



Mémoire présenté devant le jury de l'EURIA en vue de l'obtention du
Diplôme d'Actuaire EURIA
et de l'admission à l'Institut des Actuaire

le 8 Septembre 2023

Par : Alae AMEZIANE

Titre : L'intérêt de la modélisation du Repo chez un assureur vie

Confidentialité : Non

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

**Membre présent du jury de l'Institut
des Actuaire :**

Pierre CORREGE

Signature :

Florence PICARD

Signature :

Emmanuel BERTHELE

Signature :

Entreprise : BNP Paribas Cardif
Samy COLLIER

Signature :

Membres présents du jury de l'EURIA : Directeur de mémoire en entreprise :

Daniel BOIVIN

Paul OTTOU

Mehdi TAI

Signature :

**Autorisation de publication et de mise en ligne sur un site de diffusion
de documents actuariels**

(après expiration de l'éventuel délai de confidentialité)

Signature du responsable entreprise :

Signature du candidat :

Résumé

Dans des circonstances de crise de liquidité, notamment lors de rachats massifs, l'assureur est contraint de liquider des actifs, principalement des obligations qui constituent une part significative de son portefeuille. Même si ces obligations présentent des moins-values latentes, cette action est nécessaire pour respecter ses obligations envers les assurés. Cela a des effets néfastes sur la réserve de capitalisation (RC) et les revenus financiers de l'assureur.

Dans cette perspective, le terme « Sale and Repurchase Agreement », abrégé en Repo (ou encore appelé mise en pension en français), représente une transaction financière où un vendeur transfère temporairement des titres à un acheteur, avec l'engagement de les racheter ultérieurement. Cette démarche offre au vendeur la possibilité d'obtenir rapidement des liquidités en utilisant les titres comme garantie.

Ce mémoire d'actuariat vise à étudier les implications de l'intégration du mécanisme de Repo dans le modèle ALM de BNP Paribas Cardif. Dans un premier volet, nous examinerons la nécessité de liquidités en cas de stress, en particulier dans des scénarios de rachats massifs. L'analyse portera sur l'impact de l'introduction du Repo sur les allocations d'actifs et la stratégie d'investissement. Un autre volet crucial consistera à évaluer une stratégie de remboursement du Repo à son échéance contractuelle.

Dans un second temps, nous illustrerons les conséquences de cette approche de modélisation sur divers indicateurs, dont le Taux de Rendement des Actifs (TRA), le Best Estimate of Liabilities (BEL), la Present Value of Future Profits (PVFP) et le Solvency Capital Requirement (SCR). Cette évaluation comparative sera réalisée entre une situation sans Repo et une situation incluant le Repo.

Mots clefs: Solvabilité II, liquidité, modèle actif-passif (ALM), Best Estimate of Liabilities (BEL), Present Value of Future Profits (PVFP), Solvency Capital Requirement (SCR)

Abstract

In times of liquidity crisis, particularly during periods of substantial massive surrenders, insurers find themselves in a situation where they must quickly sell off assets, primarily bonds that constitute a significant portion of their portfolio. Even though these bonds might currently have unrealized losses, this action is necessary to meet their commitments to policyholders. Unfortunately, this situation adversely affects the insurer's capital reserve and its financial returns.

In this context, the term "Sale and Repurchase Agreement," often referred to as a Repo, is a financial transaction where a seller temporarily transfers securities to a buyer, with a commitment to repurchase them at a later date. This mechanism allows the seller to access liquidity rapidly by using the securities as collateral.

The goal of this actuarial analysis is to examine the potential consequences of incorporating the Repo mechanism into BNP Paribas Cardif's ALM (Asset and Liability Management) model. Initially, we will explore the necessity for liquid assets during periods of stress, particularly in scenarios involving significant massive surrenders. Our analysis will focus on how the introduction of the Repo mechanism impacts asset allocation and investment strategies. Another vital aspect of this study will involve evaluating a strategy for repaying the Repo when it reaches its contractual maturity.

Furthermore, we will illustrate the ramifications of this modeling approach on various key indicators, such as : the Rate Return on Assets (RRA), the Best Estimate of Liabilities (BEL), the Present Value of Future Profits (PVFP), and the Solvency Capital Requirement (SCR). This comparative evaluation will be conducted by contrasting a scenario without the Repo mechanism against a scenario that incorporates it.

Keywords: Solvency II, liquidity, asset and liability management (ALM) model, Best Estimate of Liabilities (BEL), Present Value of Future Profits (PVFP), Solvency Capital Requirement (SCR)

Note de synthèse

Problématique et objectif

Pour un assureur vie, avoir un niveau adéquat de liquidités est essentiel pour honorer ses engagements envers les assurés, particulièrement lors de périodes de stress telles que les rachats massifs, où la disponibilité de liquidités peut devenir critique.

Cette exigence peut pousser la compagnie d'assurance à céder des actifs, principalement ses obligations, étant donné que la majeure partie de son portefeuille est constituée d'obligations. Cette cession peut se dérouler dans des circonstances où les obligations sont assorties de moins-values latentes, ce qui exerce un effet défavorable sur la réserve de capitalisation (RC) et la situation financière de l'assureur.

L'objectif de ce mémoire consiste à élaborer une proposition visant une gestion efficace des actifs, tout en réduisant les cessions à perte, particulièrement en période de crise de liquidité.

Méthodologie

L'approche proposée consiste à intégrer le Repo "Sale and Repurchase Agreement" ou la mise en pension en français, qui est une opération financière dans laquelle un vendeur cède temporairement des titres à un acheteur, avec l'engagement de les racheter ultérieurement. Cette opération permet au vendeur, Cardif dans ce cas, d'obtenir des liquidités immédiates en utilisant les titres comme garantie. Tandis que l'acheteur peut utiliser ces titres à des fins de spéculation ou les inclure dans son bilan pour détenir des titres de haute qualité.

Le fonctionnement de Repo consiste à un accord généralement entre deux parties. Au début de la transaction, la partie A prêtera à la partie B un certain nombre de titres en échange d'une somme d'argent qui correspond à la valeur de marché des titres mis en pension souvent avec un haircut. Le haircut représente une décote appliquée à la valeur de marché des titres mis en Repo afin de prendre en compte la fluctuation de leur valeur pendant la période de pension. A la date d'échéance convenue, la partie B restituera à la partie A les mêmes titres. De cette manière, la partie B pourra récupérer ses liquidités initiales avec en plus des intérêts, calculés en fonction du taux de Repo préalablement défini entre les deux parties.

Afin de mettre le Repo en place dans le modèle ALM de BNP PARIBAS Cardif, on doit faire des hypothèses sur les principales composantes des contrats de Repo à savoir :

- **Les titres à prêter** : La qualité et la liquidité d'un titre présentent une importance dans une opération financière, nous opterons pour l'utilisation des obligations gouvernementales avec un rating élevé notées **BONDS GOVIES CATEGORIE1**.
Il est important de souligner que les obligations qui ont été prêtées demeurent au sein du bilan de l'assureur qui les prête, et les coupons générés par ces obligations sont versés à l'assureur (Annexe 1).
- **La maturité des contrats de Repo** : La maturité des contrats de Repo est généralement courte, variant de 1 jour à 1 an. Étant donné que notre projection est effectuée sur une base annuelle, nous choisirons une maturité d'un an pour assurer un suivi précis des opérations de Repo.
- **Le taux de Repo** : Dans notre approche de modélisation, lorsque nous traitons le Repo avec une maturité d'un an, nous choisirons d'utiliser le taux sans risque disponible dans le générateur des scénarios économiques (GSE). Ce taux permet de calculer les intérêts sur les opérations de Repo.
- **Le montant de Repo** : Ce montant est déterminé pour répondre à des besoins en liquidité de l'assureur en fonction des sorties (Prestations, rachats, commissions), les entrées (Primes, produits financiers) et de la trésorerie disponible. Les autres éléments à prendre en compte sont les plus moins-values latentes (PMVL) des obligations et la proportion des besoins en liquidité par rapport au total des actifs.

Le montant de Repo $R(t)$ est déterminé en fonction des paramètres suivants :

- $S(t)$: Sorties
- $E(t)$: Entrées
- $C(t)$: Cash disponible
- $PMVL(t)$: Plus moins-values latentes des obligations
- $BOND_CAT1_MV(t)$: La valeur de marché des obligations de catégorie 1 (Obligations gouvernementales de bonne qualité)
- $TOT_ASSETS_MV(t)$: Le total des actifs en valeur de marché
- $Seuil_PMVL$: Le choix du seuil permet de tester la tolérance au risque associé aux obligations
- $Seuil_Repo$: Le choix du seuil permet de rendre dynamique le calcul du Repo en prenant en compte le niveau de besoin en liquidité

Si $E(t) + C(t) - S(t) < 0$ et $PMVL(t) < Seuil_PMVL$

et $\frac{|E(t)+C(t)-S(t)|}{TOT_ASSETS_MV(t)} > Seuil_Repo$:

$$R(t) = \min(S(t) - E(t) - C(t); BOND_CAT1_MV(t); 10\% \times TOT_ASSETS_MV(t))$$

Le montant maximum autorisé d'une opération de Repo à l'instant t ne peut pas excéder la valeur de marché des obligations détenues par l'assureur et disponibles pour le prêt. De plus, une autre règle réglementaire stipule que le montant total des opérations de Repo est limité à 10% du bilan de l'assureur (Annexe 2).

La modélisation retenue :

Pour modéliser un Repo, on commence par évaluer le besoin de liquidité. Le montant du Repo est ensuite ajouté à la rubrique "Cash" du côté des actifs, ce qui augmente l'actif total. En parallèle, l'engagement envers la partie prêteuse de liquidité est enregistré du côté du passif.

L'approche utilisée pour modéliser le Repo enregistré au passif consiste à le considérer comme un actif négatif. Pour ce faire, on crée une nouvelle catégorie spéciale destinée à stocker ce montant de Repo en prenant en compte sa valeur négative, ce qui n'affecte pas la taille globale du bilan à l'instant initial et même au cours de projection. Les intérêts liés aux opérations de Repo seront retranchés à chaque pas du temps du rendement de Cash. Les intérêts appliqués au Repo suivent un taux sans risque, sans l'ajout d'une prime de risque, ce qui les place dans un cadre de neutralité vis-à-vis du risque.

Concernant la catégorie qui stocke le montant de Repo en négatif a pour principal objectif d'assurer l'équilibre entre l'actif et le passif. Ce nouvel actif ne doit impacter ni l'allocation des actifs ni la stratégie d'investissement pendant la période de la projection.

Remboursement du montant de Repo :

L'objectif de cette partie est de savoir comment gérer le remboursement du montant de Repo emprunté à l'instant t puisque à l'instant $t+1$ on arrive à l'échéance du contrat. Ceci met l'assureur dans l'obligation d'assurer ses engagements soit envers ses assurés en payant les sorties, soit envers la partie prêteuse du cash qui détient les obligations mises en pension. Au moment $t+1$, nous devons prendre une décision : soit initier la vente des actifs pour honorer ses engagements, soit souscrire un nouveau contrat de Repo en cas de conditions défavorables sur les marchés financiers.

Le montant de Repo à $t + 1$: $R(t + 1)$ sera calculé comme suit :

Si $C(t + 1) + E(t + 1) - S(t + 1) - R(t) < 0$ et $PMVL(t + 1) < Seuil_PMVL$

et $\frac{|E(t+1)+C(t+1)-S(t+1)-R(t)|}{TOT_ASSETS_MV(t+1)} > Seuil_Repo$:

$$R(t + 1) = \min (S(t + 1) + R(t) - E(t + 1) - C(t + 1); BOND_CAT1_MV(t + 1); 10\% \times TOT_ASSETS_MV(t + 1))$$

L'impact du Repo

L'intégration de Repo dans le Cash impacte dans un premier temps la valeur de marché de toutes les catégories de l'actif. En effet, l'intégration du montant de Repo conduit à une diminution des allocations d'actifs. Étant donné que chaque catégorie a une allocation cible à atteindre tout au long de la projection, avec des bornes minimales et maximales prédéfinies. Une réduction de l'allocation nécessite des investissements afin d'ajuster les catégories aux limites autorisées, notamment dans une situation centrale.

Cependant, en cas de rachats massifs, une diminution soudaine du passif crée un déséquilibre dans le bilan. Afin de rétablir cet équilibre, la catégorie de Cash compense les sorties importantes, ce qui provoque une augmentation soudaine des allocations pour toutes les catégories d'actifs. Par conséquent, des ventes massives d'actifs sont nécessaires pour se conformer aux limites autorisées pour les allocations. Dans cette situation, l'intégration du Repo joue un rôle crucial en atténuant les ventes à perte des obligations grâce à une réduction de l'allocation pour ces catégories.

L'analyse centrale effectuée dans ce mémoire se concentre principalement sur la comparaison entre une situation de rachats massifs sans Repo et une situation de rachats massifs avec Repo. Le montant de Repo est conditionné par un seuil fixé à 20%, et un seuil de PMVL défini à 0%. Ce choix de seuils vise à permettre l'utilisation du Repo dans des contextes de crise de liquidité.

En introduisant le Repo dans un contexte de rachats massifs, nous restreignons les ventes à moins-values latentes sur les obligations, ce qui a un effet positif sur la réserve de capitalisation (RC). Ainsi, au cours de la première année de la projection, nous procédons à moins de cessions d'actifs par rapport à une situation sans Repo, ce qui engendre une réduction des produits financiers et de la participation aux bénéfices. Cette dynamique se traduit par une richesse observée au niveau de la Présent Value of Future Profits (PVFP), attribuable à la réserve de capitalisation et à la rétention financière, tandis qu'une diminution du Best Estimate Liabilities (BEL) est simultanément observée.

Scénario	MV initiale	BEL	PVFP
Rachats massifs sans Repo	24 109	23 227	825
Rachats massifs avec Repo <i>Seuil_Repo = 20%</i>	24 109	23 197	855
Variation	0	-30	+30

TABLE 1 – Évolution du BEL et la PVFP entre une situation sans et avec Repo

Dans le scénario de la situation centrale, l'influence est atténuée. Cette limitation découle de la condition associée au seuil de Repo, qui est principalement conçue pour déclencher le Repo en cas de besoins en liquidités plutôt que dans un contexte de situation centrale.

Scénario	MV initiale	BEL	PVFP
Central sans Repo	24 109	22 830	1198
Central avec Repo <i>Seuil_Repo = 20%</i>	24 109	22 842	1186
Variation	0	+12	-12

TABLE 2 – Évolution du BEL et la PVFP entre une situation sans et avec Repo

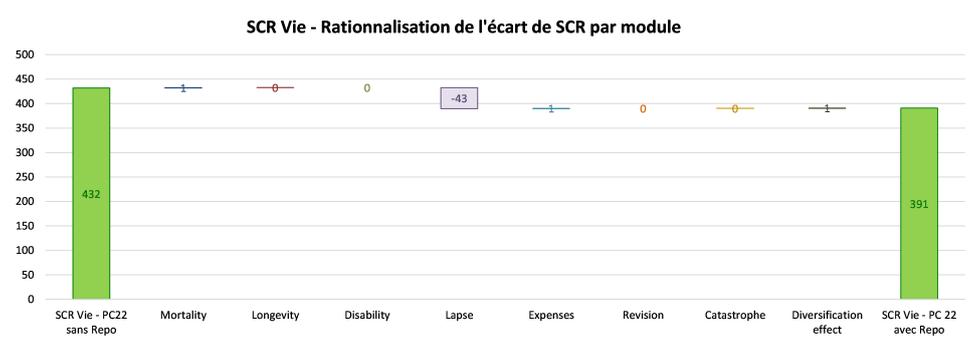


FIGURE 1 – Évolution du SCR vie entre une situation sans et avec Repo

Cette diminution du BEL constaté sur les rachats massifs avec Repo, baissera le SCR vie. Les variations des sous-modules ne sont pas très marquées, sauf dans le cas du sous-module Lapse, qui se penche sur les rachats massifs.

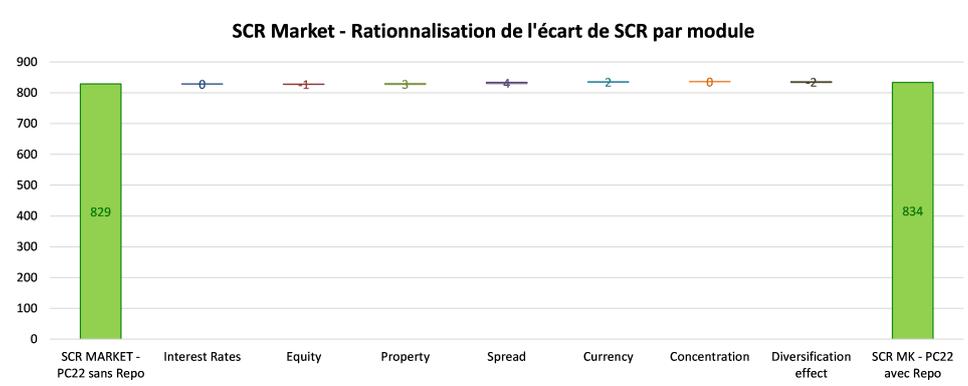


FIGURE 2 – Évolution du SCR marché entre une situation sans et avec Repo

le SCR marché au niveau des différents sous-modules sont peu notables, car le Repo est principalement considéré dans notre étude pour répondre aux besoins de liquidité lors d'une hausse des sorties. Ainsi, le paramétrage choisi vise à rendre les effets apparents uniquement sur le SCR vie.

Conclusion

La démarche présentée dans ce mémoire vise à approfondir la compréhension d'un nouvel instrument financier largement employé et nécessitant une attention particulière quant à sa modélisation. L'objectif de comprendre cet instrument est de nous permettre de développer une approche d'intégration du mécanisme de Repo dans le modèle afin de satisfaire aux nécessités de liquidité, particulièrement en situation de rachats massifs. Cette démarche vise à gérer les actifs, notamment les obligations, dans le but d'éviter les ventes à perte qui pourraient avoir un impact défavorable sur la situation de l'assureur.

