramètres de la LPG soulève la question du choix du seuil u . Ce seuil doit être suffisamment élevé pour que la distribution des excès converge effectivement vers une LPG, mais plus le seuil est élevé, moins nous disposons d'observations pour ajuster la distribution.

RYDMAN (2018) propose des règles générales pour fixer u en fonction du nombre souhaité d'observations au-dessus du seuil : k .

k peut être fixé à \sqrt{n} ou à $\frac{n^{2/3}}{\log(\log(n))}$, où n est le nombre total d'observations.

Des méthodes graphiques, généralement plus solides théoriquement, existent également. Notamment, le graphique de Hill, qui est également utilisé dans ce mémoire.

La figure 2.10 montre le graphique de Hill pour la LoB 28, où le seuil choisi correspond au 70^e coût de sinistre le plus élevé. Comme il peut l'être observé sur la figure, le graphe est très chaotique pour des valeurs de k faibles (entre 0 et 27), puis il présente une zone de stabilité. Le meilleur choix de k se situe dans la zone de stabilité.

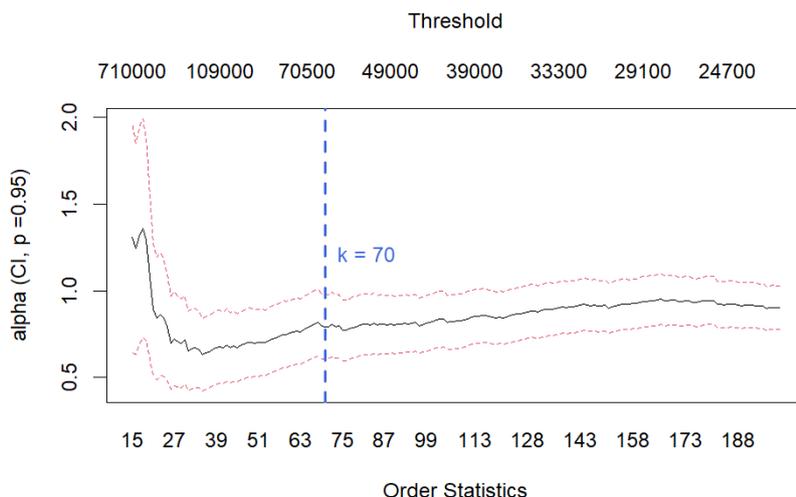


FIGURE 2.10 – Graphique de Hill pour les sinistres de la LoB 28

Modélisation de la queue

Pour les deux LoB une loi LPG a été ajustée au dessus de trois seuils :

1. u_1 correspondant au seuil fixé avec le graphique de Hill,
2. u_2 correspondant au seuil fixé avec $k = \sqrt{n}$,



3. u_3 correspondant au seuil fixé avec $k = \frac{n^{2/3}}{\log(\log(n))}$.

La méthode d'ajustement utilisée ici est celle des « moments pondérés par les probabilités ». Essentiellement, cette approche est analogue à la méthode des moments, mais accorde plus de poids aux informations issues de la queue de distribution¹¹. Le travail de COLES et DIXON (1999) montre que cette méthode conduit à moins de biais dans la modélisation des valeurs extrêmes pour des petits échantillons, en comparaison avec la méthode du maximum de vraisemblance, à condition que le paramètre ξ soit absolument petit¹². En effet, l'hypothèse explicite lors de l'ajustement avec les moments pondérés est l'existence de ces moments, c'est-à-dire que $\xi < 1$.

De plus, un test d'adéquation d'Anderson-Darling avec un niveau de confiance de 95 % a été réalisé, car ce test accorde davantage de poids aux données sur les queues de distribution que le test plus courant de Kolmogorov-Smirnov.

Les hypothèses de ces deux tests sont les suivantes :

- H_0 : La variable suit la loi spécifiée.

- H_1 : La variable ne suit pas la loi spécifiée.

Le tableau 2.5 synthétise les ajustements effectués pour les deux LoB :

11. Voir (RYDMAN, 2018) pour une définition formelle des moments pondérés ainsi que les estimateurs de paramètres.

12. Généralement : $\xi \in [-0, 4; 0, 4]$.



Seuil	Ajustement	LoB 20	LoB 28
u1	u	31 931 €	64 641 €
	xi	0,81	0,69
	sigma	26 689	153 825
	p-valeur	0,76	$5 \cdot 10^{-4}$
u2	u	38 267 €	108 396 €
	xi	0,79	0,48
	sigma	38 605	412 262
	p-valeur	$1,93 \cdot 10^{-5}$	$1,42 \cdot 10^{-5}$
u3	u	60 638 €	227 344 €
	xi	0,82	0,19
	sigma	44 885	913 449
	p-valeur	$2,87 \cdot 10^{-5}$	$2,22 \cdot 10^{-5}$

TABLE 2.5 – ajustement LPG pour les 3 seuils

Le seuil u_1 a ensuite été choisi pour la LoB 20, la fonction de répartition de la LPG correspondante est montrée dans la figure 2.11.

En ce qui concerne la LoB 28, aucun des ajustements ne semble satisfaisant, et des tentatives supplémentaires pour ajuster une loi sur les données empiriques en dessous des seuils se sont également révélées insuffisantes. Il a donc été décidé, finalement, de générer les coûts des sinistres pour cette LoB à l'aide d'une méthode de *bootstrap* non-paramétrique.

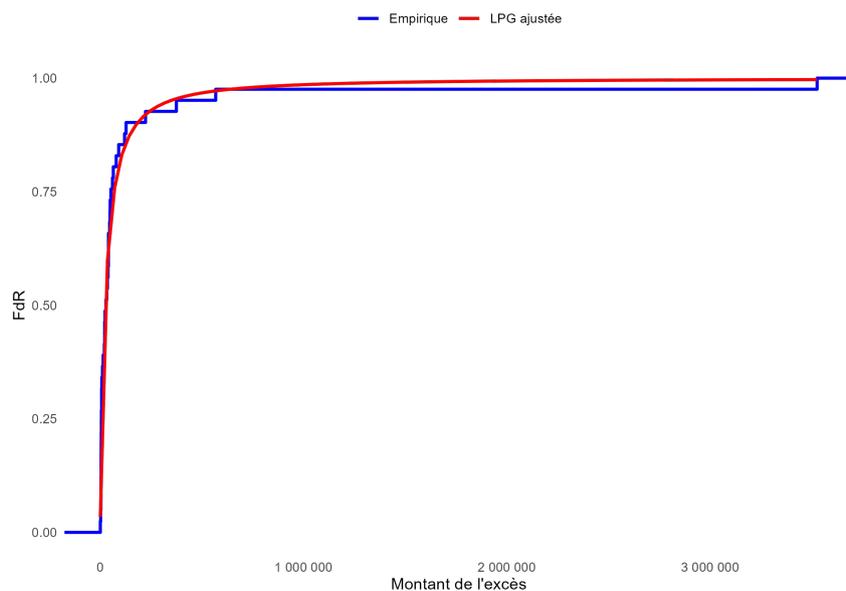


FIGURE 2.11 – Fonctions de répartition empirique et de LPG ajustée au-dessus de u_1

Modélisation de la moyenne

Cette sous-section se concentre sur le travail effectué pour ajuster une distribution sur la LoB 20 sous le seuil u_1 . Plusieurs distributions ont été ajustées en utilisant la méthode du maximum de vraisemblance.

De plus, un test d'adéquation de Kolmogorov-Smirnov a été effectué sur les ajustements. Cependant, il est important de noter que dans notre cas, le test est biaisé, car la distribution de la statistique du test ne suit pas une distribution de Kolmogorov sous l'hypothèse nulle. Cela est dû au fait que la distribution théorique est estimée à partir de la distribution empirique, mais notre principal intérêt réside dans l'utilisation de la statistique du test comme mesure de la distance entre les deux distributions.

Les résultats sont disponibles dans le tableau 2.6.



Loi	Statistique de Kolmogorov-Smirnov
lognormale	0,1
Gamma	0,09
Weibull	0,05
Pareto	0,37

TABLE 2.6 – Statistique de Kolmogorov-Smirnov pour les ajustements sur la LoB

20

\hat{k}	0,94
$\hat{\lambda}$	9 226

TABLE 2.7 – Estimateurs de maximum de vraisemblance pour la loi Weibull

La loi retenue est la loi de Weibull. Une loi de Weibull avec les paramètres (λ, k) est définie par la fonction de répartition suivante :

$$F(y) = (1 - e^{-(\frac{y}{\lambda})^k}) \mathbb{1}_{y \geq 0}$$

Les estimateurs des paramètres sous le seuil u_1 sont présentés dans le tableau 2.7. De plus, la figure 2.12 montre les fonctions de répartition théorique et empirique. L'incertitude autour des estimations des paramètres est représentée par la figure B.3 en annexe.

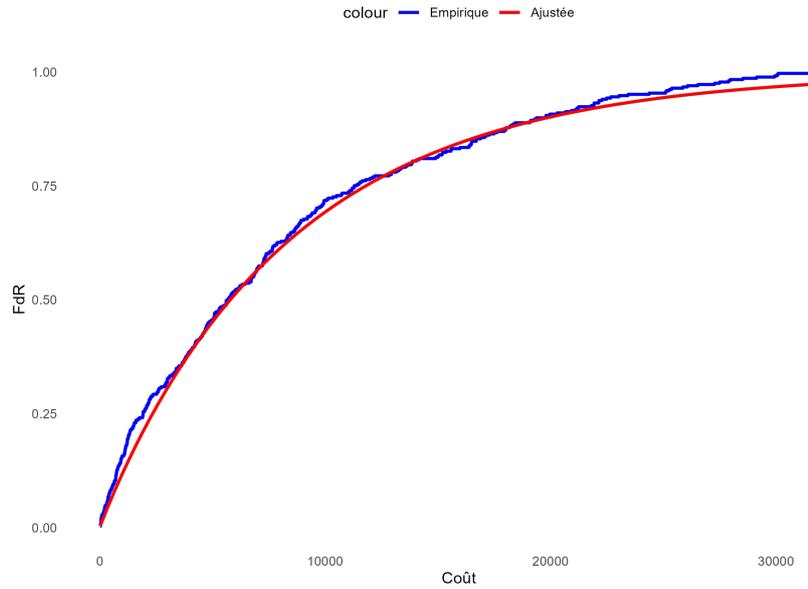


FIGURE 2.12 – Fonctions de répartition empirique et de Weibull ajustée en dessous du seuil u_1

Modèle composé

Les sous-sections précédentes ont établi une loi pour le coût des sinistres de la LoB 20, indépendamment en dessous et au-dessus du seuil u_1 . Cette section présentera comment ces deux lois mènent à la distribution du coût des sinistres.

Cela se fait souvent en utilisant une combinaison convexe des deux fonctions de densité ajustées. Bien que de nombreuses combinaisons puissent être utilisées (MARAMBAKUYANA et SHONGWE, 2024), le modèle choisi ici est celui qui permet de conserver la loi du coût des sinistres sous le seuil. Ce modèle est présenté par PIERRE (2021) et donne dans ce cas :

$$f_Y(y) = f_{(\hat{k}, \hat{\lambda})}^{\text{Weibull}}(y) \cdot \mathbb{1}_{]-\infty, u_1]}(y) + \left(1 - F_{(\hat{k}, \hat{\lambda})}^{\text{Weibull}}(u_1)\right) f_{(\hat{\xi}, \hat{\sigma})}^{\text{LPG}}(x) \cdot \mathbb{1}_{[u_1, +\infty[}(y)$$

De plus, la fonction de répartition est ainsi :

$$\begin{cases} F_{(\hat{k}, \hat{\lambda})}^{\text{Weibull}}(y) & \text{si } y \in [0, u_1] \\ F_{(\hat{k}, \hat{\lambda})}^{\text{Weibull}}(u_1) + \left(1 - F_{(\hat{k}, \hat{\lambda})}^{\text{Weibull}}(u_1)\right) \times F_{(\hat{\xi}, \hat{\sigma})}^{\text{LPG}}(y) & \text{si } y \geq u_1 \end{cases} \quad (2.1)$$



2.5 Simulation des scénarios de sinistralité

Suite au travail réalisé dans ce chapitre, le modèle retenu pour la génération des scénarios de sinistres est le suivant :

- le nombre de sinistres sur chacune des deux branches suit une loi binomiale négative avec les paramètres indiqués dans le tableau 2.4 ;
- le coût des sinistres pour la LoB 20 suit la loi caractérisée par la fonction de répartition exposée dans l'équation 2.1. Le coût des sinistres est alors généré en utilisant la méthode de l'inverse de la fonction de répartition¹³ ;
- le coût des sinistres pour la LoB 28 est généré en utilisant une méthode de bootstrap non paramétrique, c'est-à-dire en sélectionnant une valeur aléatoire à partir des données disponibles.
- Le coût total des sinistres pour l'année S est obtenu en suivant la méthode décrite dans la figure 2.9.

100 000 simulations de S ont ensuite été réalisées en suivant cette logique, en tenant évidemment compte des caractéristiques des contrats décrites dans le tableau 2.1. Ces simulations sont ensuite stockées dans une matrice de 5 000 par 20 représentant le coût total des sinistres sur une période de 20 ans dans 5 000 scénarios.

2.5.1 Distribution de la sinistralité annuelle

La fonction de densité obtenue du coût annuel des sinistres S pour la LoB 20 est présentée à la figure 2.13. La distribution correspond à ce que l'on peut attendre d'une distribution de coût des sinistres : elle est positive et asymétrique vers la droite. La petite bosse à la fin de la queue de distribution correspond à la limite annuelle agrégée de 6 M€.

Étant donné que la LoB 28 est directement générée à partir de la distribution empirique, il est attendu que la fonction de densité présentée à la figure 2.14 affiche une silhouette moins théoriquement satisfaisante, en particulier vers l'extrémité de la queue de la distribution. Le contrat non proportionnel, ayant une limite par sinistre ainsi qu'une limite annuelle agrégée, déforme davantage la forme originale de la fonction de densité. Cette dernière peut néanmoins être trouvée en annexe B.

13. Ceci repose sur le fait que pour une variable aléatoire U suivant une loi uniforme sur $[0; 1]$, $F_Y(U)$ suit la loi de Y .

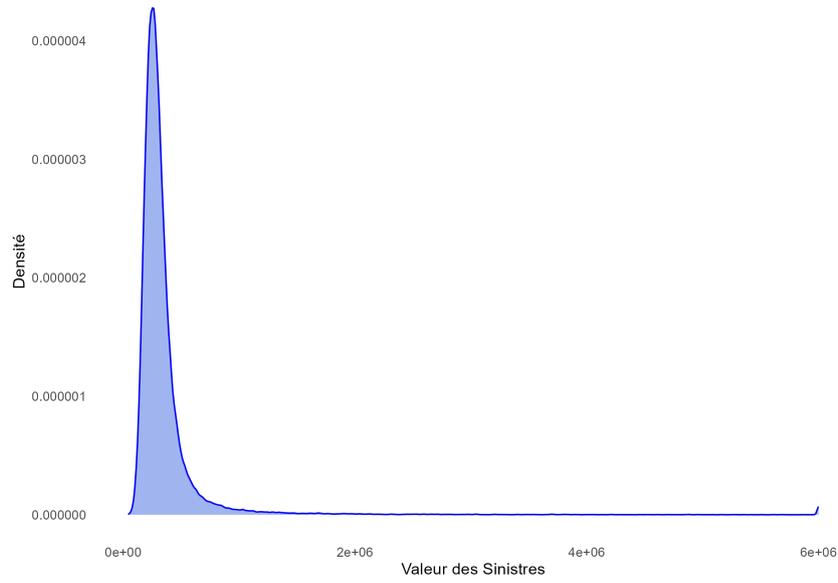


FIGURE 2.13 – Fonction de densité de la sinistralité annuelle sur la LoB 20

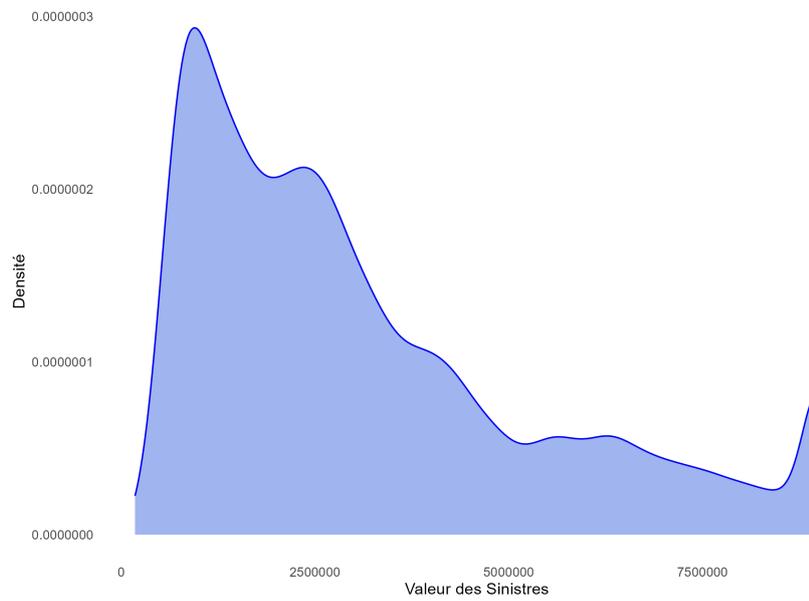


FIGURE 2.14 – Fonction de densité de la sinistralité annuelle sur la LoB 28



Le tableau 2.8 présente les statistiques descriptives pour les deux LoB. La *Value at Risk* ($\text{VaR}_{0,5\%}$) de niveau de risque 0,5 % correspond au quantile à 99,5 % et constitue une mesure de risque généralement utile, dont l'utilisation pour ce mémoire deviendra évidente par la suite.

LoB	Moyenne	Écart-type	Médiane	$Q_{25\%}$	$Q_{75\%}$	$\text{VaR}_{0,5\%}$
20	357400	403636	283728	224698	365685	3045697
28	3198386	2309702	2526744	1365416	4354575	9000000

TABLE 2.8 – Statistiques descriptives du montant de sinistres annuel

2.5.2 Hypothèse de développement des sinistres

Les charges de sinistres d'une année donnée sont réglées sur plusieurs années, en fonction de la période de développement du risque. Aux fins de ce mémoire, ce détail des règlements annuels est nécessaire. Ce détail est acquis dans une optique pragmatique en posant une hypothèse relative à la cadence de sinistres pour chaque LoB.

La cadence est ainsi déterminée à l'aide d'un triangle de règlements construit à partir des données initiales relatives aux sinistres. L'évolution des règlements de sinistres est illustrée à la figure 2.15.

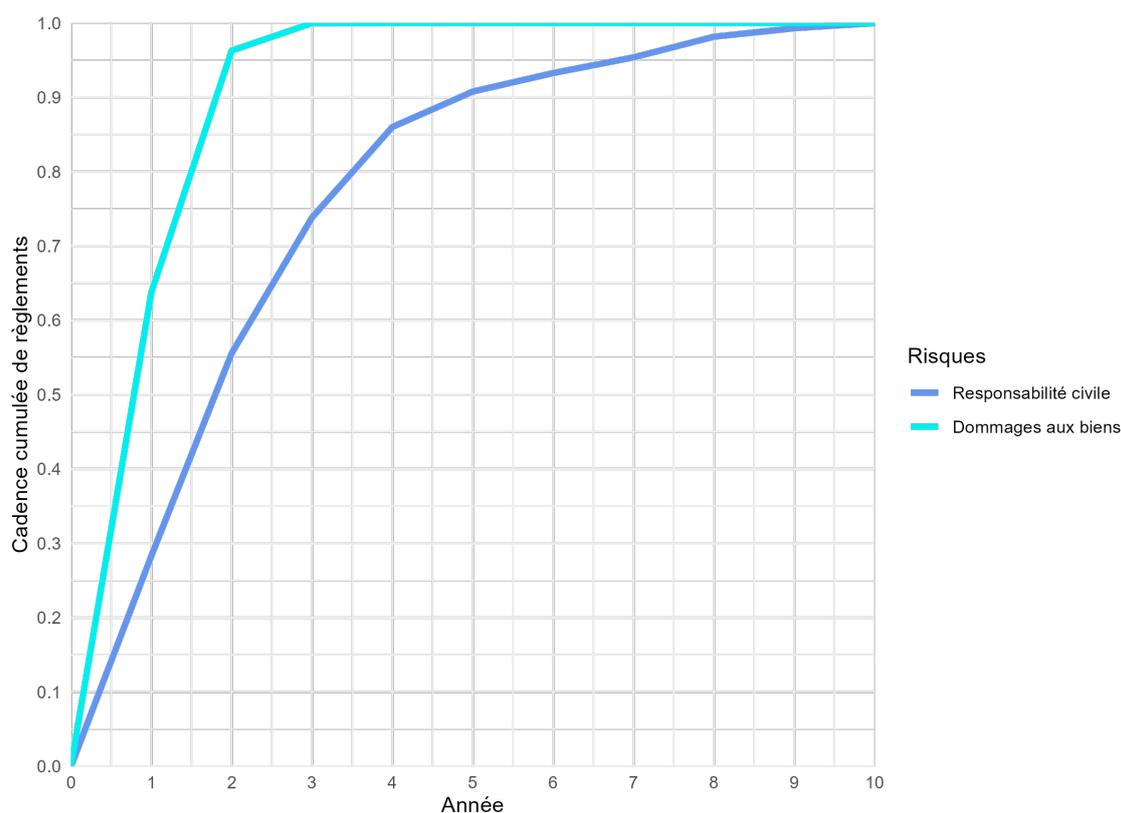


FIGURE 2.15 – Règlements de sinistres sur les deux LoB

2.6 Conclusion du chapitre

Ce chapitre sert de transition entre le chapitre précédent, qui a permis de présenter la problématique, et le suivant, qui exposera le modèle final et les résultats.

Le cas d'application de ce mémoire, bien que fictif, est basé sur un cas réel de groupe commercial disposant d'une captive de réassurance. La plupart des éléments ont été conservés pour des raisons d'applicabilité, certains détails ont été retirés pour préserver l'anonymat, et de nouveaux ont été ajoutés à leur place pour renforcer l'immersion.

La structure de base de la captive finançant la rétention du groupe a été conservée, car ce type d'arrangement est celui que de nombreuses captives nouvellement créées, en particulier celles récemment établies en France, considéreront comme le plus pertinent.

L'exploration des mécanismes de la PPR à travers des formules explicites a per-



mis de mieux comprendre le fonctionnement de la provision et d'éliminer les ambiguïtés qui y sont liées. La complexité relative du cadre comptable et réglementaire justifie ainsi l'utilisation de méthodes statistiques plus appliquées dans le cadre de ce mémoire.

La sinistralité du fronteur a été modélisée à l'aide d'une base externe sur les LoB appropriées. Cela a été fait dans le but de disposer d'une sinistralité pertinente pour le marché, plutôt que d'obtenir un ajustement parfait à des fins de tarification. Les modèles finaux sont ainsi jugés réalistes et satisfaisants pour les objectifs poursuivis dans ce mémoire.



CHAPITRE 3

IMPACT QUANTITATIF DE L'ÉVOLUTION RÉGLEMENTAIRE

"There are three kinds of lies : lies, damned lies, and statistics."

—Mark Twain, *1906*

Le chapitre précédent a généré des simulations de sinistres sur 20 ans pour CemexRe, ce chapitre les met à profit. L'objectif est d'évaluer l'impact quantitatif de l'évolution réglementaire.

L'étude s'intéressera à la distribution des résultats nets, à la solvabilité et aux fonds propres économiques.

Enfin, une attention particulière sera portée à certaines simulations individuelles jugées intéressantes, afin d'obtenir une vision plus détaillée.

3.1 Impact sur le résultat technique

Le premier intérêt de ce chapitre porte sur la distribution du résultat technique. Cela permettra de répondre à la question posée à la section 2.3.



3.1.1 Hypothèses et paramètres de projection

La projection de l'activité de l'entité dans le futur n'est possible qu'en posant un certain nombre d'hypothèses :

- L'hypothèse la plus forte, qui était jusqu'ici implicite, est que la distribution des coûts annuels des sinistres est la même pour toutes les années. Cela ignore évidemment l'inflation, mais également toute évolution du profil de risque de l'entreprise. Ce dernier point est le plus préoccupant, car un conglomérat international tel que Cemega est très probablement soumis à un développement commercial significatif sur une période de vingt ans. Le principal défaut de cette hypothèse réside donc dans son manque de réalisme ; toutefois, le réalisme est aisément sacrifié au profit de la simplicité dans un modèle dont l'objectif principal est de comprendre et d'expliquer, plutôt que de prédire. Les conséquences de cette hypothèse sont étudiées en annexe C.4.
- L'hypothèse précédente conduit à considérer que l'activité en général est statique sur l'horizon de projection, ce qui signifie que les primes et les frais liés aux primes¹ restent constantes sur toute la période. Les primes sont fixés afin d'avoir des ratios S/P qui correspondent à la moyenne sur le marché pour les deux LoB (EIOPA, 2023b).
- Les primes sont entièrement acquises en début d'année.
- Les frais liés aux gestions de sinistres sont proportionnelles au coût total annuel des sinistres.
- Le coût ultime des sinistres généré pour chaque année ne subira aucune variation (boni-mali) au cours de la période de développement des sinistres.
- La captive détient tous ses actifs en liquidité et ne perçoit pour l'instant aucun rendement financier.
- le taux d'impôt sur les sociétés, noté $\tau_{\text{impôts}}$, est fixé à 25 % sur toute la durée.

3.1.2 Calcul sous le scénario 1

Pour rappel, ce scénario repose sur l'hypothèse selon laquelle la captive ne bénéficie pas du droit à la PPR et ne dispose d'aucune couverture de réassurance. À titre d'exemple, le tableau 3.1 montre le compte de résultat sous le scénario 1 pour la première année sous la simulation numéro 4.

1. Commission de *fronting* et frais d'administration.



Chiffres en €	Opérations brutes	Cessions	Opérations nettes
1. Primes acquises	4 577 030		4 577 030
4. Charges des sinistres	3 502 094		3 502 094
7. Frais			303 303
7a. Frais d'acquisition	191 893		
7b. Frais d'administration	77 717		
7c. Frais de gestion de sinistres	33 693		
9. Variation de la PPR			
Résultat technique	771 631		771 631
Impôts sur les bénéfices			192 908
Résultat de l'exercice			578 723

TABLE 3.1 – Compte de résultat d'une première année sous le scénario 1

Le tableau 3.2 présente également un intérêt particulier puisqu'il expose les statistiques descriptives de la distribution pour les années 1, 5, 10 et 20. Bien que la distribution soit identique pour toutes les années, une variance autour de l'estimateur de la moyenne peut être observée, principalement en raison de la sensibilité de cet estimateur à la présence de valeurs extrêmes. Le lecteur attentif pourra même remarquer que les variations suivent celles de l'estimateur du minimum².

Une grande variance autour de l'estimateur du minimum, avec une taille d'échantillon de 5 000, est naturellement attendue.

La moyenne étant influencée par des simulations extrêmes, la figure 3.1 illustre l'évolution de la médiane et des quantiles comme représentation de la distribution des trajectoires.

2. Bien que la relation ne soit évidemment pas aussi simple.



Année	1	5	10	15	20
Moyenne	364 466	341 584	343 994	310 179	354 730
Écart-type	2 098 994	2 135 167	2 095 069	2 149 924	2 101 431
Médiane	1 052 209	1 064 414	1 039 037	1 035 178	1 065 926
Q25	- 474 333	- 523 096	- 531 964	- 574 169	- 499 037
Q75	1 934 182	1 929 248	1 930 577	1 933 411	1 920 601
Min	- 8 550 825	- 10 836 894	- 9 172 256	- 10 825 721	- 9 381 071
Max	2 861 177	2 833 639	2 870 108	2 945 285	2 893 065

TABLE 3.2 – Statistiques descriptives du résultat net sous le scénario 1

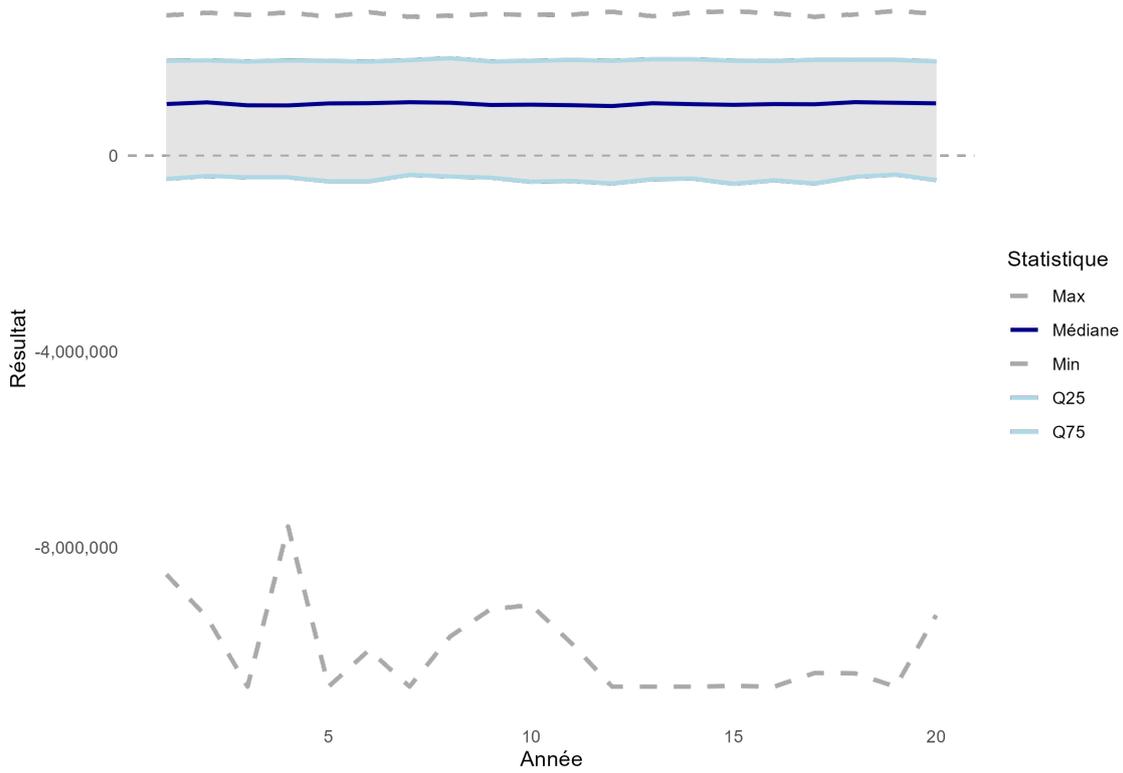


FIGURE 3.1 – Scénario 1 : distribution des trajectoires du résultat net



En raison de la nature de la tarification des contrats, le résultat technique moyen de la captive est favorable sans besoin de réassurance ni de la PPR. Néanmoins, la volatilité autour de ce résultat est relativement élevée, et la captive reste exposée à des pertes extrêmes susceptibles de compromettre la poursuite de son activité et, plus encore, la couverture des risques pour le groupe.

La densité du résultat sous ce scénario pour la première année est disponible en annexe C.

3.1.3 Calcul sous le scénario 2

Dans ce scénario, la captive souscrit à un contrat *Stop Loss* avec une priorité de 100 % de la prime acquise annuelle.

Tarification du contrat de réassurance

Le contrat est tarifé en utilisant le *Return On Risk Adjusted Capital* (RORAC) espéré du réassureur. Le RORAC est le taux de rendement sur le *Risk Adjusted Capital* (RAC), qui représente le capital ajusté au risque. Ce capital est une mesure des fonds propres qu'un réassureur doit allouer pour couvrir le contrat.

Dans le cadre de ce mémoire, le RAC est défini comme la $VaR_{0,5} \%$ dans la couche au-dessus du montant de la priorité. Autrement dit, soit D la priorité de réassurance, alors $RAC = VaR_{0,5} \%(S - D | S > D)$.

Le RORAC est ensuite fixé à 4 % et la prime du contrat est ainsi déterminée par :

$$\text{Primes}_{SL} = \mathbb{E}(S - D | S > D) + 4\% \times RAC$$

Ces valeurs sont estimées empiriquement à partir des 100 000 simulations pour S , afin de permettre une estimation plus stable de la $VaR_{0,5} \%$.

Le tableau 3.3 montre le même compte de résultat que le 3.1 mais sous le scénario 2.



Chiffres en €	Opérations brutes	Cessions	Opérations nettes
1. Primes acquises	4 577 030	814 882	3 762 148
4. Charges des sinistres	3 502 094		3 502 094
7. Frais			303 303
7a. Frais d'acquisition	191 893		
7b. Frais d'administration	77 717		
7c. Frais de gestion de sinistres	33 693		
9. Variation de la PPR			
Résultat technique	771 631		- 43 249
Impôts sur les bénéfices			
Résultat de l'exercice			- 43 249

TABLE 3.3 – Compte de résultat d'une première année sous le scénario 2

Les statistiques descriptives sont également présentées dans le tableau 3.4. L'élimination des pertes extrêmes par le contrat de réassurance conduit à une plus grande stabilité des estimateurs de minimum et de moyenne. Il est également intéressant de noter que la prime de 800 000 € pour le contrat réduit la moyenne du résultat d'environ 150 000 € et la médiane d'environ 600 000 €. De plus, l'écart-type est largement réduit.

Globalement, ce contrat est profitable pour la captive d'un point de vue de la réduction du risque de la queue. Toutefois, il peut être observé que le premier quantile est fortement réduit. En effet, la nature du contrat fait que les pertes moyennes qui ne franchissent que légèrement la couche réassurée, pèsent désormais plus lourdement sur la captive dans ce scénario.

La trajectoire médiane de ce scénario est illustrée dans la figure 3.2.



Année	1	5	10	15	20
Moyenne	298 463	291 847	279 368	280 093	290 146
Écart-type	1 122 483	1 123 454	1 122 240	1 125 864	1 124 254
Médiane	441 048	453 252	427 876	424 016	454 765
Q25	-1 130 059	-1 130 524	-1 130 608	-1 131 010	-1 130 294
Q75	1 323 020	1 318 086	1 319 416	1 322 250	1 309 439
Min	-1 207 021	-1 228 806	-1 212 943	-1 228 699	-1 214 933
Max	2 250 016	2 222 478	2 258 947	2 334 124	2 281 904

TABLE 3.4 – Statistiques descriptives du résultat net sous le scénario 2

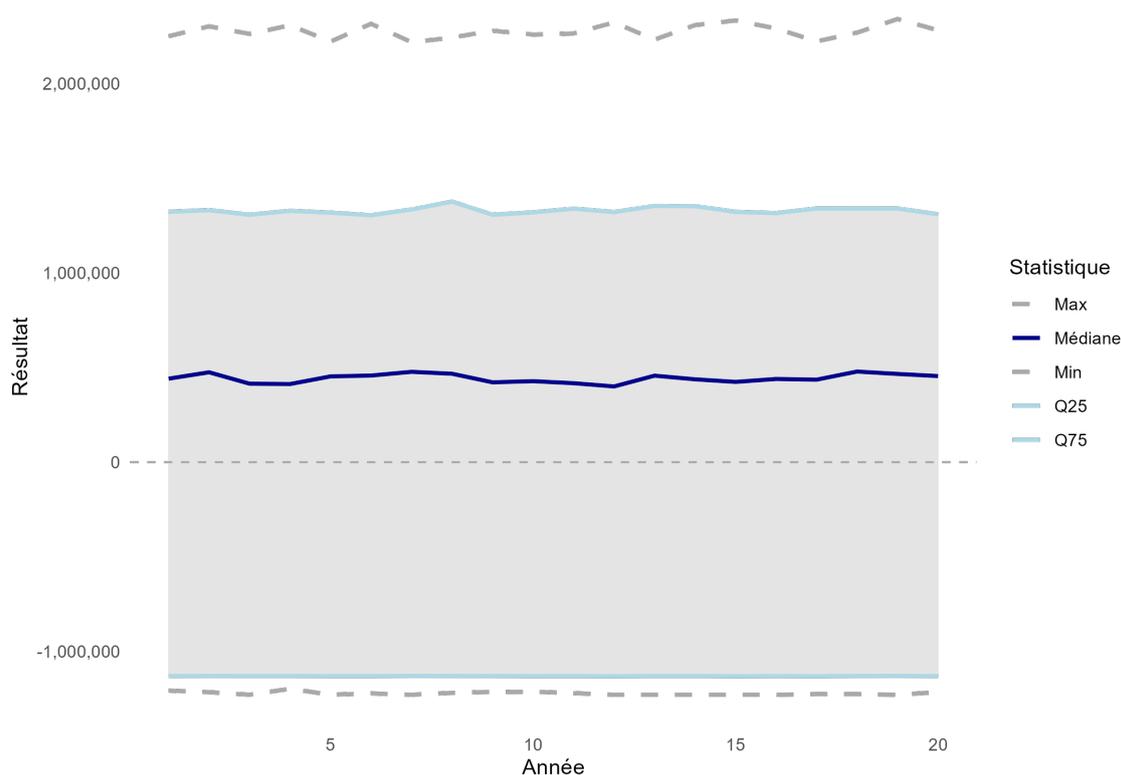


FIGURE 3.2 – Scénario 2 : distribution des trajectoires du résultat net



3.1.4 Calcul sous le scénario 3

Ce scénario introduit la PPR avec les formules présentées dans la section 2.3. Le calcul du MCR pour la limite de la provision sera exposé dans la section 3.2.

Encore une fois, le compte de résultat de la simulation numéro 4 est montré, cette fois-ci dans le tableau 3.5. Il peut être remarqué que la dotation à la PPR représente plus de 90 % du résultat technique total. Cela s'explique par le fait que la LoB 28 présente un bénéfice tandis que la LoB 20 enregistre une perte, ce qui réduit le résultat technique total. La dotation à la provision est ensuite calculée comme étant 90 % du bénéfice sur la LoB 28, ce qui est plus favorable dans ce cas.

Chiffres en €	Opérations brutes	Cessions	Opérations nettes
1. Primes acquises	4 577 030		4 577 030
4. Charges des sinistres	3 502 094		3 502 094
7. Frais			303 303
7a. Frais d'acquisition	191 893		
7b. Frais d'administration	77 717		
7c. Frais de gestion de sinistres	33 693		
9. Variation de la PPR			708 265
Résultat technique	771 631		63 365
Impôts sur les bénéfices			15 841
Résultat de l'exercice			47 524

TABLE 3.5 – Compte de résultat d'une première année sous le scénario 3

La principale différence de ce scénario est que la distribution du résultat n'est plus uniforme au cours de la période. Cela se voit dans le tableau 3.6.



Année	1	5	10	15	20
Moyenne	- 607 377	- 101 224	65 938	260 019	489 038
Écart-type	1 476 318	809 237	628 125	751 460	836 978
Médiane	94 369	92 282	95 276	110 805	160 602
Q25	- 474 333	0	0	0	0
Q75	189 144	188 238	197 072	232 836	808 202
Min	- 8 550 825	- 9 232 012	- 6 808 743	- 5 329 439	- 6 140 707
Max	286 118	283 364	2 848 544	2 785 946	2 885 559

TABLE 3.6 – Statistiques descriptives du résultat net sous le scénario 3

La moyenne est initialement négative en raison des résultats des simulations positives réduits par les dotations à la provision. Elle augmente d'année en année à mesure que la PPR est accumulé et que la capacité à couvrir les pertes s'améliore. Au bout de 20 ans, la moyenne est supérieure aux celles des deux autres scénarios en raison des dotations non utilisées qui sont libérées. L'écart type est aussi réduit par rapport aux autres scénarios.

Il est à noter que la provision n'a aucun effet sur les pertes durant la première année, mais dès la cinquième année, le premier quantile se stabilise à 0. Tandis que la moyenne augmente, la médiane reste relativement stable; en effet, le scénario médian présente un résultat positif qui est simplement réduit en échelle.

Le maximum connaît une importante montée à la 10^e année, correspondant au scénario le plus optimiste où la captive parvient à atteindre la limite de la PPR.

La figure 3.3 illustre la trajectoire médiane dans ce scénario. Elle est également accompagnée par la figure C.6 en annexe.

La trajectoire médiane du montant de la provision est affichée dans la figure 3.4.

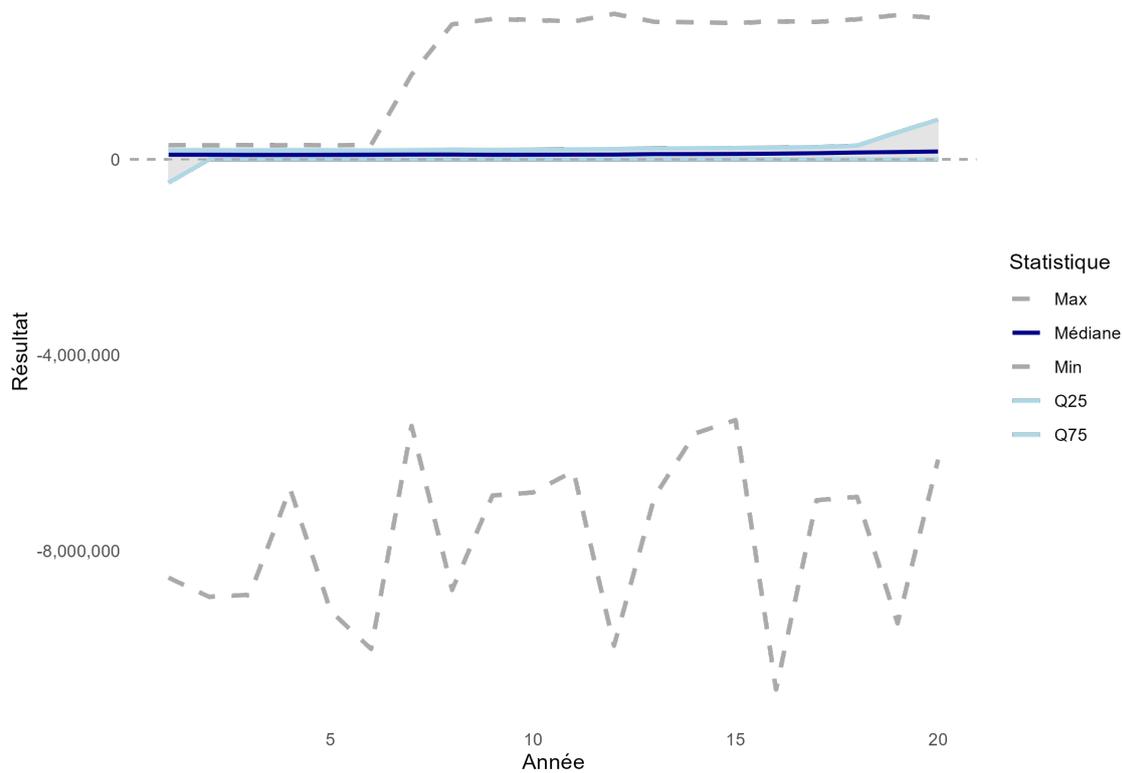


FIGURE 3.3 – Scénario 3 : distribution des trajectoires du résultat net

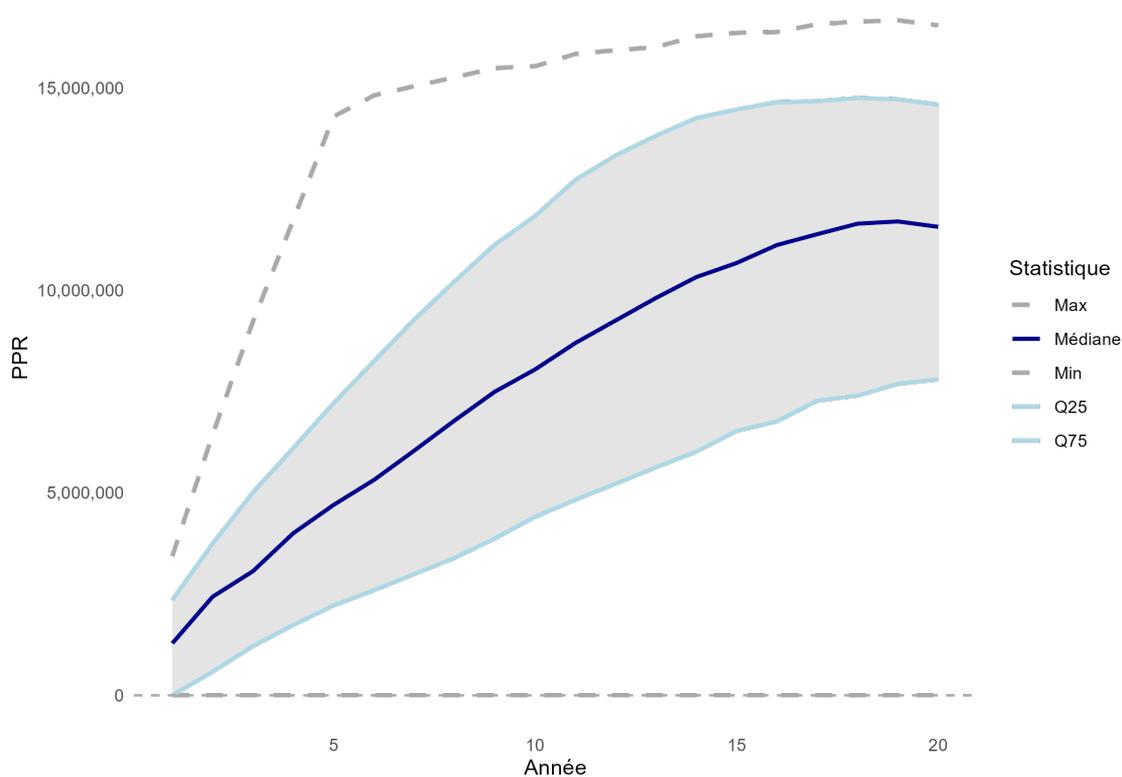


FIGURE 3.4 – Scénario 3 : distribution des trajectoires de la projection



La figure 3.5 montre l'évolution de la moyenne du résultat technique net sous les trois scénarios. La zone ombrée correspond à l'écart-type. **Dans cette figure, comme dans le reste du mémoire, sauf indication contraire, l'écart-type est réduit par un facteur de 10 % pour une meilleure visibilité.**

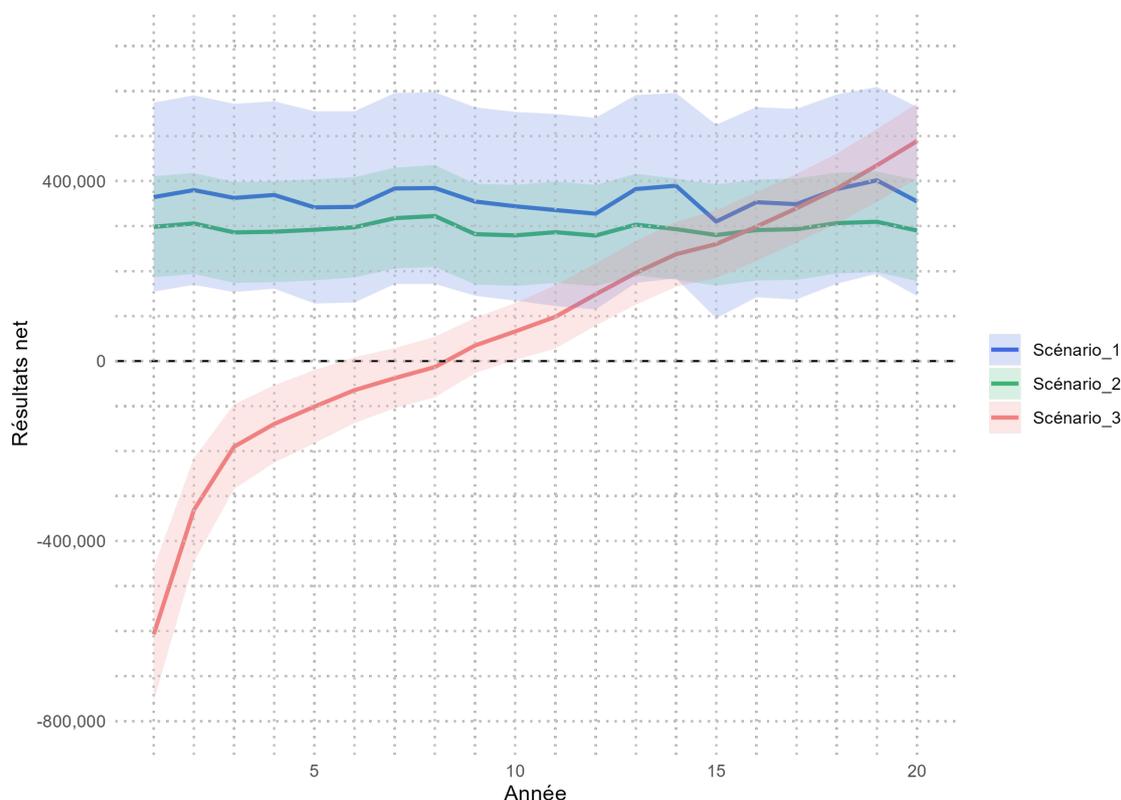


FIGURE 3.5 – Comparaison du résultat technique net moyen sous les 3 scénarios

3.2 Impact sur la Solvabilité

La présente section a pour but d'étudier l'évolution du bilan prudentiel de la captive dans les trois scénarios. Les principaux points d'intérêt sont le SCR et les fonds propres économiques.

Elle viendra compléter la section 1.5 en montrant comment les différents éléments sont calculés dans le cas spécifique de ce mémoire, avant de présenter les résultats sous les trois scénarios.

Les primes, provisions et règlements utilisés pour les calculs dans le scénario 2



sont nets de réassurance, sauf indication contraire.

De plus, cette section ajoute éventuellement une certaine complexité à la précédente en prenant en compte les rendements financiers que le capital de la captive peut générer. L'hypothèse est posée que cela s'effectue par un mécanisme de *cash-pooling*, en accord avec les pratiques du marché.

3.2.1 Actif du bilan

Présentation du mécanisme de *cash-pooling*

Le *cash-pooling* (ou gestion centralisée de trésorerie) est une méthode de gestion centralisée des comptes des sociétés d'un groupe. Les entités participant au *cash-pooling* et disposant d'un excédent de liquidités reçoivent des intérêts de la part des entités ayant des soldes négatifs.

Ainsi, le terme *cash-pooling* décrit l'objectif d'un ensemble de transactions plutôt que les transactions elles-mêmes. Une façon de centraliser la trésorerie consiste à mandater la société mère pour gérer la liquidité du groupe³. La figure 3.6, créditée à SCHWARTZBROD (2022), aide à illustrer ce concept.

En France, les articles **L 312-2** et **L 511-7** du code monétaire et financier autorisent les opérations de crédit à l'intérieur d'un même groupe, sans contrevenir au monopole bancaire. Cependant, certaines règles continuent de s'appliquer et les transactions dans le cadre d'un dispositif de *cash-pooling* peuvent être qualifiées de répréhensibles si elles constituent un abus de pouvoir (BANQUE DE FRANCE, 2024).

Dans le cadre du groupe Cemega, les fonds propres en excès du SCR de la captive sont placés dans le compte centralisateur pour être investis au taux CMPC (Coût Moyen Pondéré du Capital), qui se trouve être, incidemment⁴, la moyenne du secteur des matériaux en France, soit 7,3 % (PWC, 2024).

Le rendement financier est entièrement conservé par CemexRe, alors qu'un cas plus réaliste impliquerait que la captive reçoive un taux d'intérêt à la juste valeur du marché, et que le groupe conserve le reste. L'approche de ce mémoire trouve cependant sa justification dans le souhait d'évaluer l'ensemble du rendement financier généré dans les trois scénarios du point de vue du groupe, sans avoir à modéliser séparément d'autres entités.

3. En créant une société de gestion de trésorerie, grâce à une banque interne ou à une banque externe chargée de gérer le *cash-pooling*.

4. Intentionnellement.



Il convient également de noter que ce transfert de fonds ne peut être qualifié de prêt intragroupe en raison de la disponibilité immédiate des fonds, c'est-à-dire qu'il ne présente pas un risque de marché mais plutôt un risque de contrepartie (EIOPA, 2024).

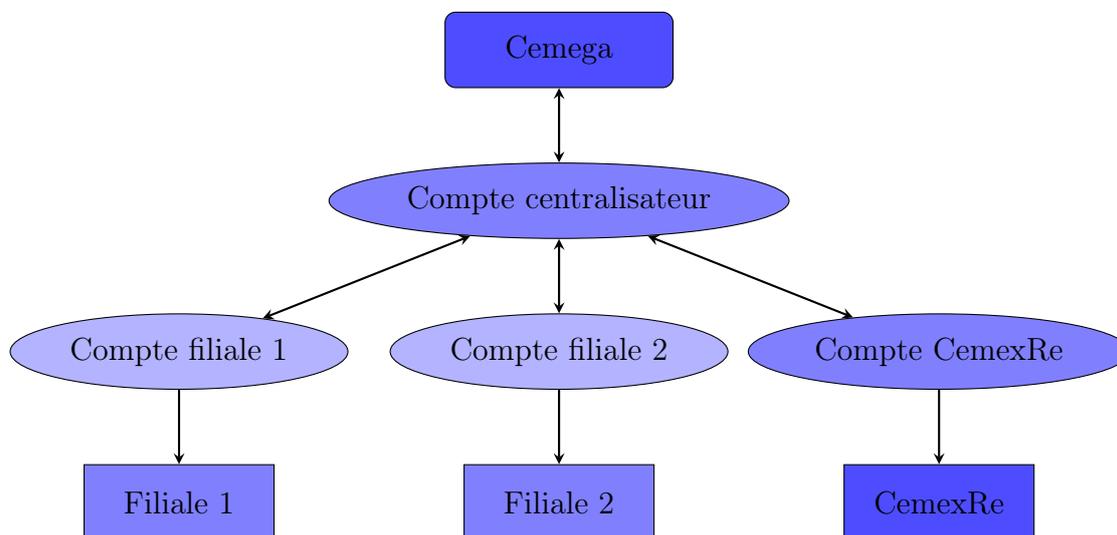


FIGURE 3.6 – Mécanisme *cash-pooling* du groupe Cemega

Évolution de l'actif

L'hypothèse selon laquelle la captive conserve l'intégralité de ses actifs en liquidités est maintenue. Le capital initial de la captive est de 9 M€. Celui-ci, noté $Actif_0$, permet d'exprimer les actifs pour les années suivantes avec la formule suivante :

$$Actif_t = Actif_{t-1} + Primes_t - Règlements_t + Rendement financiers_t - Impôts_t$$

Où les règlements sont calculées à partir de l'hypothèse sur la cadence de règlements de S pour chaque LoB.

3.2.2 Passif du bilan

Best Estimate (BE)

Le BE de primes est considérée comme stable tout au long de la période pour chaque LoB et se calcule ainsi :



$$BE_{\text{primes}} = \overline{S} + \overline{\text{Frais}} - \text{Primes}$$

Le BE de sinistres est calculé à partir de l'hypothèse sur la cadence de règlements. Les flux calculés par cette méthode sont ensuite actualisés en utilisant la courbe des taux de l'EIOPA au 31/12/2023.

Risk Margin (RM)

La RM est estimée à l'aide de la formule suivante :

$$RM = 6\% \times \text{Duration}(BE) \times SCR_{\text{non-vie}}$$

Où la duration du BE est calculée à partir de la cadence de paiements et de la courbe des taux de l'EIOPA.

Le calcul du $SCR_{\text{non-vie}}$ est détaillé dans la section 3.2.3

Les impôts différés

Étant donné que la valorisation des actifs ne présente aucune différence entre le comptable et le prudentiel, les impôts différés correspondent à la différence entre les passifs des deux bilans.

Par simplicité, il est supposé que la différence dans les provisions de sinistres est compensée par l'inclusion de la RM dans le bilan prudentiel⁵. Ce poste est alors généré par le BE des primes et par la PPR dans le scénario 3.

Étant donné que l'avantage fiscal de la PPR correspond en réalité à un impôt différé sur 15 ans, ce poste revêt une importance particulière pour l'étude.

Fonds propres

Les fonds propres économiques de base correspondent simplement à la différence entre les éléments d'actifs et de passifs calculés jusqu'à présent.

Aussi simple que soit ce calcul, les fonds propres revêtent un intérêt particulier dans cette étude, car ils permettent d'évaluer la valeur de la captive du point de vue des actionnaires, c'est-à-dire celui de la société mère.

En effet, la valeur quantitative d'une captive du point de vue de la société mère fait l'objet de nombreux débats dans la littérature. Ce mémoire utilise les fonds

5. Cette hypothèse permet de limiter ce poste strictement aux passifs.



propres économiques en raison de leur commodité et de leur familiarité pour un actuaire.

Cependant, d'autres indicateurs ont été utilisés : par exemple, SCORDIS et al. (2007) considèrent les flux de trésorerie nets actualisés au coût du capital de la société mère, tandis que d'autres, tels que CHEN et al. (2023), ont examiné le ratio des flux sur les actifs de la société mère.

3.2.3 SCR

SCR Non-Vie

Dans le mémoire de THACH (2015), ce module est considéré comme le plus important pour une captive. THACH propose également une formule de calcul simplifiée, basée sur les primes annuelles acquises, pour une captive assurant des risques de responsabilité civile et de dommages aux biens. Cependant, étant donné que les primes dans ce mémoire sont constantes mais que les provisions ne le sont pas, il a été décidé de calculer ce module avec la formule standard.

Les sous-modules pertinents pour une captive de réassurance sont le risque de primes/réserves et le risque de catastrophe.

Risque de primes et réserves

Le sous-module des primes et des réserves a été évalué avec et sans la simplification de l'article 90 du règlement délégué. En général, il est constaté que la simplification augmente le sous-SCR d'environ 48 %. Il a finalement été décidé de retenir la formule non simplifiée de l'article 115 (2015).

Il convient également de noter que le coefficient de diversification géographique a été estimé en utilisant la répartition géographique du groupe Cemega.

Risque de catastrophe

La formule standard propose la formule suivante pour évaluer le sous-module du risque de catastrophe non-vie :

$$SCR_{CAT} = \sqrt{SCR_{NatCAT}^2 + SCR_{ManMadeCAT}^2 + SCR_{OtherCAT}^2 + SCR_{RePropCAT}^2}$$

où :



- SCR_{NatCAT} correspond au capital requis pour couvrir le risque de catastrophe naturelle,
- $SCR_{\text{RePropCAT}}$ est le capital requis pour le risque catastrophe en réassurance non-proportionnelle,
- $SCR_{\text{ManMadeCAT}}$ est le capital requis pour le risque de catastrophe causé par l'homme,
- SCR_{OtherCAT} est le capital requis pour tout autre risque de catastrophe non-vie.

Les risques pertinents pour CemexRe sont le risque de catastrophe en réassurance non-proportionnelle et le risque de catastrophe causé par l'homme. Ce dernier concerne une perte liée à la branche de responsabilité civile.

Les deux risques sont ensuite évalués selon la formule standard. L'application de la franchise de réassurance pour le deuxième scénario est effectuée sur le sous-SCR agrégé.

SCR Contrepartie

CemexRe détient tous ses actifs en liquidités. Dans le cadre du scénario 2, elle cède environ 10 M€ de sa capacité au réassureur. Ainsi, son exposition aux contreparties est jugée trop importante pour être ignorée.

Le SCR de contrepartie est calculé sur la base des actifs de l'entreprise. Dans le scénario de réassurance, l'assiette inclut également les provisions cédées et prend en compte l'effet de réduction des risques du contrat de réassurance.

Toutes les contreparties impliquées, à savoir Cemega, la banque, et, le cas échéant, le réassureur, disposent d'une notation A attribuée par **Standard & Poor's**, en cohérence avec celle de leurs homologues dans le monde réel.

Le SCR de contrepartie est ensuite évalué selon la formule standard.

SCR marché

Ce module de risque est considéré comme sans conséquence pour les besoins de cette étude, car les actifs de la captive sont structurés de manière à l'éviter⁶.

Cependant, il peut être pertinent pour certaines captives ayant des prêts intergroupes comme investissements, ce qui entraîne un risque de concentration élevé vis-à-vis de la société mère.

6. Bien que le risque de taux sur le passif persiste, son impact est jugé négligeable.



Agrégation des sous-modules

Le BSCR est calculé comme suit :

$$\text{BSCR} = \sqrt{\text{SCR}_{\text{Contrepartie}}^2 + \text{SCR}_{\text{Non-vie}}^2 + 2\rho_{(\text{Non-vie}, \text{Contrepartie})} \cdot \text{SCR}_{\text{Non-vie}} \cdot \text{SCR}_{\text{Contrepartie}}}$$

Où $\rho_{(\text{Non-vie}, \text{Contrepartie})}$ est le coefficient de corrélation. Dans la formule standard, $\rho_{(\text{Non-vie}, \text{Contrepartie})} = \frac{1}{2}$.

Le passage au SCR nécessite l'évaluation du risque opérationnel SCR_{Op} ainsi que l'ajustement pour la capacité d'absorption des impôts différés.

Le premier est estimé à 3 % de la prime annuelle.

Le second est évidemment à ne pas simplifier, car l'essence même de la PPR est de différer les impôts de la captive sur une période de 15 ans. Ce sont ces impôts différés qui offrent ensuite une capacité supplémentaire à la captive pour couvrir les risques.

Selon la formule standard, la capacité d'absorption des pertes des impôts différés est égale à la perte du montant des impôts différés qui résulterait d'une perte instantanée de la taille de $\text{BSCR} + \text{SCR}_{Op}$.

Ce calcul se fait alors comme suit :

$$\text{Ajustement}_{\text{Impôts différés}} = \min(\text{Impôts différés}, (\text{BSCR} + \text{SCR}_{Op}) \times \tau_{\text{impôts}})$$

MCR

Le MCR est évalué en appliquant la formule linéaire sur les primes acquises et les provisions techniques, avec le plancher unique pour les captives de réassurance⁷. Dans toutes les simulations, le résultat de cette formule se situe en dessous du seuil de 25 % du corridor du SCR. Par conséquent, le MCR est fixé à 25 % du SCR.

3.2.4 Présentation des résultats

Le bilan prudentiel, ayant été calculé pour les 5 000 simulations sur toute la durée de la période, est présenté dans cette section en se focalisant sur la moyenne et l'écart-type des postes du bilan.

7. Voir section 1.5.2



Isolation de la capacité d'absorption de la provision

Dans un premier temps, afin de mieux évaluer l'effet de la provision sur le risque technique, les rendements financiers du *cash-pooling* sont ignorés.

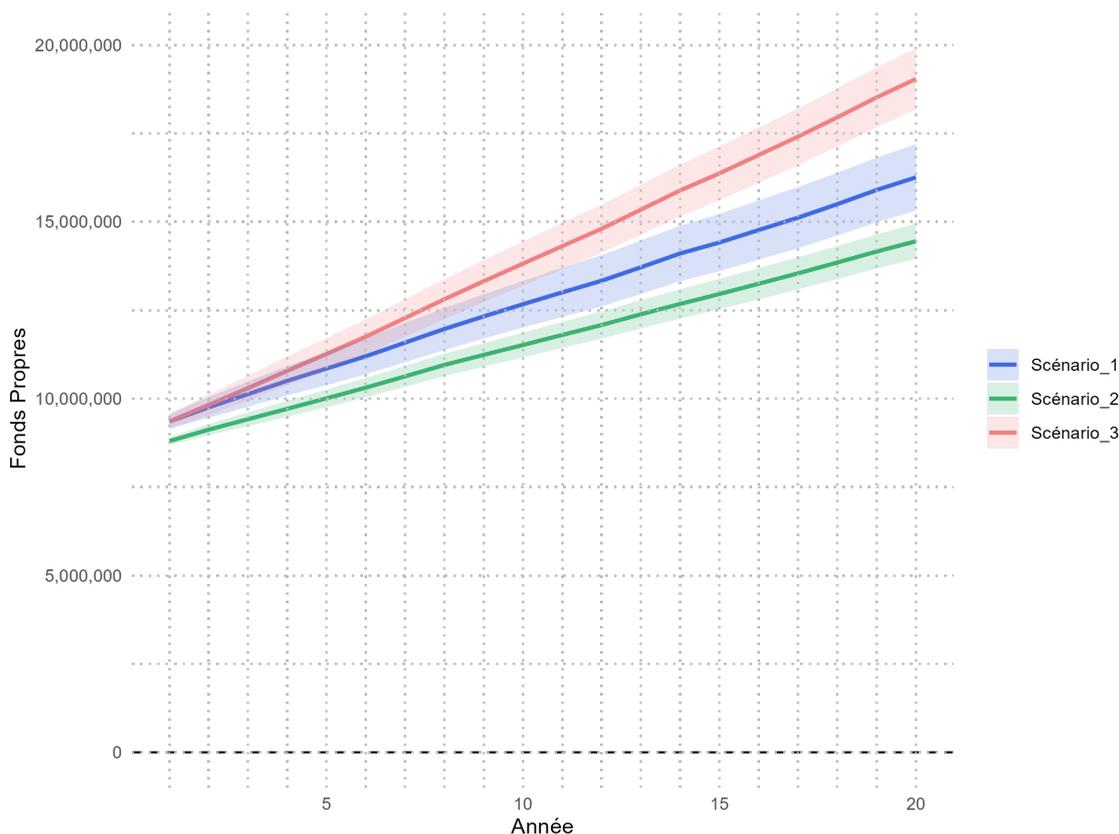


FIGURE 3.7 – Comparaison des fonds propres moyens sous les 3 scénarios avant les rendements financiers

La figure 3.7 illustre la moyenne des fonds propres pour les trois scénarios sous l'hypothèse d'absence de rendements financiers. En raison de la cession en réassurance, le scénario 2 se maintient en deçà des deux autres tout au long de la période. Toutefois, il est important de noter qu'il présente une volatilité moindre par rapport aux autres scénarios.

Les fonds propres des scénarios 1 et 3 sont équivalents à la fin de la première année, mais divergent à la fin de la seconde. Cette divergence est exclusivement attribuable aux scénarios présentant des pertes. Dans le scénario 3, en cas de perte,



une partie de celle-ci est absorbée par les impôts différés⁸.

En outre, l'impact sur le SCR de la captive est illustré à la figure 3.8. La première observation intéressante concerne l'écart-type autour des trajectoires moyennes. Il convient de noter que cette figure est la seule à ne pas réduire l'écart-type à des fins de visualisation.

En réalité, l'estimation du SCR présente effectivement une certaine déviation autour de la moyenne, mais beaucoup moins significative que pour d'autres éléments du bilan. Par exemple, l'écart-type pour la première année, dans le cadre du scénario 1, est d'environ 100 000 €.

Il est attendu que le SCR non-vie n'affiche pas une grande volatilité, étant donné qu'il constitue une mesure du risque technique sous-jacent de la captive. Comme ce risque ne varie pas d'une année à l'autre ni d'une simulation à l'autre, toute légère déviation observée pour ce sous-module est uniquement due aux variations des réserves de sinistres, et même dans ce cas, l'effet reste limité grâce à la formule standard. Le sous-module qui montre plus de variation est celui du risque de contrepartie, car il est plus directement influencé par la volatilité des actifs de la captive. Tout de même, le SCR non-vie, étant le plus important, est celui qui détermine en grande partie la valeur finale du BSCR.

C'est pourquoi, dans les deux premiers scénarios, le SCR ne présente pas une grande volatilité initialement, mais commence à en montrer davantage à mesure que la valeur des actifs de la captive diverge.

En revanche, le troisième scénario présente plus de volatilité du SCR au départ, mais celle-ci diminue à mesure que l'exigence de capital diminue. Le mécanisme complet derrière ce phénomène sera expliqué en détail prochainement, mais en résumé, cela s'explique par le fait que le SCR est initialement directement lié au montant de la provision et subit donc toute la volatilité de celle-ci. Cependant, à mesure que le montant de la provision augmente, ce lien devient moins direct.

8. Cela sera clarifié lors de l'analyse des simulations individuelles dans la section 3.3.

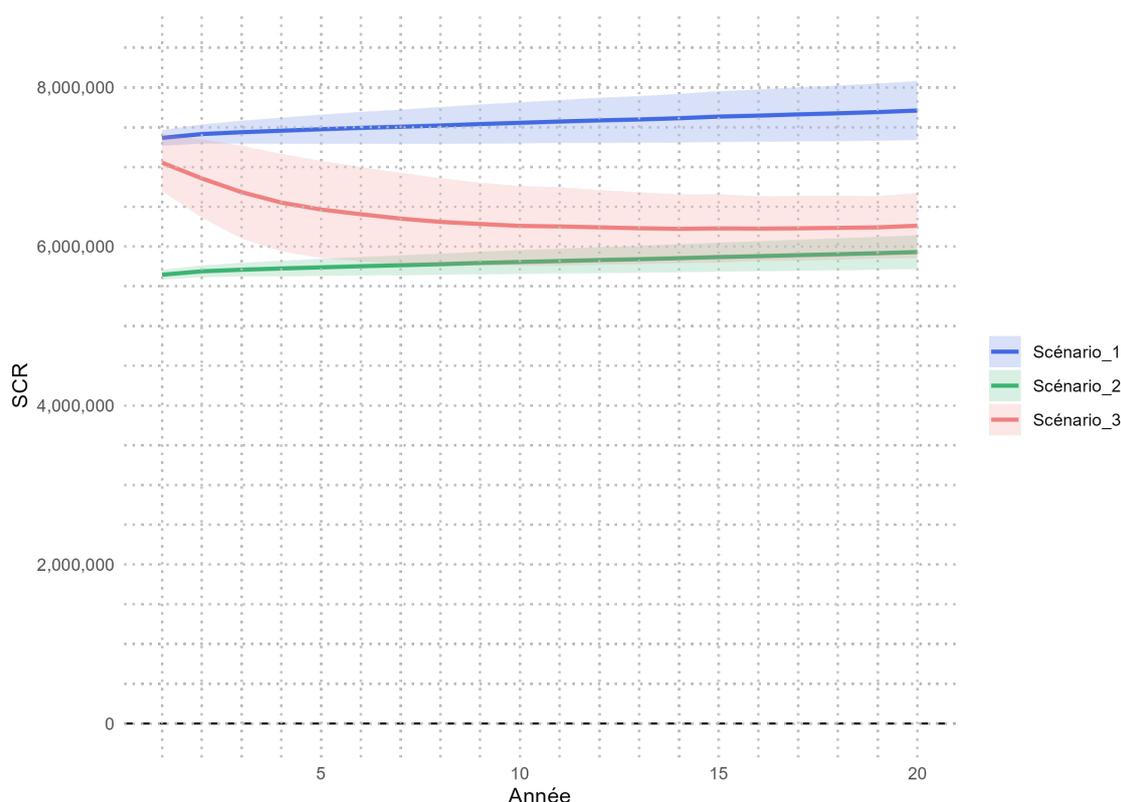


FIGURE 3.8 – Comparaison des SCR moyens sous les 3 scénarios avant les rendements financiers

La figure 3.8 mérite des commentaires supplémentaires, non seulement parce qu'elle illustre comment le contrat de réassurance réduit le SCR, ce qui est bien compris dans la littérature, mais aussi parce qu'elle montre que la PPR peut avoir le même effet de réduction des exigences en capital.

Cependant, cela s'opère par un mécanisme différent. Alors que la réassurance réduit directement le sous-module de risque non-vie, le PPR n'agit pas de cette manière. En réalité, le BSCR est plus élevé dans le scénario 3 en raison du risque de contrepartie lié à la franchise d'impôts, mais c'est la capacité d'absorption des pertes via les impôts différés qui réduit le SCR.

La plus grande perte pouvant être absorbée par les impôts différés est équivalente à $BSCR + SCR_{Op}$. Comme le montre la figure 3.9, le montant moyen de la provision augmente jusqu'à dépasser éventuellement cette perte, ce qui explique pourquoi le SCR moyen dans le scénario 3 se stabilise au fil du temps.

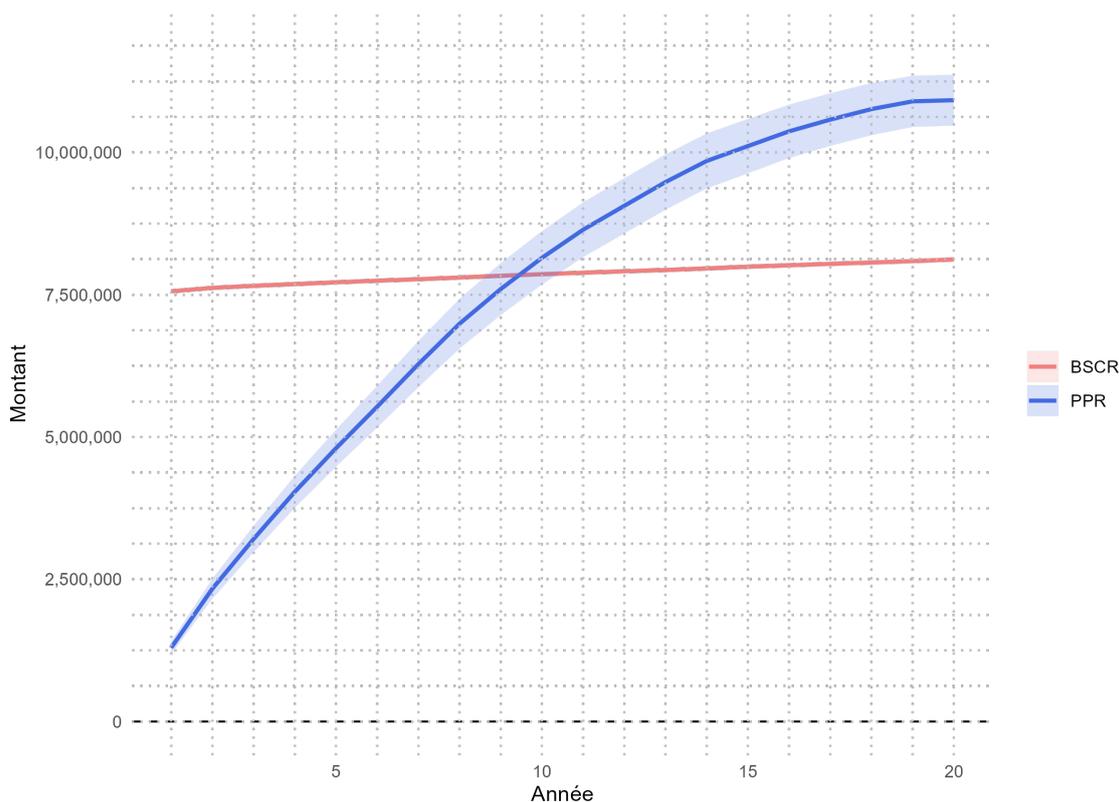


FIGURE 3.9 – Scénario 3 : comparaison du BSCR avec la PPR avant les rendements financiers

Tout comme pour la réassurance, le contrepoids de la PPR est une augmentation du SCR de contrepartie. Cependant, cela se fait à des niveaux différents, comme l'illustre la figure 3.10. Le risque de contrepartie des provisions cédées au réassureur est finalement dépassé par le risque lié aux actifs supplémentaires dans le scénario 1. Cela s'explique par le fait que tous les actifs sont en liquidités et soumis au risque de défaut de contrepartie.