Nos travaux mettent en lumière l'importante contribution du Repo en tant que stratégie pour faire face aux rachats massifs. À travers des analyses variées de sensibilités et des tests, il ressort clairement que le mécanisme du Repo pourrait aider l'assureur à atténuer les conséquences indésirables de cette période de crise de liquidité, en limitant les ventes d'actifs dans un environnement défavorable.

Par ailleurs, les analyses que nous avons menées reposent sur des hypothèses qui ont permis l'intégration du mécanisme de Repo dans le modèle ALM de Cardif. Ces hypothèses sont le résultat de considérations pratiques et de discussions avec les gestionnaires d'actifs.

Toutefois, il est important de reconnaître que notre approche de modélisation peut présenter certaines limites :

- La comparaison entre une situation sans Repo et une situation avec Repo dans notre étude se base uniquement sur les données de l'arrêt annuel 2022. Élargir l'analyse à d'autres années pourrait révéler d'autres impacts potentiels.
- La portée de cette étude est restreinte aux situations de rachats massifs, mais il est envisageable que l'utilisation du Repo puisse être pertinente dans d'autres contextes, offrant ainsi des solutions efficaces.
- Nous avons restreint notre analyse aux indicateurs que nous avons considérés comme pertinents. D'autres pourraient être considérés.

Enfin, en ce qui concerne les perspectives, il serait envisageable d'utiliser d'autres actifs tels que des actions ou d'autres actifs comme collatéral. De plus, il pourrait être intéressant d'examiner l'évolution globale des plus ou moins-values latentes, englobant l'ensemble des catégories d'actifs et non uniquement les obligations, pour la mise en place du Repo. Une autre perspective consisterait à modéliser une prime de risque (ou encore un spread) qui s'ajouterait au taux sans risque pour refléter le risque inhérent à la nature du collatéral. Par ailleurs, d'autres aspects pourraient être pris en compte, tels que des paramètres économiques spécifiquement adaptés à la situation de l'assureur.

Executive summary

Issue and Objective

For a life insurer, maintaining an appropriate level of liquidity is crucial to fulfill its commitments to policyholders, especially during stressful periods like massive policy surrenders, when liquidity availability can become critical.

This requirement can compel the insurance company to divest assets, primarily bonds, as a significant portion of its portfolio consists of bonds. This divestment might occur even when the bonds hold unrealized losses, which can negatively impact the capitalization reserve (CR) and the financial standing of the insurer.

The aim of this work is to devise a proposal for effective asset management while minimizing loss-inducing divestments, particularly in times of liquidity crises.

Methodology

The proposed approach involves integrating the Repo (Sale and Repurchase Agreement), a financial transaction in which a seller temporarily transfers securities to a buyer with a commitment to repurchase them later. This transaction enables the seller, in this case, Cardif, to attain immediate liquidity by using the securities as collateral. Meanwhile, the buyer can use these securities for speculation or incorporate them into their balance sheet to hold high-quality assets.

The functioning of a Repo generally involves an agreement between two parties. At the start of the transaction, Party A lends a certain number of securities to Party B in exchange for an amount of money corresponding to the market value of the securities, often with a haircut. The haircut is a discount applied to the market value of the securities being put into Repo, to account for fluctuations in their value during the repo period. On the agreed-upon maturity date, Party B returns the same securities to Party A. This way, Party B can recover its initial liquidity along with interest, calculated based on the Repo rate defined beforehand between the two parties.

To implement the Repo within BNP PARIBAS Cardif's ALM model, we need to make assumptions about the key components of the Repo contracts, namely :

- **Securities for lending :** The quality and liquidity of a security hold significance in a financial transaction. We will opt for the use of high-rated government bonds

categorized as **BONDS GOVIES CATEGORIE1**.

It's important to highlight that the lent obligations remain within the insurer's balance sheet, and the coupons generated by these bonds are paid to the insurer (Annex 1).

- **Repo contract maturity** : Repo contracts typically have short maturities, ranging from 1 day to 1 year. Given that our projection is conducted on an annual basis, we will select a one-year maturity to ensure accurate tracking of Repo operations.
- **Repo rate** : In our modeling approach, when dealing with a one-year Repo maturity, we will utilize the risk-free rate available in the GSE. This rate is used to calculate interest on Repo transactions.
- **Repo amount** : This amount is determined to address the insurer's liquidity needs based on outflows (benefits, surrenders, fees), inflows (premiums, financial products), and available cash. Other factors to consider include the unrealized gains and losses (UGL) of the bonds and the proportion of liquidity needs relative to the total assets.

The Repo amount $R(t)$ is determined based on the following parameters :

- $S(t)$: Outflows
- $E(t)$: Inflows
- $C(t)$: Available Cash
- $PMVL(t)$: Unrealized gains and losses of bonds
- $BOND_CAT1_MV(t)$: Market value of Category 1 bonds (high-quality government bonds)
- $TOT_ASSETS_MV(t)$: Total assets in market value
- $Seuil_PMVL$: The threshold choice helps test the risk tolerance associated with bonds associé aux obligations
- $Seuil_Repo$: The threshold choice makes the Repo calculation dynamic by considering the level of liquidity needs

IF $E(t) + C(t) - S(t) < 0$ and $PMVL(t) < Seuil_PMVL$

and $\frac{|E(t)+C(t)-S(t)|}{TOT_ASSETS_MV(t)} > Seuil_Repo$:

$$R(t) = \min(S(t) - E(t) - C(t); BOND_CAT1_MV(t); 10\% \times TOT_ASSETS_MV(t))$$

Maximum allowable Repo transaction amount at time t cannot surpass the market value of bonds held by the insurer and available for lending. Furthermore, another regulatory provision specifies that the total sum of Repo transactions is restricted to 10% of the insurer's balance sheet (Annex 2).

The Adopted Modeling Approach :

In modeling a Repo, we begin by assessing the liquidity requirement. The Repo amount is then incorporated into the "Cash" category on the asset side, thus boosting the total assets. Concurrently, the commitment to the liquidity-lending party is documented on the liability side.

The approach chosen for modeling the Repo recorded on the liability side entails considering it as a negative asset. To accomplish this, a distinct special category is established to store this negative Repo amount, accounting for its negative value. Importantly, this has no impact on the overall size of the balance sheet at the initial moment or throughout projections. The interests associated with Repo operations will be deducted from the Cash yield at each time step. The interest rates applied to the Repo transactions follow a risk-free rate, without the inclusion of a risk premium, establishing them within a risk-neutral context.

The category housing the negative Repo amount primarily aims to maintain the equilibrium between assets and liabilities. This novel asset shouldn't affect asset allocation or investment strategy during the projection period.

Repayment of the Repo Amount :

The objective of this segment is to explore how to handle the repayment of the Repo amount borrowed at time t , as its contract reaches maturity at time $t+1$. This scenario places the insurer in the position of ensuring commitments either to policyholders by settling outflows or to the liquidity-lending party that holds the securities involved in the Repo. At time $t+1$, a decision must be made : either initiate the sale of assets to meet obligations or enter into a new Repo contract if market conditions are unfavorable.

The Repo amount at $t + 1$: $R(t + 1)$ will be calculated as follows :

IF $C(t + 1) + E(t + 1) - S(t + 1) - R(t) < 0$ and $PMVL(t + 1) < Seuil_PMVL$
and $\frac{|E(t+1)+C(t+1)-S(t+1)-R(t)|}{TOT_ASSETS_MV(t+1)} > Seuil_Repo$:

$$R(t + 1) = \min (S(t + 1) + R(t) - E(t + 1) - C(t + 1); BOND_CAT1_MV(t + 1); 10\% \times TOT_ASSETS_MV(t + 1))$$

The impact of the Repo :

The integration of Repo into the Cash category initially affects the market value of all asset categories. Indeed, incorporating the Repo amount leads to a reduction in asset allocations. Since each category has a target allocation to achieve throughout the projection, with predefined minimum and maximum bounds, a decrease in allocation requires investments to adjust the categories within permissible limits, particularly in a central scenario.

However, during periods of significant surrenders, a sudden reduction in liabilities creates an imbalance in the balance sheet. To restore this equilibrium, the Cash category offsets the substantial outflows, resulting in a sudden increase in allocations for all asset categories. Consequently, substantial asset sales are necessary to comply with the allowable allocation limits. In this scenario, the integration of the Repo plays a crucial role in mitigating loss-induced sales of bonds by reducing the allocation for these categories.

The central analysis conducted in this dissertation primarily focuses on comparing a situation of massive surrenders without Repo to a situation of massive surrenders with Repo, as the effect is less pronounced in a central scenario. The Repo amount is conditioned by a threshold set at 20%, and a threshold for unrealized gains and losses (PMVL) is defined at 0%. These threshold choices aim to enable the use of Repo in liquidity crisis contexts.

By introducing the Repo within a context of substantial surrenders, we curtail sales of bonds with unrealized losses, which has a positive effect on the capitalization reserve (CR). Thus, during the first year of the projection, we conduct fewer asset divestments compared to a scenario without Repo. This leads to a reduction in financial products and profit participation. This dynamic results in observed enhancement in the Present Value of Future Profits (PVFP), attributed to capitalization reserve and financial retention, while a decrease in Best Estimate Liabilities (BEL) is simultaneously observed.

Scénario	MV initiale	BEL	PVFP
Rachats massifs sans Repo	24 109	23 227	825
Rachats massifs avec Repo <i>Seuil_Repo</i> = 20%	24 109	23 197	855
Variation	0	-30	+30

TABLE 3 – Evolution of the BEL and PVFP in a situation without and with Repo

In the context of the central scenario, the impact is moderated. This constraint stems from the condition linked to the Repo threshold, primarily designed to activate Repo in the event of liquidity requirements rather than in a central scenario context.

Scénario	MV initiale	BEL	PVFP
Central sans Repo	24 109	22 830	1198
Central avec Repo <i>Seuil_Repo</i> = 20%	24 109	22 842	1186
Variation	0	+12	-12

TABLE 4 – Evolution of the BEL and PVFP in a situation without and with Repo

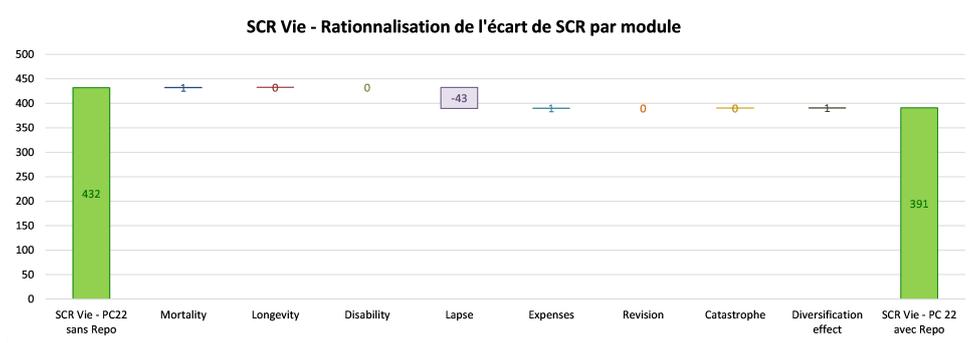


FIGURE 3 – Evolution of the life SCR between a situation without and with Repo.

This decrease in the Best Estimate Liabilities (BEL) observed in the scenario of massive surrenders with Repo will lead to a reduction in the Solvency Capital Requirement (SCR) for life insurance. The changes in the sub-modules are not very pronounced, except in the case of the Lapse sub-module, which specifically examines the impact of massive surrenders.

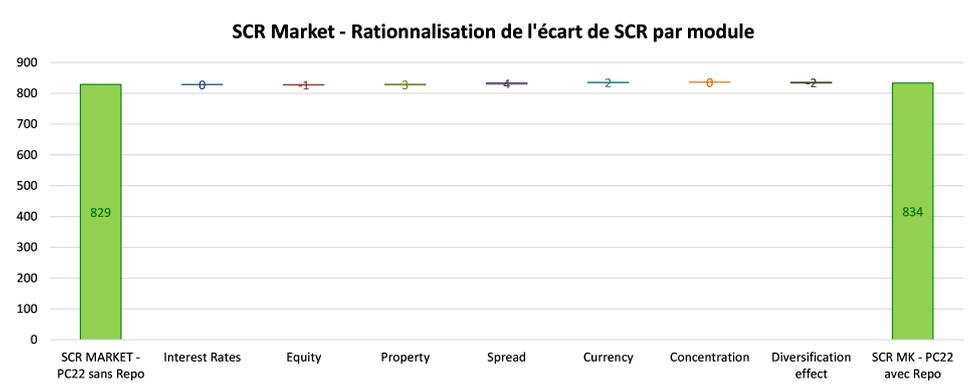


FIGURE 4 – Evolution of the market SCR between a situation without and with Repo.

The market SCR across various sub-modules shows minor changes, as the Repo is primarily addressed in our study to cater to liquidity needs during increased outflows. Therefore, the chosen parameterization aims to make the effects evident solely on the life insurance SCR.

Conclusion

The approach presented in this work aims to enhance the understanding of a widely utilized novel financial instrument, which necessitates specific attention regarding its modeling. The objective of understanding this instrument is to enable us to develop an integration approach of the Repo mechanism into the model to cater to liquidity

requirements, especially in times of massive surrenders. This approach aims to manage assets, especially bonds, with the intention of avoiding loss-induced sales that could negatively impact the insurer's situation.

Our efforts highlight the positive contribution of the Repo as a solution to address massive surrenders. Through diverse sensitivity analyses and testing, it is clear that the Repo mechanism could play a pivotal role in helping the insurer alleviate the adverse outcomes of this liquidity crisis period, by minimizing asset sales in an unfavorable environment.

Furthermore, the analysis we conducted is based on assumptions that facilitated the integration of the Repo mechanism into Cardif's ALM model. These assumptions stem from practical considerations and discussions with asset managers.

However, it's important to acknowledge that our modeling approach may have certain weaknesses and limitations :

- The comparison between a scenario without Repo and a scenario with Repo in our study is solely based on data from the 2022 annual regulatory exercise. Expanding the analysis to other years could reveal other potential impacts.
- The scope of this study is limited to situations of massive surrenders, but it's conceivable that Repo usage could be relevant in other contexts, providing effective solutions.
- We restricted our analysis to a few indicators that we deemed relevant. Others could be taken into consideration.

Finally, concerning prospects, it would be conceivable to consider using other assets such as equities or alternative assets as collateral. Additionally, exploring the overall evolution of unrealized gains or losses encompassing all asset categories, not just bonds, could be explored when implementing the Repo mechanism. Another perspective would involve modeling a risk premium (or a spread) to be added to the risk-free rate to capture the inherent risk of the collateral. Furthermore, other aspects could be taken into account, such as economically tailored parameters specific to the insurer's situation.

Remerciements

Je souhaite exprimer ma gratitude envers mon tuteur d'alternance, Paul Ottou, un actuariaire IA confirmé, pour son précieux accompagnement et sa méthodologie rigoureuse qui ont grandement contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Je souhaite exprimer ma sincère gratitude envers le chef d'équipe EMEN (Études, Méthodes et Évaluations Normatives), Samy Collier, ainsi que ses adjoints, Mehdi Tai et Florian Maitre, pour m'avoir offert cette opportunité et pour leurs précieux conseils et expertise qui ont enrichi mon expérience. Je tiens également à remercier toute l'équipe pour son accueil chaleureux et sa contribution positive.

Je désire exprimer ma profonde gratitude envers les enseignants et les membres du personnel administratif de mes deux établissements éducatifs, l'EURIA et l'Institut national de statistique et d'économie appliquée (INSEA), pour la haute qualité de la formation qui m'a été dispensée tout au long de mon parcours académique.

Enfin, je souhaite exprimer ma gratitude envers ma famille et mes amis pour leur soutien constant tout au long de la période de rédaction de ce mémoire.

À mon cher père, ma cher mère, mon cher frère, ma chère soeur et ma chère copine, je désire exprimer ma gratitude pour leur amour inconditionnel et leur soutien inépuisable tout au long de cette période.