Le scénario 3 est celui qui maximise le risque de contrepartie, car il maximise également les actifs. Toutefois, il est essentiel de se concentrer sur le résultat de la première année, c'est-à-dire avant l'effet des actifs cumulés. À la fin de l'année, le montant moyen de la PPR est suffisant pour réduire le SCR, mais à un coût de contrepartie plus élevé que dans le contrat de réassurance.

Ainsi, bien que la PPR, comme souligné dans la section 2.3, présente un effet similaire à celui d'un contrat de réassurance *Stop Loss* sur le résultat, elle diffère



fondamentalement dans la manière dont elle procure une couverture de risque. La réassurance réduit généralement le SCR en diminuant les fonds propres disponibles, tandis que la PPR garantit la stabilité des fonds propres, mais avec une réduction moindre du SCR.

Comme l'illustre la figure 3.11, le troisième scénario commence en moyenne avec un ratio de solvabilité plus faible. Toutefois, à mesure que le SCR diminue et que les fonds propres augmentent de manière soutenue, ce scénario finit par dépasser le ratio moyen observé dans le deuxième scénario.

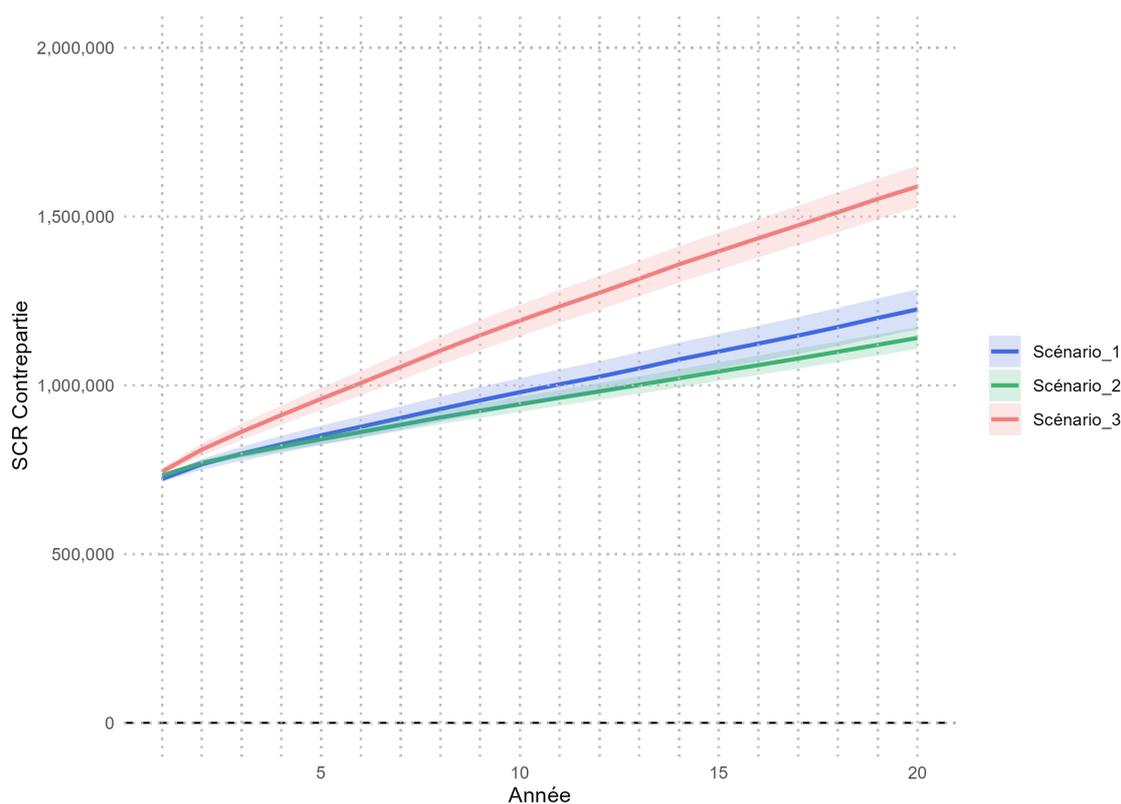


FIGURE 3.10 – Comparaison des SCR Contrepartie moyens sous les 3 scénarios avant les rendements financiers

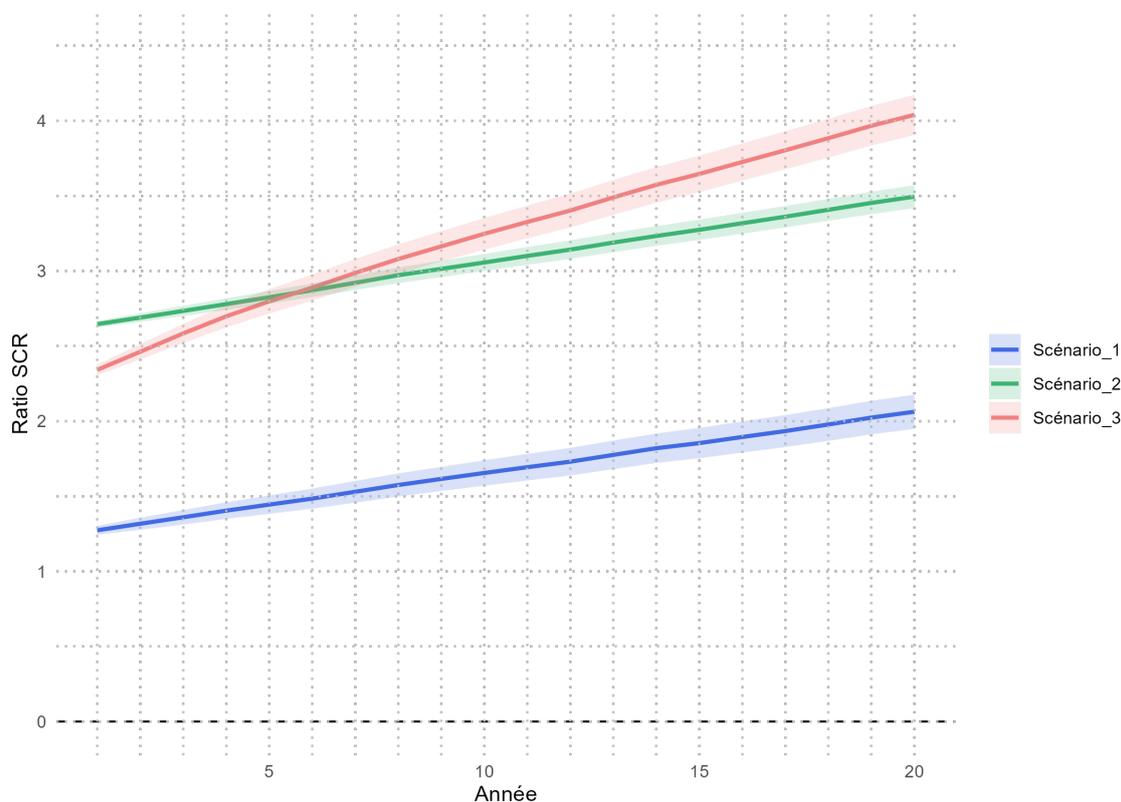


FIGURE 3.11 – Comparaison des ratios de couverture moyens du SCR avant les rendements financiers

Comparaison des rendements financiers

Les résultats suivants du mémoire intègrent les rendements financiers. Ces derniers sont représentés dans la figure 3.12. Il apparaît que le scénario 2 génère un rendement moyen supérieur à celui du scénario 1. Cela s'explique par le fait que le capital investi correspond à la différence entre les fonds propres et le SCR. Le contrat de réassurance réduit les fonds propres disponibles, mais l'effet de *risk mitigation* sur le SCR engendre des fonds excédentaires plus importants.

Les rendements du scénario 3 commencent de manière similaire à ceux du premier scénario, mais au fur et à mesure que la franchise fiscale s'accumule, celle-ci est transférée dans la *cash-pool* du groupe, ce qui permet de générer des rendements plus importants. L'effet de la PPR, est liée à la capacité d'absorption des pertes par les impôts différés. Ceux-ci réduisent le SCR et libèrent ainsi des fonds propres supplémentaires.

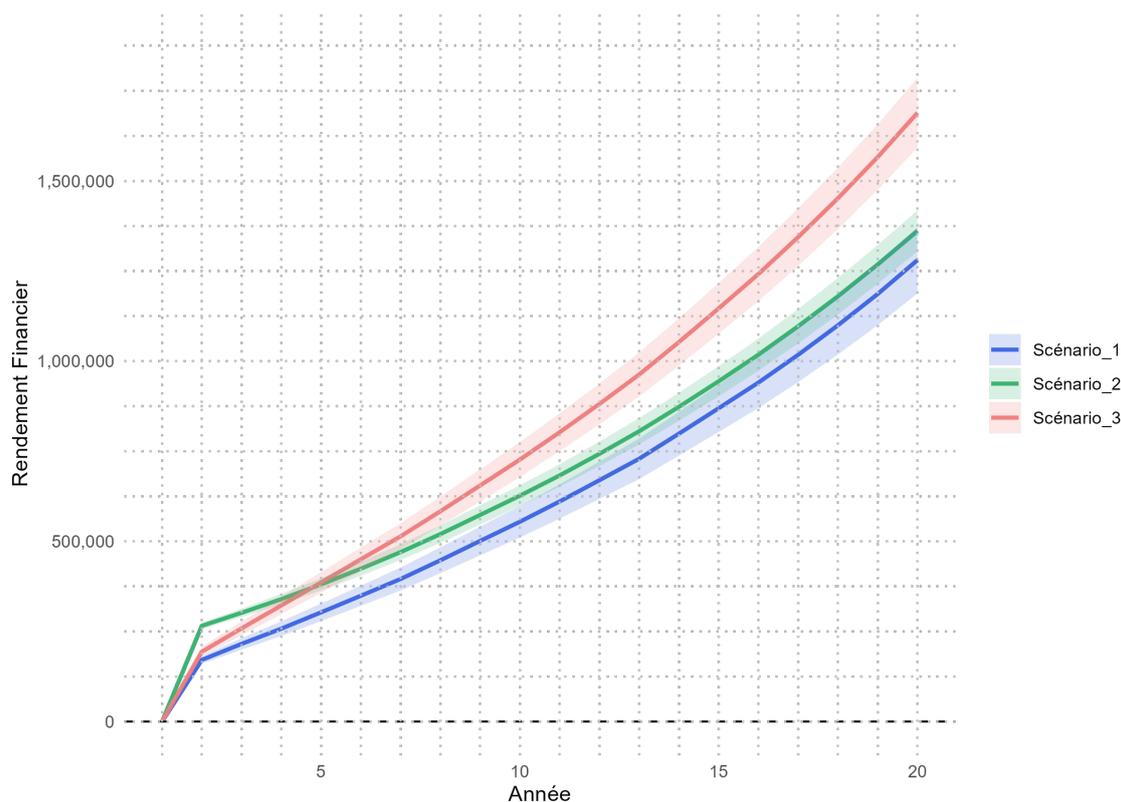


FIGURE 3.12 – Comparaison des rendements financiers sous les 3 scénarios

En outre, les rendements financiers supplémentaires sont réintégrés aux fonds propres, ce qui augmente progressivement le capital investi. Cet effet de capitalisation accumulé n'est cependant pas observé entre les scénarios 2 et 3, le dernier compensant les rendements financiers par un résultat technique moyen supérieur.

Après avoir pris connaissance du résultat technique et du rendement financier, le lecteur est invité à consulter la figure 3.13 qui présente la moyenne du résultat non-technique sous les 3 scénarios. L'augmentation du résultat financier dans le scénario 2 est suffisante pour compenser le résultat technique cédé, cela est en partie dû à l'hypothèse d'un taux de rendement élevé.

Il est également intéressant de noter que, grâce au rendement financier sur la franchise d'impôts, le scénario 3 peut présenter un résultat moyen plus élevé que les deux autres dès l'année 13, c'est-à-dire avant que la limite temporelle de la provision n'entre en jeu.

Comme expliqué dans la section 3.1.2, le résultat moyen du premier scénario



tend à être biaisé à la baisse par les pertes extrêmes. Il est important de garder cela à l'esprit lors de l'examen des impôts moyens payés à travers les trois scénarios, c'est-à-dire la figure 3.14.

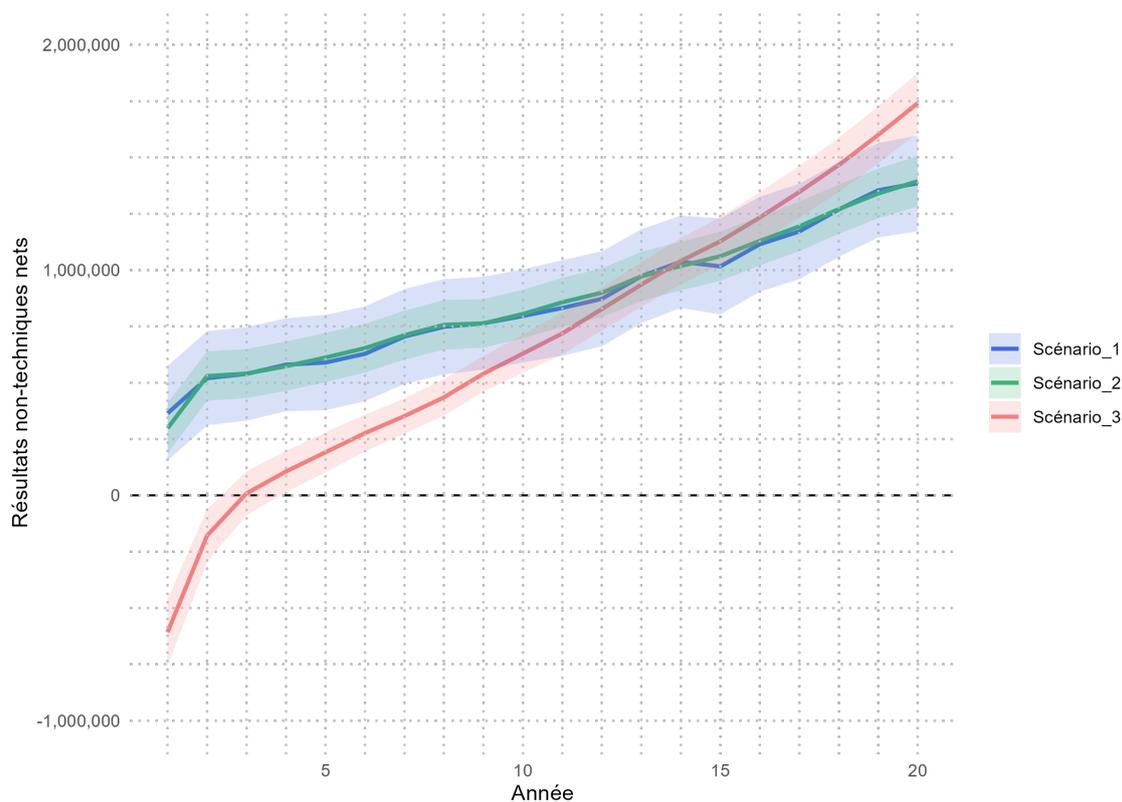


FIGURE 3.13 – Comparaison des résultats totaux sous les 3 scénarios

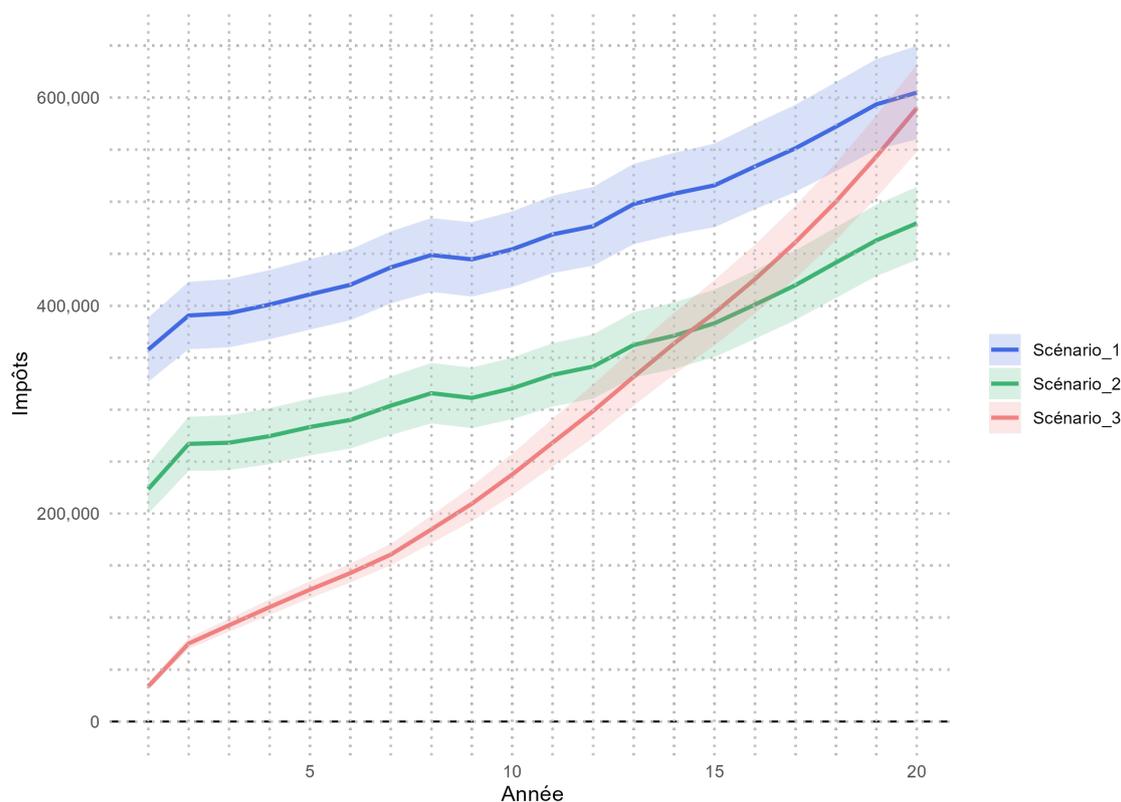


FIGURE 3.14 – Comparaison des impôts moyens sur le résultat sous les 3 scénarios

Les commentaires précédemment apportés sur les résultats moyens ne s'appliquent pas aux impôts. En effet, le montant des impôts payés n'a pas de relation linéaire avec le résultat net. Comme les impôts sont invariablement nuls en cas de perte, une simulation avec une perte extrême a le même poids qu'une avec une perte minimale⁹.

Cependant, il convient de noter que la relation entre les deuxième et troisième scénarios reste valable, car les deux sont moins sensibles aux pertes extrêmes.

3.3 Focus sur des simulations individuelles

Parmi les 5 000 simulations de sinistres, la moins susceptible de se produire pour une captive réelle est celle correspondant à la moyenne, présentée dans la section précédente. Non seulement parce qu'elle n'a pas été observée en tant que

9. De manière plus concise, on comprend que $\mathbb{E}(f(X)) \neq f(\mathbb{E}(X))$, si f est non linéaire.



simulation, mais elle présente également des incompatibilités, comme par exemple entre le résultat moyen et les impôts moyens.

Cela ne signifie pas pour autant qu'elle n'a pas été utile. En effet, l'analyse statistique entreprise dans la section précédente a permis la synthèse de toutes les trajectoires en une seule, plus ou moins représentative de l'ensemble de l'échantillon.

Cependant, son utilité est désormais épuisée pour le moment. De plus, l'intérêt des mesures de réduction des risques telles que la réassurance ou la construction de la PPR est doublement évident non pas sous une simulation moyenne¹⁰, mais sous une simulation défavorable.

Cette section examine quelques simulations individuelles qui sont considérées pédagogiquement intéressantes pour le lecteur, car elles permettent une meilleure compréhension du mécanisme réel derrière la PPR.

3.3.1 Simulation favorable

La première simulation à analyser est la 4^e, dont les résultats pour la 1^{re} année ont déjà été présentés dans la section 3.1. Cette simulation est relativement optimiste, comme en témoigne la figure 3.15. Le résultat technique est positif au cours des neuf premières années de la projection, ce qui conduit à la saturation de la PPR. Cependant, la 10^e année enregistre une perte, permettant ainsi d'utiliser une partie de la provision.

La charge des sinistres pour cette année ne franchit que légèrement la franchise du *Stop Loss*, de sorte que la cession des sinistres ne compense pas la cession des primes. Il en résulte que le scénario 2 subit une perte plus importante que les deux autres scénarios.

10. Qui, de la méthode de tarification des contrats, est favorable.

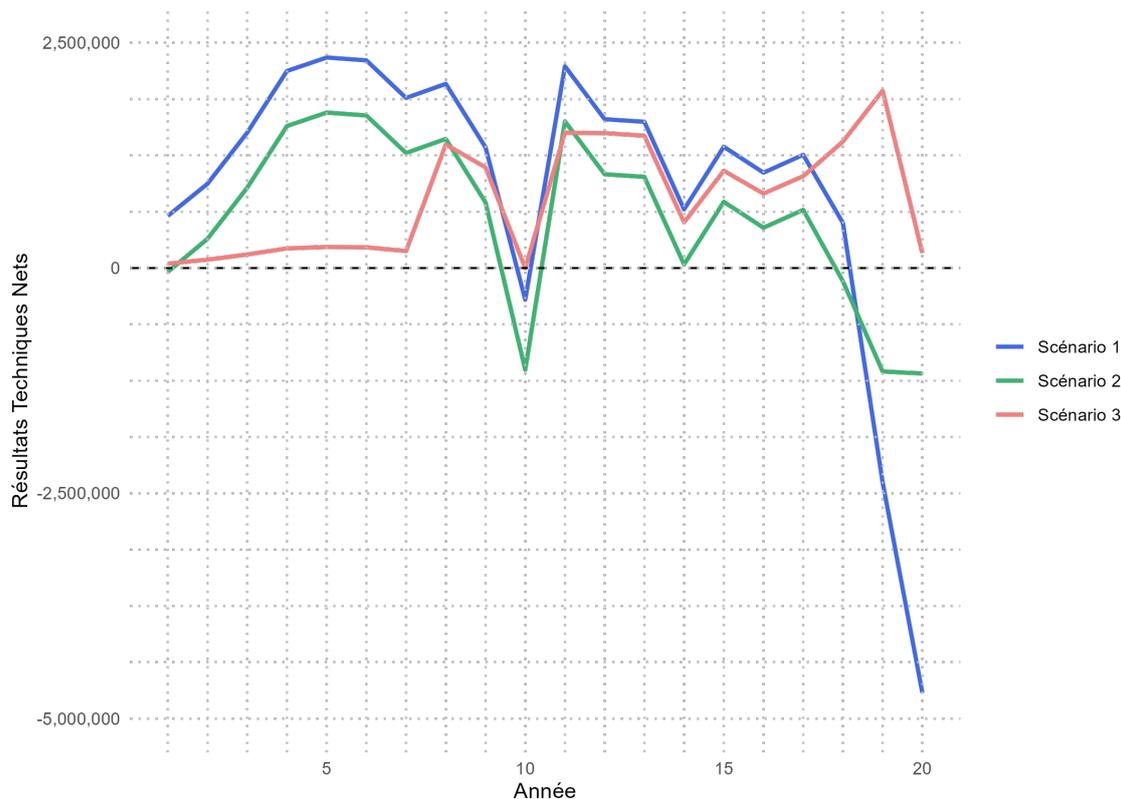


FIGURE 3.15 – Comparaison des résultats techniques nets sous une simulation favorable

La tendance positive se poursuit et la PPR se reconstitue rapidement, comme le montre la similarité subséquente des résultats entre les scénarios 1 et 3. Bien que cela ait pu prêter à confusion sur la première figure, la figure 3.16 révèle que des dotations continuent d'être ajoutées, la limite de la provision augmentant annuellement ¹¹.

Lors de la 16^e année, une partie de la 1^{re} dotation est réintégrée dans le résultat technique, une autre partie étant utilisée pour couvrir la perte de la 10^e année. Cependant, la dotation de la 16^e année est plus importante que cette libération, ce qui explique pourquoi le résultat du scénario 3 reste inférieur à celui du scénario 1. Un phénomène similaire se produit lors de la 17^e année, avec la libération de la dotation de la 2^e année.

En revanche, la 18^e année présente un résultat inférieur à celui de la 3^e année, donc la libération de la dotation conduit à un résultat technique supérieur à celui

11. Cela est dû à l'accroissement du MCR, sujet qui sera brièvement abordé.



du scénario de base.

L'événement survenant à la 19^e année mérite une attention particulière : alors que la captive aurait normalement déclaré une perte, elle affiche néanmoins un résultat positif dans le 3^e scénario. Cela s'explique par la libération de la dotation de la 4^e année, qui n'a pas été utilisée dans la fenêtre de 15 ans et doit donc être libérée, indépendamment du résultat de l'année concernée. La perte est donc absorbée par la dotation de la 5^e année, et la partie non utilisée est libérée l'année suivante, conduisant à nouveau à un résultat positif malgré une perte substantielle cette année-là.

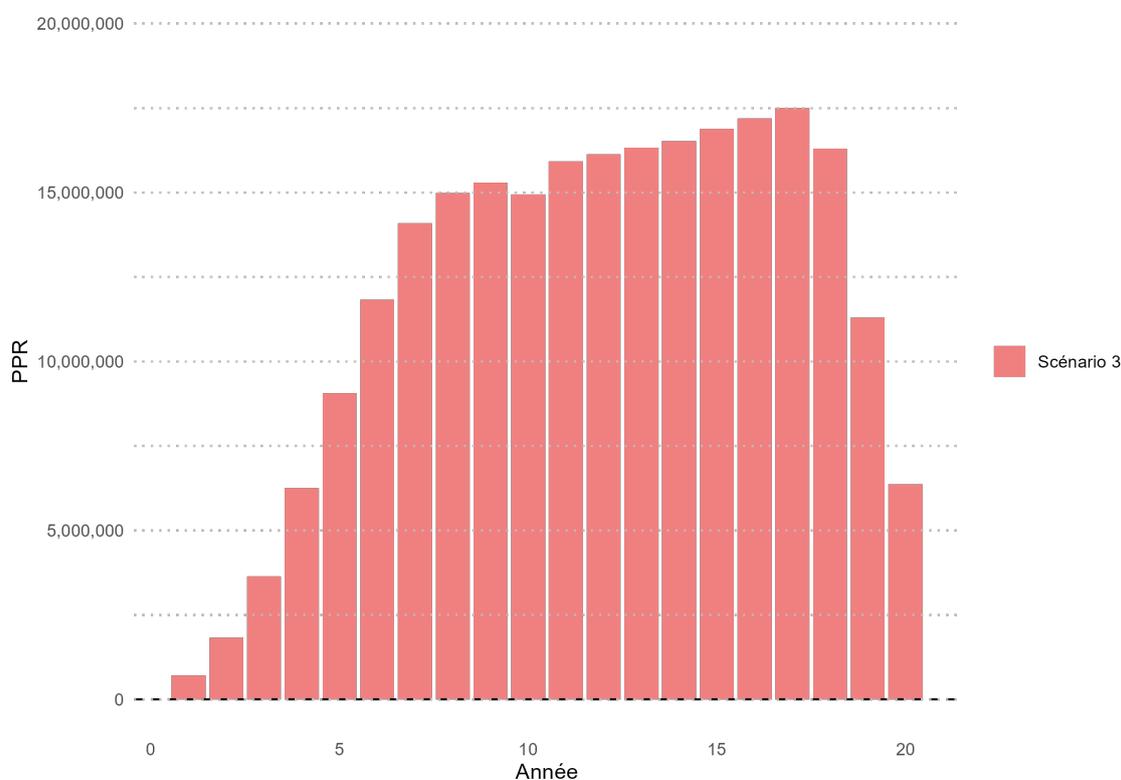


FIGURE 3.16 – Montant de la PPR sous une simulation favorable

Étant donné que le MCR est évalué à 25 % du SCR, la croissance du premier s'explique par celle du second, comme le montre la figure 3.17.

Cette croissance régulière du SCR est alimentée par le SCR de contrepartie, vu que les actifs de la captive augmentent. Les sous-modules SCR non-vie et contrepartie sont illustrés dans la figure 3.18, où l'on peut observer la stabilité relative du



sous-module non-vie, avec seulement de légères variations lors des années de pertes.

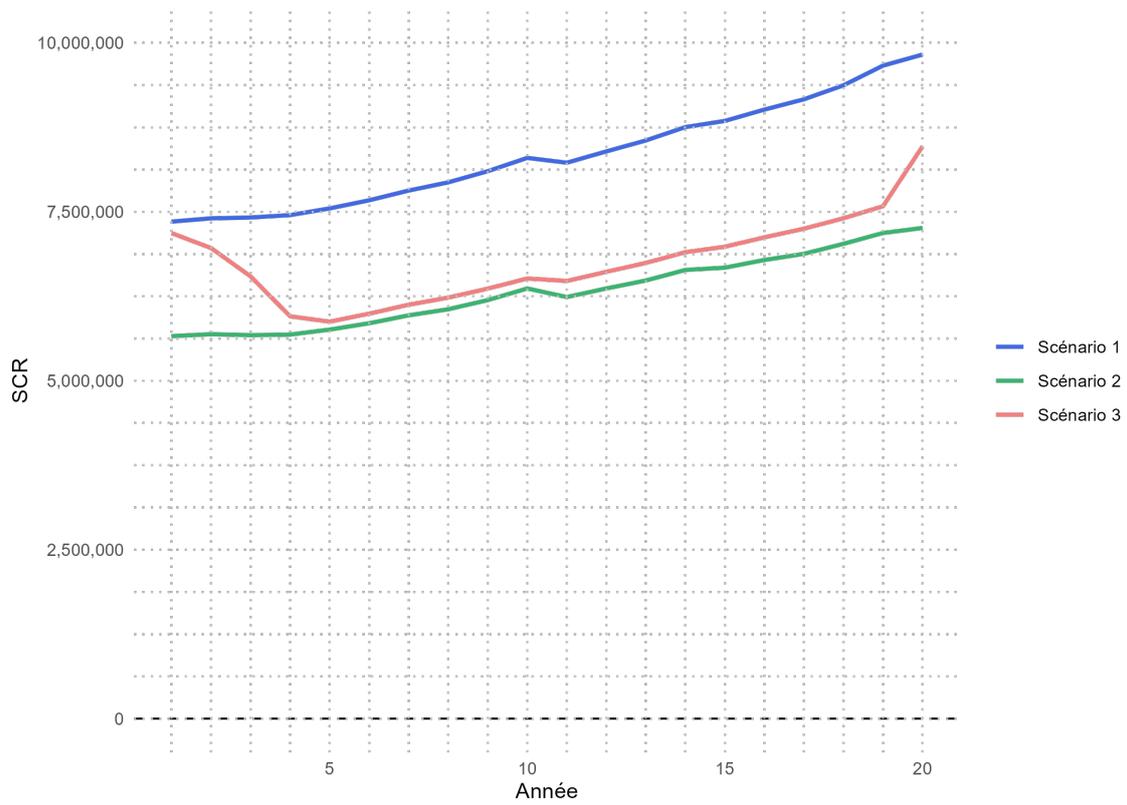
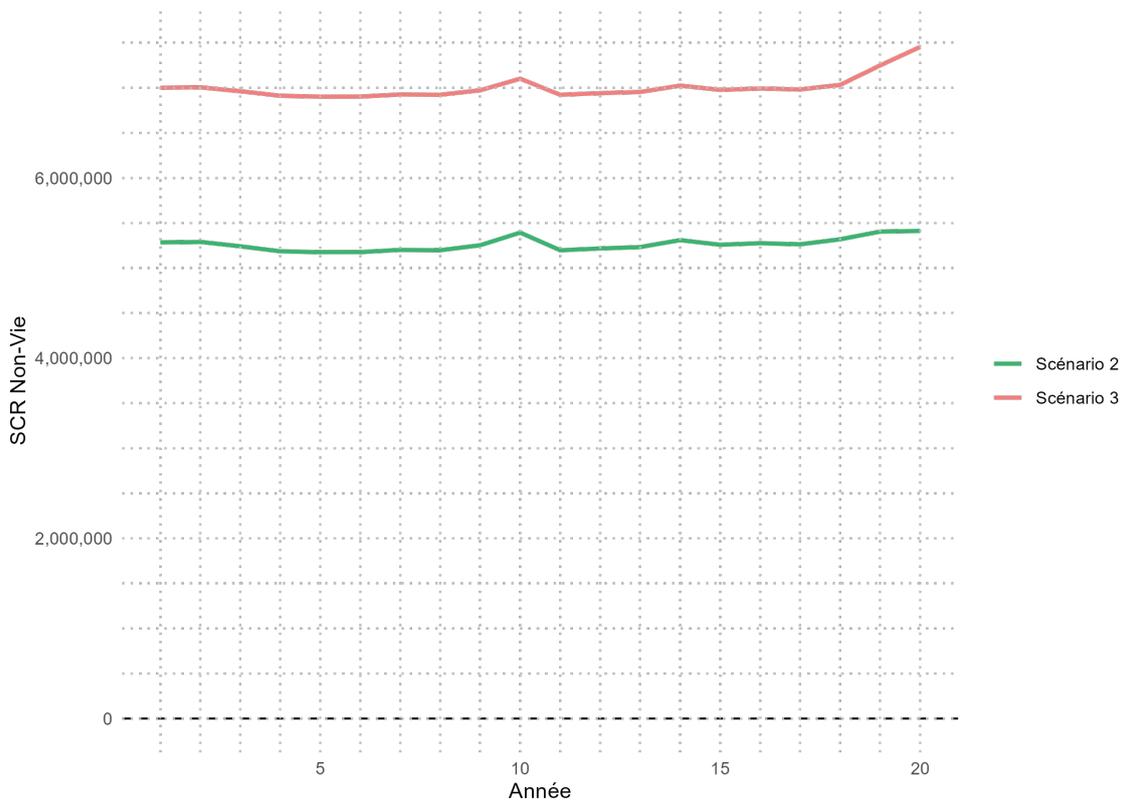
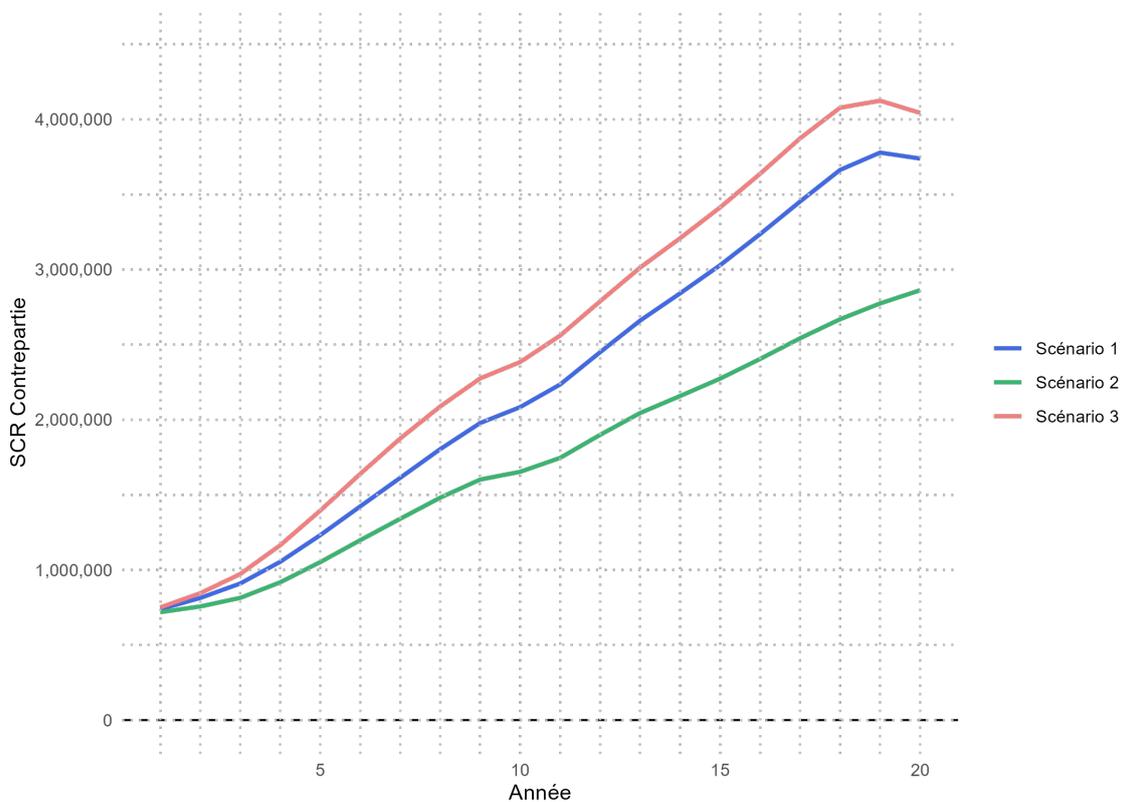


FIGURE 3.17 – SCR sous une simulation favorable



(a) SCR non-vie sous une simulation favorable



(b) SCR contrepartie sous une simulation favorable



On remarquera que le SCR du scénario 3 connaît une hausse plus prononcée que les deux autres lors de la 20^e année. En effet, la PPR entraîne une plus grande sensibilité du SCR, la réduction qu'elle offre étant directement liée au montant de la provision. Ainsi, une réduction importante de ce montant se répercute directement sur le SCR. Toutefois, cela ne se produit pas lors de la perte de la 19^e année, car le montant de la provision reste supérieur à la perte $BSCR + SCR_{Op}$, qui peut être absorbée par les impôts différés.

Un examen des fonds propres sous les trois scénarios s'impose, ceux-ci sont montrés sur la figure 3.19.

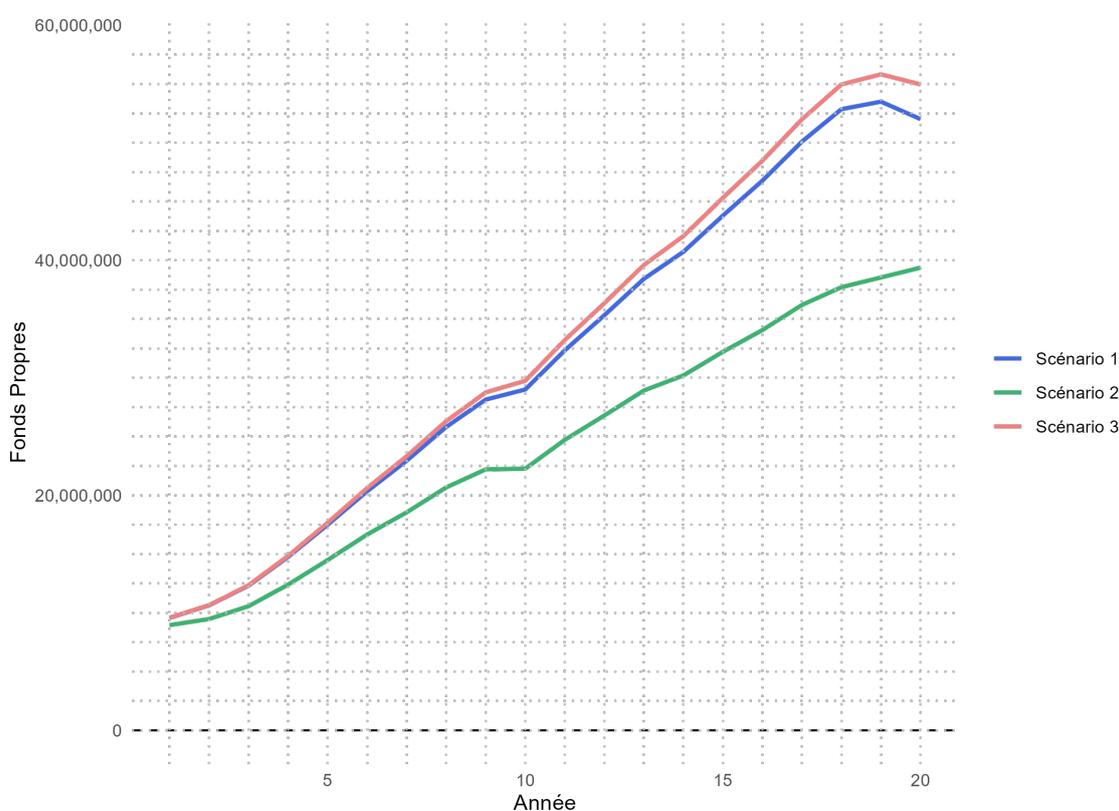


FIGURE 3.19 – Fonds propres sous une simulation favorable

La différence entre les fonds propres des deux premiers scénarios au début n'est pas entièrement perceptible sur le graphique, mais elle existe. Cette différence s'explique uniquement par le rendement financier plus élevé dans le scénario 3, comme le montre la figure 3.20, jusqu'à la perte de la 10^e année, où la divergence devient clairement visible.



Cette divergence est due au fait que 25 % de cette perte est absorbée par les impôts différés dans le scénario 3. Ce phénomène est illustré dans la figure 3.21. Un effet similaire se répète lors des 19^e et 20^e années.

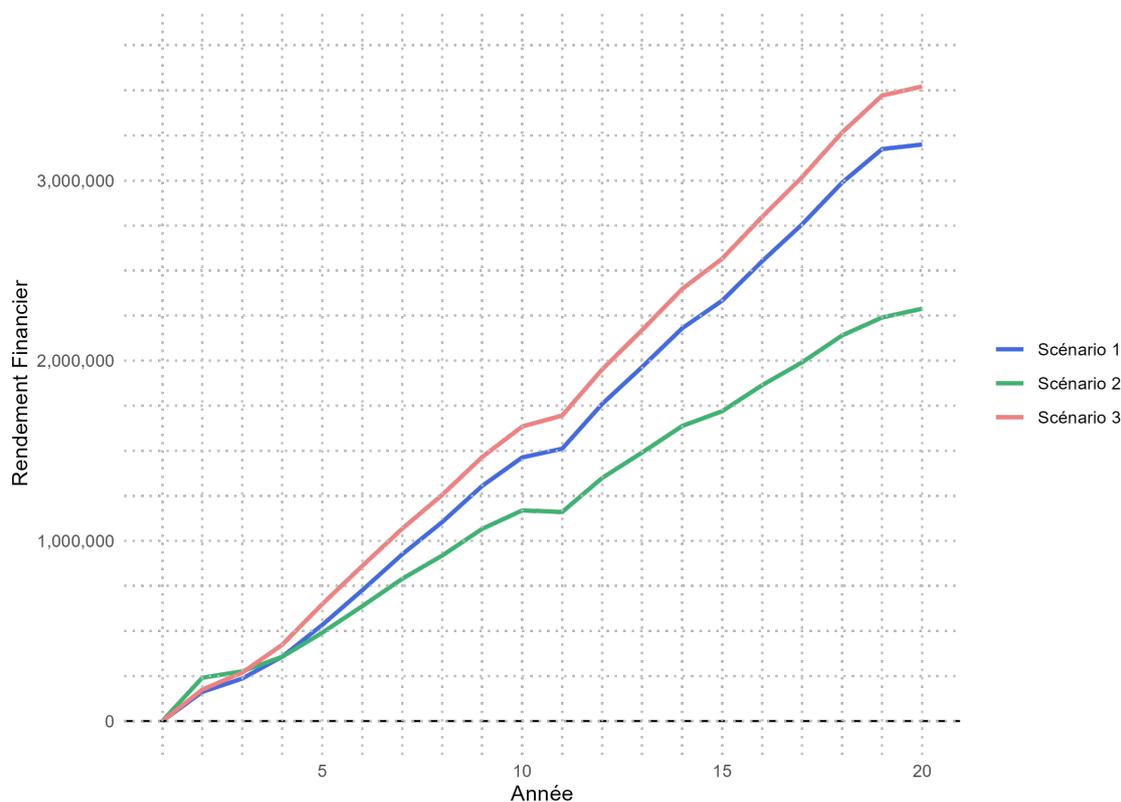


FIGURE 3.20 – Rendements financiers sous une simulation favorable

À travers cette simulation, plusieurs points émergent. Premièrement, la PPR ne conduit pas nécessairement à une augmentation des fonds propres sous Solvabilité 2, car l'avantage fiscal est simplement reporté au poste des impôts différés. Cependant, ce report permet à la captive de bénéficier du principe de la valeur temporelle de l'argent en investissant ce capital excédentaire.

La réduction offerte par la provision au SCR est limitée et volatile, étant beaucoup plus affectée par les pertes extrêmes que par la réassurance. En cas de pertes extrêmes, un contrat de réassurance offrira une meilleure protection des fonds propres que les impôts différés de la provision, comme cela est illustré lors de l'année 20. Toutefois, pour des pertes légères à moyennes, la provision est plus efficace.

Avec l'ajout des rendements financiers, la limite de la provision augmentera à



mesure que le MCR de la captive croît, permettant des dotations à l'année $t + 1$, même si la provision est saturée à l'année t .

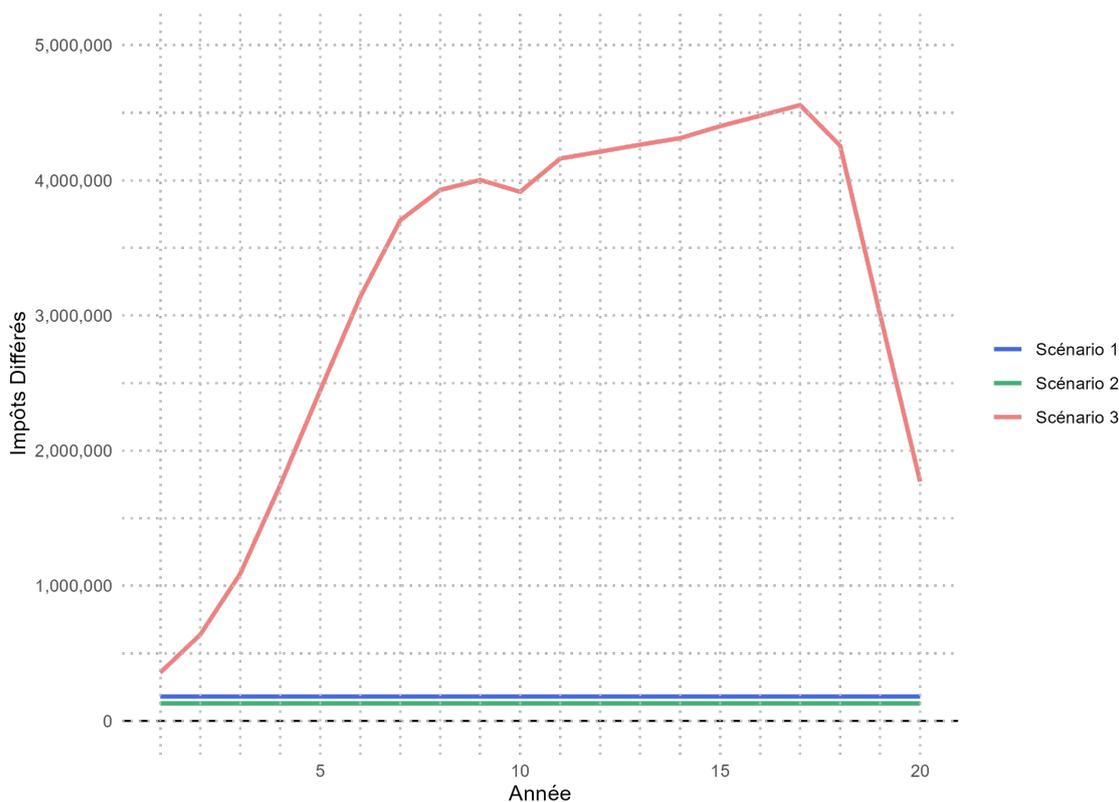


FIGURE 3.21 – Impôts différés sous une simulation favorable

3.3.2 Simulation volatile

Afin de tester pleinement la protection offerte par la PPR, l'attention se porte désormais sur un cas présentant davantage de volatilité. Il s'agit de la simulation numéro 1, dont les trajectoires du résultat technique peuvent être observées dans la figure 3.22.

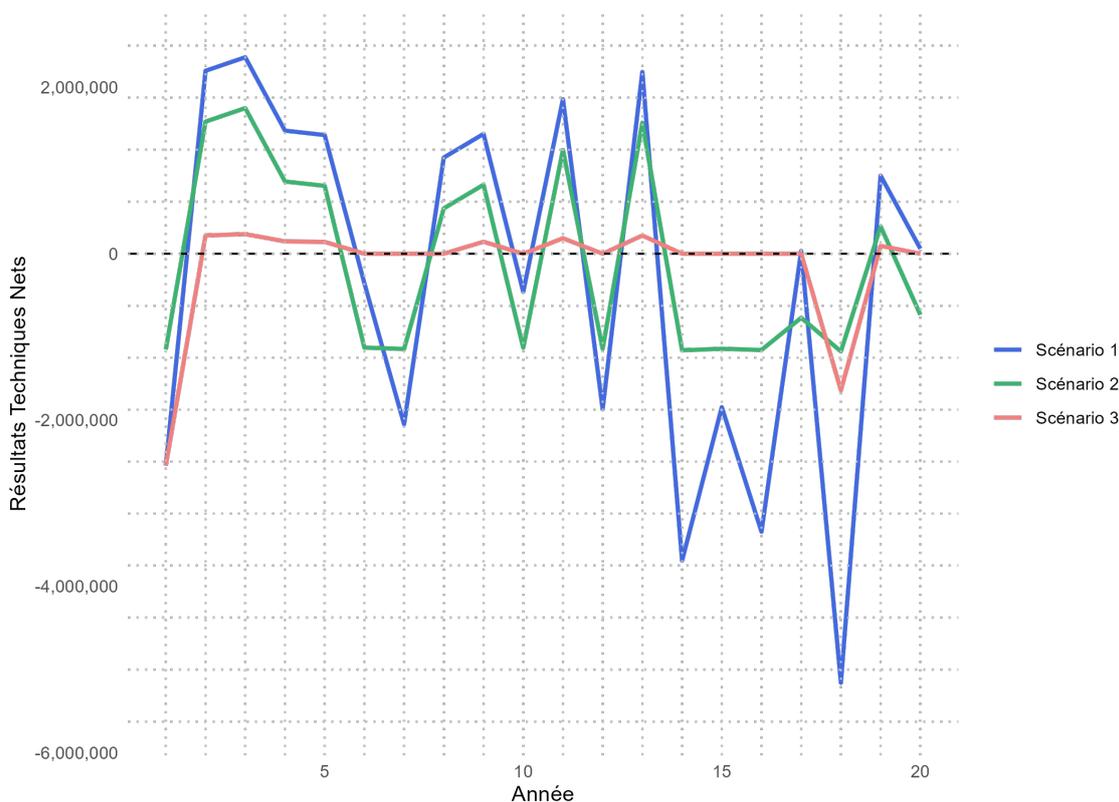


FIGURE 3.22 – Comparaison des résultats techniques nets sous une simulation volatile

La 1^{re} année présente une perte importante, empêchant ainsi la constitution immédiate de la provision. Les années suivantes montrent une volatilité marquée du résultat sous les scénarios 2 et 3, que la PPR parvient à lisser de manière assez satisfaisante, jusqu'à son épuisement à la 18^e année. En effet, à partir de la 14^e année, la captive subit une série de pertes qui finissent par épuiser la provision.

La trajectoire des fonds propres est illustrée dans la figure 3.23. L'impact de la PPR sur les fonds propres est plus prononcé dans ce scénario, qui présente de nombreuses pertes. Malgré les pertes initiales et la volatilité du résultat tout au long de la période, le scénario 3 parvient à conserver davantage de fonds propres que le scénario de réassurance, jusqu'à la 18^e année, lorsque la provision est entièrement épuisée et que les pertes commencent à affecter pleinement les fonds propres.

Les trajectoires du SCR sont représentées dans la figure 3.24. À mesure que la PPR se constitue, le SCR diminue pour atteindre un niveau comparable à celui du



scénario 2. Cela est dû, de manière fortuite, au fait que la perte initiale a maintenu les actifs suffisamment bas pour contenir le risque de contrepartie.

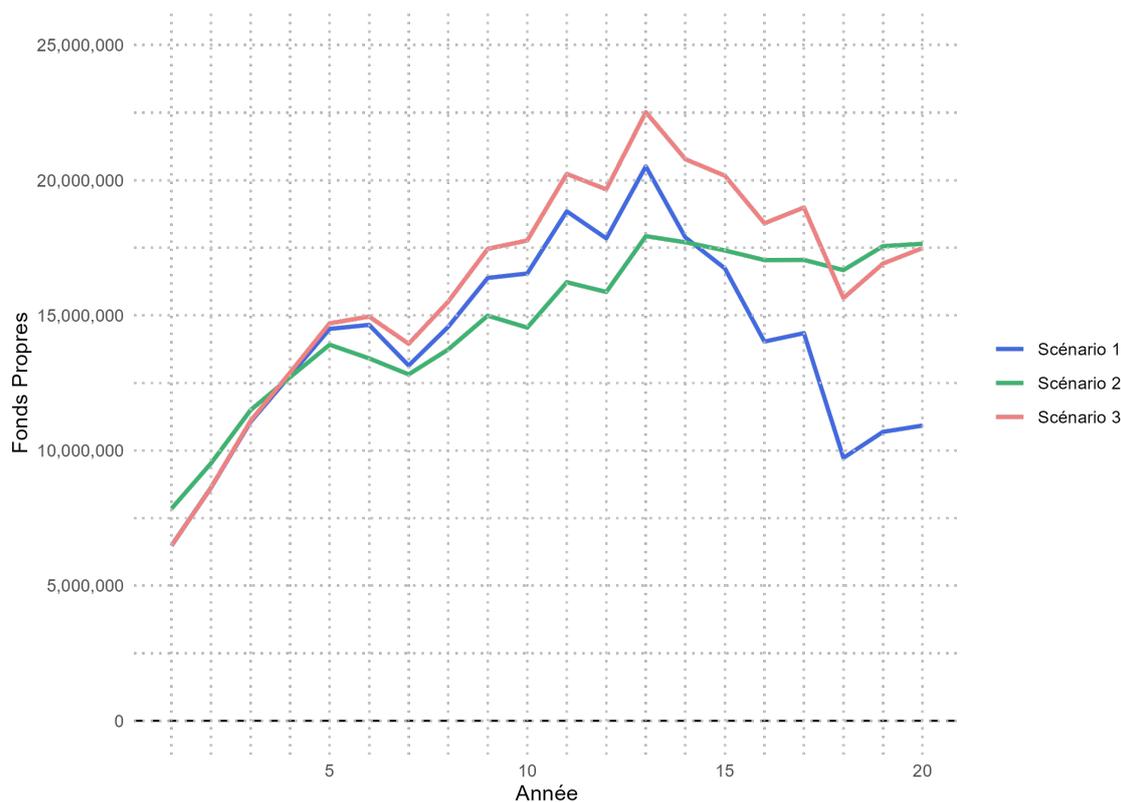


FIGURE 3.23 – Fonds propres sous une simulation volatile

Il est intéressant d'observer la volatilité entourant le SCR, qui semble parfois incohérente par rapport aux pertes constatées. Un bond est observé à la 7^e année, lorsque la captive enregistre une perte. Toutefois, lorsque des événements similaires surviennent aux 10^e et 12^e années, le SCR semble indifférent, mais réagit aux pertes suivantes.

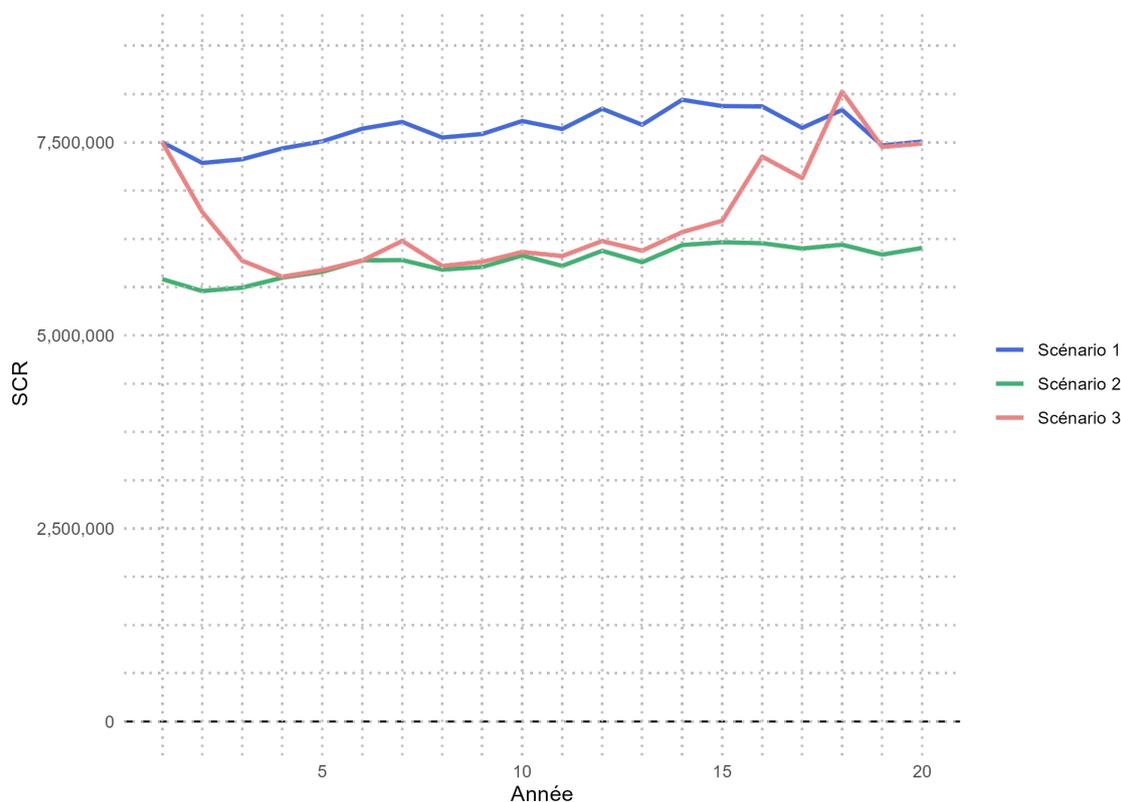


FIGURE 3.24 – SCR sous une simulation volatile

Cependant, la figure 3.25 permettra de contextualiser cela. Au risque de répéter des remarques précédentes, il convient de rappeler que la réduction du SCR par la provision est plafonnée dès lors que le montant de celle-ci excède la perte qui peut être absorbée par les impôts différés : $BSCR + SCR_{Op}$.

Une autre observation intéressante concernant la figure 3.24 est que, lorsque la provision est entièrement épuisée à la 18^e année, le SCR se retrouve supérieur à celui du premier scénario. Cela s'explique par l'excédent d'actifs provenant des rendements financiers, ce qui engendre un risque de contrepartie. Les rendements financiers sont affichés dans la figure 3.26.

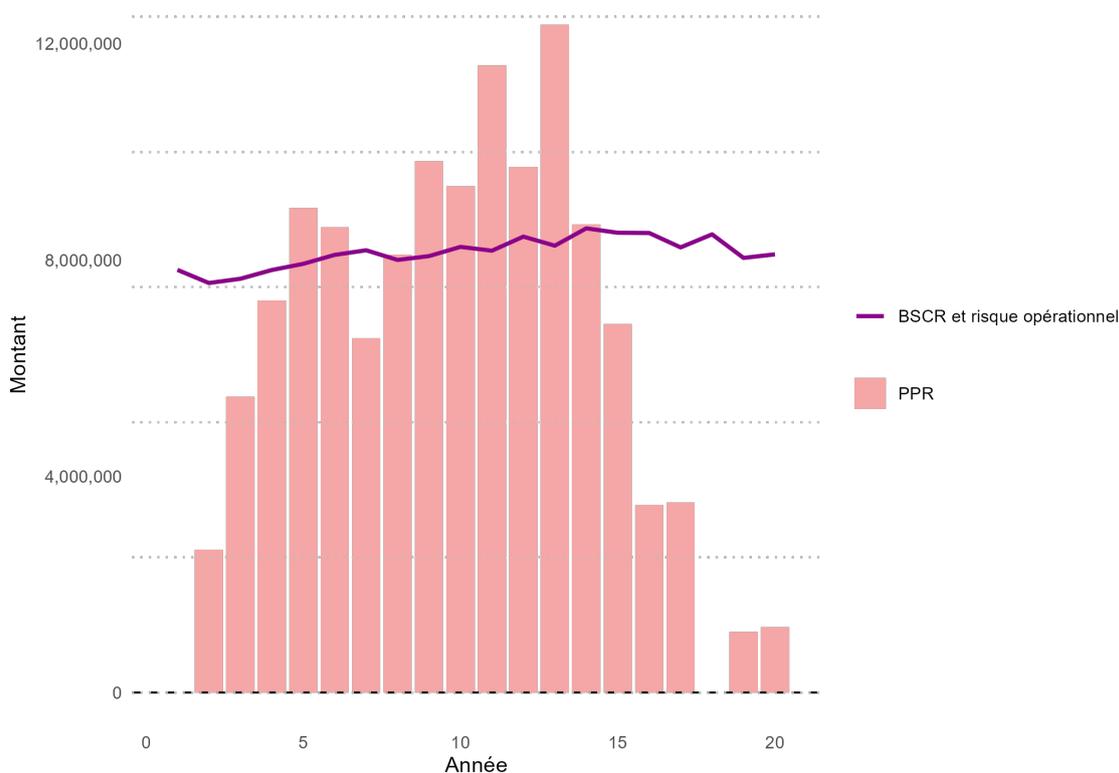


FIGURE 3.25 – Montant de la PPR sous une simulation volatile

Cette simulation, qui montre une plus grande volatilité à la fois des fonds propres et du capital requis, justifie la présentation de son ratio de solvabilité, comme illustré dans la figure 3.27. Grâce à une moindre volatilité du SCR et une meilleure protection des fonds propres contre les pertes successives, le scénario avec réassurance parvient à maintenir un ratio de solvabilité plus élevé tout au long de la période.

Cette simulation permet d'ajouter quelques conclusions. La PPR montre une solidité surprenante lorsqu'elle est testée face à la volatilité du résultat. Même avec des pertes considérables, elle permet encore de maximiser les fonds propres par rapport à la réassurance. Toutefois, cela n'est vrai que jusqu'à un certain point, car elle ne peut pas absorber la totalité des pertes extrêmes successives.

La réduction que la provision offre au SCR est en effet fragile. Ce point avait déjà été observé dans le scénario favorable, mais il est d'autant plus évident dans celui-ci. Néanmoins, le SCR est une évaluation d'une perte sur les fonds propres ; lorsque la provision est constituée, elle permet effectivement de minimiser cette perte.



Même sous une sinistralité volatile, les rendements financiers des impôts différés restent très intéressants et, en soi, permettent un renforcement additionnel du capital de la captive.

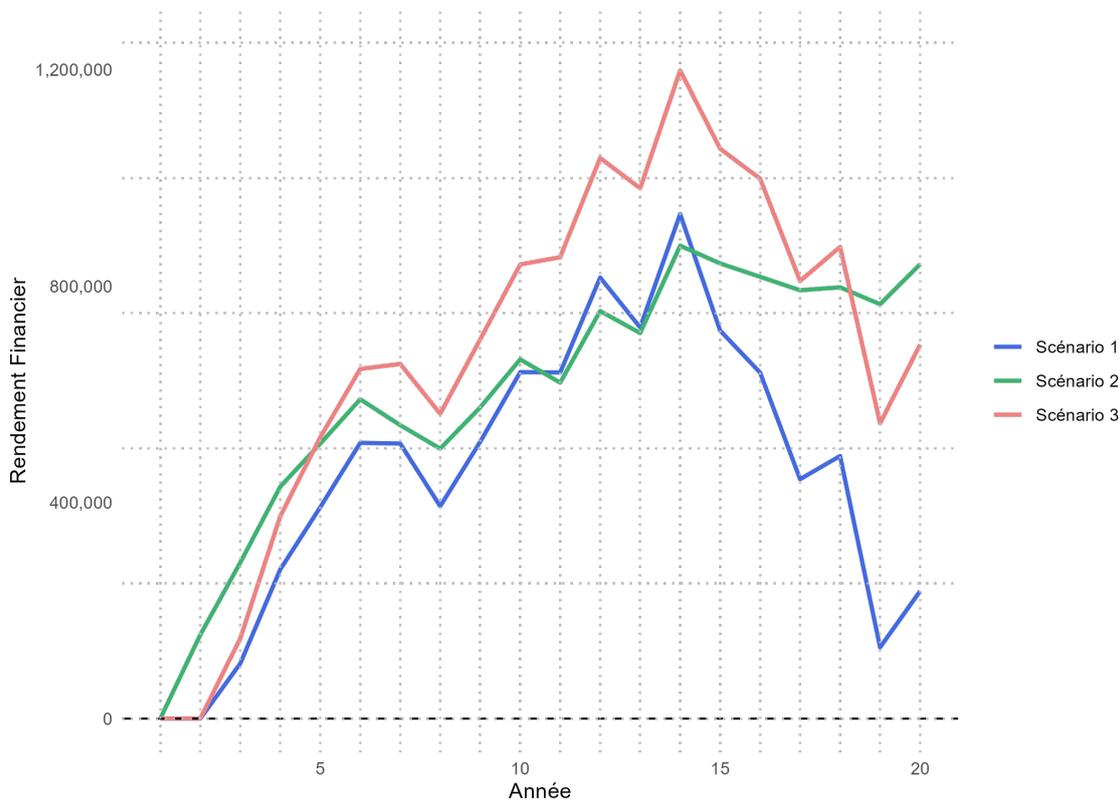


FIGURE 3.26 – Rendements financiers sous une simulation volatile



FIGURE 3.27 – Ratios de solvabilité sous une simulation volatile

3.4 Conclusion du chapitre

L'étude présentée dans ce chapitre doit être considérée dans son ensemble pour en tirer des conclusions pertinentes.

L'hypothèse initiale de l'absence de rendements financiers permet d'évaluer la PPR uniquement en tant que mesure de réduction des risques. Dans cette perspective, la provision se révèle relativement efficace, en permettant une maximisation des fonds propres par le transfert partiel des pertes vers les impôts différés. Ce mécanisme est partiellement pris en compte dans la formule standard et conduit ainsi à une réduction du SCR, bien que cette réduction soit plafonnée.

Étant donné que l'absorption des pertes offerte par la provision fonctionne d'une manière similaire à un contrat *Stop Loss*¹², une comparaison entre les deux s'imposait. Cette comparaison indique que la PPR est plus efficace en cas de pertes faibles

12. Voir section 2.3.



à modérées, tandis que la réassurance, bien que beaucoup plus coûteuse en termes de cession des fonds propres, offre une plus grande sécurité face à des scénarios de pertes extrêmes.

Il convient également de souligner que l'avantage fiscal conféré par la PPR n'entraîne pas une augmentation immédiate des fonds propres, car il est transféré au poste des impôts différés. Toutefois, ce report fiscal permet à la captive de bénéficier du principe de la valeur temporelle de l'argent, en réinvestissant les excédents fiscaux, ce qui génère des rendements financiers supplémentaires.

En dehors du cadre technique propre à l'actuariat, les répercussions de l'introduction de cette provision pour la société mère peuvent être comprises comme suit.

De nombreuses entreprises souhaitant établir des captives en France étaient réticentes en raison de l'exigence élevée de capital. La seule solution antérieure à cette problématique résidait dans l'acquisition de réassurance, ce qui entraînait une cession significative des fonds propres et une exposition aux cycles de souscription. Il apparaît donc que sous cette nouvelle réglementation, les captives dépendent moins de la couverture des risques par les réassureurs.

Par ailleurs, les rendements financiers associés à la franchise fiscale peuvent, en eux-mêmes, s'avérer très attractifs. En effet, l'hypothèse posée dans l'étude est que la captive conserve l'intégralité de l'avantage financier de la provision, mais, en réalité, cela se traduira par des rendements pour la société mère.

Ainsi, une entreprise choisissant de domicilier une captive en France peut désormais bénéficier d'un véhicule de gestion des risques qui, à moyen et long termes, s'avère plus économique et génère davantage de valeur pour les actionnaires qu'auparavant.



CHAPITRE 4

LA QUESTION DE REDOMICILIATION

"See first, think later, then test. But always see first. Otherwise you will only see what you were expecting."

–Douglas Adams, *1985*

Comme l'a exprimé sans ambiguïté le rapporteur général (CAZENEUVE, 2022), l'un des objectifs du nouveau régime national des captives est d'inciter les captives domiciliées à l'étranger à envisager un rapatriement sur le territoire national. Selon SCOR (2023), environ trois quarts de ces captives sont domiciliées au Luxembourg, qui reste de loin le principal domicile européen, en particulier pour les captives détenues par des entreprises européennes¹.

Le mémoire de SCHWARTZBROD (2022) a comparé les avantages de ce domicile avec la France sous une hypothèse spéculative sur le régime français. Étant donné que ce dernier n'est désormais plus une question de spéculation, ce chapitre réévalue la comparaison entre les deux domiciles afin d'examiner la question de la redomiciliation des captives françaises basées au Luxembourg.

1. Les acteurs internationaux opérant sur le continent européen ont toutefois montré une préférence pour l'Irlande, ce qui explique que ce domicile soit le deuxième plus populaire dans la région.



4.1 Présentation de la PFS

Une présentation du régime luxembourgeois des captives s'impose évidemment, cette section y sera donc dédiée.

En effet, il peut être trompeur de se référer à ce dispositif comme un "régime des captives", car il s'agit d'une réglementation dont peuvent bénéficier toutes les entités de réassurance dans le pays. Comme en France, l'avantage est de nature fiscale et prend la forme d'une provision inscrite au passif, pour laquelle les dotations sont déductibles fiscalement.

Cette provision, ainsi que les règles qui y sont associées, sont énoncées dans le règlement grand-ducal du 5 décembre 2007 (JOURNAL OFFICIEL DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG, 2007). Son fonctionnement est assez similaire à celui de la PPR, avec les différences notables présentées dans le tableau 4.1.

Contrairement à la PPR, cette provision concerne et est obligatoire pour toutes les sociétés de réassurance du grand-duché, ce qui signifie qu'elle est applicable à toutes les catégories de risques. La variation de la provision est égale à la somme totale des résultats techniques et financiers².

Cependant, à l'instar de la PPR, le montant total de la provision est plafonné, mais cette limite est calculée par catégorie de risque. Pour chaque catégorie de risque, cette limite est fixée à un multiple des primes acquises. Le multiple est fixé par la CAA et est calculé comme le demi-entier supérieur au sextuple de l'écart-type du ratio charge sinistres sur primes acquises. Le montant total de la provision ne peut alors dépasser la somme des limites établies pour chaque catégorie de risque.

2. Cela exclut les plus ou moins-values sur les participations ou parts dans des entreprises liées (JOURNAL OFFICIEL DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG, 1994).



PFS	PPR
Obligatoire pour toutes les entreprises de réassurance	Optionnelle pour les captives de réassurance opérant sur certaines catégories de risques
Dotations et absorption de pertes sur la base du résultat technique et financier	Dotation sur la base du bénéfice technique sur chaque LoB et absorption de la perte technique
Aucune limite temporelle sur l'utilisation des dotations	Les dotations doivent être utilisées dans une période de 15 ans
Limite calculée en fonction de la volatilité historique du ratio S/P et du montant de primes acquises	Limite calculée en fonction du MCR

TABLE 4.1 – Comparaison entre la PFS et la PPR

Outre les différences de fonctionnement de ces deux provisions, les deux juridictions divergent également en ce qui concerne d'autres considérations fiscales. Bien que dans les deux pays, le résultat comptable constitue le revenu imposable de l'entreprise et que tous deux appliquent un taux d'imposition similaire à ce dernier³, les captives domiciliées au Luxembourg sont soumises à un impôt supplémentaire sur la fortune (SCHWARTZBROD, 2022 ; GUICHET PUBLIQUE, 2024), égal à 0,5 % des actifs nets⁴ de l'entreprise.

Afin de comparer les deux régimes, ce chapitre envisagera donc le scénario dans lequel CemexRe est domiciliée au Luxembourg. Les résultats de ce scénario peuvent ensuite être comparés au scénario 3.

Les règles comptables de la PFS sont ainsi appliquées en plus des règles fiscales de la juridiction luxembourgeoise :

- taux d'impôts sur le revenu à 24,96 % ;
- application de l'impôt sur la fortune ;

La limite de la PFS est calculée en fonction de la volatilité du ratio S/P provenant de toutes les simulations sur la période et reste donc la même pour les différentes

3. 24,96 % au Luxembourg contre 25 % en France.

4. Fonds propres comptables.



simulations. Incidemment, le montant obtenu à partir du calcul est du même ordre de grandeur que la limite moyenne de la PPR.

4.2 Comparaison entre les deux dispositifs

Étant donné que la provision luxembourgeoise prélève davantage des dotations sur les résultats, qui sont ensuite retenues sans limite de temps quant à leur utilisation, les résultats comptables attendus dans le scénario luxembourgeois sont inférieurs à ceux observés précédemment sous le régime français. De la même manière, on peut supposer que le montant moyen de la PFS sera supérieur à celui de la PPR. Ces deux affirmations peuvent être vérifiées à l'aide des figures 4.1 et 4.2.