Table des matières

Résumé	1
Abstract	2
Note de synthèse	3
Executive summary	8
Remerciements	14
1 Introduction	22
2 Contexte et périmètre de l'étude	24
2.1 Définition du Repo	24
2.2 Les nuances du marché du Repo	25
2.3 Le principe général du fonctionnement du Repo	26
2.4 Les types de Repo	27
2.4.1 Le Repo classique	27
2.4.2 Le buy & sell back	29
2.4.3 Le security lending	30
2.5 Valorisation du Repo	30
2.6 L'utilité du Repo	32
2.7 Les risques du Repo	32
2.8 Le marché du Repo en France	33
2.9 Synthèse des avantages de Repo	35
2.10 Le cadre réglementaire	36
2.11 Contrats d'épargne Cardif	39
3 Modèle ALM BNP Paribas Cardif	40
3.1 Présentation du modèle	40
3.2 Inputs du modèle	41
3.2.1 Model Point du passif	41
3.2.2 Model Point d'actif	41
3.2.3 Paramétrage du modèle GPM	42

3.3	Description du portefeuille	43
3.3.1	Description de l'actif	43
3.4	Évaluation des actifs	44
3.4.1	Les obligations	44
3.4.2	Les actions	45
3.4.3	Le cash	46
3.5	Provisions réglementaires de l'actif	46
3.5.1	Provisions pour dépréciation durable (PDD)	46
3.5.2	Réserve de capitalisation (RC)	46
3.5.3	Provision pour risque d'exigibilité (PRE)	47
3.5.4	La provision pour participation aux bénéfices (PPB)	47
3.6	Stratégie financière	47
3.6.1	Étapes de la stratégie financière	47
3.6.2	L'ordre des actifs dans le modèle	48
3.6.3	Stratégie Fixed	48
3.6.4	Stratégie Asset Drift	50
3.6.5	La convergence vers l'allocation cible	53
3.7	Les rachats massifs dans le modèle	54
3.8	La modélisation et l'approche retenue	56
3.8.1	Hypothèses retenues pour la modélisation	57
4	Impact du Repo sur les indicateurs de Solvabilité 2	63
4.1	Les indicateurs d'analyse	63
4.2	Relation entre la MV initiale, le BEL et la PVFP	64
4.3	BEL : Best Estimat of Liabilities	64
4.3.1	Les composantes du BEL :	64
4.3.2	Calcul du BEL par le modèle interaction actif passif : notion du flexing	66
4.4	la PVFP : Present value of futurs profits	67
4.5	Les indicateurs secondaires	68
4.6	L'impact du Repo	69
4.6.1	Situation centrale	70
4.6.2	Situation de stress : Rachats massifs	77
4.6.3	L'analyse de la PVFP dans une situation de stress : Rachats massifs	85
4.6.4	Analyse du SCR	93
4.7	Analyse des sensibilités	95
4.7.1	Sensibilité sur le seuil de Repo	95
4.7.2	Sensibilité sur le seuil de PMVL	100
5	Conclusion	103
A	Annexe	105

Table des figures

1	Évolution du SCR vie entre une situation sans et avec Repo	7
2	Évolution du SCR marché entre une situation sans et avec Repo	7
3	Evolution of the life SCR between a situation without and with Repo. . .	13
4	Evolution of the market SCR between a situation without and with Repo.	13
2.1	Le mécanisme de fonctionnement du Repo	27
2.2	Opération de Repo classique	29
2.3	Opération de Buy & Sell Back	30
2.4	Cartographie des risques	38
3.1	le fonctionnement du modèle ALM de Cardif	41
3.2	Table de scénarios économiques	45
3.3	Les étapes de la stratégie financières	48
3.4	CAS A :	51
3.5	CAS B	52
3.6	CAS C	52
3.7	CAS D	53
3.8	Bilan simplifié sans choc	54
3.9	Un choc de rachats massif	55
3.10	Bilan modélisé équilibré	55
3.11	Bilan après choc	56
3.12	Bilan réel d'une opération de Repo	59
3.13	Bilan réel vs bilan modélisé	60
3.14	Allocation d'obligations et d'actions de catégorie 1 dans une situation centrale	61
3.15	Allocation d'obligations et d'actions de catégorie 1 dans une situation de rachats massifs	62
4.1	Compte de résultat de l'assureur	68
4.2	Le montant de Repo pour chaque pas de projection	70
4.3	La variation de la valeur de marché des Bonds de catégorie 1 et 2 entre une situation centrale sans et avec Repo	71
4.4	La variation de la valeur de marché des Bonds de catégorie 3 et 4 entre une situation centrale sans et avec Repo	71

4.5	La variation de la valeur de marché des Equities de catégorie 1 et 7 entre une situation centrale sans et avec Repo	72
4.6	La variation de la valeur de marché des Equities de catégorie 4 et 11 entre une situation centrale sans et avec Repo	72
4.7	La valeur de marché des Equities de catégorie 17 : Repo	72
4.8	La variation de la catégorie Cash entre une situation sans et avec Repo	73
4.9	La variation du passif entre une situation sans et avec Repo	74
4.10	Les produits financiers disponibles entre une situation centrale sans et avec Repo	74
4.11	Les gains et les pertes sur les Equities entre une situation centrale sans et avec Repo	75
4.12	Le TRA entre une situation centrale sans et avec Repo	76
4.13	Le taux de PMVL des obligations éligibles à la RC entre une situation centrale sans et avec Repo	76
4.14	Le taux des pertes et des gains réalisés sur les obligations entre une situation centrale sans et avec Repo	77
4.15	La réserve de capitalisation entre une situation centrale sans et avec Repo	77
4.16	Le montant de Repo pour chaque pas de projection	78
4.17	La variation de la catégorie Cash entre une situation sans et avec Repo	79
4.18	La variation de la valeur de marché des Bonds de catégorie 1 et 2 entre une situation sans et avec Repo	80
4.19	La variation de la valeur de marché des Bonds de catégorie 3 et 4 entre une situation sans et avec Repo	80
4.20	La variation de la valeur de marché des Equities de catégorie 1 et 7 entre une situation sans et avec Repo	81
4.21	La variation de la valeur de marché des Equities de catégorie 4 et 11 entre une situation centrale sans et avec Repo	81
4.22	La valeur de marché des Equities de catégorie 17 : Repo	82
4.23	La variation du passif entre une situation sans et avec Repo	82
4.24	Les produits financiers disponibles entre une situation sans et avec Repo	83
4.25	Le TRA entre une situation de rachats massifs sans et avec Repo	83
4.26	Le taux PMVL des obligations éligibles à la RC entre une situation sans et avec Repo	84
4.27	Le taux des pertes et des gains réalisés sur les obligations entre une situation centrale sans et avec Repo	84
4.28	La réserve de capitalisation entre une situation centrale sans et avec Repo	85
4.29	Le montant de Repo pour chaque pas de projection	85
4.30	Passif	86
4.31	Le taux des revenus financiers sur les Equities	87
4.32	Le taux des gains et pertes sur les Equities dû à la réallocation	87
4.33	Le taux des revenus financiers sur les Bonds	88
4.34	Le taux des gains et pertes sur les Bonds dû à la réallocation	89
4.35	Le taux des revenus financiers sur le Cash	89

4.36	Le TRA entre une situation de rachats massifs sans et avec Repo	90
4.37	Les produits financiers disponibles entre une situation sans et avec Repo	90
4.38	La participation aux bénéfices entre une situation sans et avec Repo	91
4.39	La réserve de capitalisation entre une situation sans et avec Repo	91
4.40	l'analyse des différences de la PVFP entre une situation de rachats massifs sans et avec Repo	92
4.41	Évolution du profit entre une situation sans et avec Repo	93
4.42	Évolution du SCR marché entre une situation sans et avec Repo	94
4.43	Évolution du SCR vie entre une situation sans et avec Repo	94
4.44	l'analyse des différences de la PVFP entre une situation de rachats massifs avec un seuil de Repo à 20% et un seuil de Repo à 50%	95
4.45	Évolution du SCR marché entre une situation avec un seuil de Repo à 20% et un seuil de Repo à 50%	96
4.46	Évolution du SCR vie entre une situation avec un seuil de Repo à 20% et un seuil de Repo à 50%	97
4.47	l'analyse des différences de la PVFP entre une situation centrale avec un seuil de Repo à 20% et un seuil de Repo à 0%	98
4.48	l'analyse des différences de la PVFP entre une situation de rachats massifs avec un seuil de Repo à 20% et un seuil de Repo à 0%	98
4.49	Évolution du SCR vie entre une situation avec un seuil de Repo à 20% et un seuil de Repo à 0%	99
4.50	Évolution du SCR marché entre une situation avec un seuil de Repo à 20% et un seuil de Repo à 0%	99
4.51	l'analyse des différences de la PVFP entre une situation de rachats massifs avec un seuil de Repo à 20% et un seuil de PMVL à -20%	100
4.52	Évolution du SCR marché entre une situation avec un seuil de Repo à 20% et un seuil de PMVL à -20%	101
4.53	Évolution du SCR vie entre une situation avec un seuil de Repo à 20% et un seuil de PMVL à -20%	101

Liste des tableaux

1	Évolution du BEL et la PVFP entre une situation sans et avec Repo . . .	6
2	Évolution du BEL et la PVFP entre une situation sans et avec Repo . . .	7
3	Evolution of the BEL and PVFP in a situation without and with Repo . .	12
4	Evolution of the BEL and PVFP in a situation without and with Repo . .	12
2.1	Tableau explicatif : La différence entre le General Collateral et le Specific	26
2.2	Contrat de Repo	31
3.1	Les différentes classes d'actifs	43
3.2	Composition des placements au début de projection en 2022	43
3.3	Situation initiale de la stratégie fixed	49
3.4	Stratégie fixed au cas d'investissement	49
3.5	Stratégie fixed au cas de désinvestissement	50
4.1	Évolution du BEL, la PVFP et l'EC dans une situation de rachats massifs	92
4.2	Évolution du BEL, la PVFP et l'EC dans une situation centrale	93
4.3	Évolution du BEL, la PVFP et l'EC	95
4.4	Évolution du BEL, la PVFP et l'EC dans une situation centrale	97
4.5	Évolution du BEL, la PVFP et l'EC dans une situation de rachats massifs	98
4.6	Évolution du BEL, la PVFP et l'EC	100

Chapitre 1

Introduction

La remontée des taux amorcée par la BCE a entraîné une augmentation des rachats de contrats chez tous les acteurs de la place qui a mis en lumière le risque de liquidité qui peut peser sur l'assurance vie. Le risque de liquidité est un risque majeur en assurance qui n'est actuellement pas autant suivi par les directions des risques au même titre que les autres risques de marché car il n'est pas embarqué dans le calcul de l'exigence de capital réglementaire. En effet, en disposant d'actifs suffisamment liquides, un assureur peut honorer ses engagements envers ses assurés notamment en payant les différentes prestations dues (rachats, prestation en cas de décès, etc.). Une mauvaise gestion de la liquidité peut contraindre un assureur à vendre des actifs avec une décote et ainsi réaliser des pertes qui peuvent peser sur sa solvabilité. D'ailleurs, ce constat peut être encore plus vrai en période de crise, où la liquidité des actifs peut être mise à rude épreuve et inciter les assureurs à trouver d'autres sources de liquidités. Le « Sale and Repurchase Agreement » (ci-après Repo) peut constituer une source de financement intéressante.

Le Repo ou la mise en pension, est une opération financière dans laquelle un vendeur cède temporairement des titres à un acheteur, avec l'engagement de les racheter ultérieurement. Cette pratique permet au vendeur d'obtenir des liquidités immédiates en utilisant les titres comme garantie, tandis que l'acheteur peut utiliser ces titres à des fins de spéculation ou les inclure dans son bilan pour détenir des titres de haute qualité.

Ce mémoire se penchera sur l'intérêt de recourir au Repo et tendra à proposer une modélisation des opérations du Repo dans le modèle ALM de BNP Paribas Cardif afin d'en mesurer l'impact sur les principales métriques réglementaires.

Dans un premier temps, le mémoire débutera en établissant le contexte nécessaire à l'intégration du Repo. Ensuite, nous présenterons les différents types, formes et fonctionnements du Repo, ainsi que ses avantages et ses risques. Nous aborderons ensuite le cadre réglementaire de Solvabilité 2 et nous nous pencherons sur les contrats d'épargne de Cardif.

Puis, le mémoire se penchera sur la présentation du modèle ALM de Cardif. Tout d'abord, il convient de définir les différentes provisions utilisées et de présenter le portefeuille de Cardif, en mettant en évidence ses différentes classes d'actifs. Ensuite, il est

important de décrire la stratégie d'investissement et d'allocation adoptée. Il sera essentiel par la suite d'expliquer comment la situation évolue lors de rachats massifs et de comprendre l'évolution des actifs dans ce contexte. Cette analyse nous permettra ensuite d'introduire l'approche choisie pour la modélisation.

Finalement, il convient d'évaluer l'impact de la modélisation sur le BEL et l'exigence de capital réglementaire SCR et on s'intéressera également à l'évolution des indicateurs comme la PVFP et le TRA.

Chapitre 2

Contexte et périmètre de l'étude

2.1 Définition du Repo

« Sale and Repurchase Agreement » dont la contraction est Repo (ou encore La mise en pension en français) est un contrat de gré à gré dans lequel l'acheteur (l'emprunteur des titres) s'engage à verser la valeur de marché des titres mises en pension en cash et le vendeur (emprunteur de cash) s'engage à racheter ses titres à la maturité du contrat.

Plus explicitement le Repo est une opération constituée de deux transactions décalées dans le temps : une cession au comptant des titres suivie par un rachat à terme à une date de maturité. En contrepartie du prêt de cash, le vendeur du contrat paie un taux d'intérêt défini et négocié entre les deux parties contractantes qui dépend des actifs mis en pension et appelé taux Repo.

Ainsi, la mise en pension est une opération qui sert à assurer la liquidité à court terme. Elle permet aussi de faire d'autres investissements. Elle permet au vendeur du contrat (vendeur des titres) de mobiliser des liquidités immédiates en cédant temporairement ses titres, ce qui lui permet de répondre à des besoins de trésorerie urgents ou de saisir des opportunités d'investissement plus lucratives.

Dans un contexte de hausse des taux d'intérêt, il est courant de constater une augmentation des rendements offerts sur le marché par rapport à ceux détenus dans le portefeuille. Cette situation peut s'expliquer par le fait que la plupart des portefeuilles d'investissement sont souvent composés d'obligations, qui ont tendance à perdre de la valeur lorsque les taux d'intérêt augmentent.

Dans ce cas, il peut être judicieux d'envisager une opération de mise en pension. Cette opération permet de prêter temporairement les obligations détenues dans le portefeuille en échange d'une somme d'argent (Cash) qui peut être utilisée pour réaliser des investissements plus attractifs sur le marché.

En somme, la mise en pension peut constituer une stratégie intéressante pour optimiser la gestion de son portefeuille d'investissement. Cela permet de tirer parti des opportunités offertes par le marché tout en minimisant les risques associés à la détention

d'obligations, surtout dans un contexte de hausse des taux d'intérêt.

Les contrats de Repo ont généralement une maturité allant d'un jour à un an, ce qui signifie que la durée de l'emprunt peut être adaptée en fonction des besoins spécifiques des parties impliquées. De plus, ces contrats présentent un risque associé généralement très faible par rapport à d'autres formes de prêts. Les prêteurs ont l'avantage d'avoir une garantie (les titres mis en pension) en cas de défaut de l'emprunteur, ce qui réduit considérablement leur exposition au risque.

2.2 Les nuances du marché du Repo

Le marché du Repo est constitué de plusieurs nuances dont les différences résident dans les motivations et les raisons pour lesquelles on mobilise cet instrument financier (la nature d'actifs).

Si l'objectif est de financer à court terme, résoudre un problème de trésorerie, faire face à un rachat ou rechercher de nouveaux investissements attractifs, on parle de "general collateral". Cependant, si l'objectif est de détenir un titre spécifique et de chercher un actif spécifique, alors on parle de "specific Repo".

En d'autres termes, lorsque quelqu'un cherche à obtenir des liquidités temporaires sans tenir compte du type spécifique de titres utilisés comme collatéral, c'est un "GC". Cela signifie que les titres acceptés en garantie peuvent être de divers types et ne sont pas choisis en fonction de leur nature spécifique. Cela permet à l'emprunteur de répondre à ses besoins de financement ou d'investissement sans se concentrer sur des titres particuliers.

D'autre part, lorsqu'une personne souhaite détenir ou utiliser un titre spécifique comme garantie dans le cadre du Repo, on parle de "specific Repo". Dans ce cas, la motivation est davantage axée sur la possession ou l'utilisation d'un actif particulier, plutôt que simplement sur l'obtention de liquidités temporaires. Cela peut être dû à des stratégies d'investissement spécifiques ou à des besoins particuliers liés à ce titre en particulier.

En résumé, la différence entre le "general collateral" et le "specific Repo" réside dans la motivation sous-jacente à l'utilisation de Repo. Si l'objectif est simplement d'obtenir des liquidités temporaires sans se soucier des titres spécifiques, c'est un "general collateral". En revanche, si l'objectif est de détenir ou d'utiliser un titre spécifique comme

garantie, on parle de "specific Repo".

	General Collateral	Spécifique Repo
But	Prêter ou emprunter des liquidités	Prêter ou emprunter un titre en particulier
Le collatéral	Le titre sous-jacent n'est pas essentiel	Le titre sous-jacent est primordial
Standardisation du marché	Forte	Faible
Part du marché	80% du marché du Repo	20% du marché du Repo

TABLE 2.1 – Tableau explicatif : La différence entre le General Collateral et le Specific

2.3 Le principe général du fonctionnement du Repo

Le fonctionnement du Repo part d'un principe simple : utiliser des titres comme garantie pour obtenir des fonds à court terme. Les emprunteurs obtiennent de la liquidité en utilisant les actifs détenus tandis que les prêteurs bénéficient d'un rendement sur leurs fonds prêtés.

En décortiquant ce principe, on comprend que dans une opération du Repo, deux parties sont impliquées : le prêteur et l'emprunteur. Le premier est celui qui fournit les fonds et le deuxième fournit les titres de garantie.

La première partie de la transaction consiste en la vente des titres par l'emprunteur. C'est une opération de vente ordinaire où les titres sont transférés au prêteur en contrepartie de fonds. Simultanément, les deux parties établissent un accord de rachat stipulant que l'emprunteur rachètera les titres à une date ultérieure, à un prix convenu au préalable. Cet accord est une sorte de garantie que les titres seront restitués au prêteur à la fin de l'opération.

La rémunération du prêteur tout au long de l'opération est sous forme d'intérêts versés en sa faveur par l'emprunteur en contrepartie de l'utilisation des fonds. Ces intérêts (taux du Repo) sont déterminés par le marché et ses conditions. Ils varient en fonction de la durée du Repo ainsi que la qualité des titres utilisés.

À l'échéance, et comme déjà stipulé dans l'accord du rachat, l'emprunteur rachète les titres en remboursant les fonds empruntés. Ainsi, dès que l'emprunteur restitue ses

titres, l'opération du Repo se conclue.