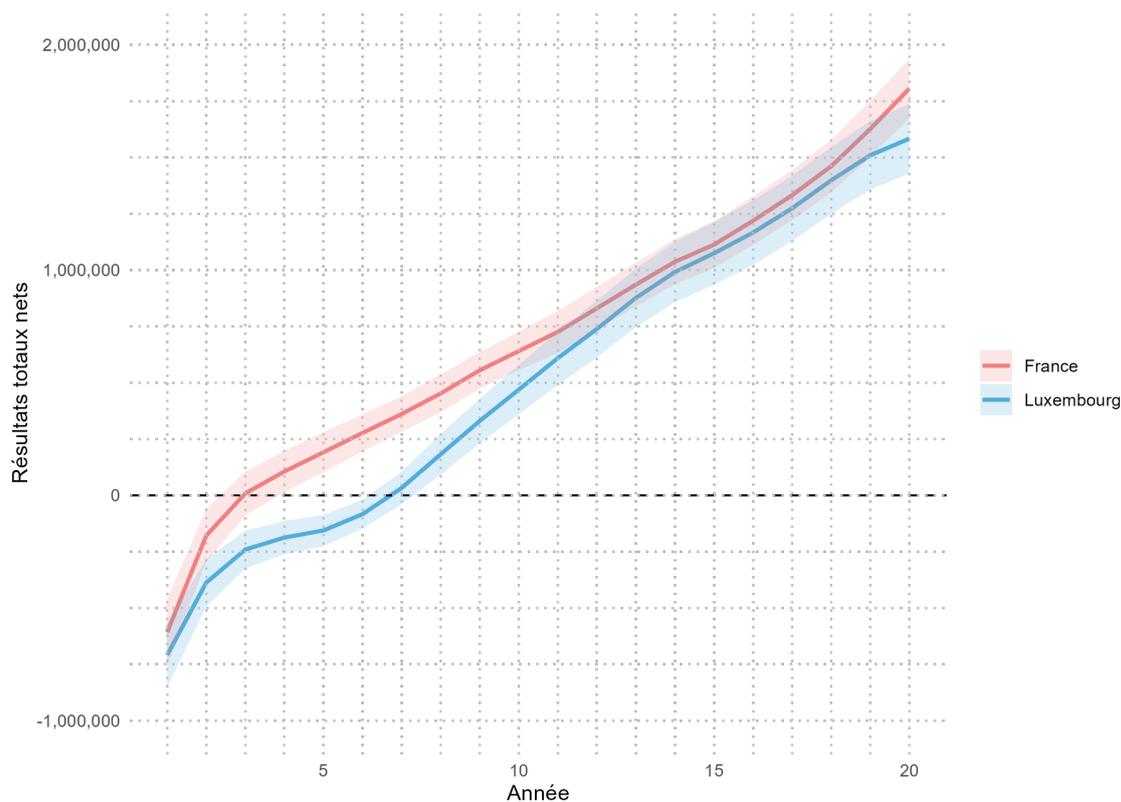


FIGURE 4.1 – Résultat total sous les deux régimes

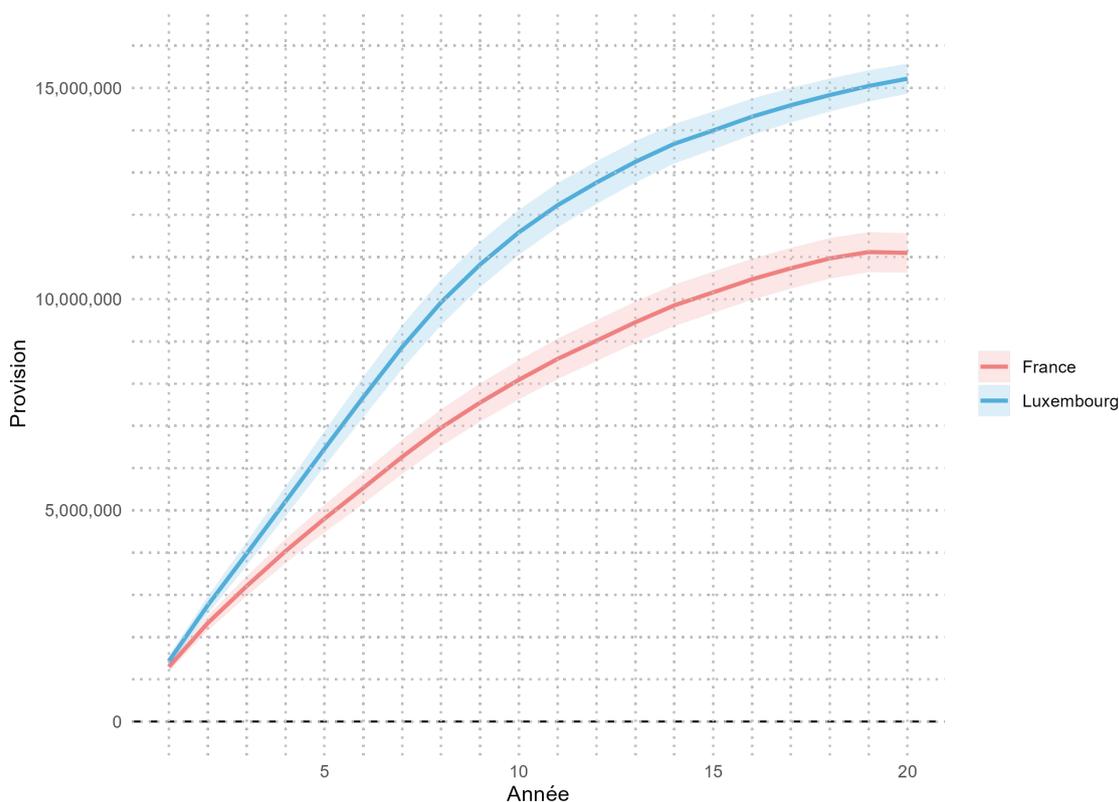


FIGURE 4.2 – Provisions pour égalisation sous les deux régimes

La figure 4.1 est intéressante car elle montre comment, à la fin de la période, les deux résultats tendent presque à converger. Les deux courbes sont les plus proches vers la quinzième année, puis elles commencent à diverger lorsque les dotations inutilisées de la PPR commencent à être libérées. En effet, avant que la limite temporelle de la PPR ne soit prise en compte, les deux provisions se comportent de manière assez similaire dans les simulations où elles sont complètement constituées.

Le montant plus élevé de provision se traduit par une meilleure réduction en ce qui concerne le SCR, comme il est visible à la figure 4.3. Cela conduit également à une moindre volatilité autour de l'exigence en capital puisque l'absorption des pertes par les impôts différés est plus stable. Il convient de noter également que la volatilité présentée dans cette figure n'est pas atténuée par un facteur.

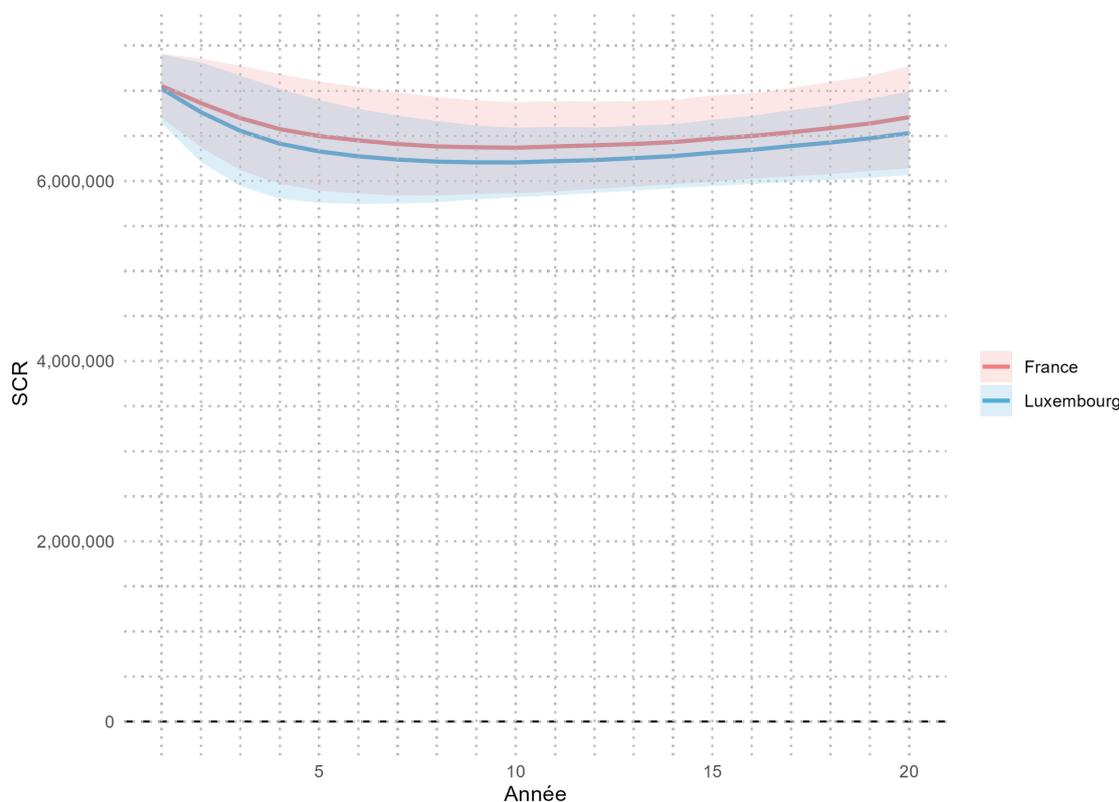


FIGURE 4.3 – SCR sous les deux régimes

Cependant, comme mentionné précédemment, un montant de provision plus important, bien qu'il se traduise par davantage d'actifs, ne se traduit pas nécessairement par davantage de fonds propres, car la franchise d'impôts est transférée en poste des impôts différés. De plus, une captive luxembourgeoise est soumise à l'impôt sur la fortune, qui est directement prélevé sur le poste des fonds propres. Ces deux éléments combinés expliquent pourquoi les fonds propres moyens sous le régime luxembourgeois sont inférieurs à ceux sous le régime français, comme l'illustre la figure 4.4.

La figure 4.5 montre les impôts payés en moyenne sous les deux régimes. Il est bien compris que, à mesure que les fonds propres augmentent, l'impôt sur la fortune appliqué à ces derniers augmente également. Cependant, la hausse des impôts dans le scénario luxembourgeois s'explique principalement par la PFS qui atteint sa limite dans des simulations favorables.

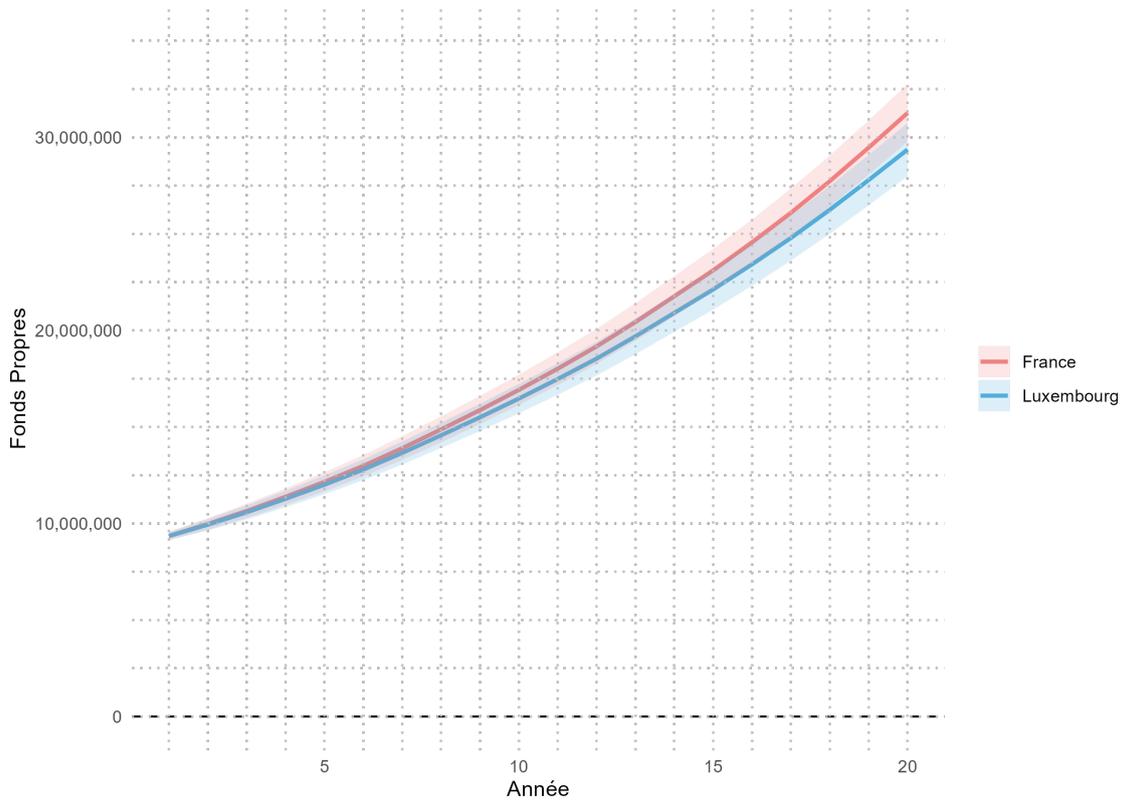


FIGURE 4.4 – Fonds propres économiques sous les deux régimes

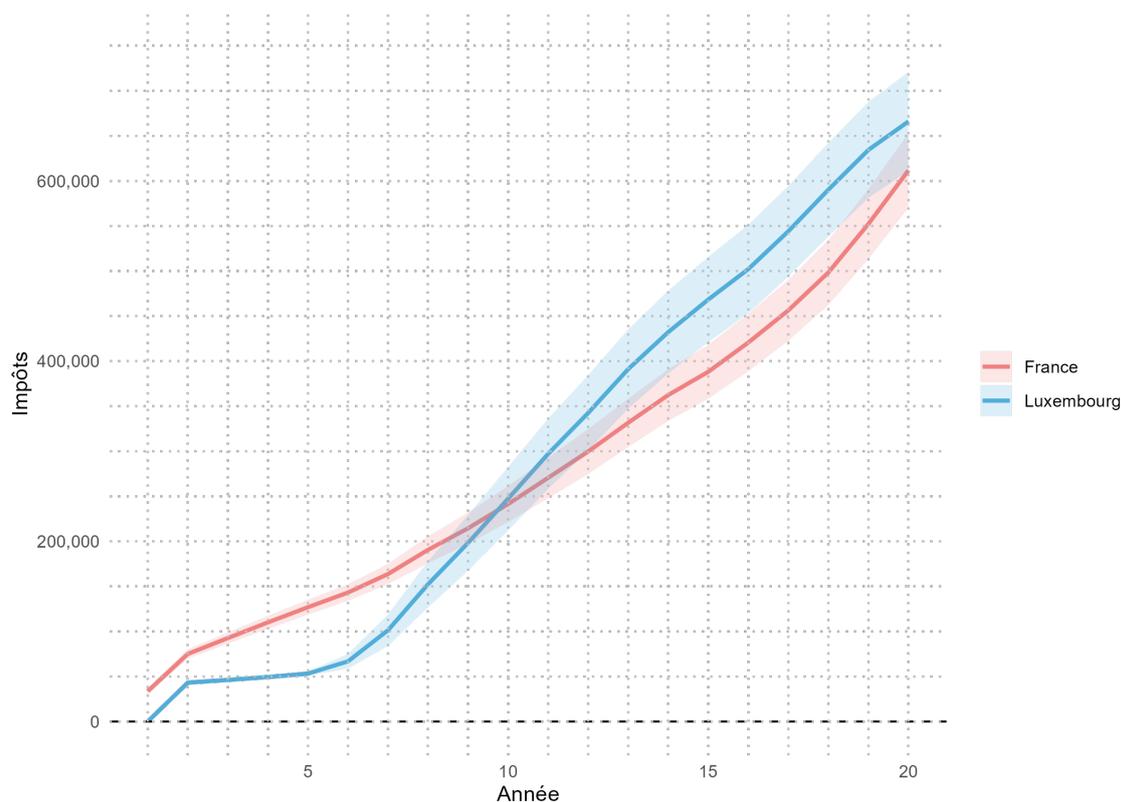


FIGURE 4.5 – Impôts sous les deux régimes

Afin de mettre en évidence toute la subtilité de la différence entre les deux juridictions, il est pertinent d'adopter une analyse plus approfondie des résultats. Ce chapitre suivra donc les traces de son prédécesseur et revisitera les simulations individuelles précédemment examinées.

4.2.1 Sous une simulation favorable

La simulation présentée ici est la même simulation favorable étudiée dans la section 3.3. La figure 4.6 montre le résultat net total dans les deux régimes, tandis que la figure 4.7 montre les montants des provisions. Alors que la PPR est dotée du bénéfice technique, la PFS intègre l'ensemble du résultat technique et financier positif. Dans une simulation optimiste, cela conduit à ce que la PFS soit entièrement constituée dès la 6^e année, ce qui entraîne des résultats ultérieurs plus élevés que sous le régime de la PPR.

Cela demeure le cas jusqu'à la 10^e année, lorsque la captive enregistre une perte



sur ses activités techniques. Selon la vision de la PFS, ce résultat technique est compensé par le résultat financier, menant à un résultat total positif, la provision n'intervient donc pas. En revanche, la PPR stabilise le résultat technique à 0 avant d'ajouter le résultat financier.

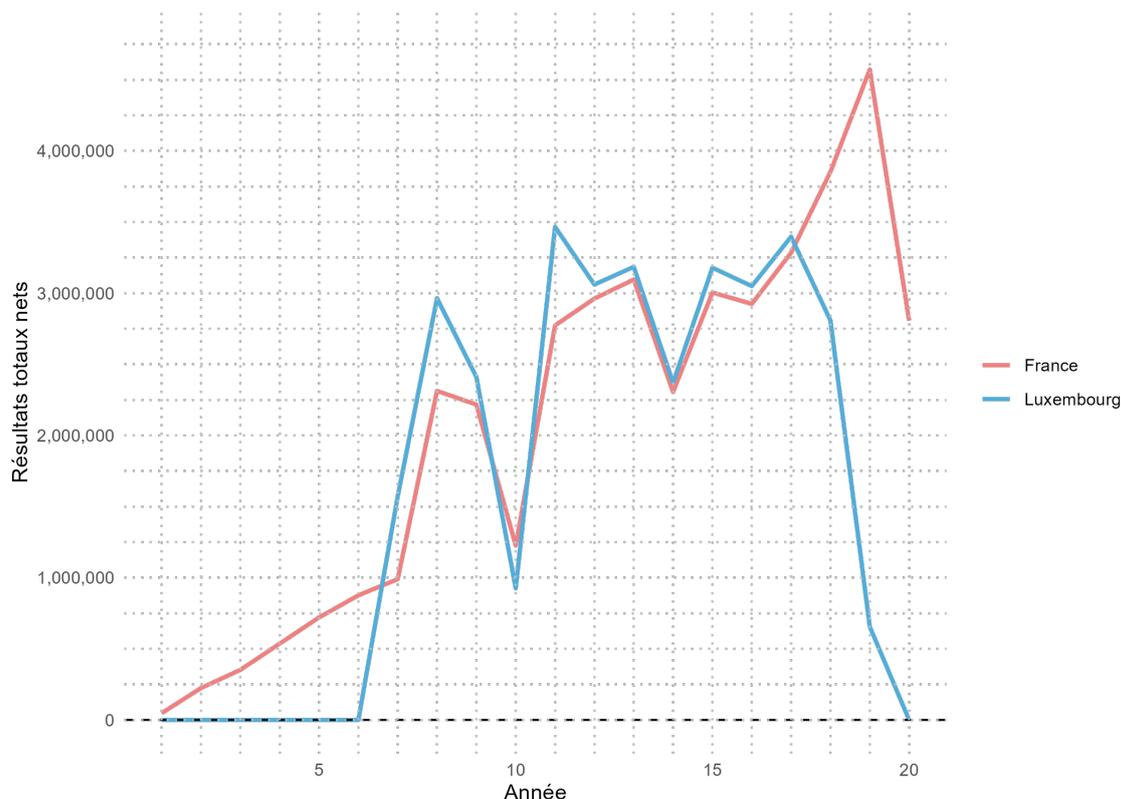


FIGURE 4.6 – Scénario favorable : résultat total sous les deux régimes

Cela met en lumière une différence importante, bien que subtile, dans le fonctionnement des deux provisions.

Dans le régime français, une perte sur une catégorie de risques est d'abord couverte par 10 % du bénéfice technique réalisé sur les autres catégories de risques, puis directement par la PPR. Cette même perte, dans le cas d'une captive luxembourgeoise, est d'abord compensée par l'intégralité du bénéfice technique des autres catégories de risques, puis par le résultat financier. Si le montant demeure négatif, la perte peut alors être absorbée par la PFS.

Les 8 années suivantes se révèlent favorables tant sur le plan technique que financier, et la PPR atteint également sa limite. Cela conduit à des résultats totaux



similaires sous les deux régimes, avec une différence provenant des dotations marginales vers la PPR, en lien avec la croissance annuelle du MCR.

Cela reste valable lorsque la limite temporelle de la PPR entre en vigueur à la 16^e et 17^e année, étant donné que les dotations au PPR sont supérieures aux montants libérés. La divergence devient toutefois plus prononcée au cours des trois dernières années, lorsque le sens de l'inégalité s'inverse. Il est également à noter que, tandis que la PFS demeure stable, avec une légère diminution au cours de la 20^e année, la PPR connaît un déclin marqué sur cette période, en raison de l'absorption des pertes techniques, lesquelles ne sont pas visibles pour la PFS.

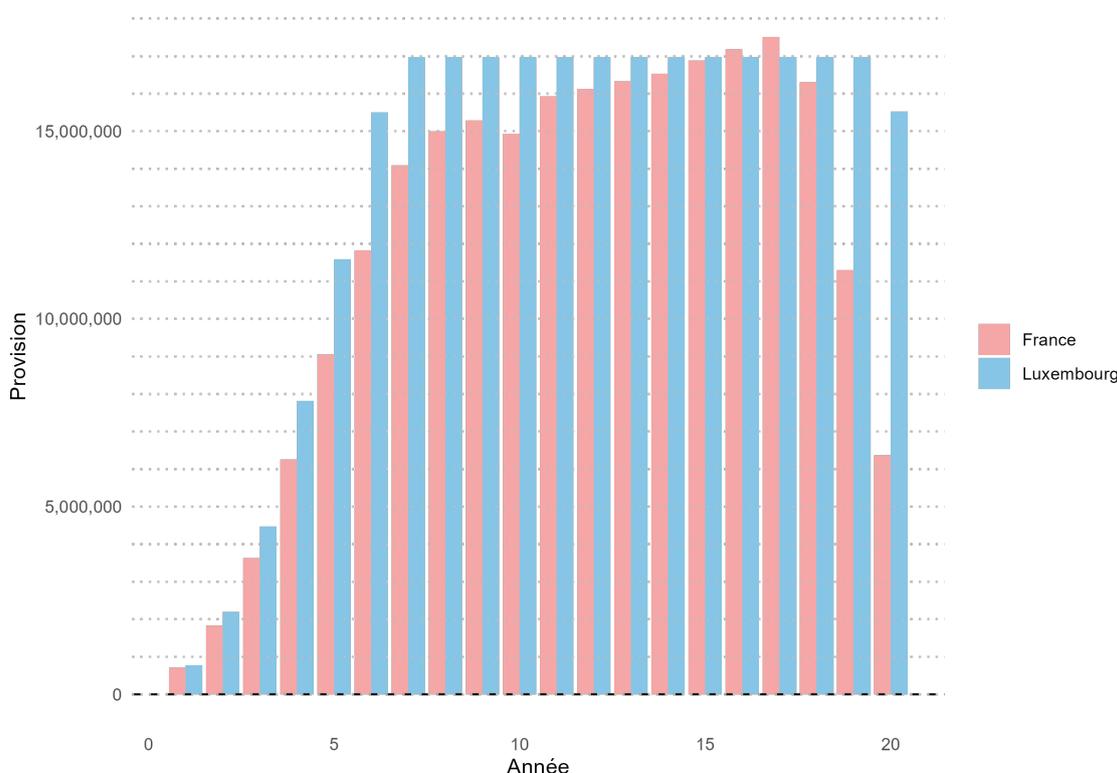


FIGURE 4.7 – Scénario favorable : provisions pour égalisation sous les deux régimes

En substance, la PFS n'est pas aussi facile à utiliser pour l'absorption des pertes que son équivalente française. Comme a été démontré dans le chapitre précédent, si la provision pour égalisation n'est pas utilisée, ses avantages sur les fonds propres sont perdus, et elle reste alors un avantage fiscal différé. Cet avantage fiscal différé se manifeste par sa capacité à réduire le SCR.

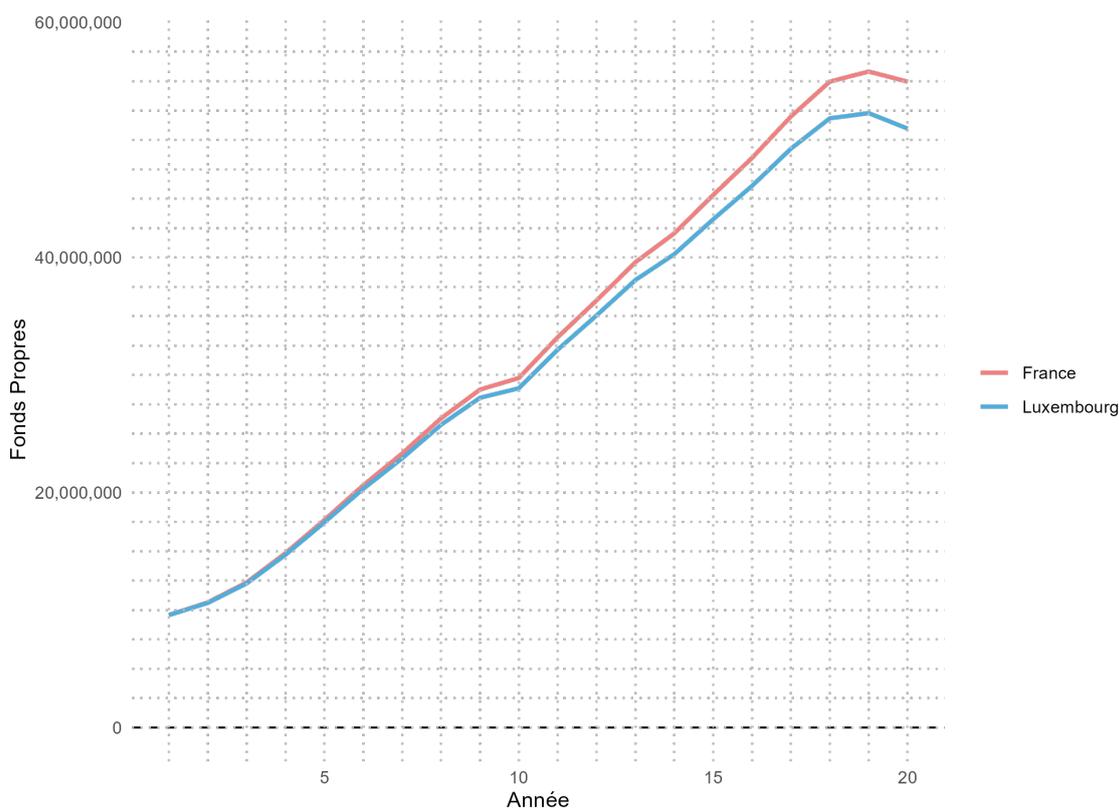


FIGURE 4.8 – Scénario favorable : fonds propres économiques sous les deux régimes

Les figures 4.8 et 4.9 montrent les fonds propres et le SCR respectivement dans cette simulation. Dans la figure 4.8, les fonds propres commencent à diverger à partir de la 10^e année, et cette différence devient plus marquée chaque fois que la provision est utilisée dans le scénario français mais pas dans le scénario luxembourgeois. En revanche, la figure 4.9 met en avant l'avantage d'une provision plus stable, permettant une réduction plus solide du SCR.

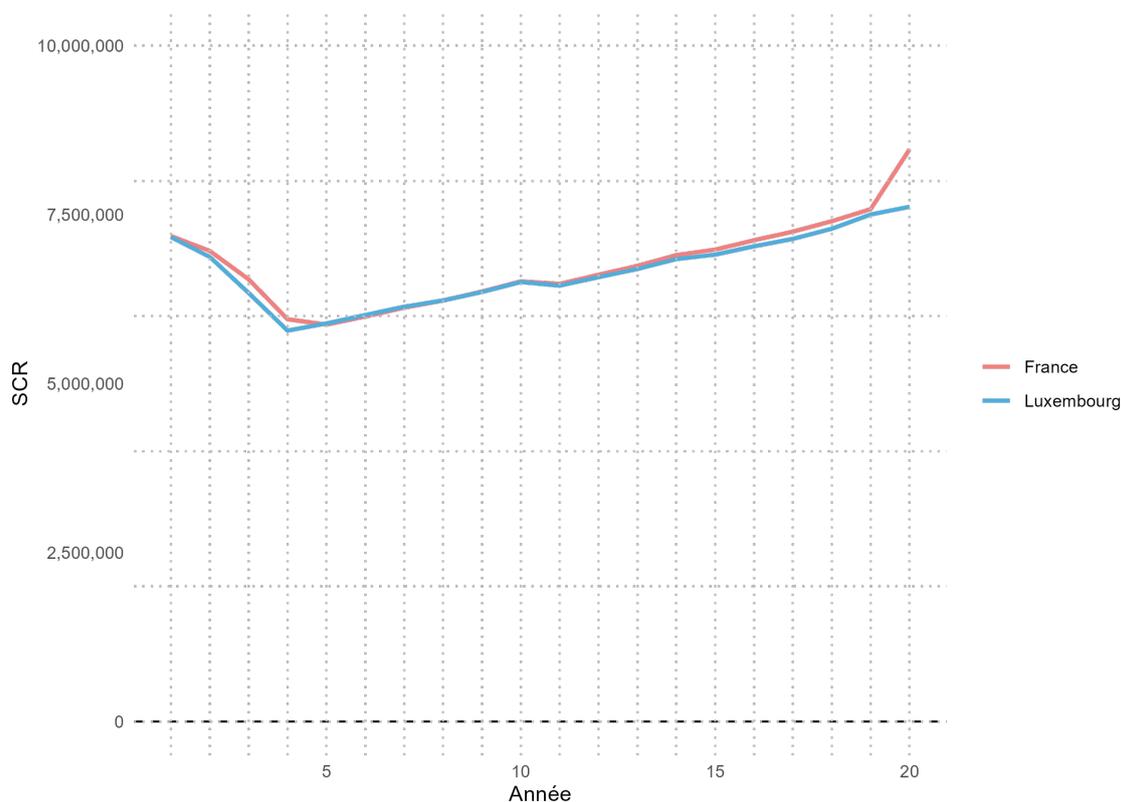


FIGURE 4.9 – Scénario favorable : SCR sous les deux régimes

Enfin, la figure 4.10 présente les impôts totaux payés sous les deux régimes. Pendant les années de constitution des provisions, la captive française est soumise à l'impôt sur le revenu, tandis que la réglementation luxembourgeoise n'exige que l'impôt sur la fortune. Lorsque la PFS est remplie, cet impôt sur la fortune continue d'être payé, en plus de l'impôt sur le revenu.

La fiscalité avantageuse du Luxembourg se manifeste donc principalement au début de la période. Cependant, à mesure que la PFS se remplit, l'impôt sur le revenu payé devient comparable entre les deux juridictions. L'exemption de l'impôt sur la fortune favorise donc la France en termes d'économies fiscales, conduisant à une rétention d'actifs plus élevée au sein de la structure. La figure 4.11 montre les actifs du bilan sous les deux régimes.

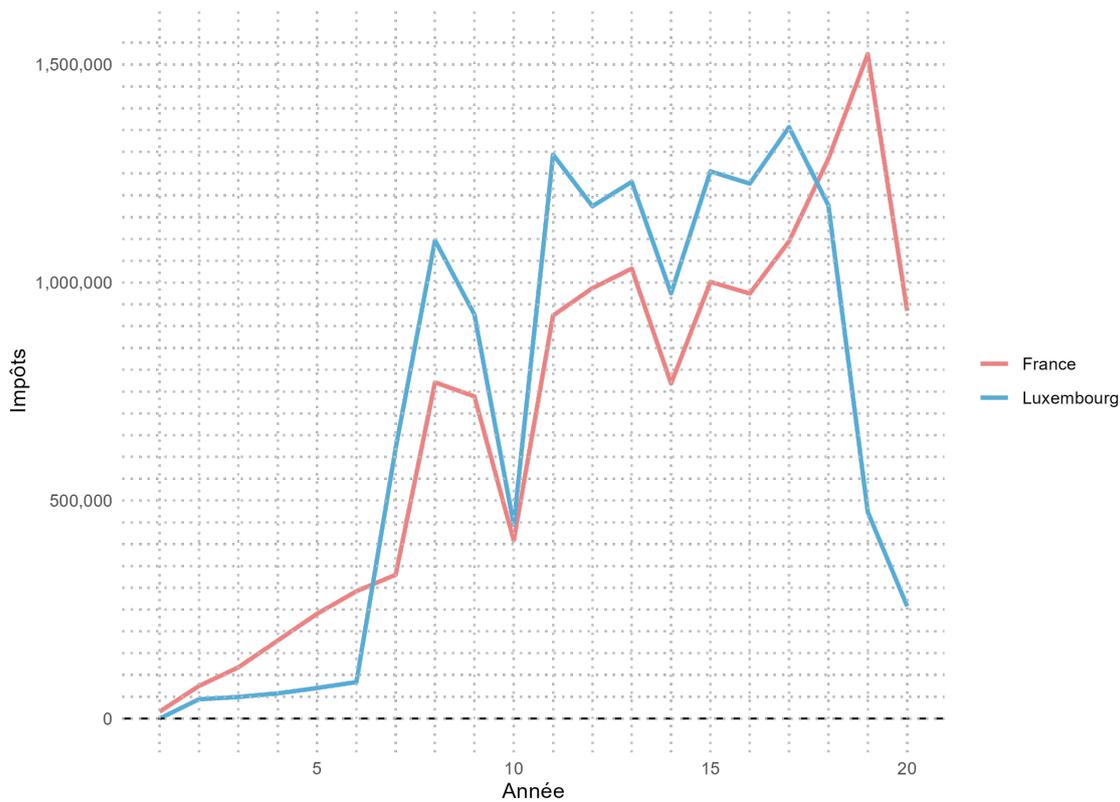


FIGURE 4.10 – Scénario favorable : impôts sous les deux régimes

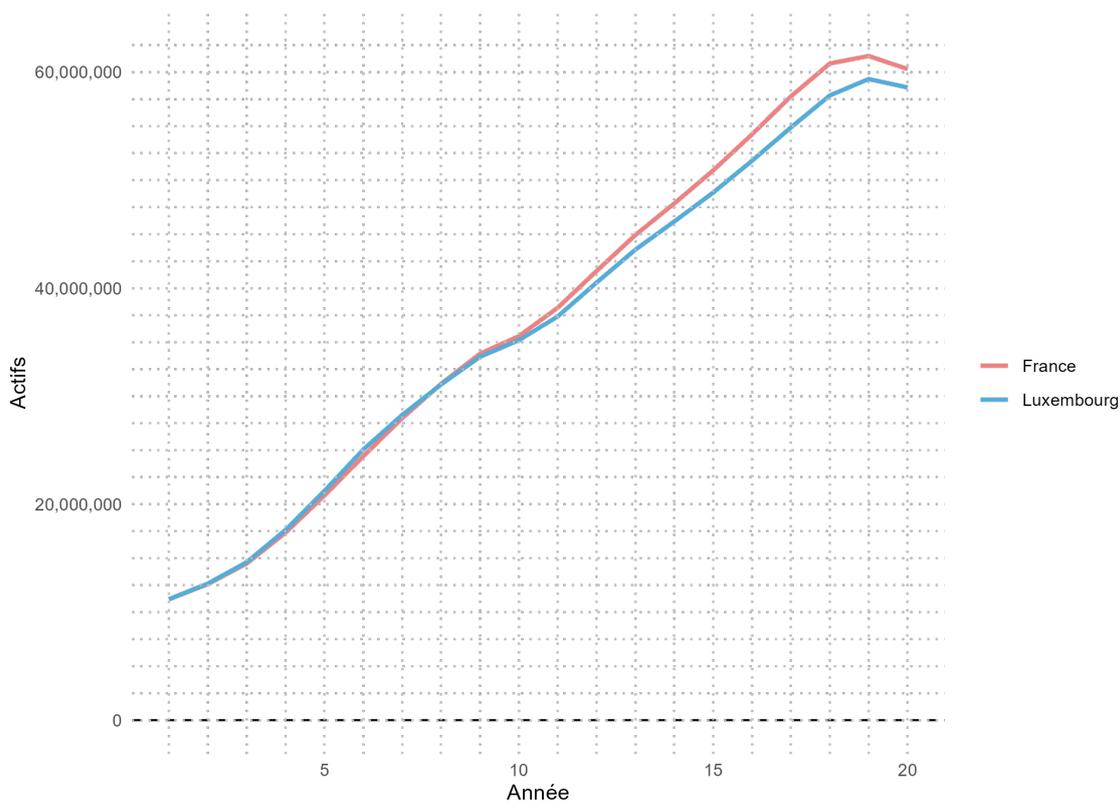


FIGURE 4.11 – Scénario favorable : actifs sous les deux régimes



4.2.2 Sous une simulation volatile

Cette sous-section réexamine la même simulation volatile qui a été analysée dans le chapitre précédent.

Les figures 4.12 et 4.13 montrent le résultat total et le montant des provisions respectivement pour cette simulation. Sous l'effet d'une sinistralité plus forte, la PFS n'atteint sa limite qu'à la 11^e année, et ce, brièvement, car la 12^e année enregistre une perte que la provision vient absorber.

Toutefois, à la fin de la 13^e année, la provision est à nouveau entièrement constituée, ce qui s'avère avantageux pour la captive, car le reste de la période connaît une succession de pertes techniques qui épuisent la PPR, tandis que la PFS parvient à les lisser confortablement.

La construction plus rapide de la PFS et la stabilité du montant provisionné face aux pertes purement techniques apparaissent alors comme des avantages dans cette simulation.