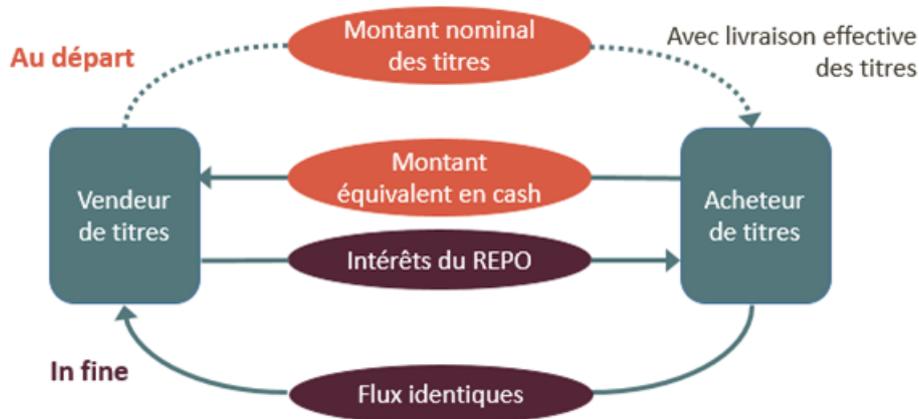


FIGURE 2.1 – Le mécanisme de fonctionnement du Repo

Cette opération financière peut prendre deux formes : Le delivery Repo ou le hold-in-custody.

- Le delivery Repo (Pension livrée) : Ou la mise en pension, c'est une forme spécifique de contrat de repo dans laquelle la propriété des titres utilisés comme collatéral est transférée à l'acheteur pendant la durée du contrat. Ce transfert de propriété confère à l'acheteur le droit d'utiliser les titres pendant toute la période du contrat. En d'autres termes, dans un "delivery Repo", l'acheteur bénéficie d'une plus grande liberté d'utilisation des titres fournis en garantie.

- Le hold-in-custody : C'est un type spécifique de contrat de Repo dans lequel le vendeur (le vendeur des titres) conserve la pleine propriété des titres utilisés comme collatéral. Cela lui permet de bénéficier des avantages du Repo tout en maintenant le contrôle et les droits associés à ses titres. Concrètement, dans un "Repo Hold-in-custody", bien que les titres soient utilisés comme collatéral, le vendeur conserve la pleine propriété de ces titres.

2.4 Les types de Repo

Il existe 3 principaux types du Repo. On parle du Repo classique (Classic Repo), le buy and sell back et le prêt des titres (security lending).

2.4.1 Le Repo classique

Instrument très courant sur les marchés américains, britanniques par exemple, ce type de pension implique qu'une partie vende ses titres à une autre, tout en s'accordant à les racheter à une date et un prix spécifiés dans le futur. L'acheteur des titres fournit des

liquidités qui seront restituées à la fin de la transaction, tout en percevant des intérêts sur la somme prêtée. La transaction est effectuée conformément à un contrat juridique standard. On peut donc dire que le classic Repo est une application exacte du principe fondamental du fonctionnement du Repo.

Exemple d'un Repo classique :

Lors d'une opération de pension, il y a généralement deux parties impliquées, que nous appellerons la partie A (prêteur de titres) et la partie B (emprunteur de titres).

Au début de la transaction, ces deux parties conviennent d'un accord selon lequel la partie A prêtera à la partie B un certain nombre de titres en échange d'une somme d'argent correspondant à cette valeur de marché VM , souvent avec une réduction (appelée décote ou "haircut"). La formule utilisée pour calculer le montant d'argent emprunté est la suivante :

Avec haircut :

$$VM \times (1 - h) = Cash_emprunte$$

le **haircut** h est une décote appliquée à la valeur de marché des titres mis en Repo afin de prendre en compte la fluctuation de leur valeur pendant la période de pension.

Sans haircut :

$$VM = Cash_emprunte$$

À la date d'échéance convenue, la partie B restituera à la partie A les mêmes titres contre le prix précédemment convenu. De cette manière, la partie B pourra récupérer ses liquidités initiales avec en plus des intérêts, calculés en fonction du taux de Repo préalablement défini entre les deux parties.

Le taux de Repo reflète les intérêts perçus sur les liquidités prêtées, c'est-à-dire le montant d'argent que la partie A doit rembourser à la partie B en plus du montant initial emprunté. Ce taux est déterminé contractuellement lors de la conclusion de l'accord. Les intérêts de l'opération de Repo peuvent être en faveur de la partie A si le taux de Repo

est négatif.

Une illustration d'une opération de Repo de maturité T :

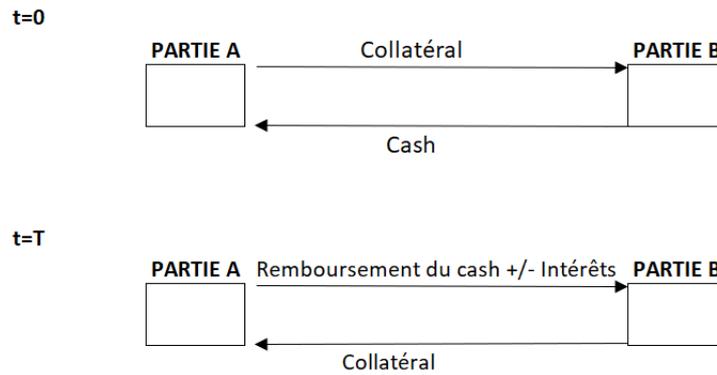


FIGURE 2.2 – Opération de Repo classique

2.4.2 Le buy & sell back

Le buy & sell back est une paire de transactions simultanées. Dans la première transaction, l'investisseur achète une obligation ou un titre à un prix au comptant, c'est-à-dire le prix immédiat observé dans le marché. Dans la deuxième transaction, il revend le même actif à la même contrepartie à un prix à terme. Le prix à terme est calculé de manière à inclure les intérêts sur la pension de façon implicite.

Même s'ils se ressemblent beaucoup, la différence principale entre le buy & sell back et le Repo classique est que les deux jambes du premier sont gérées avec un contrat différent. En résumé, on peut dire que le buy and sell back est la conséquence directe de

deux contrats de vente.

Une illustration d'une opération de Buy & Sell back de maturité T :

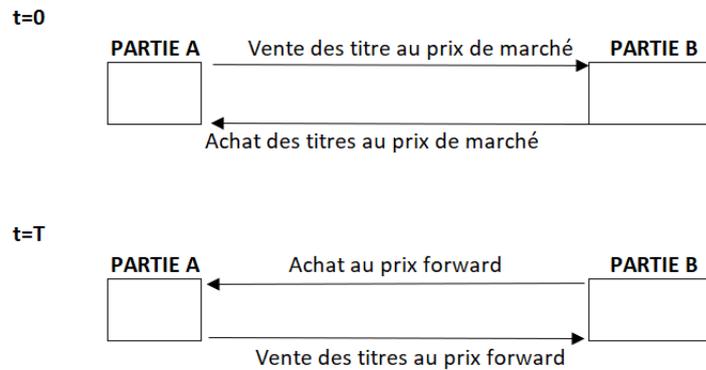


FIGURE 2.3 – Opération de Buy & Sell Back

2.4.3 Le security lending

Dans le cadre du security lending, le prêteur de titres peut choisir de prêter ses titres sans avoir besoin de liquidités immédiates, mais plutôt dans le but de tirer profit de ces titres spécifiques. Si le prêteur est déjà en possession de liquidités, réinvestir ces fonds obtenus grâce à un Repo lui ferait subir l'écart d'achat-vente sur le marché monétaire.

Dans cette situation, il est possible de prêter les titres en échange d'une commission qui sera payée à une date ultérieure. Le prêt reste sécurisé contre le risque de défaut de l'emprunteur. Habituellement, le collatéral utilisé est constitué d'obligations, mais il peut prendre la forme de tout actif acceptable pour le prêteur (liquidités, certificats de dépôt, acceptations bancaires, etc.).

Ainsi, en optant pour ce type de repo, le prêteur de titres peut continuer à détenir ses liquidités, tout en tirant profit de ses titres en les prêtant contre une commission à terme. Cette méthode offre une alternative aux prêteurs qui préfèrent éviter de réinvestir immédiatement leurs liquidités et qui souhaitent exploiter le potentiel de gain de leurs titres spécifiques.

2.5 Valorisation du Repo

Supposons que nous ayons un contrat de repo, les caractéristiques de ce contrat sont présentées dans le tableau suivant :

Maturité	35 jours
le collatéral	3% OAT 01/01/33 (A/365)
Le nominal	10 000
Prix Clean	115
Intérêt courus	134 jours
taux de repo	0,3% (A/360)
Haircut	5%

TABLE 2.2 – Contrat de Repo

Prix Clean = Prix Dirty - Coupon couru

Prix Dirty

$$P = \sum_{i=1}^N \frac{CF_i}{(1+Y)^{t_i}}$$

Dans cet exemple :

$$Prix_Dirty = Prix_Clean + Coupon_couru$$

$$Prix_Dirty = 115 + 3\% \times 100 \times 134/365 = 116,10$$

La valeur de marché du collatéral correspond au produit entre le Prix Dirty et le Nominal

$$\begin{aligned} VM_du_collateral &= Prix_Dirty \times Nominal \\ &= 116,10 \times 10000 \\ &= 1161000 \end{aligned}$$

À $t = 0$

$$\begin{aligned} Cash_emprunt &= VM_du_collateral \times (1 - Haircut) \\ &= 1161000 \times (1 - 5\%) \\ &= 1102950 \end{aligned}$$

À $t = 35$ jours

$$\begin{aligned} Cash_rembourse &= Cash_emprunte \times (1 + Taux_de_repo \times t/360) \\ &= 1102950 \times (1 + 0,3\% \times 35/360) \\ &= 1103271,69 \end{aligned}$$

2.6 L'utilité du Repo

Bien qu'un outil mobilisé fréquemment dans les marchés financiers, le Repo permet aux institutions financières ainsi que les banques et les investisseurs d'obtenir des liquidités à court terme afin de répondre aux besoins de trésorerie immédiats. Prenons l'exemple de la Federal Reserve des Etats-Unis (FED). La FED mobilise de manière régulière le mécanisme du repo pour ajuster le niveau de liquidités sur le marché.

Pour parvenir à cela, la FED propose l'achat temporaire des titres (généralement des bons du trésor) auprès des banques et institutions financières. Ces derniers à leurs tour soumettent des offres pour vendre ces titres et empruntent des fonds à la FED pour une durée déterminée. La garantie de cet échange correspond aux titres que les banques vendent en garantie. Ces titres servent de collatéral et la FED prête les fonds aux taux de Repo.

À l'échéance du Repo, les banques remboursent les fonds empruntés à la FED, plus les intérêts convenus, et la FED retourne les titres aux banques. L'opération de Repo permet à la FED d'injecter temporairement des liquidités dans le système financier.

Inversement, lorsque la FED souhaite retirer des liquidités du marché, elle peut mener une opération de Repo inverse appelée "Repo de drainage de liquidités". Dans ce cas, la FED propose de vendre temporairement des titres aux banques et d'emprunter des fonds en utilisant ces titres comme collatéral. Les banques empruntent les titres de la FED et prêtent des fonds en contrepartie.

Le recours au Repo permet à la FED de contrôler les niveaux de liquidité sur le marché, d'influencer les taux d'intérêts à court terme et de mettre en œuvre sa politique monétaire. Cela offre aussi aux banques et institutions financières une source de financement à court terme et leur permet d'utiliser des titres qu'elles détiennent comme garantie pour emprunter des fonds.

De manière générale, le Repo est un instrument financier qui permet le financement à court terme, aide à la gestion efficace des liquidités, optimise l'usage et le rendement des actifs (titres) et joue un rôle crucial dans le bon fonctionnement du marché des titres à revenu fixe. Le Repo fournit une liquidité considérable tout en permettant aux investisseurs d'emprunter des titres afin d'effectuer des transactions sur le marché ou couvrir leurs positions.

2.7 Les risques du Repo

Il existe plusieurs risques liés à l'usage du Repo. Le risque de liquidité par exemple, fait référence à la difficulté de vendre rapidement le collatéral en cas de besoin. Si la contrepartie ne peut pas rembourser le prêt, le prêteur peut être contraint de vendre le collatéral sur le marché à des conditions défavorables, ce qui peut entraîner des pertes financières.

On peut parler aussi de risque de marché, qui est lié aux variations du prix des titres

utilisés comme collatéral. Si leur valeur diminue, le prêteur sera exposé à des pertes potentielles en cas de défaillance de la contrepartie.

En ce qui concerne le risque de contrepartie, ce dernier se réfère à la possibilité que la partie emprunteuse ne parvienne pas à remplir ses obligations de remboursement. Cela peut se produire en cas de défaillance financière de la contrepartie ou d'incapacité à restituer le collatéral convenu.

Un autre type de risque est le risque de taux d'intérêt, et cela concerne l'impact des fluctuations des taux d'intérêt sur le coût du financement par Repo. Si les taux d'intérêt augmentent, le coût du financement par Repo peut également augmenter, ce qui peut affecter la rentabilité des transactions Repo.

Les erreurs et les défaillances dans la compensation et règlement des transactions Repo est le risque opérationnel. Cela peut inclure des erreurs de communication, des problèmes informatiques, des retards dans le règlement des transactions...

On peut aussi parler des appels de marge qui font une partie des contrats de Repo. Ces derniers ont pour but de compenser les variations de la valeur de marché des titres utilisés comme collatéral et fonctionnent de la manière suivante : lorsque la valeur de marché de ces titres augmente, l'acheteur doit verser un montant supplémentaire en espèces au vendeur. Cette mesure vise à maintenir l'équilibre financier et à réduire les risques pour les deux parties. À l'inverse, si la valeur de marché des titres diminue, c'est au vendeur de verser des espèces supplémentaires à l'acheteur ou de fournir des titres supplémentaires en compensation.

Les risques associés au Repo ne doivent pas être négligés et nécessitent une attention particulière. Le risque de contrepartie peut entraîner des pertes financières si la partie emprunteuse ne parvient pas à rembourser le prêt. Le risque de liquidité peut rendre difficile la vente rapide du collatéral en cas de besoin, ce qui peut entraîner des pertes ou des coûts supplémentaires. Les fluctuations des taux d'intérêt peuvent également influencer le coût du financement par Repo, impactant ainsi la rentabilité des transactions. De plus, les variations du prix du collatéral peuvent exposer le prêteur à des pertes potentielles en cas de défaillance de la contrepartie. Les risques opérationnels, tels que les erreurs de communication ou les problèmes informatiques, peuvent également entraîner des perturbations dans le processus de règlement des transactions. Il est donc essentiel d'évaluer soigneusement les contreparties, de diversifier les collatéraux et de surveiller activement les transactions de Repo pour atténuer ces risques. Une connaissance approfondie des politiques de gestion des risques et des réglementations en vigueur est également cruciale pour garantir une gestion appropriée des risques du Repo.

2.8 Le marché du Repo en France

En France, le Repo est largement utilisé par les banques, les institutions financières et les fonds d'investissement. Avec son rôle de gestionnaire de liquidités et moyen de financement à court terme, le marché de cet instrument financier est liquide, et se base

sur des transactions bilatérales.

Le marché français du Repo est sous la supervision d'Euroclear France (anciennement LCH Clearnet SA) qui est une chambre de compensation et de règlement pour les transactions sur les titres effectuées sur les marchés financiers. Cet organisme assure la sécurité et l'efficacité des transactions sur titres en agissant en tant qu'intermédiaire entre les acheteurs et les vendeurs. Lorsqu'une transaction est effectuée, Euroclear France intervient pour garantir que les fonds et les titres sont transférés de manière transparente entre les parties, réduisant ainsi les risques de contrepartie.

Ainsi, la Banque de France joue un rôle important dans le marché du Repo en tant que fournisseur de liquidité. Cette dernière offre des opérations de politique monétaire, permettant ainsi aux participants du marché d'avoir accès à des liquidités supplémentaires.

Avec une réglementation assez stricte, le marché français est très clair sur sa position en ce qui concerne la transparence des transactions et la gestion des risques. Les acteurs du marché sont dans l'obligation de se conformer aux exigences réglementaires, à savoir par exemple la déclaration des transactions au registre central des contrats de financement en France.

On peut aussi parler dans ce cadre du Global Master Repo Agreement (GMRA), qui est un accord international utilisé dans le marché des Repo (rachat de titres) pour régir les transactions entre les parties impliquées. Il a été développé par l'International Capital Market Association (ICMA) en collaboration avec l'industrie financière. Le GMRA aborde plusieurs aspects importants des opérations repo, tels que les droits et obligations des parties, les modalités de livraison des titres, les conditions de mise en garantie des titres, les mécanismes de règlement et de paiement, les dispositions en cas de défaut ou de résiliation anticipée, les règles de calcul des intérêts, etc. Il vise à standardiser les pratiques et à faciliter les échanges entre les participants du marché.

En ce qui concerne les détails des opérations du Repo, le collatéral utilisé, à titre d'exemple, doit être exempt de risque de crédit et de liquidité, et présenter une corrélation minimale (risque à contre-sens) avec le risque de crédit du fournisseur de collatéral. Idéalement, ce collatéral aurait une valeur marchande certaine, ce qui signifie qu'il serait facile à vendre à une valeur prévisible en cas de défaut du donneur de collatéral, même sur des marchés stressés. Les obligations émises par les gouvernements centraux nationaux sont le type d'actif qui se rapproche le plus de ce modèle et sont d'ailleurs les plus couramment utilisées comme collatéral sur le marché des repo. Selon l'enquête semestrielle de l'ICMA sur le marché européen des Repos (Juin 2022), les obligations gouvernementales représentent plus de 80% du collatéral utilisé dans les opérations de Repo réalisées dans l'Union Européenne.

Historiquement, les Repos ont été des instruments à court terme et la majorité de la liquidité reste encore relativement à court terme, ce qui reflète son rôle essentiel dans le financement des opérations des courtiers en valeurs mobilières. Selon l'enquête semestrielle de l'ICMA sur le marché européen des Repos, la proportion de Repos à échéance

ouverte (ayant une maturité d'un jour) et de Repos à court terme (avec des termes restants d'un mois ou moins) a généralement fluctué entre environ 60% et 70% de la valeur totale des Repos en cours. Parmi cette proportion, les Repos arrivant à échéance en une seule journée représentaient entre environ 15% et 25% de la valeur totale des Repos. La Banque centrale européenne (BCE) estime que, en termes d'euros, les Repos de nuit représentaient plus de 75% du volume des transactions.