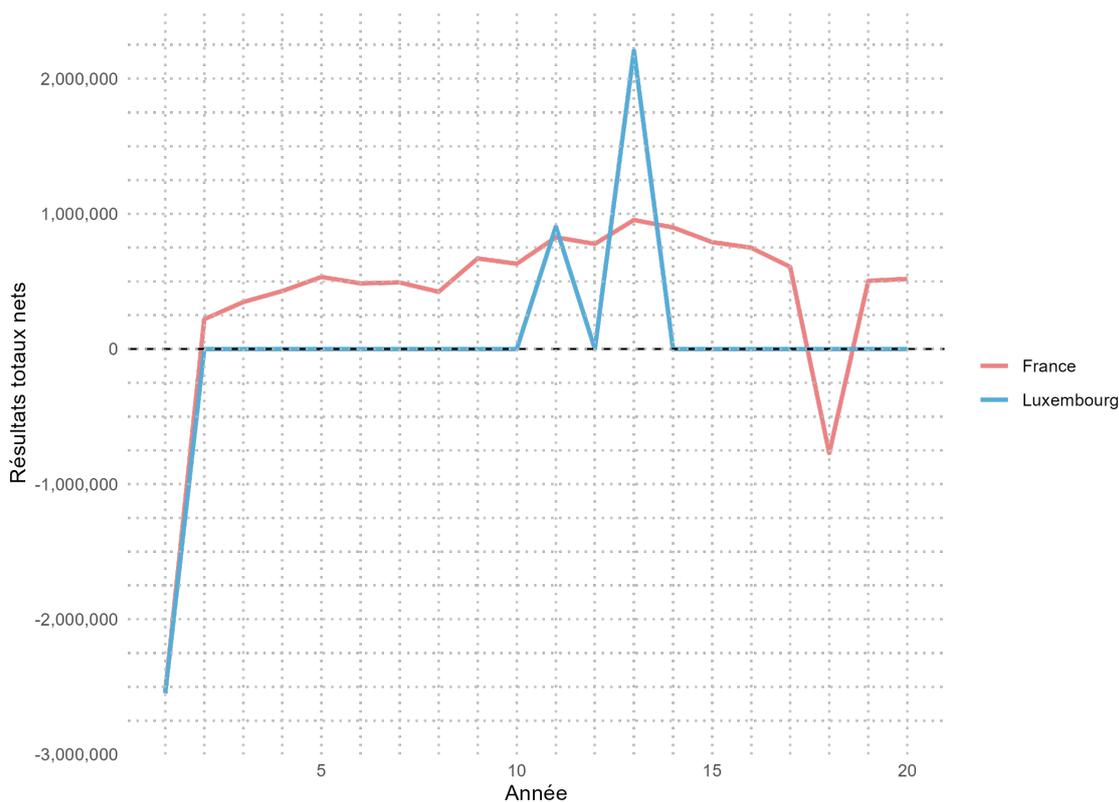


FIGURE 4.12 – Scénario volatile : résultat total sous les deux régimes

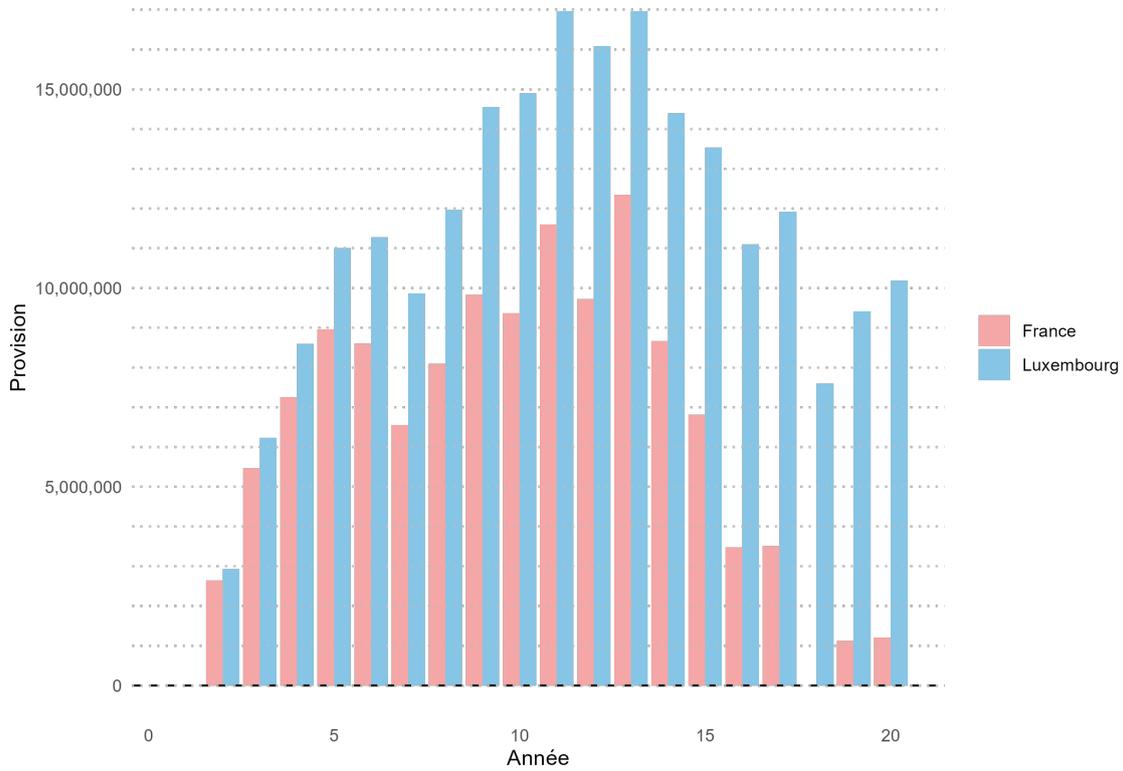


FIGURE 4.13 – Scénario volatile : provisions pour égalisation sous les deux régimes

Toutefois, les figures 4.14 et 4.15, qui présente les fonds propres et le SCR, racontent une histoire similaire à celle observée lors de la simulation précédente : l'exploitation plus fréquente de la PPR conduit à des fonds propres plus élevés, mais à une réduction moins stable du SCR.



FIGURE 4.14 – Scénario volatile : fonds propres économiques sous les deux régimes

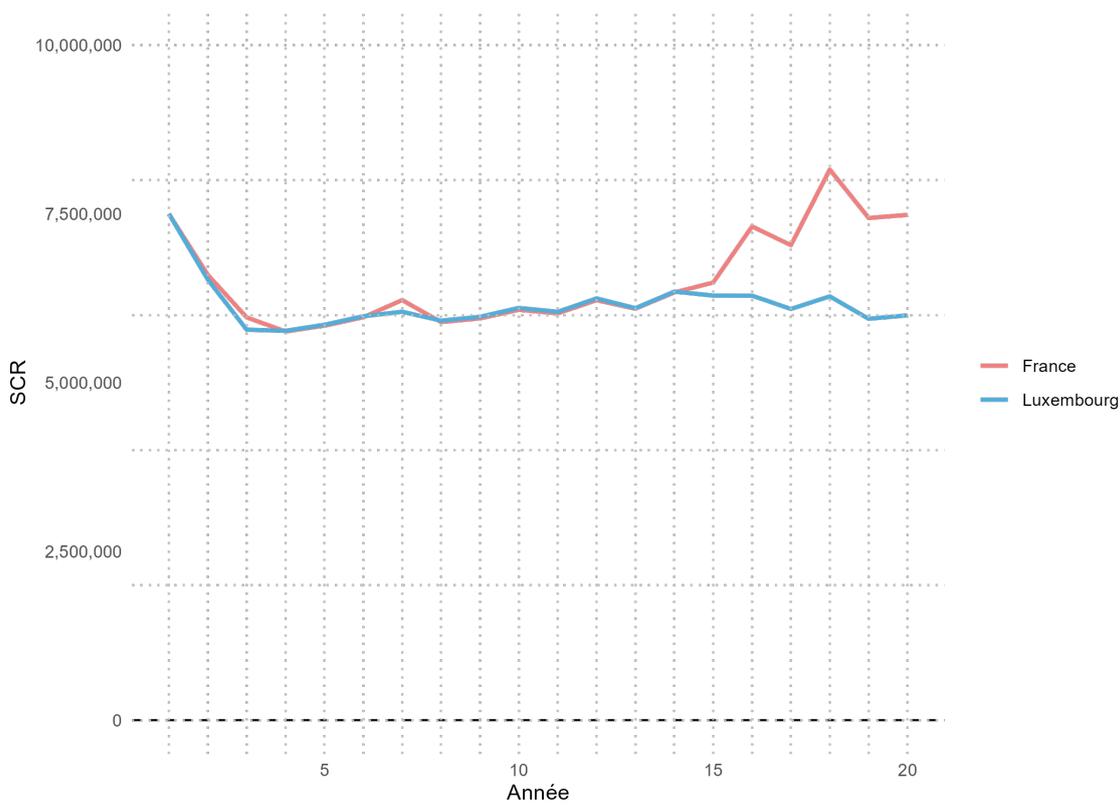


FIGURE 4.15 – Scénario volatile : SCR sous les deux régimes



Les fonds propres plus élevés en France doivent être mis en perspective avec la figure 4.16. Comme la PFS est utilisée de manière continue dans cette simulation et n'est pas autorisée à rester pleine sur de longues périodes, la fiscalité luxembourgeoise s'avère plus avantageuse dans ce cas, comme le montre la figure 4.17. Ainsi, la captive parvient à conserver davantage d'actifs, bien qu'une moindre proportion de ceux-ci corresponde à des fonds propres du côté des passifs du bilan.

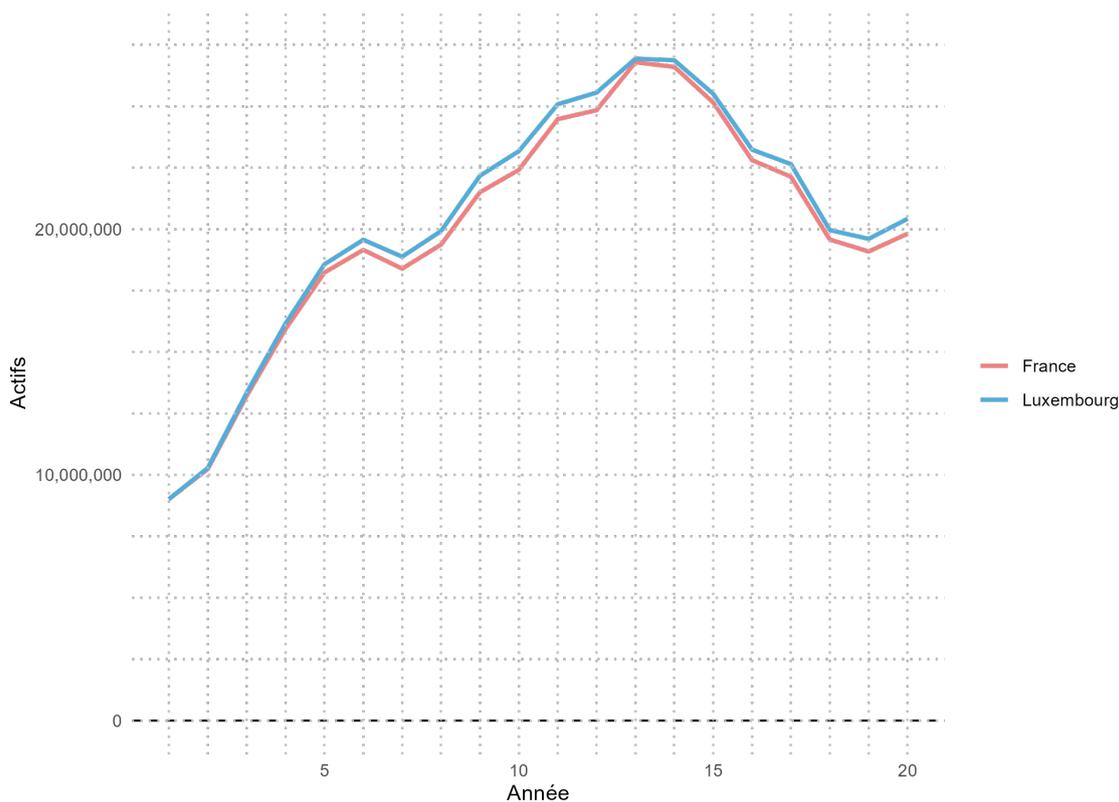


FIGURE 4.16 – Scénario volatile : actifs sous les deux régimes

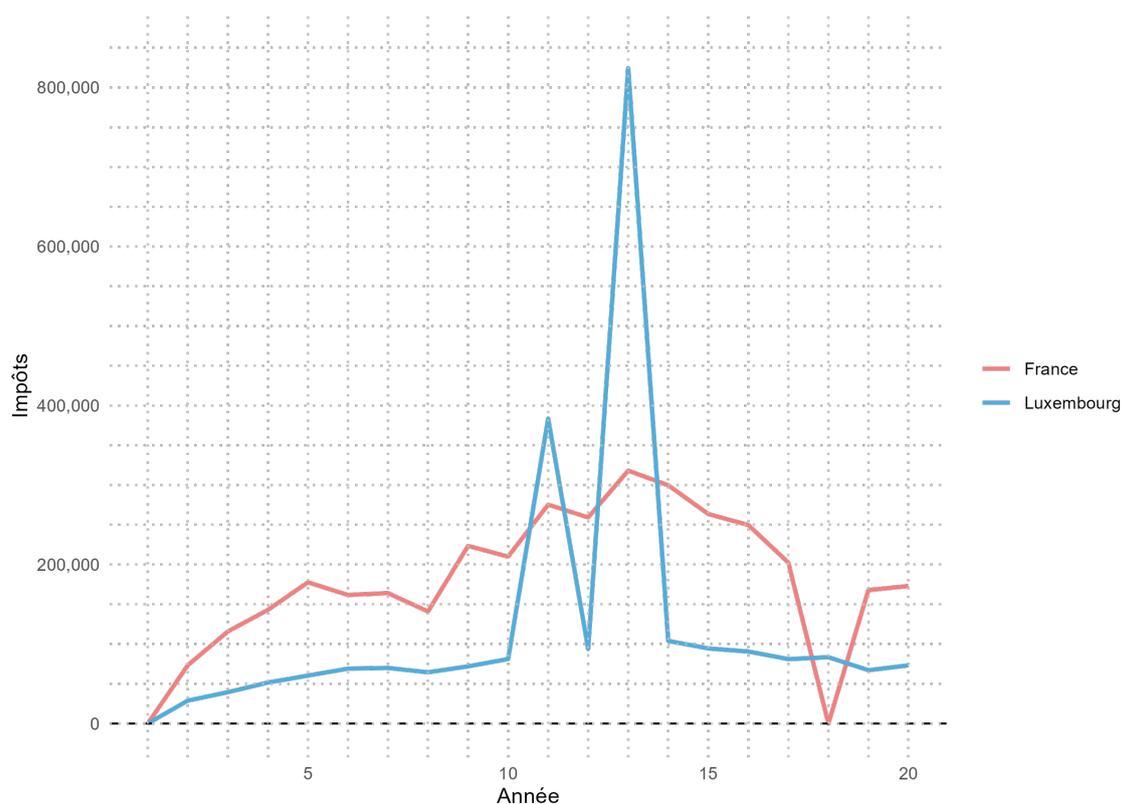


FIGURE 4.17 – Scénario volatile : impôts sous les deux régimes

4.3 Conclusion du chapitre

Après une année complète depuis l'instauration du nouveau régime des captives en France et malgré la constitution de nombreuses nouvelles entités par des groupes basés dans le pays, peu d'acteurs ont manifesté un intérêt pour redomicilier leurs captives déjà existantes.

Ce chapitre a donc comparé le régime français avec le domicile *offshore* le plus prisé par les captives françaises, afin d'évaluer si cette réticence s'explique par des considérations purement quantitatives.

Les conclusions qui se dégagent de cette analyse révèlent que les différences fiscales entre ces deux juridictions ne sont pas déterminantes dans un sens ou dans l'autre.

La PFS luxembourgeoise permet certes une dotation initiale plus élevée et un avantage fiscal immédiat. Toutefois, une fois qu'une provision pour égalisation est



constituée, son intérêt ne subsiste que si la captive parvient à le mettre en service efficacement pour absorber des pertes. Sur ce point, la PPR française s'est révélée plus performante.

En revanche, la PFS offre une meilleure protection contre les pertes extrêmes ainsi qu'une réduction plus significative des exigences en capital dans le cadre de Solvabilité 2.

L'étude présentée dans ce chapitre n'est bien sûr pas sans limites, la principale étant l'hypothèse sur les rendements financiers. Ceux-ci étant toujours positives, un avantage potentiel de la PFS qui n'est pas observé ici est sa capacité à compenser les pertes non liées uniquement à l'activité technique.

Il ne faut pas non plus oublier que les différences entre les deux régimes de captives ne se limitent pas uniquement aux règles de comptabilisation.

En effet, le cadre luxembourgeois s'applique à l'ensemble des sociétés de réassurance, couvrant toutes les catégories de risques, alors que le régime français est beaucoup plus restrictif, ne s'appliquant qu'aux captives de groupes non financiers et à sept catégories de risques spécifiques.

Ainsi, pour une captive appartenant à un groupe financier ou cherchant à diversifier ses activités au-delà de ces catégories, le choix du cadre luxembourgeois apparaît comme une évidence.

Toutefois, l'enseignement majeur qui ressort de cette étude est que, pour les captives répondant aux critères d'éligibilité du régime français, la décision entre ces deux options est loin d'être évidente sur le plan fiscal et relève davantage de considérations managériales et stratégiques pour les groupes concernés.



CONCLUSION

"... et maintenant me voici là, pauvre fou, tout aussi sage que devant."

–Johann Wolfgang von Goethe, 1877

À une certaine époque, les captives étaient perçues comme une stratégie alternative, voir niche, de transfert de risques, mais cette vision est aujourd'hui dépassée. Si, pour certains, elles représentaient une réponse aux cycles de souscription du marché de l'assurance, elles ont maintes fois prouvé leur utilité au-delà de ce cadre.

L'environnement économique actuel est en constante évolution, avec des risques sans précédent qui émergent en conséquence. Face à un marché de l'assurance incapable ou réticent à assumer ces risques, les entreprises ont pu utiliser les captives non seulement pour combler des lacunes, mais aussi pour innover et proposer des couvertures de risques au-delà de ce que le marché traditionnel considère comme « assurable ».

Les avantages de ces structures n'ont jamais échappé aux entreprises françaises, car la plupart des conglomérats internationaux bénéficient déjà des avantages de captives *offshore*. Toutefois, les entreprises à présence plus concentrée sur le marché national se sont montrées réticentes, bien que l'intérêt ait été présent. Domicilier une captive à l'étranger était hors de question, et domicilier une captive sur le territoire français annulait généralement les avantages potentiels en raison du lourd fardeau réglementaire.

L'AMRAE a donc plaidé en faveur d'un régime plus avantageux pour les captives, aboutissant à une évolution réglementaire qui constitue le fondement de ce mémoire. Afin d'évaluer son impact sur les entreprises, des simulations Monte-Carlo ont été employées pour étudier le comportement de différentes variables d'intérêt



sous plusieurs hypothèses.

Cette évolution consiste à l'introduction d'une nouvelle provision d'égalisation spécifique aux captives de réassurance. Intuitivement, deux ensembles d'hypothèses ont été testés : l'un dans lequel la captive ne bénéficie pas de cette provision, et l'autre dans lequel elle en bénéficie.

L'analyse du mécanisme de cette provision a révélé qu'elle fonctionne, du moins en surface, de manière similaire à un traité de réassurance non proportionnel. L'expérience du marché a ensuite ajouté que les captives ont géré leurs exigences de capital sous Solvabilité 2 principalement par ce biais. Il a donc été proposé d'ajouter un troisième ensemble d'hypothèses prenant en compte cette stratégie de couverture des risques plus traditionnelle.

Les résultats ont montré que cette nouvelle réglementation augmente invariablement la valeur de la captive du point de vue des actionnaires, comparée à l'ancienne réglementation. Elle le fait en protégeant mieux les fonds propres disponibles et en offrant la possibilité de générer des fonds propres supplémentaires via des rendements financiers. Dans cette étude, les rendements financiers n'étaient qu'une simplification, mais pour un groupe industriel ou commercial réel, cela se traduit par des fonds de roulement supplémentaires que la société mère et ses filiales peuvent utiliser pour financer leurs projets.

La comparaison avec un traité multi-lignes *Stop Loss* a permis d'examiner la réduction que la provision pourrait offrir aux exigences de capital sous Solvabilité 2. À cet égard, il a été constaté qu'elle était bénéfique dans des circonstances favorables, bien que d'une manière plus superficielle que la *risk mitigation* offerte par la rétrocession.

Les résultats de cette étude suggèrent également que, sous le nouveau cadre réglementaire, une captive de réassurance pourrait à terme devenir moins dépendante du marché de la rétrocession à mesure que sa capacité à réduire les risques via la provision se renforce. Cela implique également qu'elle pourrait augmenter sa capacité de couverture, améliorant ainsi la rétention de risques au sein du groupe.

Enfin, le dispositif français a été mis en parallèle avec un régime européen similaire, mais beaucoup plus reconnu et régulièrement loué : le régime luxembourgeois. Bien que, en théorie, les règles comptables relatives à la provision pour égalisation française apparaissent plus strictes que celles de son homologue du Grand-Duché, les résultats ont montré que les subtiles différences entre les deux réglementations peuvent, sous certaines simulations, rendre la France plus avantageuse sur le plan



fiscal. Partant d'un objectif initial visant à instaurer un cadre favorable pour les captives détenues par les entreprises françaises, le régulateur semble avoir dépassé cette ambition, faisant ainsi du pays une option sérieuse de domiciliation pour les captives de réassurance détenues par des entreprises européennes.

En résumé, la création d'une captive de réassurance en France sous cette nouvelle réglementation s'avère très bénéfique pour le groupe, à condition que la captive parvienne à constituer la provision. Étant donné que cette provision prend du temps à se constituer, la formation de la captive est d'autant plus avantageuse si elle est réalisée tôt. Cependant, certaines entreprises attendent encore de commencer leur processus d'agrément, en raison des rumeurs entourant une éventuelle modification du régime.

Cela constitue en effet la principale limite de cette étude. L'analyse porte sur un marché encore immature en tant que domicile de captives. Étant donné la volonté manifestée par le régulateur, le fait qu'il est appelé à acquérir de l'expérience sur les spécificités des captives avec le temps, que les changements envisagés devraient être positifs, et avec le développement du marché des services sur lesquels les captives reposent en France, l'auteur se sent à l'aise d'affirmer l'opinion suivante : l'avenir des captives en France est prometteur. Bien qu'il ne s'agisse pas d'une affirmation scientifique, cette proposition se recommande d'elle-même par la probabilité qui l'entoure.

Des travaux futurs pourraient donc être menés à la suite des éventuels changements réglementaires, afin de confirmer ou d'infirmer cette proposition.

Bien que le mémoire ait comparé la PPR à un contrat de réassurance afin de mieux comprendre la première, ces deux mesures de réduction des risques ne sont pas mutuellement exclusives. Une autre suite possible de ce travail consisterait à explorer la structure de réassurance optimale pour une captive bénéficiant de la PPR.

Pour clore, il est important de rappeler que la fiscalité ne constitue pas une raison première pour établir une captive. Même si l'étude s'est concentrée sur l'impact quantitatif du nouvel avantage fiscal accordé aux captives de réassurance, il ne faut pas oublier que les motivations pour la création d'une captive s'enracinent bien plus profondément dans une vision de gestion des risques.



BIBLIOGRAPHIE

- ADAMS, D. (1985, mai). *So long, and thanks for all the fish*. Tor.
- APREF. (2023). *Comprendre le nouvel environnement des captives de réassurance en France*.
- ASSEMBLÉE NATIONALE. (2022, décembre 17). Projet de loi de finances pour 2023 (texte définitif).
- Avis concernant l'adaptation en fonction de l'inflation des montants prévus dans la directive 2009/138/CE du Parlement européen et du Conseil sur l'accès aux activités de l'assurance et de la réassurance et leur exercice (solvabilité II). (2021). *Journal Officiel de l'Union Européenne*.
- BANKS, E. (2004). *Alternative Risk Transfer : Integrated Risk Management through Insurance, Reinsurance, and the Capital Markets*. John Wiley & Sons Ltd.
- BANQUE DE FRANCE. (2024). *Référentiel des financements : le cash-pooling* [Récupéré sur banque-france.fr en août 2024]. <https://www.banque-france.fr/fr/a-votre-service/entreprises/etre-accompagne-vie-entreprise/referentiels-financements>
- BOLKER, B. M. (2008). *Ecological Models and Data in R*. Princeton University Press. <https://doi.org/doi:10.1515/9781400840908>
- BOX, G. (1979). *Robustness in the Strategy of Scientific Model Building*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-438150-6.50018-2>
- CAZENEUVE, J.-R. (2022, décembre). Rapport fait au nom de la commission des finances, de l'économie générale et du contrôle budgétaire en nouvelle lecture, sur le projet de loi de finances pour 2023, (n° 598).



- CHEN, J.-L., CHANG, M.-S., WESTON, H., & RUSSELL, D. (2023). Cash flow and captive insurance : is there a link ? Evidence from S&P 500 companies. *Journal of Insurance Issues*, Vol. 46(2), 196-225.
- COLES, S. G., & DIXON, M. J. (1999). Likelihood-Based Inference for Extreme Value Models. *Extremes*.
- COMMERCIAL RISK EUROPE. (2023). Risk Frontiers Europe 2023 [Enquête sur la gestion des risques en europe].
- COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, GENERAL SECRETARIAT OF THE COUNCIL. (2024). Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Directive 2009/138/EC.
- DESJARDINS, C. (2022). « Les groupes français attendent l'arrivée d'un cadre plus favorable pour les captives ». *Les Echos*.
- DIRECTIVE SOLVABILITÉ 2. (2009). DIRECTIVE 2009/138/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 25 novembre 2009 sur l'accès aux activités de l'assurance et de la réassurance et leur exercice (solvabilité II). *Journal officiel de l'Union européenne*.
- EIOPA. (2023a). Consumer Trends Report 2023.
- EIOPA. (2023b). European Insurance Overview report 2023.
- EIOPA. (2024). OPINION ON THE SUPERVISION OF CAPTIVE (RE)INSURANCE UNDERTAKINGS.
- ESSAYE, T. (2007). Is the Actuary of the Future the Enterprise Risk Manager? *Actuary of the Future*.
- EY. (2023). 2024 Global Insurance Outlook.
- FERMA. (2023, août 31). *European Risk Manager Report 2022*.
- GARROUSTE, F. (2024). Les tensions sur les risques stimulent les projets de captives d'entreprise. *L'Opinion*.
- GRAEF, F. (2023). La provision d'égalisation : entre crainte et espoir - La clé du succès des captives à la française. *Optimind*.
- GRAEFF, F., THACH, D., LEBOISNE, N., & LOISEL, S. (2017). LA CAPTIVE, UN OUTIL D'ENTREPRISE RISK MANAGEMENT TOUJOURS EFFICIENT SOUS SOLVABILITE 2 ? *BULLETIN FRANÇAIS D'ACTUARIAT*, Vol. 17(33), 91-130.
- GUICHET PUBLIQUE. (2024). *Impôt sur la fortune* [Récupéré sur Guichet.lu en septembre 2024]. <https://guichet.public.lu/fr/entreprises/fiscalite/impots-benefices/benefices-patrimoine/impots-divers/impot-fortune.html>



- HARRING, A., & KIM, H. (2023). 'Not just money and math' : Young people are willing to sacrifice returns for ESG. *CNBC*.
- History of Captives* [Récupéré sur Captive.com en février 2024]. (2024). <https://www.captive.com/captives-101/history-of-captives/the-early-days-of-captives>
- JACOBSON, L. (2024). Insurers such as State Farm and Allstate are leaving fire- and flood-prone areas. Home values could take a hit. *CNBC*.
- JOURNAL OFFICIEL DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG. (1994). Loi du 8 décembre 1994 relative aux comptes annuels et comptes consolidés des entreprises d'assurances et de réassurances de droit luxembourgeois.
- JOURNAL OFFICIEL DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG. (2007). Règlement grand-ducal du 5 décembre 2007 précisant les conditions d'agrément et d'exercice des entreprises de réassurance.
- KAAS, R., GOOVAERTS, M., DHAENE, J., & DENUIT, M. (2008, décembre). *Modern actuarial risk theory* (2^e éd.). Springer.
- LAMM-TENNANT, J., & WEISS, M. A. (1997). International Insurance Cycles : Rational Expectations/Institutional Intervention. *The Journal of Risk and Insurance*, 64(3), 415. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/253758>
- LEBOUCHER, S. (2024, janvier). Capturer le marché des entreprises françaises. *L'Actuariel*, (51), 46-52.
- MAEDA, Y. (2012). Demand for Captives and Domiciles : Why are Countries and States Rushing into Captives? *Kwansei Gakuin University Social Sciences Review*, 17.
- MARAMBAKUYANA, W. A., & SHONGWE, S. C. (2024). Composite and Mixture Distributions for Heavy-Tailed Data—An Application to Insurance Claims. *Mathematics*, 12(2), 335. <https://doi.org/10.3390/math12020335>
- MARSH. (2023a). 2023 Captive Landscape : Emerging trends in the captive insurance world.
- MARSH. (2023b). Global Insurance Market Index fourth quarter 2023.
- MEIER, U. (2007, janvier). *Existence and causes of insurance cycles in different countries* (1^{re} éd.). Haupt Verlag.
- MEILI, C., & GUERRE, P. (1951). *Le Haïku, poème des saisons*.
- METROPOLIS, N., & ULAM, S. (1949). The Monte Carlo Method. *Journal of the American Statistical Association*, 44(247), 335-341. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/01621459.1949.10483310>



- OUTREVILLE, J.-F. (2000, mars). DÉSÉQUILIBRE, CHOCS OU TENDANCES : QUELLE EXPLICATION POUR LE CYCLE DE L'ASSURANCE ? *Risques*, (41).
- PICARD, P., & PINQUET, J. (2011). Optimal risk Financing in large corporations through insurance captives. *hal-00567263*.
- PIERRE, A. (2021). *Modélisation de la sévérité des traités en excédent de sinistre, approche par la théorie des valeurs extrêmes* [mémoire d'actuariat, DUAS].
- PWC. (2024). *Valuation Corner* [Récupéré sur pwc.fr en août 2024]. <https://www.pwc.fr/en/services/transaction/evaluation/valuation-corner.html>
- RÈGLEMENT DÉLÉGUÉ (UE) 2015/35 DE LA COMMISSION du 10 octobre 2014 complétant la directive 2009/138/CE du Parlement européen et du Conseil sur l'accès aux activités. (2015). *Journal officiel de l'Union européenne*.
- RONCALLI, T. (2002). Théorie des Valeurs Extrêmes ou Modélisation des Evénements Rares pour la Gestion des Risques. *DESS 203 de l'Université Paris IX Dauphine*.
- RYDMAN, M. (2018). Application of the Peaks-Over-Threshold Method on Insurance Data.
- SAWILOWSKY, S. S. (2003). You Think You've Got Trivials? *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 2(1), 218-225. <https://doi.org/10.22237/jmasm/1051748460>
- SCHWARTZBROD, L. (2022). *Où domicilier sa captive de réassurance ?* [mémoire d'actuariat, EURIA].
- SCOR. (2023, novembre). *European Captives : Analytical Review of Solvency II Reports*.
- SCORDIS, N. A., BARRESE, J., & YOKOYAMA, M. (2007). Conditions for Captive Insurer Value : A Monte Carlo Simulation. *Journal of Insurance Issues*, Vol. 30(2), 79-101.
- SOUTER, G. (2023, mars). Captives grow as property, cyber rates rise. *Business Insurance*, 18.
- THACH, D. (2015). *Arbitrer le marché de l'assurance à l'aide d'outils ART (Alternative Risk Transfer), de la théorie à la pratique : Une application numérique à un cas réel* [mémoire d'actuariat, CNAM].
- TWAIN, M. (1906). Chapters from my autobiography. *North American Review*.



- von GOETHE, J. W. (1877). *Faust et le Second Faust* (G. de NERVAL, Trad.). Garnier frères.
- WETERINGS, W. (2015). The Potential Positive Effects of Captive Insurance Companies on Efficiency and Moral Hazard within a Group of Companies [Continued – 2]. *Corporate Ownership & Control*, 13(2).
- WILKINSON, C. (2023). Captives Address Emerging Risks. *Business Insurance*.



TABLE DES FIGURES

1	Moyenne et écart-type des 25 premières simulations des fonds propres	v
2	Mean and standard deviation of the first 25 own funds simulations . . .	xi
1.1	Schéma de transfert de risque pour une captive d'assurance vs de réassurance	8
1.2	Les trois piliers de la directive	17
1.3	Sous-modules de risques en Solvabilité 2	20
2.1	Distribution globale du chiffre d'affaires de Cemega	27
2.2	Structure de transferts de risques	28
2.3	Contrat excédant de sinistres sur les dommages aux biens	29
2.4	Flux de trésorerie entre les 3 entités	31
2.5	Nombre de sinistres responsabilité civile par année	33
2.6	Nombre de sinistres dommages aux biens par année	33
2.7	Histogramme du coût pour la LoB 20	34
2.8	Histogramme du coût pour la LoB 28	34
2.9	Génération des sinistres pour la ligne d'activité i	39
2.10	Graphique de Hill pour les sinistres de la LoB 28	43
2.11	Fonctions de répartition empirique et de LPG ajustée au-dessus de u_1	46
2.12	Fonctions de répartition empirique et de Weibull ajustée en dessous du seuil u_1	48
2.13	Fonction de densité de la sinistralité annuelle sur la LoB 20	50
2.14	Fonction de densité de la sinistralité annuelle sur la LoB 28	50
2.15	Règlements de sinistres sur les deux LoB	52



3.1 Scénario 1 : distribution des trajectoires du résultat net 57

3.2 Scénario 2 : distribution des trajectoires du résultat net 60

3.3 Scénario 3 : distribution des trajectoires du résultat net 63

3.4 Scénario 3 : distribution des trajectoires de la projection 63

3.5 Comparaison du résultat technique net moyen sous les 3 scénarios . . . 64

3.6 Mécanisme *cash-pooling* du groupe Cemega 66

3.7 Comparaison des fonds propres moyens sous les 3 scénarios avant les
rendements financiers 71

3.8 Comparaison des SCR moyens sous les 3 scénarios avant les rende-
ments financiers 73

3.9 Scénario 3 : comparaison du BSCR avec la PPR avant les rendements
financiers 74

3.10 Comparaison des SCR Contrepartie moyens sous les 3 scénarios avant
les rendements financiers 75

3.11 Comparaison des ratios de couverture moyens du SCR avant les ren-
dements financiers 76

3.12 Comparaison des rendements financiers sous les 3 scénarios 77

3.13 Comparaison des résultats totaux sous les 3 scénarios 78

3.14 Comparaison des impôts moyens sur le résultat sous les 3 scénarios . . 79

3.15 Comparaison des résultats techniques nets sous une simulation favorable 81

3.16 Montant de la PPR sous une simulation favorable 82

3.17 SCR sous une simulation favorable 83

3.18 Sous-modules du BSCR sous une simulation favorable 84

3.19 Fonds propres sous une simulation favorable 85

3.20 Rendements financiers sous une simulation favorable 86

3.21 Impôts différés sous une simulation favorable 87

3.22 Comparaison des résultats techniques nets sous une simulation volatile 88

3.23 Fonds propres sous une simulation volatile 89

3.24 SCR sous une simulation volatile 90

3.25 Montant de la PPR sous une simulation volatile 91

3.26 Rendements financiers sous une simulation volatile 92

3.27 Ratios de solvabilité sous une simulation volatile 93

4.1 Résultat total sous les deux régimes 98

4.2 Provisions pour égalisation sous les deux régimes 99

4.3 SCR sous les deux régimes 100



4.4	Fonds propres économiques sous les deux régimes	101
4.5	Impôts sous les deux régimes	102
4.6	Scénario favorable : résultat total sous les deux régimes	103
4.7	Scénario favorable : provisions pour égalisation sous les deux régimes	104
4.8	Scénario favorable : fonds propres économiques sous les deux régimes	105
4.9	Scénario favorable : SCR sous les deux régimes	106
4.10	Scénario favorable : impôts sous les deux régimes	107
4.11	Scénario favorable : actifs sous les deux régimes	107
4.12	Scénario volatile : résultat total sous les deux régimes	108
4.13	Scénario volatile : provisions pour égalisation sous les deux régimes	109
4.14	Scénario volatile : fonds propres économiques sous les deux régimes	110
4.15	Scénario volatile : SCR sous les deux régimes	110
4.16	Scénario volatile : actifs sous les deux régimes	111
4.17	Scénario volatile : impôts sous les deux régimes	112
B.1	Ellipse de confiance des paramètres binomiales négatives LoB 20 . . .	138
B.2	Ellipse de confiance des paramètres binomiales négatives LoB 28 . . .	138
B.3	Ellipse de confiance des paramètres Weibull LoB 20	139
B.4	Densité de la sinistralité annuelle sur la LoB 20 avant l'application du contrat quote-part	140
B.5	Densité de la sinistralité annuelle sur la LoB 28 avant l'application du contrat en excédant de sinistres	141
C.1	Densité empirique du résultat technique de la première année sous le scénario 1	142
C.2	Densité empirique du résultat technique de la première année sous le scénario 2	143
C.3	Densité empirique du résultat technique de la première année sous le scénario 3	143
C.4	Densité empirique du résultat technique de la dixième année sous le scénario 3	144
C.5	Densité empirique du résultat technique de la vingtième année sous le scénario 3	144
C.6	Trajectoire médiane du résultat technique sous le scénario 3	145
C.7	Comparaison des résultats techniques nets sous l'hypothèse d'inflation	160
C.8	Comparaison des résultats totaux nets sous l'hypothèse d'inflation . .	161



C.9 Comparaison des rendements financiers sous l’hypothèse d’inflation . 162
C.10 Comparaison des fonds propres sous l’hypothèse d’inflation 163
C.11 Comparaison des SCR sous l’hypothèse d’inflation 164
C.12 Comparaison des ratios de solvabilité sous l’hypothèse d’inflation . . . 165



LISTE DES TABLEAUX

1.1	Tableau de synthèse sur les particularités réglementaires des captives	23
2.1	Contrats souscrit par CemexRe	30
2.2	Résumé des statistiques du coût de sinistres par LoB	34
2.3	Modèle Poisson sur le nombre de sinistres par année	41
2.4	Modèle binomiale négative sur le nombre de sinistres par année	42
2.5	ajustement LPG pour les 3 seuils	45
2.6	Statistique de Kolmogorov-Smirnov pour les ajustements sur la LoB 20	47
2.7	Estimateurs de maximum de vraisemblance pour la loi Weibull	47
2.8	Statistiques descriptives du montant de sinistres annuel	51
3.1	Compte de résultat d'une première année sous le scénario 1	56
3.2	Statistiques descriptives du résultat net sous le scénario 1	57
3.3	Compte de résultat d'une première année sous le scénario 2	59
3.4	Statistiques descriptives du résultat net sous le scénario 2	60
3.5	Compte de résultat d'une première année sous le scénario 3	61
3.6	Statistiques descriptives du résultat net sous le scénario 3	62
4.1	Comparaison entre la PFS et la PPR	97
B.1	LoB 20 : indice Risques Industriels	136
B.2	LoB 28 : indice Fédération Française des Bâtiments	137
C.1	Statistiques descriptives des fonds propres sous le scénario 1	145
C.2	Statistiques descriptives des fonds propres sous le scénario 2	146



C.3 Statistiques descriptives des fonds propres sous le scénario 3 146

C.4 Statistiques descriptives du SCR Non-Vie sous le scénario 1 147

C.5 Statistiques descriptives du SCR Non-Vie sous le scénario 2 147

C.6 Statistiques descriptives du SCR contrepartie sous le scénario 1 148

C.7 Statistiques descriptives du SCR contrepartie sous le scénario 2 148

C.8 Statistiques descriptives du SCR contrepartie sous le scénario 3 149

C.9 Statistiques descriptives du SCR sous le scénario 1 149

C.10 Statistiques descriptives du SCR sous le scénario 2 150

C.11 Statistiques descriptives du SCR sous le scénario 3 150

C.12 Statistiques descriptives du MCR sous le scénario 1 151

C.13 Statistiques descriptives du MCR sous le scénario 2 151

C.14 Statistiques descriptives du MCR sous le scénario 3 152

C.15 Statistiques descriptives du ratio de solvabilité sous le scénario 1 152

C.16 Statistiques descriptives du ratio de solvabilité sous le scénario 2 153

C.17 Statistiques descriptives du ratio de solvabilité sous le scénario 3 153

C.18 Statistiques descriptives du résultat total net sous le scénario 1 154

C.19 Statistiques descriptives du résultat total net sous le scénario 2 154

C.20 Statistiques descriptives du résultat total net sous le scénario 3 155

C.21 Statistiques descriptives sous le scénario 1 155

C.22 Statistiques descriptives des impôts sous le scénario 2 156

C.23 Statistiques descriptives des impôts sous le scénario 3 156

C.24 Statistiques descriptives des rendements financiers sous le scénario 1 . . 157

C.25 Statistiques descriptives des rendements financiers sous le scénario 2 . . 157

C.26 Statistiques descriptives des rendements financiers sous le scénario 3 . . 158

D.1 Statistiques descriptives du résultat total net sous le dispositif luxembourgeois 166

D.2 Statistiques descriptives des impôts sous le dispositif luxembourgeois . . 167

D.3 Statistiques descriptives de la PFS 167

D.4 Statistiques descriptives des actifs sous le dispositif luxembourgeois . . 168

D.5 Statistiques descriptives des fonds propres économiques sous le dispositif luxembourgeois 168

D.6 Statistiques descriptives du SCR sous le dispositif luxembourgeois . . . 169

D.7 Statistiques descriptives du ratio de solvabilité sous le dispositif luxembourgeois 169



D.8 Statistiques descriptives des rendements financiers sous le dispositif
luxembourgeois 170



Annexes



ANNEXE A

ANNEXES AU CHAPITRE 1

A.1 Simplifications prévus pour les captives dans le règlement délégué

Article 89 : Dispositions générales régissant les simplifications que les entreprises captives peuvent utiliser

Les entreprises captives d'assurance au sens de l'article 13, point 2), de la directive 2009/138/CE et les entreprises captives de réassurance au sens de l'article 13, point 5), de cette directive peuvent utiliser les calculs simplifiés prévus aux articles 90, 103, 105 et 106 du présent règlement lorsqu'il est satisfait à l'article 88 du présent règlement et à l'ensemble des exigences suivantes :

1. en ce qui concerne les engagements d'assurance de l'entreprise captive d'assurance ou de réassurance, tous les assurés et bénéficiaires sont des entités juridiques du groupe dont l'entreprise captive d'assurance ou de réassurance fait partie ;
2. en ce qui concerne les engagements de réassurance de l'entreprise captive d'assurance ou de réassurance, tous les assurés et bénéficiaires des contrats d'assurance sous-jacents à ces engagements de réassurance sont des entités juridiques du groupe dont l'entreprise captive d'assurance ou de réassurance fait partie ;
3. les engagements d'assurance et les contrats d'assurance sous-jacents aux engagements de réassurance de l'entreprise captive d'assurance ou de réassurance



ne concernent aucune assurance de responsabilité civile obligatoire.

Article 90 : Calcul simplifié de l'exigence de capital pour risque de primes et de réserve en non-vie pour les entreprises captives d'assurance et de réassurance

1. Lorsque les dispositions des articles 88¹ et 89 sont respectées, les entreprises captives d'assurance ou de réassurance peuvent calculer comme suit l'exigence de capital pour risque de primes et de réserve en non-vie :

$$SCR_{nl \text{ prem res}} = \sqrt{0,65 \times \left(\sum_s NL_2(\text{pr}, s) \right) + 0,35 \times \left(\sum_s NL(\text{pr}, s) \right)^2},$$

où s couvre tous les segments visés à l'annexe II.

2. Aux fins du paragraphe 1, l'exigence de capital pour risque de primes et de réserve en non-vie applicable à un segment s donné visé à l'annexe II se calcule comme suit :

$$NL_{\text{pr},s} = 0,6 \times \sqrt{V^2(\text{prem}, s) + V(\text{prem}, s) \times V(\text{res}, s) + V^2(\text{res}, s)},$$

où :

- (a) $V(\text{prem}, s)$ représente la mesure de volume du risque de primes du segment s , calculée conformément à l'article 116, paragraphe 3 ;
- (b) $V(\text{res}, s)$ représente la mesure de volume du risque de réserve du segment s , calculée conformément à l'article 116, paragraphe 6.

Article 103 : Calcul simplifié de l'exigence de capital pour risque de taux d'intérêt pour les entreprises captives d'assurance ou de réassurance

1. Lorsque les dispositions des articles 88 et 89 sont respectées, les entreprises captives d'assurance ou de réassurance peuvent calculer l'exigence de capital pour risque de taux d'intérêt visée à l'article 165 comme suit :

1. la somme, pour chaque devise, des exigences de capital pour risque d'augmentation de la courbe des taux d'intérêt telles que prévues au paragraphe 2 du présent article ;

1. Proportionnalité.



2. la somme, pour chaque devise, des exigences de capital pour risque de diminution de la courbe des taux d'intérêt telles que prévues au paragraphe 3 du présent article.

2. Aux fins du paragraphe 1, point a), du présent article, l'exigence de capital pour risque d'augmentation de la courbe des taux d'intérêt pour une devise donnée se calcule comme suit :

$$IR_{up} = \sum_i (MVAL_i \cdot dur_i \cdot rate_i \cdot stress(i, up)) - \sum_{lob} (BE_{lob} \cdot dur_{lob} \cdot rate_{lob} \cdot stress(lob, up)) \tag{A.1}$$

où :

1. la première somme couvre tous les intervalles de maturité i tels que définis au paragraphe 4 du présent article ;
2. $MVAL_i$ représente la valeur, déterminée conformément à l'article 75 de la directive 2009/138/CE, des actifs moins les passifs autres que les provisions techniques pour l'intervalle de maturité i ;
3. dur_i représente la duration simple de l'intervalle de maturité i ;
4. $rate_i$ représente le taux d'intérêt sans risque pertinent pour la duration simple de l'intervalle de maturité i ;
5. $stress(i, up)$ représente l'augmentation relative du taux d'intérêt pour la duration simple de l'intervalle de maturité i ;
6. la seconde somme couvre toutes les lignes d'activité listées à l'annexe I du présent règlement ;
7. BE_{lob} représente la meilleure estimation dans la ligne d'activité lob ;
8. dur_{lob} représente la duration modifiée de la meilleure estimation dans la ligne d'activité lob ;
9. $rate_{lob}$ représente le taux d'intérêt sans risque pertinent pour la duration modifiée dans la ligne d'activité lob ;
10. $stress(lob, up)$ représente l'augmentation relative du taux d'intérêt pour la duration modifiée dur_{lob} .

3. Aux fins du paragraphe 1, point b), du présent article, l'exigence de capital pour risque de diminution de la courbe des taux d'intérêt pour une devise donnée



se calcule comme suit :

$$IR_{\text{down}} = \sum_i (MVAL_i \cdot dur_i \cdot rate_i \cdot stress(i, \text{down})) - \sum_{lob} (BE_{lob} \cdot dur_{lob} \cdot rate_{lob} \cdot stress(lob, \text{down})) \quad (\text{A.2})$$

où :

1. la première somme couvre tous les intervalles de maturité i tels que définis au paragraphe 4 du présent article ;
 2. $MVAL_i$ représente la valeur, déterminée conformément à l'article 75 de la directive 2009/138/CE, des actifs moins les passifs autres que les provisions techniques pour l'intervalle de maturité i ;
 3. dur_i représente la duration simple de l'intervalle de maturité i ;
 4. $rate_i$ représente le taux d'intérêt sans risque pertinent pour la duration simple de l'intervalle de maturité i ;
 5. $stress(i, \text{down})$ représente la diminution relative du taux d'intérêt pour la duration simple de l'intervalle de maturité i ;
 6. la seconde somme couvre toutes les lignes d'activité listées à l'annexe I du présent règlement ;
 7. BE_{lob} représente la meilleure estimation dans la ligne d'activité lob ;
 8. dur_{lob} représente la duration modifiée de la meilleure estimation dans la ligne d'activité lob ;
 9. $rate_{lob}$ représente le taux d'intérêt sans risque pertinent pour la duration modifiée dans la ligne d'activité lob ;
 10. $stress(lob, \text{down})$ représente la diminution relative du taux d'intérêt pour la duration modifiée dur_{lob} .
4. Les intervalles de maturité et la duration simple visées au paragraphe 2, points a) et c), et au paragraphe 3, points a) et c), sont les suivants :
1. pour une échéance inférieure ou égale à 1 an, la duration simple est de 0,5 an ;
 2. pour des échéances comprises entre 1 et 3 ans, la duration simple est de 2 ans ;
 3. pour des échéances comprises entre 3 et 5 ans, la duration simple est de 4 ans ;
 4. pour des échéances comprises entre 5 et 10 ans, la duration simple est de 7 ans ;
 5. pour une échéance égale ou supérieure à 10 ans, la duration simple est de 12 ans.



Article 105 : Calcul simplifié de l'exigence de capital pour risque de spread sur les obligations et les prêts pour les entreprises captives d'assurance ou de réassurance

Lorsque les dispositions des articles 88 et 89 sont respectées, les entreprises captives d'assurance ou de réassurance peuvent fonder le calcul de l'exigence de capital pour risque de spread sur les obligations et les prêts sur l'hypothèse selon laquelle tous les actifs sont affectés au troisième échelon de qualité de crédit.

Article 106 : Calcul simplifié de l'exigence de capital pour risque de concentration du risque de marché pour les entreprises captives d'assurance ou de réassurance

Lorsque les dispositions des articles 88 et 89 sont respectées, les entreprises captives d'assurance ou de réassurance peuvent utiliser toutes les hypothèses suivantes pour calculer l'exigence de capital pour risque de concentration :

1. Les accords intragroupe de regroupement d'actifs conclus par l'entreprise captive d'assurance ou de réassurance peuvent être exclus de l'assiette de calcul visée à l'article 184, paragraphe 2, dans la mesure où il existe des clauses contractuelles juridiquement contraignantes qui garantissent que les engagements de l'entreprise captive d'assurance ou de réassurance seront compensés par les expositions intragroupe qu'elle détient sur d'autres entités du groupe ;
2. Le seuil relatif d'exposition en excès visé à l'article 184, paragraphe 1, point c), est égal à 15 % pour les expositions sur signature unique suivantes :
 - (a) Les expositions sur des établissements de crédit qui n'appartiennent pas au même groupe et qui ont été affectés au deuxième échelon de qualité de crédit ;
 - (b) Les expositions sur des entités du groupe gérant la trésorerie de l'entreprise captive d'assurance ou de réassurance qui ont été affectées au deuxième échelon de qualité de crédit.



ANNEXE B

ANNEXES AU CHAPITRE 2

B.1 Prise en compte de l'inflation dans le coût des sinistres



Année	Au 1 ^{er} janvier
2023	7270
2022	6513
2021	6186
2020	6206
2019	6134
2018	5987
2017	5807
2016	5840
2015	5783
2014	5746
2013	5711
2012	5627
2011	5321
2010	5124
2009	5302
2008	5071
2007	4848

TABLE B.1 – LoB 20 : indice Risques Industriels



Année	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4
2023	1160,8	1163,6	1153,7	1152,6
2022	1101	1135,5	1142,8	1137
2021	1022,3	1033,4	1055,2	1066,4
2020	995,1	995,2	996,8	1000,5
2019	993,5	994,5	994,2	994,3
2018	981,8	988,1	987,5	988,2
2017	955,8	960,1	965,6	974,8
2016	929,5	931,2	935,9	942
2015	930,8	931,7	932,7	929,5
2014	924,9	925	926,8	930,8
2013	919,8	915,8	914,4	920,8
2012	901	898,5	901,5	903,1
2011	875,2	875,7	879,7	879,8
2010	822,3	839	841,7	851,2
2009	799,4	804,4	811,8	817,9
2008	791,2	810,4	829,1	802,9
2007	760,1	771	774,6	773,5

TABLE B.2 – LoB 28 : indice Fédération Française des Bâtiments



B.2 Incertitude autour des estimations de paramètres

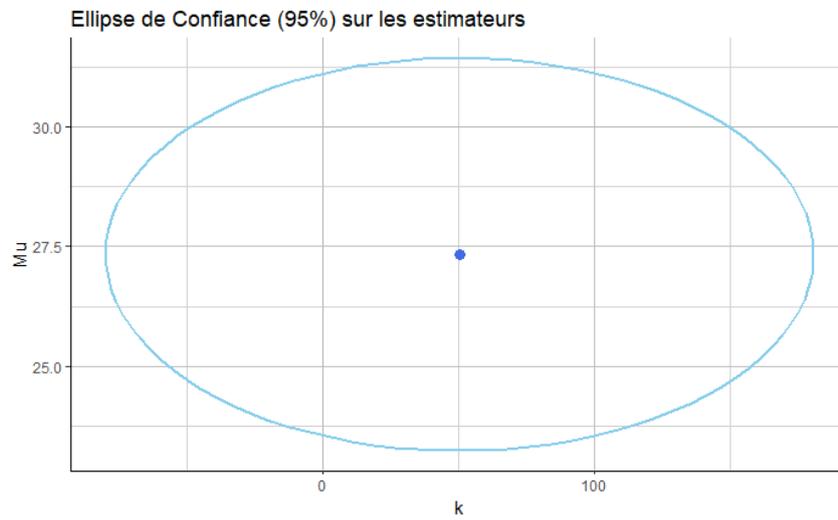


FIGURE B.1 – Ellipse de confiance des paramètres binomiales négatives LoB 20

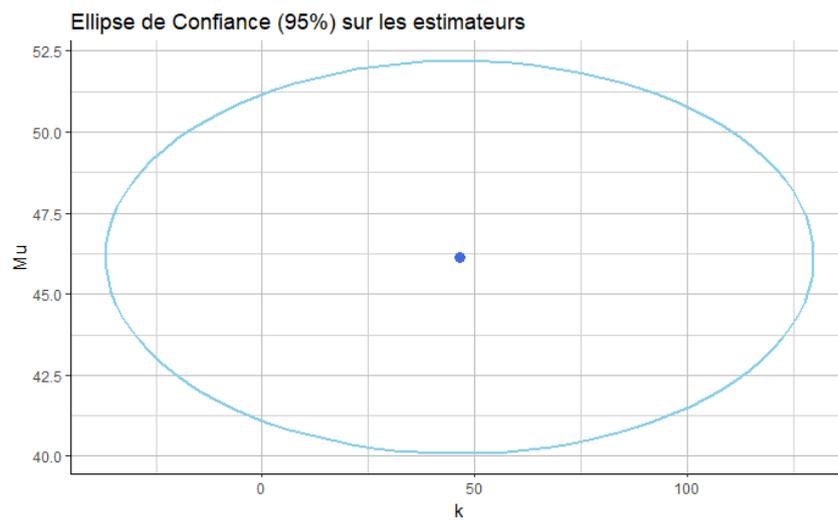


FIGURE B.2 – Ellipse de confiance des paramètres binomiales négatives LoB 28

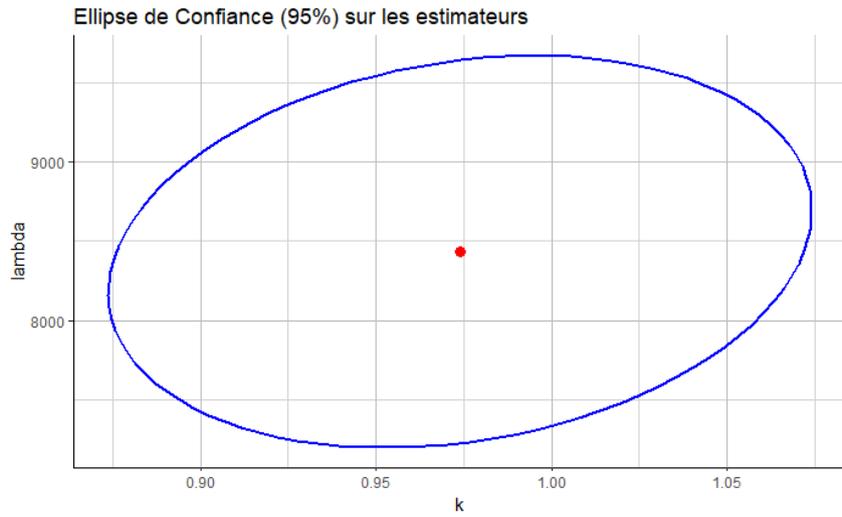


FIGURE B.3 – Ellipse de confiance des paramètres Weibull LoB 20



B.3 Densité des sinistres avant l'application des contrats de réassurance



FIGURE B.4 – Densité de la sinistralité annuelle sur la LoB 20 avant l'application du contrat quote-part

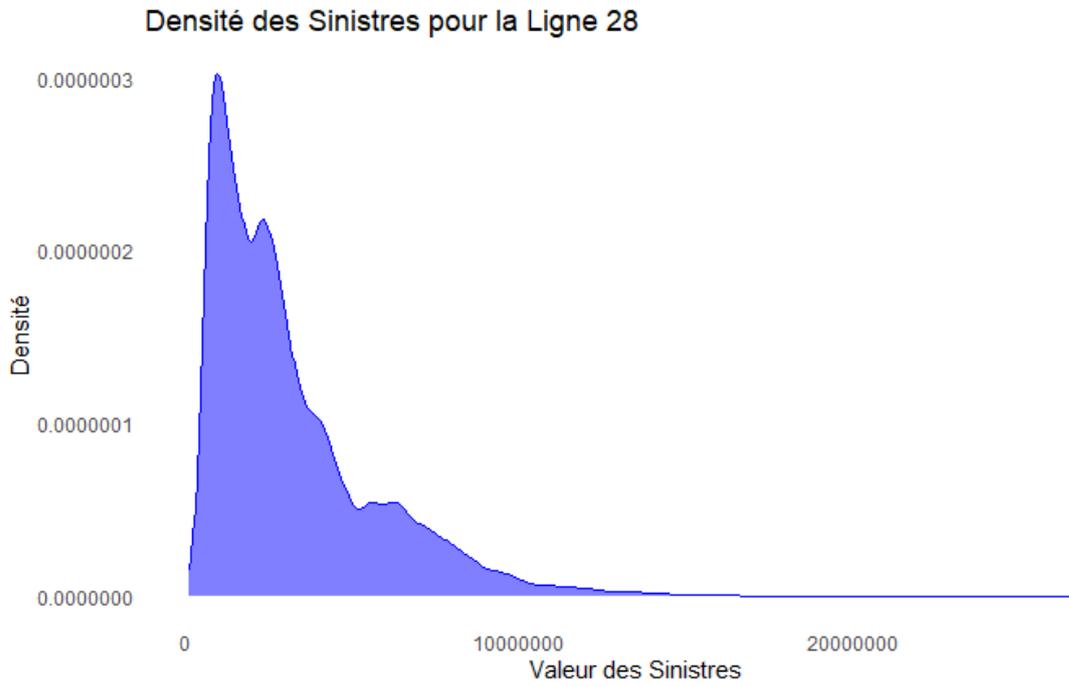


FIGURE B.5 – Densité de la sinistralité annuelle sur la LoB 28 avant l’application du contrat en excédant de sinistres



ANNEXE C

ANNEXES AU CHAPITRE 3

C.1 Densité empirique du résultat technique

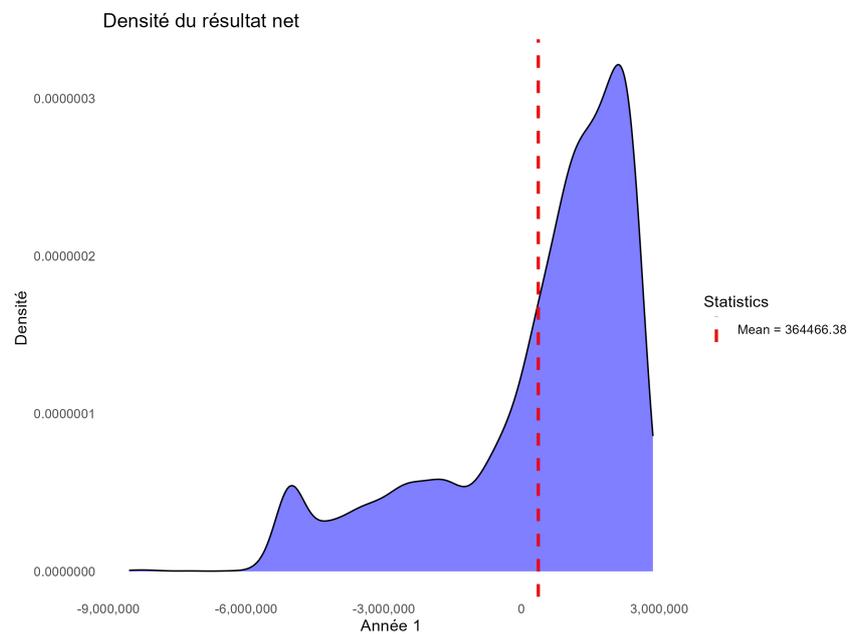


FIGURE C.1 – Densité empirique du résultat technique de la première année sous le scénario 1

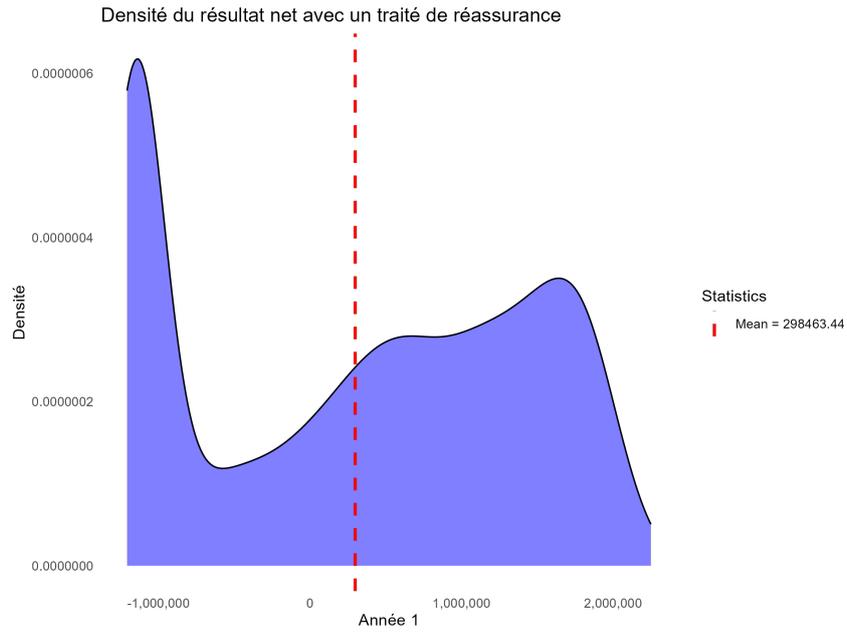


FIGURE C.2 – Densité empirique du résultat technique de la première année sous le scénario 2

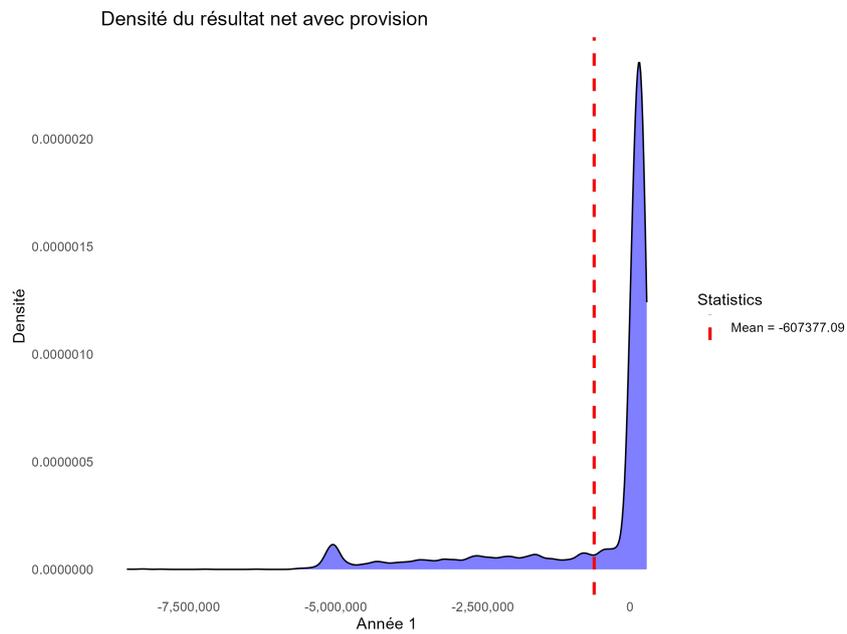


FIGURE C.3 – Densité empirique du résultat technique de la première année sous le scénario 3

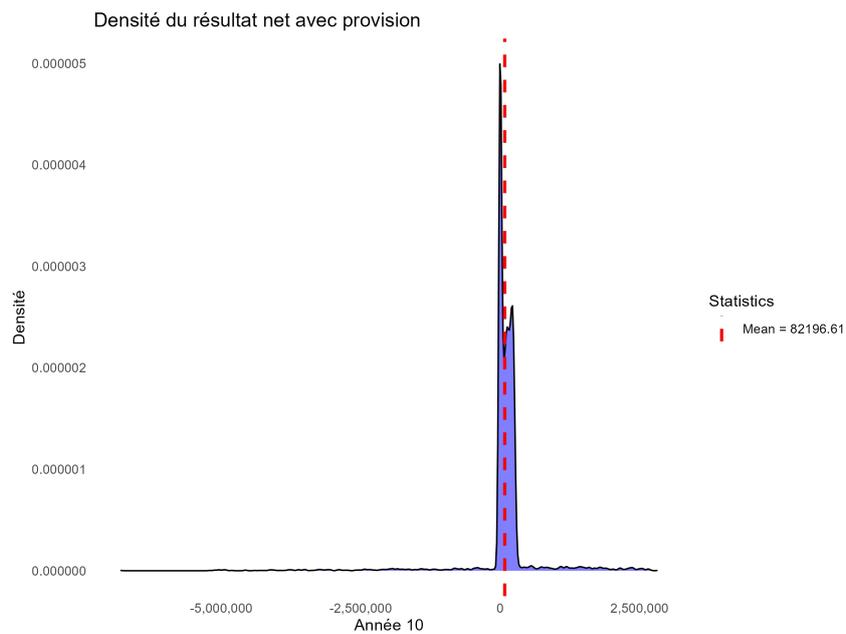


FIGURE C.4 – Densité empirique du résultat technique de la dixième année sous le scénario 3

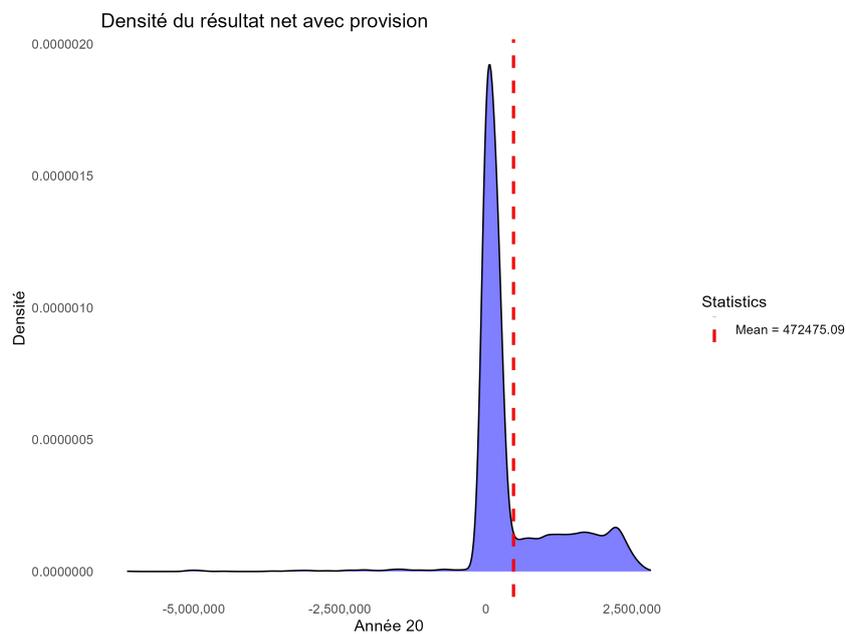


FIGURE C.5 – Densité empirique du résultat technique de la vingtième année sous le scénario 3



C.2 Zoom sur le résultat médian sous le scénario 3

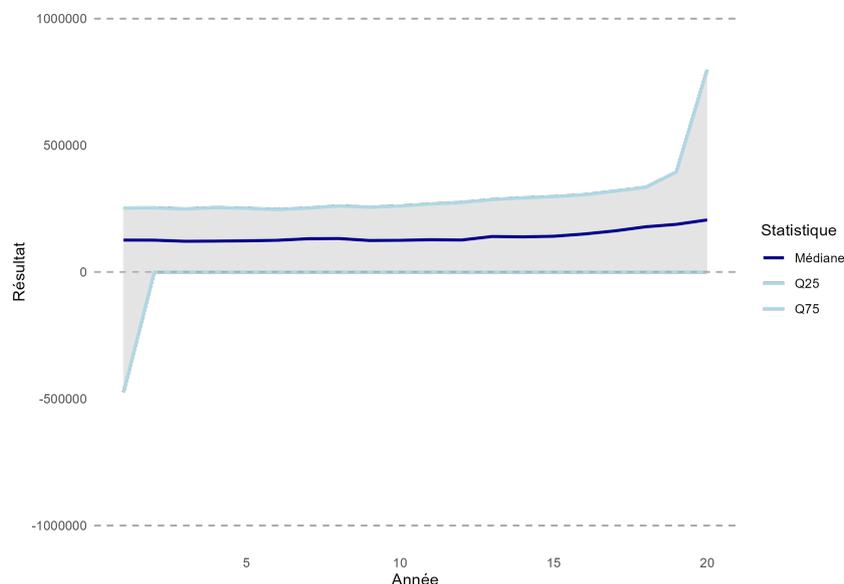


FIGURE C.6 – Trajectoire médiane du résultat technique sous le scénario 3

C.3 Statistiques descriptives pour la section 3.2

Année	1	5	10	15	20
Moyenne	9 352 211	10 850 661	12 668 897	14 414 281	16 254 850
Écart-type	2 065 117	4 663 519	6 589 684	8 110 503	9 384 586
Médiane	10 031 969	11 295 379	13 138 157	14 766 588	16 693 409
Q25	8 529 107	7 931 313	8 335 049	9 136 928	9 987 969
Q75	10 894 524	14 358 478	17 455 778	20 289 456	22 770 271
Min	759 812	-6 671 063	-13 124 203	-19 731 248	-25 960 185
Max	11 796 678	20 848 630	29 667 137	36 699 047	42 452 514

TABLE C.1 – Statistiques descriptives des fonds propres sous le scénario 1



Année	1	5	10	15	20
Moyenne	9 282 402	10 493 042	11 999 945	13 441 614	14 932 785
Écart-type	1 104 026	2 489 906	3 476 993	4 265 826	4 933 726
Médiane	9 426 572	10 535 804	12 063 541	13 501 751	14 882 504
Q25	7 878 709	8 786 063	9 609 456	10 495 414	11 470 699
Q75	10 289 615	12 276 798	14 351 350	16 346 407	18 344 532
Min	7 822 744	3 281 556	669 265	-1 004 240	-1 954 513
Max	11 192 131	17 799 153	23 561 737	27 378 455	31 186 378

TABLE C.2 – Statistiques descriptives des fonds propres sous le scénario 2

Année	1	5	10	15	20
Moyenne	9 352 211	11 264 414	13 817 220	16 369 162	19 038 184
Écart-type	2 065 117	4 496 345	6 208 802	7 529 574	8 621 568
Médiane	10 031 969	11 846 779	14 397 574	16 911 840	19 667 311
Q25	8 529 107	8 585 322	10 037 697	11 758 761	13 536 455
Q75	10 894 524	14 567 905	18 271 978	21 686 537	25 018 360
Min	759 812	-6 502 214	-12 157 042	-18 052 507	-23 060 402
Max	11 796 678	20 848 630	29 667 137	36 789 555	42 835 719

TABLE C.3 – Statistiques descriptives des fonds propres sous le scénario 3



Année	1	5	10	15	20
Moyenne	7 021 582	7 052 628	7 054 789	7 057 210	7 053 901
Écart-type	146 716	152 595	150 675	154 786	151 787
Médiane	6 970 255	6 999 948	7 004 253	7 003 179	7 001 424
Q25	6 910 797	6 938 213	6 940 294	6 940 572	6 940 329
Q75	7 081 154	7 115 535	7 117 579	7 122 585	7 115 345
Min	6 860 137	6 870 255	6 874 109	6 876 477	6 877 795
Max	7 533 842	7 707 711	7 580 409	7 731 792	7 641 311

TABLE C.4 – Statistiques descriptives du SCR Non-Vie sous le scénario 1

Année	1	5	10	15	20
Moyenne	5 261 010	5 288 171	5 291 165	5 291 195	5 290 132
Écart-type	80 737	83 344	83 542	83 884	83 736
Médiane	5 249 901	5 277 772	5 281 236	5 281 586	5 279 631
Q25	5 184 964	5 211 323	5 212 369	5 212 643	5 213 066
Q75	5 357 673	5 380 488	5 382 555	5 383 983	5 383 051
Min	5 130 570	5 141 432	5 144 397	5 145 729	5 148 048
Max	5 376 749	5 458 665	5 481 706	5 482 180	5 471 832

TABLE C.5 – Statistiques descriptives du SCR Non-Vie sous le scénario 2



Année	1	5	10	15	20
Moyenne	722 669	852 000	979 745	1 100 398	1 225 251
Écart-type	83 398	285 869	415 918	513 289	595 520
Médiane	752 473	884 159	1 007 873	1 117 171	1 247 947
Q25	695 471	667 030	699 287	749 992	807 163
Q75	782 998	1 070 134	1 284 434	1 478 378	1 649 983
Min	434 152	0	0	0	0
Max	812 481	1 456 744	2 055 207	2 667 576	2 909 091

TABLE C.6 – Statistiques descriptives du SCR contrepartie sous le scénario 1

Année	1	5	10	15	20
Moyenne	732 731	840 274	944 098	1 040 993	1 140 642
Écart-type	35 340	151 458	223 559	277 523	322 785
Médiane	734 049	841 078	946 637	1 047 259	1 138 008
Q25	702 936	738 612	788 998	847 941	912 530
Q75	764 591	950 082	1 099 585	1 228 362	1 365 346
Min	665 063	394 436	246 531	145 715	53 538
Max	847 399	1 274 041	1 729 638	2 063 190	2 217 047

TABLE C.7 – Statistiques descriptives du SCR contrepartie sous le scénario 2



Année	1	5	10	15	20
Moyenne	744 394	960 116	1 190 488	1 395 193	1 584 777
Écart-type	99 002	321 112	460 036	548 171	610 099
Médiane	773 940	994 454	1 224 036	1 434 011	1 642 060
Q25	695 471	752 635	879 364	1 026 409	1 178 455
Q75	822 340	1 197 309	1 531 031	1 813 276	2 022 742
Min	434 152	0	0	0	0
Max	869 062	1 696 351	2 314 630	2 939 206	3 195 180