2.9 Synthèse des avantages de Repo

Le repo est un instrument financier qui présente plusieurs avantages notamment le financement et l'obtention des liquidités à court terme, l'optimisation du bilan en utilisant les titres comme garantie, l'amélioration de la capacité d'emprunt et la réduction des risques. De ce fait, il existe plusieurs stratégies financières où on peut l'inclure tel que :

- **Gestion de liquidités** : Les institutions financières, telles que les banques, les courtiers et les fonds d'investissement, ont fréquemment recours aux transactions Repo pour gérer leurs besoins de liquidités à court terme. Cette stratégie leur permet de vendre temporairement des titres contre des liquidités, tout en convenant de les racheter ultérieurement à un prix légèrement supérieur, qui représente les intérêts ou le coût du financement. Cela leur offre une solution efficace pour obtenir rapidement des fonds tout en maintenant une flexibilité pour répondre à d'autres besoins de liquidités ou pour réaliser d'autres investissements.
- **Arbitrage** : Les traders et les investisseurs utilisent le Repo comme une stratégie d'arbitrage en tirant parti des écarts de taux d'intérêt ou de prix entre différents titres ou marchés. Ils empruntent des titres à un taux d'intérêt bas sur le marché Repo, puis les vendent immédiatement à un prix plus élevé. Plus tard, ils rachètent les titres à un prix inférieur sur le marché, les restituent au prêteur initial et réalisent ainsi un profit. Cette stratégie repose sur l'exploitation des variations de prix ou de taux d'intérêt et peut être utilisée pour générer des gains rapides.
- **Optimisation du bilan** : Les entreprises peuvent utiliser les transactions Repo pour optimiser la structure de leur bilan. Par exemple, si une entreprise dispose d'excédents de trésorerie, elle peut investir ces fonds dans des transactions Repo à court terme. Cela lui permet d'obtenir un rendement modeste tout en préservant la liquidité nécessaire pour ses opérations courantes. En utilisant des titres détenus en garantie, l'entreprise peut sécuriser le financement nécessaire en empruntant des fonds à court terme à des taux d'intérêt compétitifs.
- **Financement des opérations sur titres** : Les opérateurs sur titres, tels que les hedge funds et les sociétés de négoce, recourent au Repo pour financer leurs positions sur titres. En utilisant des titres détenus en garantie, ils peuvent emprunter des fonds à court terme à des taux d'intérêt compétitifs. Ce financement leur permet de soutenir leurs activités d'investissement ou de trading, en exploitant les opportunités du marché sans avoir à mobiliser des liquidités importantes.

Les titres utilisés en garantie offrent une sécurité pour le prêteur et permettent à l'emprunteur de tirer parti de son portefeuille de titres tout en ayant accès aux fonds nécessaires.

Ces stratégies financières offrent des opportunités de gestion efficace des liquidités, d'optimisation des rendements et de réduction des risques pour les institutions et les entreprises. Cependant, il est essentiel de noter que l'utilisation du Repo comporte des risques, tels que le risque de contrepartie, le risque de liquidité et le risque de marché, qui doivent être soigneusement évalués et gérés.

2.10 Le cadre réglementaire

Solvabilité II

La directive Solvabilité II, connue sous le nom de directive 2009/138/CE, a été introduite par le Parlement européen dans un contexte très spécial : la crise des subprimes. Cette directive a été mise en place réformer le secteur de l'assurance en Europe.

Son objectif principal est de protéger les assurés en garantissant que les compagnies d'assurance peuvent honorer leurs engagements envers leurs clients. Solvabilité II vise à prendre en compte de manière précise les différents risques auxquels les assureurs sont exposés, tels que les risques de marché, de crédit, de souscription, de contrepartie et opérationnels. Les assureurs doivent évaluer leur besoin en capital, gérer efficacement les risques liés à leurs activités et fournir des informations sur leur situation financière à travers des rapports publics tels que le SFCR (Solvency and Financial Condition Report), ainsi que des rapports confidentiels aux régulateurs.

Solvabilité II établit des normes prudentielles pour le secteur de l'assurance, dans le but d'assurer la solidité financière des assureurs, la protection des assurés et d'améliorer la transparence grâce à la communication d'informations précises sur la santé financière des compagnies d'assurance.

Les piliers de Solvabilité II sont les principes fondamentaux sur lesquels repose cette directive réglementaire pour le secteur de l'assurance. Ils se décomposent en trois piliers distincts :

- **Pilier 1** : Ce pilier concerne généralement l'évaluation des risques et l'établissement des exigences de capital. On en calcule des indicateurs de risques notamment le Solvency Capital Requirement (SCR) et le Minimum Capital Requirement (MCR)
- **Pilier 2** : Ce pilier concerne la surveillance et l'évaluation interne des assureurs. Ce pilier exige que les compagnies d'assurance mettent en place des systèmes de gestion des risques solides et effectuent des évaluations internes de leurs risques, de leur capital et de leur solvabilité. La définition d'un profil risque ainsi que la risk appetite sont primordiales et se traduisent par les dispositifs de contrôle interne ainsi que l'étude de la solvabilité de l'organisme d'assurance dans la durée par le

biais d'un bilan prospectif suivant le ORSA (own risk and solvency assessment)

- **Pilier 3** : Ce pilier porte sur la transparence et la divulgation des informations financières. Les assureurs doivent publier des informations détaillées sur leur situation financière, leurs politiques de gestion des risques et leur solvabilité. Cela se fait à travers la publication des Quantitative Reporting Template (QRT) qui sont des reportings réglementaires destinés aux régulateurs du marché.

Le premier pilier de solvabilité 2, auquel on s'intéresse dans le cadre de ce mémoire, se concentre sur les exigences du capital et vise à garantir qu'un niveau adéquat de fonds propres est disponible pour couvrir les risques. On parle des mesures, hypothèses et méthodes de calcul des indicateurs financiers qui déterminent l'exigence du capital requis (SCR) et le minimum du capital requis (MCR).

Pilier 1

Dans un premier temps, on parle de la SCR qui est la quantité de fonds propres nécessaire pour faire face au risque. Plus généralement, le calcul de la SCR est basé sur une approche qui prend en compte plusieurs facteurs dont le risque du marché, de crédit, de souscription et de rachat massif. En pratique, on considère que la SCR est la VAR avec un quantile de niveau 0.05% à horizon d'un an.

En France, l'ACPR communément connue sous l'Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution exige aux assureurs d'avoir un total de fonds propres au moins égal au SCR.

Le SCR peut être calculée selon plusieurs méthodes :

1. La formule standard : La méthode de calcul explicitée dans les actes délégués de l'EIOPA.
2. Le modèle interne : L'assureur a le libre choix d'établir des formules de calcul de son exigence de capital requis en prenant en compte son profil risque à justifier auprès du régulateur.

L'approche à laquelle on va s'intéresser dans cette partie est l'approche standard. La cartographie des risques suivante présente et éclaire les éléments du calcul de la SCR :

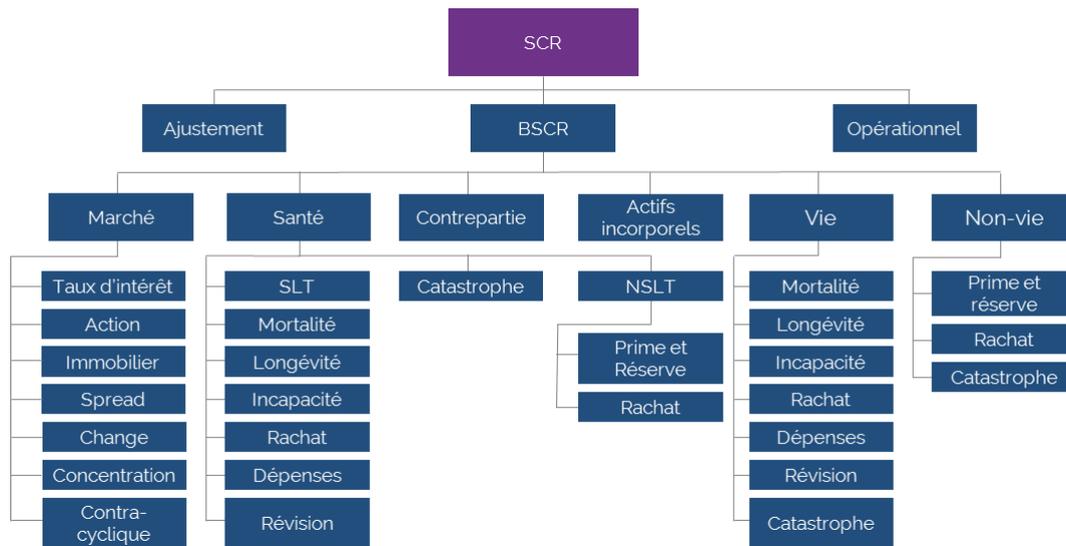


FIGURE 2.4 – Cartographie des risques

Le calcul repose sur la prise en compte de divers chocs affectant l'actif et le passif. Ces besoins en capital sont ensuite corrélés en considérant que tous les chocs ne se produisent pas simultanément. Ainsi, la diversification a un effet réducteur sur les montants de capital nécessaires. Mathématiquement, la diversification est exprimée par des coefficients de corrélation entre les risques i et j , dont la valeur est inférieure à 1.

Le SCR est calculé en utilisant la formule ci-dessous :

$$SCR = BSCR + adj + Op$$

avec

- Adj correspond à un ajustement pour prendre en compte la capacité d'absorption des pertes par les provisions techniques et les impôts différés.
- Op correspond au capital économique lié au risque opérationnel.
- $BSCR$ correspond au SCR de base calculé en prenant en compte la corrélation entre les différents modules de risque.

$$BSCR = \sqrt{\sum_{i,j} CorrSCR_{i,j} \times SCR_i \times SCR_j}$$

où SCR_i est le capital requis pour le risque i avec :

- $SCR_i = \Delta NAV = NAV_0 - NAV_{choc} = (A_0 - BEL_0) - (A_{choc} - BEL_{choc})$
- A_0 : la valeur de marché des actifs à la date d'évaluation.
- BEL_0 : le *Best Estimate of Liabilities* à la date d'évaluation (Situation centrale).

- A_{choc} : la valeur de marché des actifs après un choc instantané sur la facteur de risque i au niveau du risque 0.5%.
- BEL_{choc} : le BEL après un choc instantané sur la facteur de risque i au niveau du risque 0.5%.

2.11 Contrats d'épargne Cardif

De manière générale, un contrat d'épargne est un engagement pris par un assureur envers son assuré pour garantir à la fois le nombre de parts dans les fonds investis et la valeur des encours qui est revalorisée annuellement à un taux prédéfini contractuellement et doit respecter des contraintes légales. Afin d'alimenter ses supports, l'assuré peut effectuer des versements de primes.

La valeur du contrat est versée au bénéficiaire sous forme de prestations en cas de rachat partiel ou total, en cas de décès de l'assuré, ou lorsque la garantie atteint sa maturité.

Il existe plusieurs produits d'épargne dont les caractéristiques diffèrent en fonction de leurs règles de fonctionnement, leurs objectifs, leur modélisation et la population qu'ils ciblent. Si on regroupe les différents produits d'épargne, on les classera de la manière suivante :

Les produits d'épargne individuels : C'est le cas le plus courant. une personne physique souscrit un contrat d'assurance-vie en tant qu'assuré. Les produits concernés peuvent inclure :

- Multi- supports
- Euro-croissance
- Plan d'épargne populaire
- Plan d'épargne en action
- Madelin
- Plan d'épargne retraite populaire

Les produits d'épargne collectifs : Au contraire de l'épargne individuel, la souscription du contrat est effectuée par une personne morale au bénéfice de ses salariés. Suivant est quelques produits associés :

- PERE / PERI
- Plan groupe d'assurance vie
- Art. 82 et plan d'épargne
- Art. 83

Chapitre 3

Modèle ALM BNP Paribas Cardif

3.1 Présentation du modèle

BNP Paribas Cardif utilise un modèle d'ALM (Asset and Liability Management) pour gérer son ACTIF et son PASSIF.

Ce modèle est mis en œuvre à l'aide d'un logiciel appelé Prophet. En interne, le modèle est désigné sous le nom de GPM (Group Projection Model).

Cardif a pour but de renforcer la rentabilité de ses contrats en analysant tous les risques subis comme par exemple la hausse des taux ou dans notre étude le rachat massif.

Le modèle est mis en action pour estimer les flux de trésorerie des contrats d'épargne en France. De plus, il projette les comptes de résultats et les bilans en fonction des hypothèses émises concernant le passif (comme la mortalité et les rachats) ainsi que l'actif, en portant une attention particulière aux générateurs scénarios économiques (tels que les courbes de taux d'intérêt et les rendements des actions).

La projection s'étend sur une période de 40 ans, avec un pas annuel. Les résultats obtenus sont actualisés pour répondre aux exigences de calcul fixées par le cadre réglementaire de Solvabilité 2.

La figure ci-dessous illustre le fonctionnement du modèle ALM de Cardif :

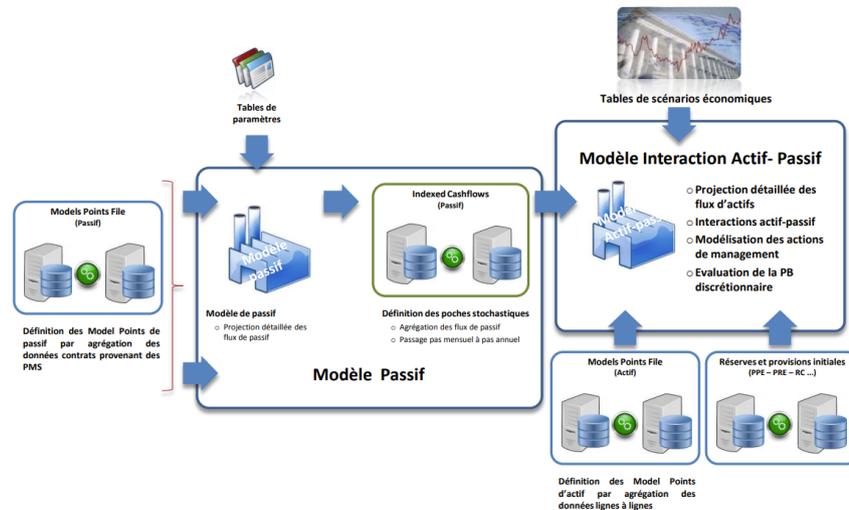


FIGURE 3.1 – le fonctionnement du modèle ALM de Cardif

3.2 Inputs du modèle

3.2.1 Model Point du passif

Le modèle de passif permet d'effectuer une projection déterministe des flux de passif sur une période de 40 ans, généralement avec un pas de temps mensuel ou annuel, dans le but de minimiser le calcul des interactions entre l'actif et le passif.

Les portefeuilles sont segmentés en regroupant des contrats similaires en termes de caractéristiques. L'utilisation du Model Point permet d'effectuer les calculs sur un ensemble de données plus restreint, ce qui permet de calculer et projeter les provisions mathématiques (PM) plus facilement en se basant sur des hypothèses concernant les tables de mortalité et de rachat. Les PM sont revalorisées annuellement avec un taux minimum de garantie (TMG).

DET_CF : les flux futurs de passif (Prestations, Frais, Primes, ...)

3.2.2 Model Point d'actif

Les tables des actifs sont des tables qui disposent les caractéristiques des actifs en portefeuille en fonction de leur nature.

Les tables des actifs sont représentées principalement sur deux tables :

- **ASSET EQUITIES** : Une table qui regroupe les actions détenues par l'entreprise
- **ASSET BONDS** : Une table qui regroupe les obligations achetées par l'entreprise

3.2.3 Paramétrage du modèle GPM

Le fonctionnement du modèle nécessite des paramétrages qui permettront de faire des calculs au cours de la projection. Parmi les paramètres principaux :

La stratégie d'allocation

La stratégie d'allocation regroupe les différentes classes d'actif avec ses différentes catégories. On retrouve notamment les obligations gouvernementales et d'entreprise ou les actions avec des différentes catégories et finalement le monétaire ou le cash. Ces actifs ont une allocation cible à atteindre à la fin de la projection avec un ordre sans la priorité des investissements dans chacune de ses catégories à suivre selon la stratégie de l'assureur et sa politique de gestion.

Les taux de mortalité

Les contrats d'épargne prennent fin si l'assuré décède. À la suite de cela l'assureur est dans l'obligation de verser le capital acquis de l'assuré. Pour cela, on a besoin d'une table de mortalité qui permettra de modéliser les décès. Cette table peut être une table réglementaire ou une table d'expérience qui a été certifiée, c'est à dire validée pour son usage dans un cadre réglementaire.

Les taux de rachat

Les rachats sont distingués entre deux types :

- **Les rachats conjoncturels** : Ce sont des rachats qui sont déclenchés par le comportement des assurés face à une situation de baisse des taux servis ou une augmentation des taux qui provoque des rachats à la suite de l'apparition de produits plus rentables dans le marché.
- **Les rachats structurels** : Ce sont des rachats qui sont indépendants de la situation économique et ils ont des avantages fiscaux.

Taux servi

Le taux servi fait référence au bénéfice annuel du contrat à la suite du placement fait par l'assureur sur les marchés financiers. Ce taux permet de réévaluer les provisions mathématiques. Le taux est lié au taux de participation aux bénéfices et au taux minimum garanti :

$$\text{Taux servi} = \text{Taux PB} + \text{TMG}$$

La courbe des taux sans risque

La courbe des taux sans risque est une courbe qui est publiée par l'EIOPA mensuellement qui permet de faire l'actualisation des flux de trésorerie.

Le générateur scénario économique ou GSE

Afin de valoriser les actifs, le GSE devient indispensable pour fournir les variables économiques et financières. Par exemple l'évolution des rendements des actions, les taux réels et nominaux, Prix des obligations zéro coupon... Les trajectoires des différents actifs sont générés dans un environnement risque-neutre. La moyenne de ses rendements dans les différents scénarios doit rapporter le taux sans risque.

Le GSE est nécessaire pour mettre en place les stratégies financières et effectuer les calculs réglementaires dans le cadre de solvabilité 2.

3.3 Description du portefeuille

3.3.1 Description de l'actif

Les actifs sont regroupés sur 3 classes :

- Bonds
- Equity
- Cash

BONDS	EQUITY	CASH
Obligations du trésor > BBB	Actions	CASH
Obligation du trésor ≤ BBB	Immobilier	
Obligation des entreprises > BBB	Private Equity / Infra	
Obligations des entreprises ≤ BBB		

TABLE 3.1 – Les différentes classes d'actifs

Le tableau ci-dessous présente la répartition des placements au début de la projection en 2022.

En millions d'euros	Valeur de marché VM	Valeur nette comptable VNC	PMVL	PMVL en %
BONDS	8 692	9 940	-1 248	-13%
EQUITIES	6 815	5201	1614	31%
CASH	641	641	0	0%
Total	16 148	15 782	366	2%

TABLE 3.2 – Composition des placements au début de projection en 2022

3.4 Évaluation des actifs

3.4.1 Les obligations

Une **obligation** est un actif financier qui représente un prêt contracté entre deux entités. L'émetteur de l'obligation s'engage à rembourser le montant emprunté à la date d'échéance convenue lors de l'émission. En plus du remboursement du capital, des intérêts, appelés coupons, sont versés périodiquement, dont la fréquence dépend des termes de l'obligation.

La valeur de marché de l'obligation correspond à la somme des cash flows futurs actualisés

Les caractéristiques d'une obligation sont les suivantes :

- **Cash flows** : les coupons, la valeur de remboursement
- **Coupon** : le montant ou les intérêts payés en fonction de la fréquence des coupons par l'émetteur de l'obligation à l'acheteur. Les coupons peuvent être fixes, variables, indexés sur l'inflation.
- **Coupon couru** : fait référence à la partie des intérêts d'une obligation qui a été accumulée mais pas encore payée à la date actuelle.
- **Taux d'intérêt** : fait référence au taux d'actualisation des cash-flows. Ce taux est basé sur la courbe de taux sans risque qui est calculé à partir des prix zéro coupon d'obligation ZC.

$$\text{Taux d'intérêt}(t) = \left(ZC(t)^{-1/t} - 1 \right) + S_0 \quad \text{pour les obligations gouvernementales}$$

$$\text{Taux d'intérêt}(t) = \left(ZC(t)^{-1/t} - 1 \right) + S_0 + S_{corp} \quad \text{pour les obligations des entreprises}$$

Avec :

S_0 : La variation fixe nécessaire pour atteindre la valeur de marché initiale.

S_{corp} : Le spread corporate pour les obligations des entreprises

- La valeur de marché de l'obligation :

$$\begin{aligned} MV(t) &= \text{Dirty Price}(t) \\ &= \sum_{i=1}^N \frac{\text{Coupon_Amt}(T_i)}{(1 + \text{Taux_Interet}(T_i - t))^{T_i - t}} + \frac{\text{Redemp_Amt}(T_N)}{(1 + \text{Taux_Interet}(T_N - t))^{T_N - t}} \end{aligned}$$

- La valeur nette comptable fait référence à la valeur inscrite au bilan d'une entreprise

$$VNC(t) = \text{Valeur nominale de l'obligation} - \text{Amortissement}(t)$$

Avec :

$\text{Amortissement}(t)$: L'amortissement total jusqu'à l'instant t

- PMVL : Plus-Moins-Value latente : correspond à la différence entre la valeur de marché et la valeur nette comptable d'un actif

$$PMVL(t) = MV(t) - VNC(t)$$

3.4.2 Les actions

Pour suivre de manière précise l'évolution et la projection des différentes catégories d'actifs au sein de la classe Equity, deux éléments sont nécessaires dans le modèle.

Premièrement, nous avons besoin d'une table de scénarios économiques GSE qui permet de simuler et de projeter différentes variables telles que l'indice des actions et les courbes de taux selon leurs différentes échéances.

Le tableau qui suit présente un exemple de la table de scénarios économiques.

SIMULATION	ECONOMY	CLASS	MEASURE	OS_TERM	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	EUR	DIVERSI	RET_IDX	0	100	106.712256	112.723313	112.684698	109.144574	117.396832	110.2240213
1	EUR	DIVERSI	RNY_PC	0	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
1	EUR	EQU_F	RET_IDX	0	100	105.661966	118.753798	112.241233	102.471144	115.981102	101.7532454
1	EUR	EQU_F	RNY_PC	0	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
1	EUR	EQUITY	RET_IDX	0	100	105.661966	118.753798	112.241233	102.471144	115.981102	101.7532454
1	EUR	EQUITY	RNY_PC	0	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
1	EUR	ILZCB	PRICE	1	0.99914573	1.00668377	1.0069802	1.00460429	1.00237413	0.99647223	0.989952042
1	EUR	ILZCB	PRICE	2	0.99805358	1.01246779	1.01184182	1.00236105	1.00175486	0.99008986	0.977414549
1	EUR	ILZCB	PRICE	3	0.99666121	1.01622676	1.00981195	0.99750693	0.99804157	0.98088996	0.965314141
1	EUR	ILZCB	PRICE	4	0.9938438	1.01316932	1.00515064	0.98995014	0.99125872	0.97181032	0.950642753
1	EUR	ILZCB	PRICE	5	0.98493765	1.00757573	0.99776008	0.97971918	0.98437332	0.95983559	0.936789633
1	EUR	ILZCB	PRICE	6	0.97414731	0.99934452	0.98766458	0.96973697	0.97433835	0.94839428	0.923987301
1	EUR	ILZCB	PRICE	7	0.96136235	0.98849639	0.97780774	0.95698134	0.9646367	0.93774853	0.909086964
1	EUR	ILZCB	PRICE	8	0.94658808	0.9779716	0.96514059	0.94486094	0.95555298	0.92472202	0.89134863
1	EUR	ILZCB	PRICE	9	0.9326112	0.96471313	0.95309915	0.93362309	0.94386312	0.90856543	0.875191885
1	EUR	ILZCB	PRICE	10	0.91647679	0.95215035	0.9419331	0.92009497	0.92880303	0.89379463	0.861291704
1	EUR	ILZCB	PRICE	15	0.83737618	0.8810373	0.87197522	0.86426907	0.8977177	0.87703215	0.852681633
1	EUR	ILZCB	PRICE	20	0.81219507	0.87590655	0.87659928	0.86173263	0.88951537	0.85433145	0.820663615
1	EUR	ILZCB	PRICE	30	0.76691997	0.83154606	0.83426368	0.82414704	0.86252412	0.83421833	0.80774221
1	EUR	INFLN	INFLN_IDX	0	1	1.01542243	1.02225033	1.04548023	1.06040988	1.08347759	1.082463816
1	EUR	OPCVMAC	RET_IDX	0	100	105.661966	118.753798	112.241233	102.471144	115.981102	101.7532454
1	EUR	OPCVMAC	RNY_PC	0	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
1	EUR	OPCVMCO	RET_IDX	0	100	106.712256	112.723313	112.684698	109.144574	117.396832	110.2240213
1	EUR	OPCVMCO	RNY_PC	0	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
1	EUR	OPCVMMO	RET_IDX	0	100	101.7305	103.490946	104.162589	105.751743	106.918991	108.3366593
1	EUR	OPCVMMO	RNY_PC	0	1.71569738	1.71569738	0.64688979	1.51412696	1.09771538	1.31721395	1.631714673
1	EUR	OPCVMOB	RET_IDX	0	100	107.762545	106.550885	112.32123	115.040871	117.269838	117.3256855
1	EUR	OPCVMOB	RNY_PC	0	1	1	1	1	1	1	1
1	EUR	PROP	RET_IDX	0	100	83.186054	90.0120445	70.3141067	72.587556	71.1627906	73.37077295
1	EUR	PROP	RNY_PC	0	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
1	EUR	VALN	DEF	0	1	0.98298937	0.97665103	0.96197469	0.95147269	0.93902194	0.923824111
1	EUR	ZCB	RET_PC	1	1.7305	0.64898664	1.52564794	1.10376238	1.32592743	1.64509984	2.191812353
1	EUR	ZCB	RET_PC	10	2.8785	2.23187967	2.76358981	2.41579903	2.43512282	2.52237698	2.767587382
1	EUR	ZCB	RET_PC	30	2.726	2.30200328	2.48603454	2.22792512	2.17179634	2.16549328	2.315747019
1	EUR	ZCB	PRICE	1	0.98298937	0.99355198	0.98497278	0.98908288	0.98691423	0.98381526	0.978551975
1	EUR	ZCB	PRICE	2	0.9652431	0.98212091	0.96677517	0.97358288	0.96972902	0.96578648	0.954341725
1	EUR	ZCB	PRICE	3	0.9438761	0.96717328	0.94490699	0.95428023	0.95087276	0.94467658	0.929672723
1	EUR	ZCB	PRICE	4	0.9203215	0.94819713	0.92020916	0.93363688	0.92912182	0.92277262	0.904102528
1	EUR	ZCB	PRICE	5	0.8940782	0.92602935	0.8949629	0.91041505	0.9067197	0.89965547	0.878661521
1	EUR	ZCB	PRICE	6	0.86591472	0.90297372	0.86796019	0.8868014	0.8832446	0.87637084	0.85208054
1	EUR	ZCB	PRICE	7	0.83792909	0.87783034	0.84124322	0.86236413	0.85971352	0.85167495	0.825769122
1	EUR	ZCB	PRICE	8	0.80892844	0.85268275	0.814343	0.83807785	0.83489652	0.82699552	0.800305541
1	EUR	ZCB	PRICE	9	0.78076126	0.82708161	0.78812481	0.81272516	0.81018486	0.80293639	0.775662421
1	EUR	ZCB	PRICE	10	0.75292855	0.80193015	0.76139028	0.78764482	0.78616024	0.779495	0.761094162
1	EUR	ZCB	PRICE	15	0.62578772	0.68865037	0.65897109	0.70263152	0.71697753	0.72595487	0.70580433
1	EUR	ZCB	PRICE	20	0.56800461	0.63536465	0.60260374	0.64102464	0.64621222	0.64451886	0.619460502
1	EUR	ZCB	PRICE	30	0.44626073	0.50521456	0.47869547	0.51631366	0.524891	0.52586336	0.503182603

FIGURE 3.2 – Table de scénarios économiques

- **SIMULATION** le numéro de simulation
- **ECONOMY** représente la devise du produit

- **CLASS** représente le type d'actif
 - **EQUITIES_GF** : Les actions
 - **ZCB (Zero-Coupon Bonds)** : Obligations zéro coupon
 - **REAL_ESTATE_GF** : L'immobilier
 - **ILZCB (Inflation-Linked Zero-Coupon Bonds)** : Les obligations zéro coupon indexées à l'inflation
 - **INFLN** : L'inflation
- **MESURE** représente le type de variable
- **OS_TERM** représente la maturité et 0 pour des indices d'actions
- Les autres colonnes représentent l'année de projection

Deuxièmement, nous avons besoin d'une table d'**ASSETS_EQUITY_ASSUMPTION** qui regroupe les différentes catégories d'actifs et décrit comment elles sont modélisées par rapport aux indices présentés dans la table GSE.

3.4.3 Le cash

Le cash initial dans le modèle ne représente pas seulement le cash disponible en terme de liquidité mais intègre également les obligations d'état, d'entreprise ainsi que les obligations indexées sur l'inflation à condition que la maturité de l'obligation ne dépasse pas un an.

Le rôle du cash dans ce modèle est crucial, comme nous l'avons constaté dans la stratégie d'allocation et l'ordre des actifs dans le modèle. Le cash est placé en dernière position, ce qui permet au modèle de l'utiliser comme un tampon par rapport aux autres actifs.

L'objectif est d'ajuster tous les actifs en laissant l'ajustement du cash à la fin. Cela signifie que si le cash disponible à la fin ne respecte pas les bornes prédéfinies, il sera ajusté par rapport aux autres classes d'actifs tout en respectant toujours les bornes de chaque actif.

3.5 Provisions réglementaires de l'actif

3.5.1 Provisions pour dépréciation durable (PDD)

Dans le cas des actions, des biens immobiliers et des OPCVM, une provision est constituée si les actifs sont en moins-value latente de 20% ou 30% selon la volatilité du marché, et si cette situation persiste pendant plus de 6 mois avant la date d'inventaire. Cette provision pour dépréciation durable permet de prendre en compte ces pertes de valeur potentielles et de les comptabiliser de manière appropriée dans les états financiers.

3.5.2 Réserve de capitalisation (RC)

La réserve de capitalisation joue un rôle important pour faire face aux moins-values sur les actifs obligataires. Cependant, il convient de noter que cette réserve n'est pas

applicable aux sociétés non-vie et aux réassureurs. Son principe repose sur la dotation lorsque des plus-values sont réalisées et la reprise en cas de moins-values lors de la vente avant l'échéance.

3.5.3 Provision pour risque d'exigibilité (PRE)

La Provision pour risque d'exigibilité, régie par le code des assurances, est une provision mise en place pour faire face à une éventuelle insuffisance de liquidité des placements. Cette réserve est constituée lorsque les placements mentionnés à l'article R 343-10 se trouvent en situation de moins-value latente nette globale.

La réserve pour insuffisance de liquidité est calculée en prenant en compte un tiers du montant de la moins-value latente nette globale constatée sur ces placements. Son objectif est de garantir une marge de sécurité financière pour l'assureur, afin de faire face à d'éventuels besoins de liquidités imprévus liés aux sinistres.

3.5.4 La provision pour participation aux bénéfices (PPB)

La provision pour participation aux bénéfices (PPB), anciennement appelée Provision pour Excédent (PPE), représente le montant des bénéfices attribués aux bénéficiaires des contrats d'assurance vie qui ne sont pas payables immédiatement après la liquidation de l'exercice qui les a produits.

Le calcul de la PPB pour les contrats Euro est égale au moins 90% des résultats techniques et 85% des résultats financiers qui sont attribués aux bénéficiaires. En ce qui concerne la durée de la PPB, celle-ci doit être distribuée dans les 8 ans qui suivent sa constitution.

La Provision pour Participation aux Bénéfices (PPB) est constituée ou reprise en fonction du taux servi aux assurés. Si les produits financiers générés par les contrats d'assurance vie permettent de couvrir le taux servi, l'excédent est alors alloué à la PPB. En revanche, si les produits financiers ne sont pas suffisants pour couvrir le taux de rémunération promis, une partie de la PPB peut être reprise afin de compenser le déficit.

3.6 Stratégie financière

3.6.1 Étapes de la stratégie financière

La stratégie financière englobe les mécanismes d'achats et de ventes pour toutes les catégories d'actifs. Cette approche se décompose essentiellement en quatre étapes.

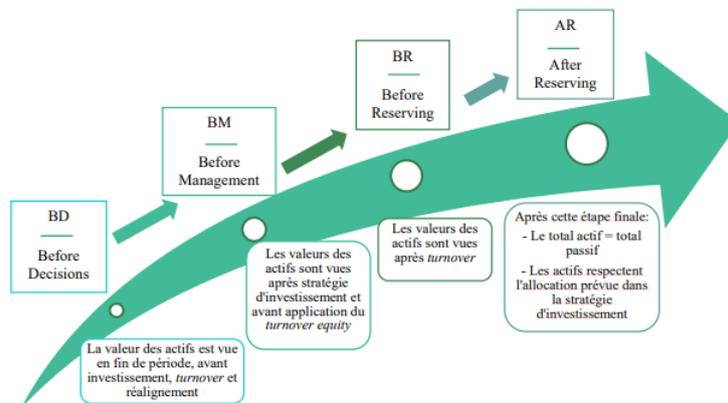


FIGURE 3.3 – Les étapes de la stratégie financières

où :

Le *turnover action* représente une *management action* qui consiste à la vente d'une proportion fixe des actions

3.6.2 L'ordre des actifs dans le modèle

La stratégie d'allocation ou d'investissement dans ce modèle suit un ordre préétabli conformément à la stratégie de l'entreprise. Étant donné que les assureurs détiennent principalement des obligations dans leur portefeuille, l'ordre des actifs sera le suivant :

1. Bonds

- Bonds catégorie 1 : Obligations gouvernementales bien notées ($> BBB$)
- Bonds catégorie 2 : Obligations gouvernementales moins notées ($\leq BBB$)
- Bonds catégorie 3 : Obligations des entreprises bien notées ($> BBB$)
- Bonds catégorie 4 : Obligations des entreprises moins notées ($\leq BBB$)

2. Equities

- EQUITIES : Actions directes et fonds actions
- BOND_FUND_GF : Fonds obligataires
- DIVERSIFIED_FUND_GF : Fonds diversifiés
- EQUITIES_TRADABLE_PROPERTIES : Immobilier

3. Cash

3.6.3 Stratégie Fixed

La stratégie Fixed consiste à prendre l'ensemble des actifs et à les répartir directement dans les différentes classes d'actifs conformément à l'allocation cible définie.