TABLE C.8 – Statistiques descriptives du SCR contrepartie sous le scénario 3

Année	1	5	10	15	20
Moyenne	7 366 603	7 475 506	7 556 609	7 634 829	7 710 979
Écart-type	99 231	182 786	258 006	318 580	369 628
Médiane	7 332 184	7 481 852	7 562 486	7 635 469	7 709 388
Q25	7 290 645	7 354 602	7 379 615	7 409 436	7 446 582
Q75	7 409 703	7 597 000	7 737 310	7 861 908	7 977 061
Min	7 256 717	6 880 748	6 854 431	6 849 225	6 843 294
Max	7 716 806	8 031 937	8 511 690	8 688 353	9 091 524

TABLE C.9 – Statistiques descriptives du SCR sous le scénario 1



Année	1	5	10	15	20
Moyenne	5 645 515	5 738 190	5 806 004	5 867 611	5 930 784
Écart-type	61 110	106 104	149 575	181 982	211 082
Médiane	5 634 987	5 736 898	5 805 219	5 863 592	5 927 412
Q25	5 588 819	5 664 760	5 701 612	5 741 275	5 782 818
Q75	5 709 073	5 811 053	5 908 876	5 992 405	6 074 706
Min	5 551 930	5 438 661	5 354 189	5 270 233	5 271 895
Max	5 759 989	6 072 039	6 361 682	6 585 354	6 754 833

TABLE C.10 – Statistiques descriptives du SCR sous le scénario 2

Année	1	5	10	15	20
Moyenne	7 055 241	6 465 847	6 259 691	6 228 176	6 262 078
Écart-type	354 890	609 252	499 922	429 305	408 181
Médiane	7 024 320	6 315 071	6 097 647	6 147 166	6 207 633
Q25	6 728 133	5 921 521	5 935 165	5 960 124	6 011 257
Q75	7 409 703	6 911 998	6 410 957	6 352 218	6 420 371
Min	6 431 960	5 526 030	5 363 948	5 282 278	5 270 969
Max	7 716 806	7 980 964	8 056 731	8 019 583	8 692 952

TABLE C.11 – Statistiques descriptives du SCR sous le scénario 3



Année	1	5	10	15	20
Moyenne	1 841 651	1 868 876	1 889 152	1 908 707	1 927 745
Écart-type	24 808	45 697	64 502	79 645	92 407
Médiane	1 833 046	1 870 463	1 890 621	1 908 867	1 927 347
Q25	1 822 661	1 838 650	1 844 904	1 852 359	1 861 645
Q75	1 852 426	1 899 250	1 934 328	1 965 477	1 994 265
Min	1 814 179	1 720 187	1 713 608	1 712 306	1 710 823
Max	1 929 202	2 007 984	2 127 923	2 172 088	2 272 881

TABLE C.12 – Statistiques descriptives du MCR sous le scénario 1

Année	1	5	10	15	20
Moyenne	1 411 379	1 434 600	1 451 501	1 466 932	1 482 701
Écart-type	15 278	26 671	37 394	45 551	52 773
Médiane	1 408 747	1 434 225	1 451 305	1 465 898	1 481 853
Q25	1 397 205	1 416 190	1 425 403	1 435 319	1 445 705
Q75	1 427 268	1 452 778	1 477 219	1 498 122	1 518 718
Min	1 387 983	1 359 665	1 338 547	1 317 558	1 317 974
Max	1 439 997	1 601 973	1 590 421	1 646 339	1 688 708

TABLE C.13 – Statistiques descriptives du MCR sous le scénario 2



Année	1	5	10	15	20
Moyenne	1 763 810	1 616 462	1 564 923	1 557 044	1 565 519
Écart-type	88 722	152 313	124 980	107 326	102 045
Médiane	1 756 080	1 578 768	1 524 412	1 536 792	1 551 908
Q25	1 682 033	1 480 380	1 483 791	1 490 031	1 502 814
Q75	1 852 426	1 727 749	1 602 739	1 588 054	1 605 093
Min	1 607 990	1 381 507	1 340 987	1 320 570	1 317 742
Max	1 929 202	1 995 241	2 014 183	2 004 896	2 173 238

TABLE C.14 – Statistiques descriptives du MCR sous le scénario 3

Année	1	5	10	15	20
Moyenne	127 %	145 %	166 %	186 %	206 %
Écart-type	29 %	61 %	84 %	101 %	114 %
Médiane	137 %	151 %	174 %	194 %	216 %
Q25	115 %	107 %	113 %	123 %	134 %
Q75	149 %	191 %	227 %	259 %	289 %
Min	10 %	-92 %	-182 %	-286 %	-365 %
Max	163 %	271 %	366 %	426 %	490 %

TABLE C.15 – Statistiques descriptives du ratio de solvabilité sous le scénario 1



Année	1	5	10	15	20
Moyenne	165 %	183 %	205 %	228 %	250 %
Écart-type	21 %	42 %	56 %	67 %	76 %
Médiane	167 %	184 %	207 %	230 %	252 %
Q25	138 %	154 %	168 %	182 %	198 %
Q75	184 %	213 %	244 %	274 %	303 %
Min	136 %	59 %	12 %	-18 %	-36 %
Max	202 %	302 %	381 %	424 %	477 %

TABLE C.16 – Statistiques descriptives du ratio de solvabilité sous le scénario 2

Année	1	5	10	15	20
Moyenne	134 %	180 %	225 %	265 %	304 %
Écart-type	35 %	80 %	104 %	120 %	133 %
Médiane	143 %	183 %	240 %	280 %	320 %
Q25	115 %	124 %	155 %	188 %	221 %
Q75	162 %	246 %	304 %	352 %	399 %
Min	10 %	-90 %	-169 %	-290 %	-324 %
Max	183 %	347 %	467 %	544 %	629 %

TABLE C.17 – Statistiques descriptives du ratio de solvabilité sous le scénario 3



Année	1	5	10	15	20
Moyenne	364,466	589,798	796,437	1,016,760	1,385,937
Écart-type	2,099,994	2,114,174	2,068,371	2,131,663	2,126,807
Médiane	1,052,209	1,278,870	1,410,899	1,636,470	1,908,608
Q25	-474,333	-256,047	-41,647	121,241	446,679
Q75	1,934,182	2,159,230	2,299,391	2,532,261	2,868,015
Min	-8,550,825	-10,593,370	-7,400,997	-9,140,057	-8,410,950
Max	2,861,177	3,371,457	3,848,298	4,478,938	5,452,703

TABLE C.18 – Statistiques descriptives du résultat total net sous le scénario 1

Année	1	5	10	15	20
Moyenne	298,463	612,028	805,159	1,061,703	1,394,746
Écart-type	1,122,483	1,093,692	1,078,954	1,091,839	1,118,745
Médiane	441,048	729,972	853,177	1,116,976	1,453,991
Q25	-1,130,059	-575,225	-246,127	91,389	441,226
Q75	1,323,020	1,605,974	1,757,826	1,998,761	2,309,280
Min	-1,207,021	-1,174,143	-1,185,338	-1,173,961	-1,174,094
Max	2,250,016	2,728,276	3,017,539	3,399,896	4,267,782

TABLE C.19 – Statistiques descriptives du résultat total net sous le scénario 2



Année	1	5	10	15	20
Moyenne	-607,377	191,422	640,675	1,113,341	1,806,287
Écart-type	1,476,318	880,709	849,431	1,038,125	1,311,540
Médiane	94,369	391,047	657,959	1,019,155	1,586,283
Q25	-474,333	190,771	324,471	555,058	892,933
Q75	189,144	568,392	941,033	1,490,580	2,684,084
Min	-8,550,825	-9,223,888	-6,808,743	-5,158,144	-5,482,857
Max	286,118	993,741	3,866,385	4,501,592	5,964,784

TABLE C.20 – Statistiques descriptives du résultat total net sous le scénario 3

Année	1	5	10	15	20
Moyenne	357 681	410 890	454 281	515 791	604 958
Écart-type	308 666	337 837	363 623	402 108	449 942
Médiane	350 736	426 290	470 300	545 490	636 203
Q25	0	0	0	40 414	148 893
Q75	644 727	719 743	766 464	844 087	956 005
Min	0	0	0	0	0
Max	953 726	1 123 819	1 282 766	1 492 979	1 817 568

TABLE C.21 – Statistiques descriptives sous le scénario 1



Année	1	5	10	15	20
Moyenne	223 580	283 315	320 507	383 110	479 288
Écart-type	235 597	271 586	295 463	323 958	350 092
Médiane	147 016	243 324	284 392	372 325	484 664
Q25	0	0	0	30 463	147 075
Q75	441 007	535 325	585 942	666 254	769 760
Min	0	0	0	0	0
Max	750 005	909 425	1 005 846	1 133 299	1 422 594

TABLE C.22 – Statistiques descriptives des impôts sous le scénario 2

Année	1	5	10	15	20
Moyenne	33 733	126 871	241 414	388 224	611 754
Écart-type	-	-	-	-	-
Médiane	31 456	130 349	219 320	339 718	528 761
Q25	0	63 590	108 157	185 019	297 644
Q75	63 048	189 464	313 678	496 860	894 695
Min	0	0	0	0	0
Max	95 373	331 247	1 288 795	1 500 531	1 988 261

TABLE C.23 – Statistiques descriptives des impôts sous le scénario 3



Année	1	5	10	15	20
Moyenne	0.0	303,000.2	554,346.6	869,299.4	1,280,366.9
Écart-type	0.0	241,867.1	436,221.5	657,366.6	921,990.3
Médiane	0.0	294,836.5	533,090.4	848,387.7	1,246,383.8
Q25	0.00	52,772.38	135,159.83	275,824.00	476,887.71
Q75	0.0	503,866.8	880,675.3	1,362,514.7	1,984,530.3
Min	0	0	0	0	0
Max	0.0	885,798.9	1,825,397.4	2,995,442.4	4,140,355.1

TABLE C.24 – Statistiques descriptives des rendements financiers sous le scénario 1

Année	1	5	10	15	20
Moyenne	0.0	380,611.8	626,544.5	944,072.1	1,361,339.4
Écart-type	0.0	169,501.2	287,494.3	416,779.9	571,313.3
Médiane	0.0	383,625.7	626,433.4	958,360.1	1,380,589.5
Q25	0.0	265,963.0	427,636.3	652,985.6	968,449.2
Q75	0.0	499,708.4	830,715.8	1,231,153.0	1,758,511.1
Min	0	0	0	0	0
Max	0.0	843,196.9	1,532,309.5	2,381,614.2	3,118,891.7

TABLE C.25 – Statistiques descriptives des rendements financiers sous le scénario 2



Année	1	5	10	15	20
Moyenne	0.0	386,074.9	726,864.6	1,146,403.3	1,689,131.0
Écart-type	0.0	282,479.6	479,701.9	698,680.8	958,956.0
Médiane	0.0	385,787.1	747,363.4	1,191,117.0	1,729,978.8
Q25	0.0	120,124.9	321,809.8	594,137.6	948,870.1
Q75	0.0	619,542.1	1,094,766.8	1,668,938.4	2,410,624.1
Min	0	0	0	0	0
Max	0	1,023,561	2,013,727	3,249,130	4,475,128

TABLE C.26 – Statistiques descriptives des rendements financiers sous le scénario 3



C.4 Inflation sur la sinistralité

Autrefois, une vision *AS IF* était envisagée pour les charges de sinistres, mais cette hypothèse s'avère en réalité bénéfique pour le scénario 3. Elle a quand même été maintenue au chapitre 3 afin de limiter la complexité du modèle.

Sans nécessiter d'investissements financiers, les dotations à la provision de la première année étaient généralement suffisantes pour couvrir les pertes des années suivantes, car la sinistralité moyenne restait constante d'une année à l'autre. En ajoutant un coefficient d'inflation, cette section considère le cas plus probable où cette hypothèse n'est pas vérifiée.

Il est donc désormais supposé que les charges de sinistres sont soumises à une inflation annuelle de 4 %. Ce facteur est relativement élevé, et cela de manière délibérée afin d'obtenir des résultats sans ambiguïté. Si la charge moyenne de sinistres de la deuxième année est supérieure de 4 % à la moyenne initiale, alors, à la vingtième année, le taux d'inflation atteint 110 %.

De plus, la limite agrégée annuelle de la captive est ajustée à l'inflation pour les deux LoB, de même que la limite par sinistre qui concerne les dommages aux biens.

Les primes sont donc également ajustées annuellement pour compenser cette inflation :

$$\text{Primes}_t = \text{Primes}_1 \times (1 + 4\%)^{t-1}$$

Il en va de même pour les primes de réassurance, car le calcul initial permettait d'obtenir de bonnes estimations des valeurs extrêmes ; il est donc décidé de conserver cette prime en l'ajustant annuellement ¹.

La première figure d'intérêt est la C.7, qui présente les résultats techniques nets sous les trois scénarios. Comme les simulations incluent désormais des rendements financiers, le lecteur attentif notera que le terme « nets » n'est pas totalement approprié pour le résultat technique, car les impôts sont payés sur le résultat total. Cependant, ce terme est utilisé pour signifier : net de la part des impôts générés par l'activité de réassurance. Cette part peut être isolée, car le résultat financier est toujours positif.

La figure montre comment le résultat moyen augmente chaque année, tout comme l'écart-type qui l'entoure. La principale différence par rapport à la figure 3.5 du

1. Cela est théoriquement justifié car :

$$\begin{aligned} & \mathbb{E}(\lambda(S - D) | \lambda S > \lambda D) + \text{RORAC} \times \text{VaR}_{0,5\%}(\lambda(S - D) | \lambda S > \lambda D) \\ & = \lambda(\mathbb{E}(S - D | S > D) + \text{RORAC} \times \text{VaR}_{0,5\%}(S - D | S > D)), \text{ si } \lambda \text{ est un réel positif.} \end{aligned}$$

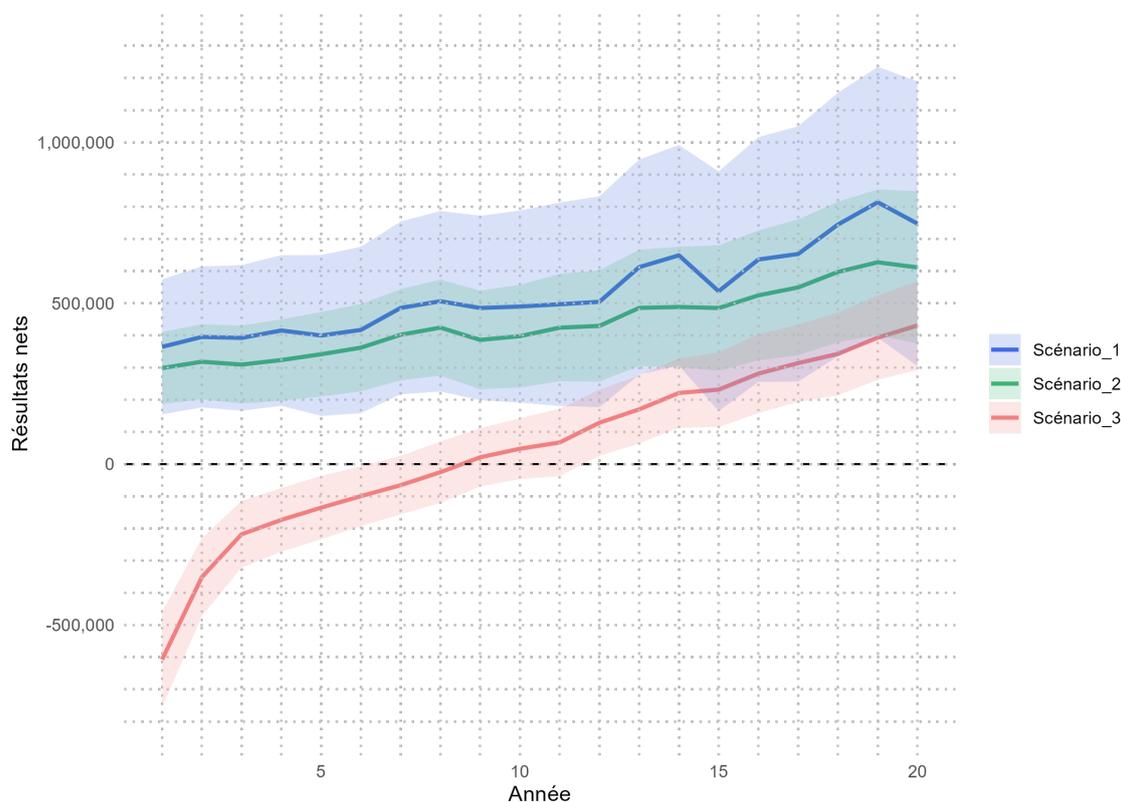


FIGURE C.7 – Comparaison des résultats techniques nets sous l’hypothèse d’inflation

chapitre 3, est que le résultat technique moyen du troisième scénario ne dépasse plus les deux autres. La raison est double. Premièrement, dans un contexte d’inflation annuelle stable, au moment de libérer une dotation réalisée 15 ans auparavant, cette dotation n’a plus le même poids par rapport à la dotation ajoutée pour l’année en cours. Deuxièmement, la sinistralité extrême des dernières années met à l’épreuve la capacité d’absorption de la PPR.

Cela est conforme à la figure C.8, qui montre les résultats nets totaux. Le résultat financier additionnel permet au troisième scénario de s’aligner avec le premier, contrairement à un résultat moyen plus élevé observé dans le chapitre 3. Les résultats financiers sous les trois scénarios sont illustrés par la figure C.9.

Cependant, le bilan prudentiel moyen ne conduit pas à des conclusions différentes de celles déjà établies. L’inflation observée du côté des passifs est bien compensée par la tarification et les rendements financiers des actifs. Les figures C.10, C.11, C.12

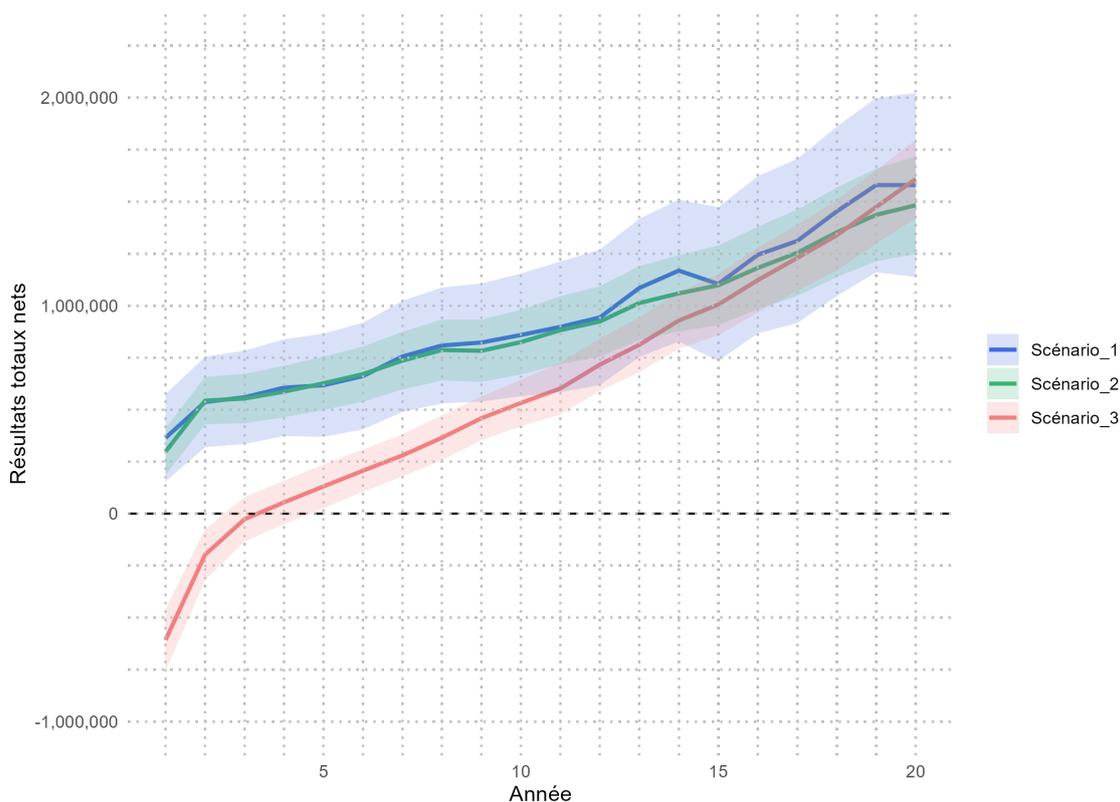


FIGURE C.8 – Comparaison des résultats totaux nets sous l’hypothèse d’inflation

montrent respectivement les fonds propres, les SCR et les ratios de solvabilité sous cette nouvelle hypothèse. La principale particularité de ces figures, comparée à celles présentées précédemment dans le chapitre 3, est leur croissance plus rapide.

Comme les relations entre les trois scénarios restent par ailleurs inchangées, tout commentaire supplémentaire sur les graphiques ne ferait que pousser l’esprit de futilité et de redondance, un acte auquel ce mémoire est idéologiquement opposé.

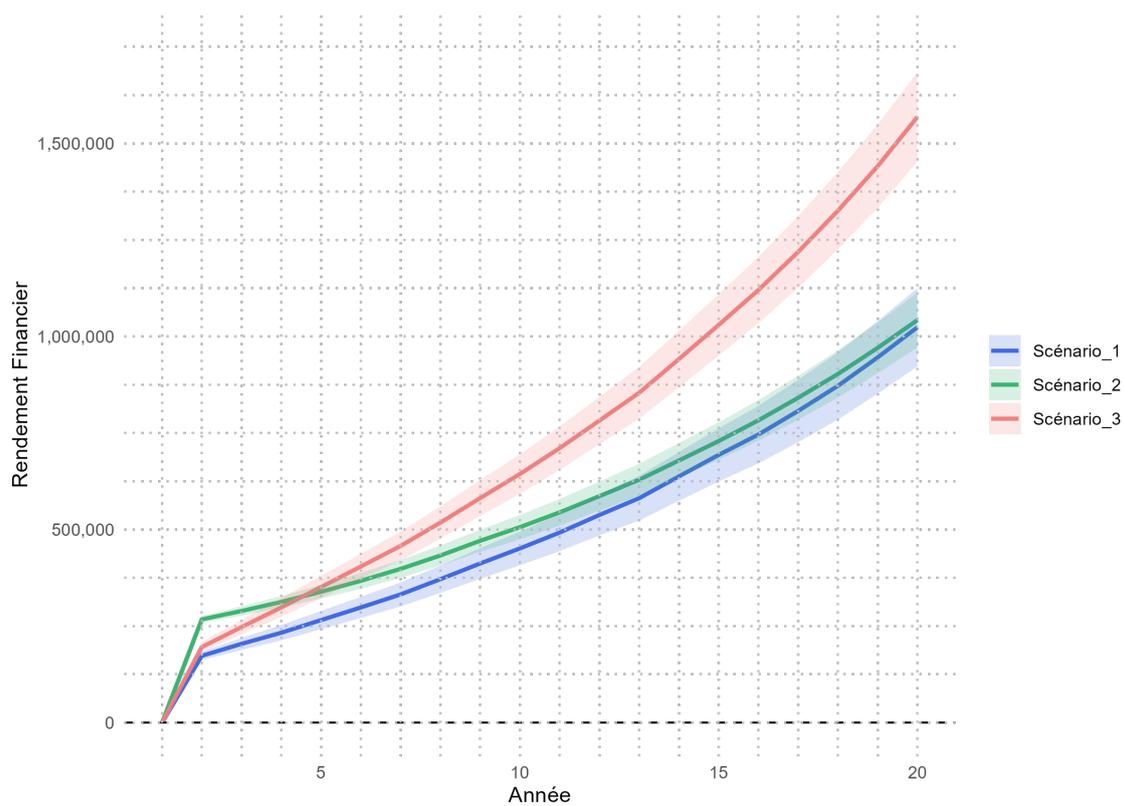


FIGURE C.9 – Comparaison des rendements financiers sous l’hypothèse d’inflation

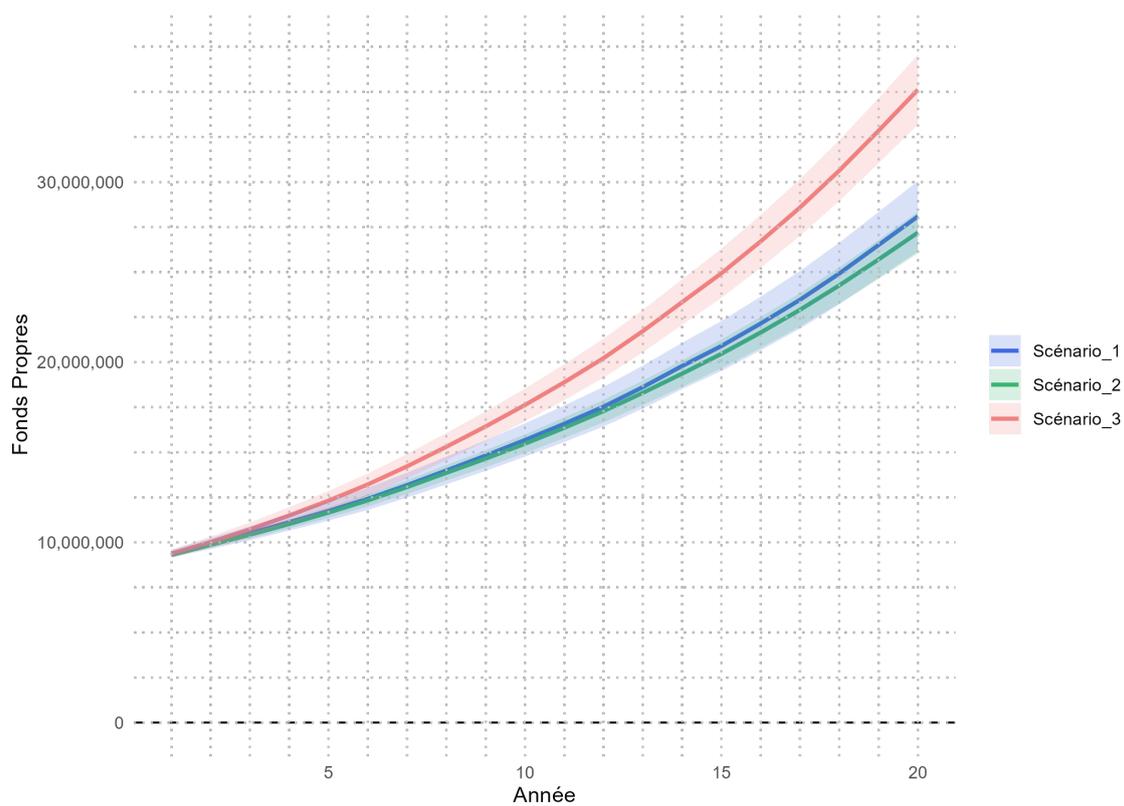


FIGURE C.10 – Comparaison des fonds propres sous l’hypothèse d’inflation

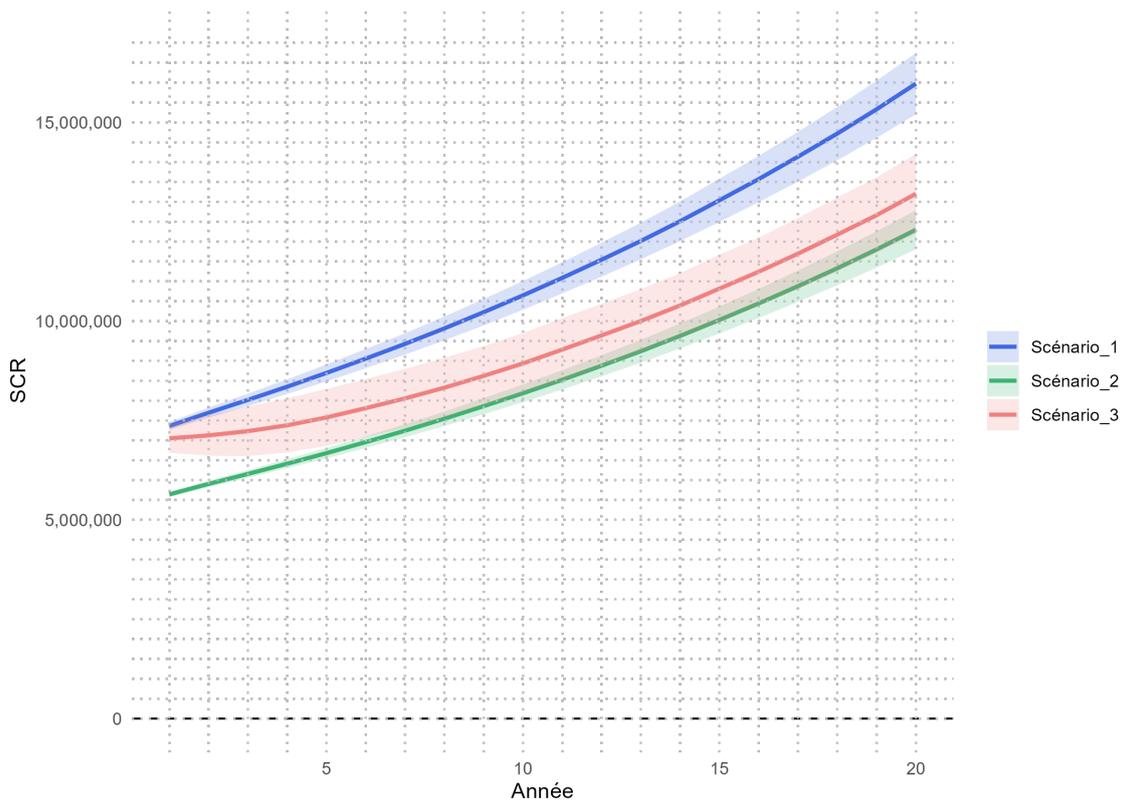


FIGURE C.11 – Comparaison des SCR sous l’hypothèse d’inflation

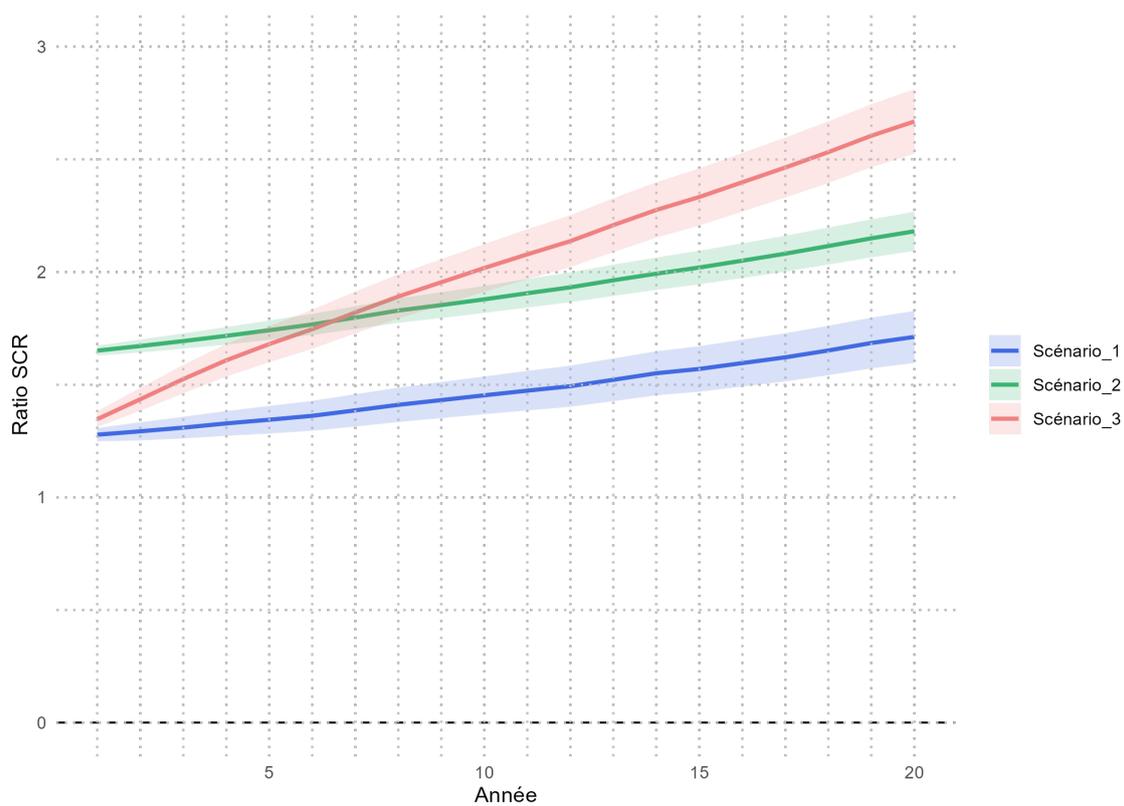


FIGURE C.12 – Comparaison des ratios de solvabilité sous l’hypothèse d’inflation



ANNEXE D

ANNEXES AU CHAPITRE 4

D.1 Statistiques descriptives pour la section 4.2

Année	1	5	10	15	20
Moyenne	-708 576	-155 894	469 368	1 075 083	1 583 800
Écart-type	-	-	-	-	-
Médiane	0	0	0	90 300	1 424 458
Q25	-474 333	0	0	0	0
Q75	0	0	470 465	2 263 348	2 962 354
Min	-8 550 825	-9 045 688	-6 625 120	-5 158 144	-5 076 720
Max	0	1 196 167	3 942 059	4 560 490	5 504 186

TABLE D.1 – Statistiques descriptives du résultat total net sous le dispositif luxembourgeois



Année	1	5	10	15	20
Moyenne	0	53 179	247 335	468 380	666 079
Écart-type	-	-	-	-	-
Médiane	0	55 798	77 644	176 981	621 125
Q25	0	39 384	50 732	69 164	120 534
Q75	0	68 887	257 824	880 933	1 144 997
Min	0	0	0	0	0
Max	0	492 278	1 446 588	1 723 554	2 133 862

TABLE D.2 – Statistiques descriptives des impôts sous le dispositif luxembourgeois

Année	1	5	10	15	20
Moyenne	1 430 724	6 456 182	11 583 194	13 995 902	15 222 439
Écart-type	1 234 662	4 145 457	5 296 450	4 462 339	3 524 606
Médiane	1 402 946	6 300 671	12 969 632	16 972 674	16 972 674
Q25	0	3 145 135	7 435 306	12 455 189	15 161 553
Q75	2 578 909	9 494 626	16 972 674	16 972 674	16 972 674
Min	0	0	0	0	0
Max	3 814 903	16 972 674	16 972 674	16 972 674	16 972 674

TABLE D.3 – Statistiques descriptives de la PFS



Année	1	5	10	15	20
Moyenne	11 133 281	15 462 529	21 244 517	27 507 484	35 052 536
Écart-type	-	-	-	-	-
Médiane	11 574 614	15 944 803	22 230 514	28 803 988	36 064 671
Q25	10 370 058	11 807 638	15 367 619	19 967 035	25 564 808
Q75	12 322 228	19 577 155	27 875 705	35 508 152	45 387 042
Min	6 473 576	-3 648 336	-9 156 644	-15 448 226	-20 095 706
Max	13 053 158	27 733 176	41 510 355	58 875 819	74 063 168

TABLE D.4 – Statistiques descriptives des actifs sous le dispositif luxembourgeois

Année	1	5	10	15	20
Moyenne	9 353 072	12 006 603	16 467 514	22 120 166	29 369 163
Écart-type	-	-	-	-	-
Médiane	10 032 821	12 590 078	17 098 269	22 805 722	30 011 900
Q25	8 529 396	8 985 742	11 647 617	15 075 682	19 793 848
Q75	10 895 848	15 605 180	21 984 297	29 566 773	39 334 490
Min	760 101.1	-6 505 783.8	-	-	-
			12 069 779.3	17 603 548.4	22 593 713.6
Max	11 798 493	22 624 433	36 296 529	51 562 955	68 899 275

TABLE D.5 – Statistiques descriptives des fonds propres économiques sous le dispositif luxembourgeois



Année	1	5	10	15	20
Moyenne	7 023 684	6 328 117	6 205 755	6 312 851	6 530 404
Écart-type	382 668	569 362	384 972	367 621	462 197
Médiane	6 995 725	6 065 954	6 150 220	6 310 705	6 528 105
Q25	6 672 587	5 903 006	5 967 848	6 064 121	6 202 167
Q75	7 409 992	6 659 846	6 334 504	6 539 001	6 859 573
Min	6 342 153	5 429 311	5 279 040	5 285 096	5 286 230
Max	7 717 095	8 060 466	7 931 511	8 075 279	8 129 403

TABLE D.6 – Statistiques descriptives du SCR sous le dispositif luxembourgeois

Année	1	5	10	15	20
Moyenne	135 %	195 %	267 %	346 %	439 %
Écart-type	35 %	85 %	119 %	152 %	184 %
Médiane	143 %	204 %	283 %	364 %	462 %
Q25	115 %	134 %	191 %	253 %	321 %
Q75	163 %	264 %	355 %	458 %	576 %
Min	10 %	-90 %	-168 %	-283 %	-317 %
Max	186 %	371 %	550 %	703 %	877 %

TABLE D.7 – Statistiques descriptives du ratio de solvabilité sous le dispositif luxembourgeois



Année	1	5	10	15	20
Moyenne	0	390 115	711 261	1 094 106	1 577 472
Écart-type	0	280 340	457 014	652 530	881 077
Médiane	0	397 117	741 256	1 125 373	1 605 356
Q25	0	123 981	337 210	603 331	914 987
Q75	0	630 133	1 051 231	1 573 702	2 230 588
Min	0	0	0	0	0
Max	0	1 008 393	1 948 770	3 102 285	4 205 063

TABLE D.8 – Statistiques descriptives des rendements financiers sous le dispositif luxembourgeois