La situation initiale :

Prenons deux exemples pour la New money +12 et -35 :

Order	Asset	Catégorie	Situation Initiale
1	Bond	1	100
2	Equity	1	20
3	Equity	2	15
4	Cap	1	5
5	Cash		25
	Total		165

TABLE 3.3 – Situation initiale de la stratégie fixed

New Money : les cash-flows générés par la box plus les intérêts sur la box

Box : tous les cash-flows et les intérêts

Étapes de calcul

1. Calcul de la new Money pour chaque catégorie d'actif.

La new money est investi (désinvesti) dans le cash si le signe de la new money est positif (négatif)

2. On calcule l'allocation pour chaque classe d'actif.
 - Si l'allocation est identique à l'allocation cible, aucune modification n'est requise..
 - Si l'allocation n'est pas égale à l'allocation cible, on force les actifs à atteindre la cible.

exemple d'investissement : le montant à investir est 12

Order	Asset	Avant	Après	Variation	Allocation cible
1	Bond	100	$177 \times 70\% = 123,9$	23,9	70%
2	Equity	20	$177 \times 15\% = 26,55$	6,55	15%
3	Equity	15	$177 \times 5\% = 8,85$	-6,15	5%
4	Cap	5	5	0	2,82%
5	Cash	$37=25+12$	12,7	-24,3	7,18%
	Total	177	177	0	100%

TABLE 3.4 – Stratégie fixed au cas d'investissement

exemple de désinvestissement : le montant à désinvestir est 35

Order	Asset	Avant	Après	Variation	Allocation cible
1	Bond	100	$130 \times 70\% = 91$	-9	70%
2	Equity	20	$130 \times 15\% = 19,5$	-0,5	15%
3	Equity	15	$130 \times 5\% = 6,5$	-8,5	5%
4	Cap	5	5	0	3,85%
5	Cash	-10=25-35	8	18	6,15%
	Total	130	177	0	100%

TABLE 3.5 – Stratégie fixed au cas de désinvestissement

3.6.4 Stratégie Asset Drift

La stratégie Asset Drift est une approche qui consiste à prendre l'ensemble des actifs et à les répartir parmi les différentes classes d'actifs en suivant un ordre de priorité, tout en respectant les limites fixées pour l'allocation cible.

Vérification initiale :

La première chose à vérifier est que $\alpha_i^{min} < \alpha_i^{max}$:

Avec :

- α_i^{min} est la borne min de l'allocation cible de l'actif i
- α_i^{max} est la borne supérieure de l'allocation cible de l'actif i

1. Calcul de la new Money pour chaque catégorie d'actif. La new money est investi (désinvesti) dans le cash si le signe de la new money est positif (négatif).

Si new money < 0 dans une classe d'actif et ne peut pas être désinvestie entièrement car : $Abs(\text{new Money}) > \text{classe d'actif}$ alors la différence sera désinvestie dans le cash

2. Calcul de l'allocation théorique :

Si $\alpha_i^{min} < \alpha_i^{theo} < \alpha_i^{max}$: cela signifie que toutes les catégories sont dans les bornes donc on aura pas besoin d'une autre boucle

3. Si l'Allocation après la contrainte n'est pas respectée :

Le calcul de la Drift Excess se fait à chaque pas de temps pendant toute la période de la projection comme suit :

La Drift_Excess est présentée par :

Si $\alpha_i^{min} \leq \alpha_i^{theo}(t) \leq \alpha_i^{max}$: $Drift_Excess(i) = 0$

Si $\alpha_i^{max} < \alpha_i^{theo}(t)$: $Drift_Excess(i) : (\alpha_i^{max} - \alpha_i^{theo}(t)) \times Total_Assets < 0$

Si $\alpha_i^{theo}(t) < \alpha_i^{min}$: $Drift_Excess(i) : (\alpha_i^{min} - \alpha_i^{theo}(t)) \times Total_Assets > 0$

La FREE_UPPER_AMOUNT est présentée par :

$$Free_upper_amount(i) = \max\left((\alpha_i^{max} - \alpha_i^{theo}(t)) \times Total_Assets; 0\right)$$

La FREE_LOWER_AMOUNT est présentée par :

$$Free_lower_amount(i) = \max\left(\left(\alpha_i^{the}(t) - \alpha_i^{min}\right) \times Total_Assets; 0\right)$$

On fera un exemple entre deux actifs i et j :

Si $|Drift_Excess(i)| > |Drift_Excess(j)|$:

Cas A : $Drift_Excess(i) > 0$

$Free_Lower_Amount(j) > 0$

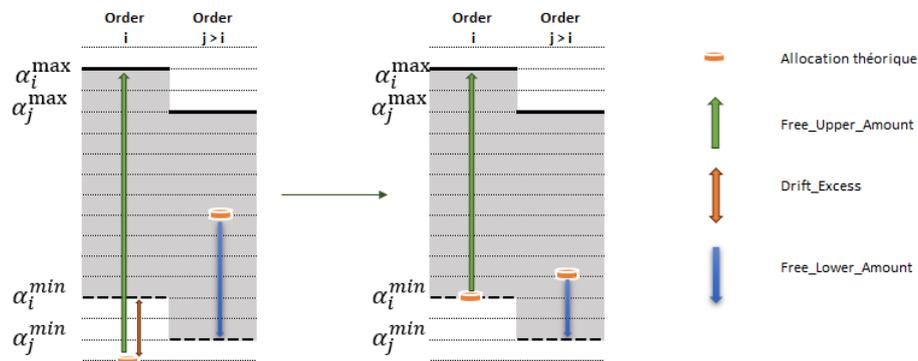


FIGURE 3.4 – CAS A :

L'allocation théorique initiale du premier actif dépasse les limites prévues, et étant donné que son ordre de priorité est supérieur à celui du deuxième actif, il sera augmenté d'un montant suffisant pour atteindre sa limite inférieure. Le deuxième actif sera réduit du même montant.

Cas B : $Drift_Excess(i) < 0$

$Free_Upper_Amount(j) > 0$

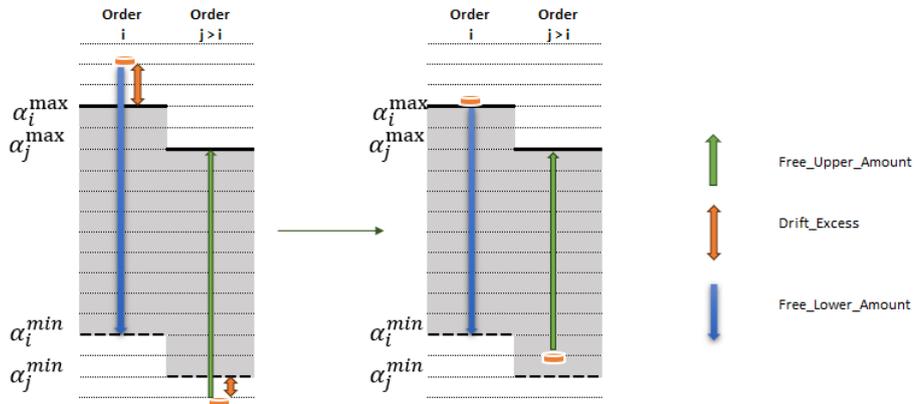


FIGURE 3.5 – CAS B

L'allocation initiale des deux actifs ne respectent pas les bornes prédéfinies, et étant donné que le premier actif est prioritaire par rapport au deuxième actif, il sera ajusté à la baisse afin d'atteindre sa borne supérieure. Le deuxième actif sera augmenté du même montant.

Si $|Drift_Excess(i)| < |Drift_Excess(j)|$:

Cas C : $Drift_Excess(j) > 0$

$Free_Lower_Amount(i) > 0$

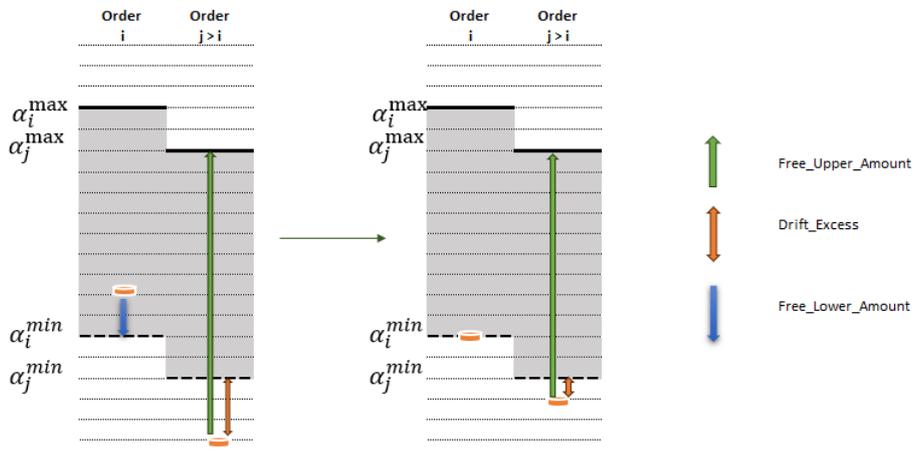


FIGURE 3.6 – CAS C

Dans cette situation, l'allocation initiale du premier actif respecte les bornes prédéfinies, tandis que le deuxième actif se situe en dessous de la limite inférieure. Il sera ajusté à la hausse, mais pas forcément jusqu'à atteindre sa borne inférieure. Le montant de cet ajustement sera conditionné par rapport au premier actif, afin de garantir que ce dernier reste dans ses bornes.

Cas D : $Drift_Excess(j) < 0$
 $Free_upper_amount(i) > 0$

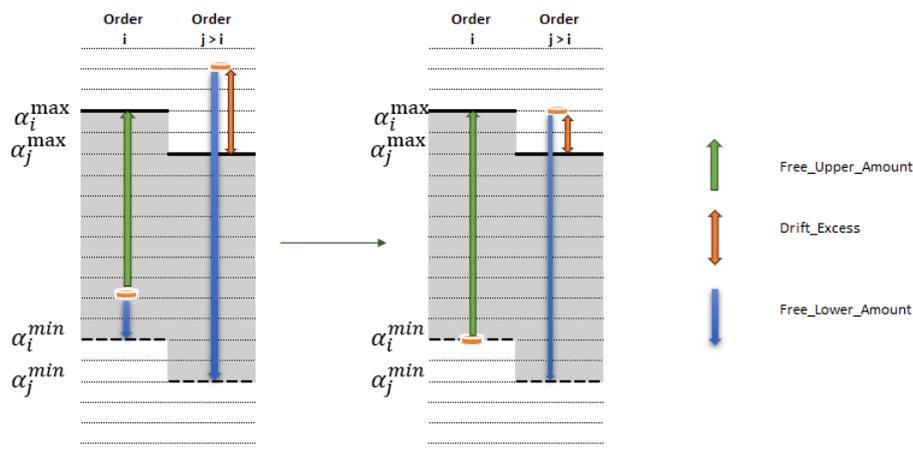


FIGURE 3.7 – CAS D

Dans ce cas, l'allocation initiale du premier actif respecte les bornes prédéfinies, tandis que le deuxième actif dépasse la limite supérieure. Il sera réduit, mais pas nécessairement jusqu'à atteindre sa borne supérieure. Le montant de cette réduction sera conditionné par rapport au premier actif, afin de veiller à ce que ce dernier reste dans les limites préétablies.

3.6.5 La convergence vers l'allocation cible

Lors de la projection dans le modèle, les actifs évoluent de différentes manières afin d'atteindre leur allocation cible. Cela implique d'effectuer des achats et des ventes, tout en suivant l'évolution du passif. La vitesse à laquelle cette convergence se produit est exprimée dans une table appelée `ASSETS_FORCE_RAPPEL`, qui indique que notre allocation cible est atteinte à la 10ème année après le début de la projection.

3.7 Les rachats massifs dans le modèle

Les illustrations suivantes nous permettent de mieux appréhender le fonctionnement détaillé du modèle lorsqu'il est confronté à des rachats massifs.

Pour ce faire, supposons une situation initiale sans aucun choc, où nous détenons un bilan qui se compose de différents éléments spécifiques. Cette composition initiale du bilan est cruciale pour comprendre les implications des rachats massifs sur les différents actifs et passifs. En examinant attentivement cette configuration initiale, nous serons en mesure de saisir pleinement l'impact et les mécanismes en jeu lorsqu'un tel événement de rachat massif survient.

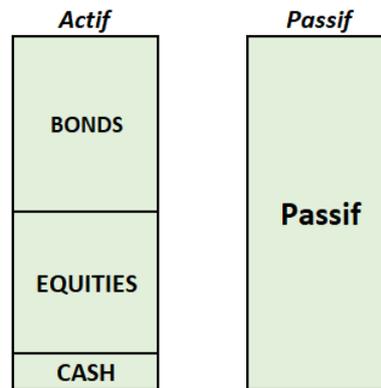


FIGURE 3.8 – Bilan simplifié sans choc

L'actif de notre portefeuille est constitué de trois composantes principales : les obligations (Bonds), les actions (Equities) et le cash. En ce qui concerne le passif, nous ne précisons pas explicitement ses composantes dans cette description.

Un choc de rachat massif entraîne une situation où le passif subit une baisse brutale, le faisant chuter vers un niveau très inférieur à celui auquel il était initialement positionné. Cette diminution soudaine et significative du passif peut entraîner des conséquences importantes sur notre portefeuille.

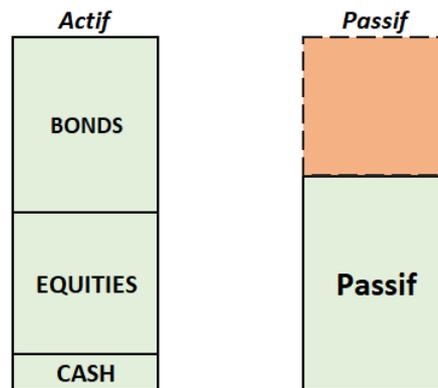


FIGURE 3.9 – Un choc de rachats massif

Lorsqu'un choc de rachats massifs survient, il crée une situation dans laquelle l'assureur se trouve confronté à un besoin de liquidités pour faire face à ses engagements et répondre aux sorties massives de fonds de ses assurés

Dans le but de réaligner l'actif et le passif dans le modèle, une composante négative sera ajoutée au cash afin d'obtenir un bilan équilibré

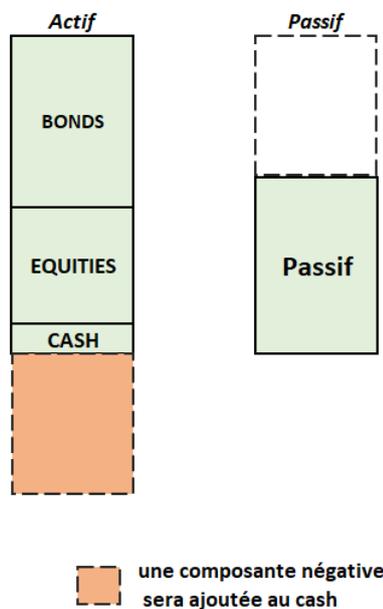


FIGURE 3.10 – Bilan modélisé équilibré

Maintenant que nous avons un bilan équilibré grâce à l'ajout de la composante négative au cash, il est important de reconnaître l'impact que cela aura sur notre stratégie

d'investissement.

Prenons un exemple :

- L'allocation théorique initiale avant les rachats massifs des obligations de catégorie 1 est de 25%.
- La borne inférieure est fixée à 22%.
- La borne supérieure est fixée à 28%.

Supposons que le total des actifs avant les rachats massifs soit de 100, tandis que le total des passifs est également de 100. Le choc de rachat massif réduit le passif de 100 à 60, créant ainsi une différence de -40. Cette différence est ajoutée au cash dans les actifs (en négatif). Cette modification affecte le total des actifs, ce qui entraîne une révision de l'allocation théorique initiale des obligations de catégorie 1.

- Avant le choc des rachats massifs, l'allocation théorique des obligations de catégorie 1 est 25% (25/100).
- Après le choc des rachats massifs, l'allocation théorique mise à jour pour les obligations de catégorie 1 devient 41,67% (25/60).
- Cette nouvelle allocation dépasse les bornes prédéfinies, ce qui nécessite une vente massive des obligations qui va permettre de réduire leur poids dans le portefeuille vers les plages autorisées et de réallouer ces montants vers le cash qui est négatif.

Dans notre situation, le bilan se présente de la manière suivante :

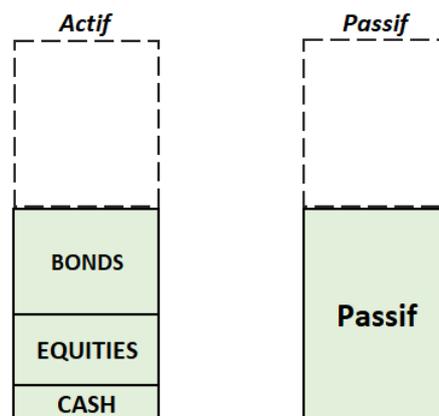


FIGURE 3.11 – Bilan après choc

3.8 La modélisation et l'approche retenue

L'intégration du Repo dans la modélisation ALM de Cardif nécessite de mettre en place plusieurs hypothèses afin de mieux appréhender la réalité et d'illustrer le mécanisme

du Repo, tout en l'adaptant de manière appropriée à notre modèle.

Cette démarche vise à intégrer de manière cohérente le Repo dans notre approche ALM, en prenant en compte les différentes variables et paramètres pertinents. En définissant ces hypothèses, nous cherchons à obtenir une représentation aussi fidèle que possible de la réalité, tout en simplifiant les aspects complexes et en s'assurant de la pertinence du modèle pour les besoins spécifiques de Cardif. En considérant les interactions entre le Repo et les autres composantes de notre modélisation ALM, nous cherchons à obtenir une vue globale et cohérente du fonctionnement du Repo, de manière à faciliter sa prise en compte dans nos analyses et nos décisions.

3.8.1 Hypothèses retenues pour la modélisation

Pour mettre en place le Repo, il est nécessaire de prêter une attention particulière aux paramètres essentiels qui sont indispensables à son bon fonctionnement. Parmi ces paramètres clés, nous devons nous concentrer sur les titres prêtés, la maturité des contrats de Repo et le taux de Repo. Ces éléments jouent un rôle crucial dans la mise en œuvre réussie du Repo et dans la gestion appropriée de cette opération financière.

Les titres à prêter :

Il est crucial de sélectionner avec soin les titres à prêter qui serviront de collatéral pendant la transaction. La qualité et la liquidité d'un titre revêtent une importance cruciale dans une opération de Repo, en raison de la possibilité de défaillance du vendeur. En disposant d'un titre de haute qualité et facilement négociable, l'acheteur peut rapidement vendre l'actif et récupérer ses fonds en cas de besoin. La liquidité et la qualité du titre offrent ainsi une protection et une flexibilité importantes aux participants au Repo.

Afin d'atteindre cet objectif, nous opterons pour l'utilisation d'obligations gouvernementales avec un rating élevé notées **BONDS GOVIES CATEGORIE 1** comme collatéral dans nos opérations de Repo.

Il est important de souligner que les obligations qui ont été prêtées demeurent au sein du bilan de l'assureur qui détiennent ces obligations, et les coupons générés par ces obligations sont versés à l'assureur (Annexe 1).

La maturité des contrats de Repo :

La maturité des contrats de Repo est généralement de courte durée, variant de 1 jour à 1 an et ne dépassant souvent pas 1 an.

Dans notre approche de modélisation, étant donné que notre projection est effectuée sur une base annuelle, nous choisirons une maturité d'un an pour assurer une visibilité concrète et un suivi précis des opérations de Repo.

Le taux de Repo :

Le taux STR est utilisé comme référence pour les opérations de financement à court terme en France, notamment pour les prêts ayant une maturité au jour le jour. En revanche, pour les autres échéances, l'EURIBOR est utilisé comme référence.

Dans notre approche de modélisation, lorsque nous traitons le Repo avec une maturité d'un an, nous choisirons d'utiliser le taux sans risque disponible dans le GSE. Ce taux permet de calculer les intérêts sur les opérations de Repo.

Le montant de Repo :

Cette partie consiste à l'évaluation des besoins en liquidité de l'assureur. Ce montant est déterminé en fonction des sorties (Prestations, rachats, commissions) et les entrées (Primes, produits financiers) et de la trésorerie disponible. Les autres éléments à prendre en compte pour établir le montant du Repo sont la PMVL des obligations détenues par l'assureur et le pourcentage des besoins en liquidité par rapport au total des actifs.

Cette considération permet à l'assureur de faire le Repo au lieu de vendre ses actifs même s'ils présentent des pertes, ce qui aurait un impact sur la réserve de capitalisation (RC) et les revenus financiers.

Le montant de Repo $R(t)$ est déterminé en fonction des :

- $S(t)$: Sorties
- $E(t)$: Entrées
- $C(t)$: Cash disponible
- $PMVL(t)$: Plus moins-values latentes des obligations
- $BOND_CAT1_MV(t)$: La valeur de marché des obligations de catégorie 1 (Obligations gouvernementales avec un rating élevé)
- $TOT_ASSETS_MV(t)$: Le total des actifs en valeur de marché
- $Seuil_PMVL$: Le choix du seuil permet de tester la tolérance au risque associé aux obligation
- $Seuil_Repo$: Le choix du seuil permet de rendre dynamique le calcul du Repo en prenant en compte le niveau de besoin en liquidité

Si $E(t) + C(t) - S(t) < 0$ et $PMVL(t) < Seuil_PMVL$

et $\frac{|E(t)+C(t)-S(t)|}{TOT_ASSETS_MV(t)} > Seuil_Repo$:

$$R(t) = \min(S(t) - E(t) - C(t); BOND_CAT1_MV(t); 10\% \times TOT_ASSETS_MV(t))$$

Le montant maximum autorisé d'une opération de Repo à l'instant t ne peut pas excéder la valeur marché des obligations détenues par l'assureur disponibles pour le prêt. Cette contrainte vise à éviter que le montant de l'opération de Repo dépasse la quantité

d'obligations de catégorie 1 détenues. De plus, une autre règle réglementaire stipule que le montant total des opérations de Repo est limité à 10% du bilan de l'assureur (Annexe 2).

Dans notre analyse, nous avons employé ces indicateurs pour modéliser le Repo, cependant, dans d'autres contextes, il est possible d'utiliser différents indicateurs ou autres actifs comme collatéraux.

Le Repo dans le bilan réel :

L'actif de notre portefeuille est constitué de trois composantes principales : les obligations (Bonds), les actions (Equities) et le cash. En ce qui concerne le passif, nous ne précisons pas explicitement ses composantes dans cette description.

L'intégration de Repo consiste à ajouter un montant de Repo en actif et en passif pour assurer toujours un bilan équilibré :

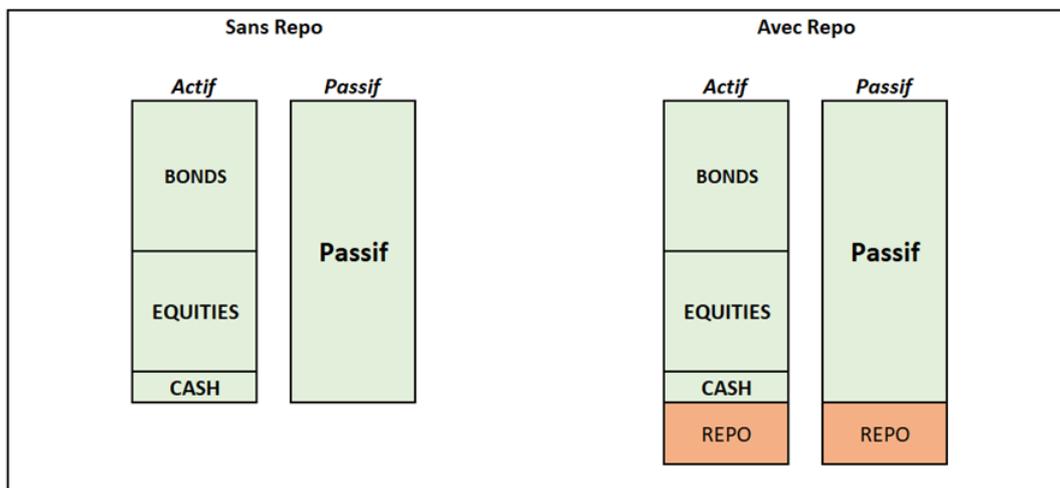


FIGURE 3.12 – Bilan réel d'une opération de Repo

La modélisation retenue :

Pour modéliser un Repo, on commence par évaluer le besoin de liquidité. Le montant du Repo est ensuite ajouté à la rubrique "Cash" du côté des actifs, ce qui augmente l'actif total. En parallèle, l'engagement envers la partie prêteuse de liquidité est enregistré du côté du passif.

L'approche utilisée pour modéliser le Repo enregistré au passif consiste à le considérer comme un actif négatif. Pour ce faire, on crée une nouvelle catégorie spéciale destinée à stocker ce montant de Repo en prenant en compte sa valeur négative. Ainsi, le montant du Repo ajouté à la rubrique Cash et son opposé qui est enregistré dans la nouvelle catégorie se compensent, ce qui n'affecte pas la taille globale du bilan à l'instant initial et

même au cours de projection. Les intérêts liés aux opérations de Repo seront retranchés à chaque pas du temps du rendement de Cash.

La catégorie qui stocke le montant de Repo en négatif a pour principal objectif d'assurer l'équilibre entre l'actif et le passif et il ne doit impacter ni l'allocation des actifs ni la stratégie d'investissement pendant la période de la projection. Les intérêts liés aux opérations de Repo seront retranchés à chaque pas du temps du rendement de Cash. Les intérêts appliqués au Repo suivent un taux sans risque, sans l'ajout d'une prime de risque, ce qui les place dans un cadre de neutralité vis-à-vis du risque.

Le début de la projection verra l'ajout du montant du Repo à la valeur nette comptable du passif. Par la suite, à chaque étape temporelle, la variation du montant du Repo entre l'instant t et $t-1$ sera intégrée jusqu'à la fin de la projection. Cette démarche vise à calculer des indicateurs tels que le Taux de Rendement des Actifs (TRA).

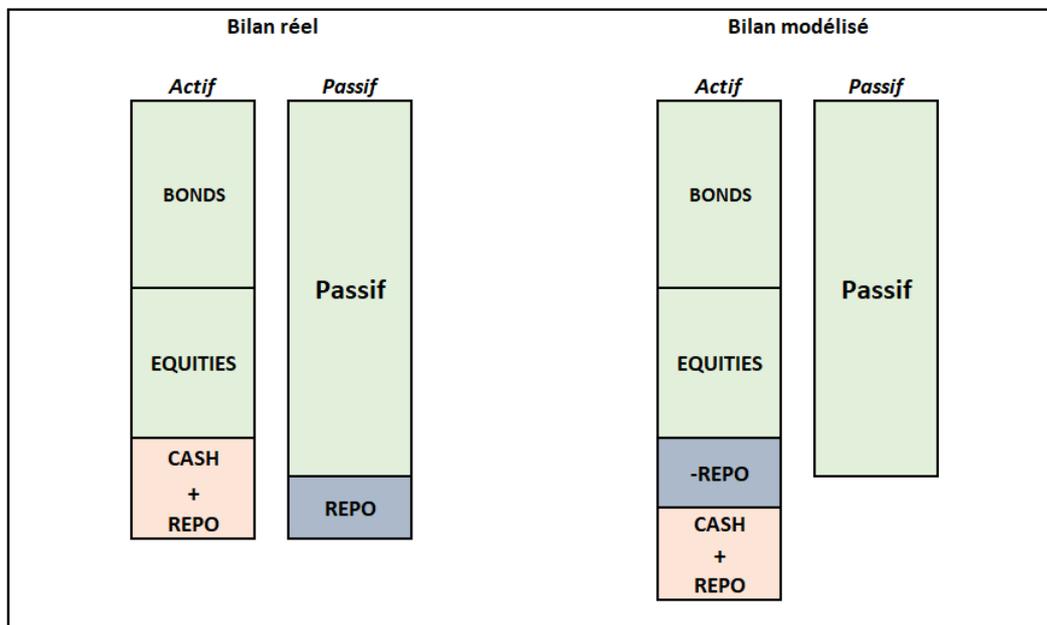


FIGURE 3.13 – Bilan réel vs bilan modélisé

Remboursement du montant de Repo :

L'objectif de cette partie est de savoir comment gérer le remboursement du montant de Repo emprunté à l'instant t puisque à l'instant $t+1$ on arrive à l'échéance du contrat. Ceci met l'assureur dans l'obligation d'assurer ses engagements soit envers ses assurés en payant les sorties, soit envers la partie prêteuse du cash qui détient les obligations mises en pension. A $t+1$, soit on décidera si on commence à vendre des actifs pour assurer l'engagement, soit en souscrivant un autre contrat de Repo si les conditions sont défavorables dans le marché financiers et la vente des actifs dans une telle situation aura

un impact négatif sur l'activité de l'assureur.

Le montant de Repo à $t + 1$: $R(t + 1)$ sera calculé comme suit :

Si $C(t + 1) + E(t + 1) - S(t + 1) - R(t) < 0$ et $PMVL(t + 1) < Seuil_PMVL$

et $\frac{|E(t+1)+C(t+1)-S(t+1)-R(t)|}{TOT_ASSETS_MV(t+1)} > Seuil_Repo$:

$$R(t + 1) = \min (S(t + 1) + R(t) - E(t + 1) - C(t + 1); BOND_CAT1_MV(t + 1); 10\% \times TOT_ASSETS_MV(t + 1))$$

La stratégie d'investissement :

Le montant de Repo aura un impact sur la répartition des actifs, ce qui entraînera automatiquement des répercussions sur la stratégie d'investissement. Nous avons préalablement défini différentes catégories d'actifs, telles que les obligations (classe BONDS) avec leurs sous-catégories spécifiques, les actions (classe Equities) avec leurs sous-catégories, ainsi que la catégorie de liquidités (Cash).

Chacune de ces catégories a une allocation cible à atteindre à la fin de la période projetée, avec des bornes minimales et maximales à respecter. Si l'allocation théorique dépasse ces bornes, des ajustements seront nécessaires. En cas d'excès par rapport à la borne minimale, cela entraînera de nouveaux investissements pour ramener la répartition définie. Si, en revanche, l'allocation théorique dépasse la borne maximale, une réduction des investissements sera effectuée pour rééquilibrer les proportions. Cela permet de maintenir une gestion équilibrée des actifs et de s'assurer que l'ensemble du portefeuille reste en adéquation avec la stratégie d'investissement définie.

Dans une situation centrale :

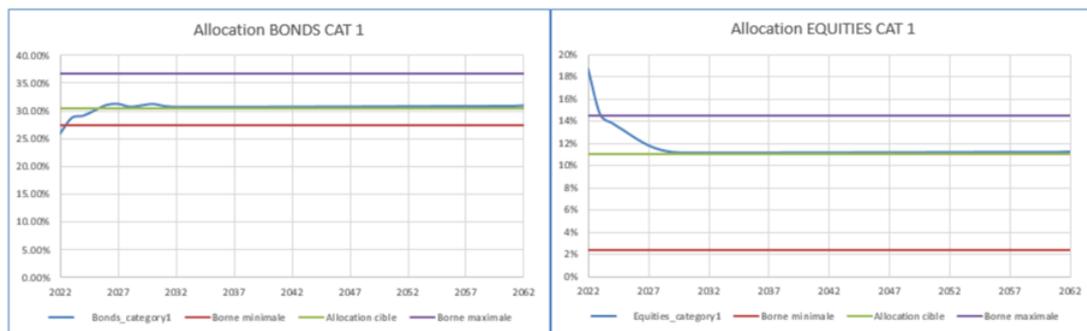


FIGURE 3.14 – Allocation d'obligations et d'actions de catégorie 1 dans une situation centrale

Une stratégie d'investissement est mise en œuvre pour parvenir à l'allocation cible dans les obligations de catégorie 1. En revanche, une démarche de désinvestissement est

entreprise pour les actions de catégorie 1, visant à les amener dans les limites spécifiées, avant de converger progressivement vers l'allocation cible.

Dans une situation de rachats massifs :

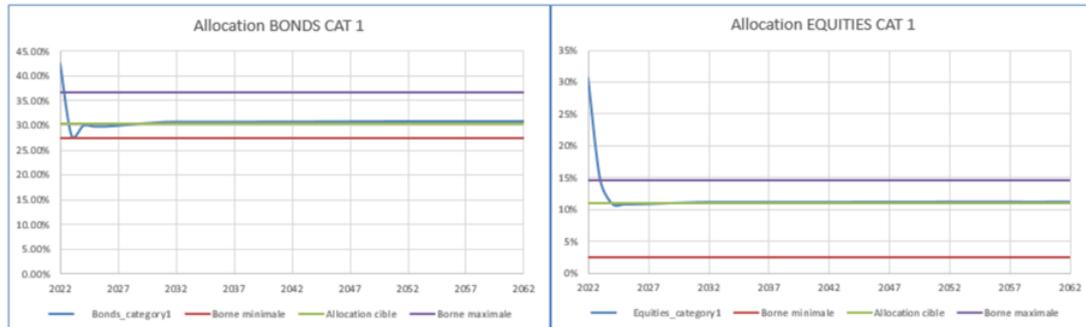


FIGURE 3.15 – Allocation d'obligations et d'actions de catégorie 1 dans une situation de rachats massifs

En cas de rachats massifs, comme détaillé dans la section de rachats massifs dans le modèle, une diminution des actifs se produit en réponse au choc, ce qui a pour effet d'augmenter les poids par rapport aux bornes ainsi qu'à l'allocation cible de chaque catégorie. Cette situation entraînera donc une démarche de désinvestissement dans les différentes catégories, visant à les ajuster conformément aux limites spécifiées.

Chapitre 4

Impact du Repo sur les indicateurs de Solvabilité 2

4.1 Les indicateurs d'analyse

Dans le cadre de l'étude et pour bien suivre la modélisation du Repo, il est indispensable de sélectionner les indicateurs à examiner attentivement. En général, l'activité d'un assureur est fondée sur le versement des prestations aux bénéficiaires, en contrepartie des primes ou cotisations qu'il reçoit. Ainsi, la capacité de l'assureur à honorer ses engagements envers les bénéficiaires est primordiale. C'est là que le BEL (Best Estimate Liabilities) entre en jeu, étant l'indicateur clé permettant de suivre cette valeur.

D'autre part, les investisseurs et les actionnaires jouent également un rôle crucial en présentant leurs propres risques pour l'assureur. Pour les rémunérer, l'activité de l'assureur doit être rentable et générer des bénéfices. C'est là que la PVFP (Present Value of Future Profits) intervient en tant qu'indicateur permettant de suivre les résultats financiers futurs de l'assureur.

Le BEL et la PVFP sont donc des indicateurs essentiels, car ils résument l'activité de l'assureur et éclairent sa situation vis-à-vis de ses engagements envers les bénéficiaires et les actionnaires. C'est pourquoi ces deux indicateurs ont été choisis pour l'étude, afin de les examiner en détail et de comprendre leur signification technique et actuarielle.

Pour valider ces choix d'indicateurs, l'évolution de leurs composantes sera examinée de près. Dans cette optique, nous définirons en premier lieu les indicateurs clés de l'étude, à savoir le BEL et la PVFP. En outre, nous présenterons tous les éléments pertinents pour analyser ces indicateurs, tels que le taux de rendement de l'actif et les réserves d'actif.

4.2 Relation entre la MV initiale, le BEL et la PVFP

L'écart de convergence, également connu sous le nom de fuite du modèle, correspond à la différence entre la valeur de marché initiale et l'espérance des flux futurs actualisés.

$$EC = MV_0 - \mathbb{E}^{\mathcal{Q}_f} \left[\sum_i \frac{F_i}{(1+r_i)^i} \right]$$

$$EC = MV_0 - \mathbb{E}^{\mathcal{Q}_f} \left[\sum_i \frac{F_i^{BEL}}{(1+r_i)^i} \right] - \mathbb{E}^{\mathcal{Q}_f} \left[\sum_i \frac{F_i^{PVFP}}{(1+r_i)^i} \right]$$

$$EC = MV_0 - BEL - PVFP$$

Avec :

- F_i^{BEL} : les flux constitutifs du BEL de l'année i
- F_i^{PVFP} : les flux constitutifs de la PVFP de l'année i
- MV_0 : la valeur de marché initiale des actifs

4.3 BEL : Best Estimat of Liabilities

Selon la Directive Solvabilité 2, le Best Estimate of Liabilities (BEL) est défini comme étant la moyenne pondérée des flux de trésorerie futurs en fonction de leur probabilité, en prenant en compte la valeur temporelle de l'argent, et en étant estimé à partir de la courbe des taux sans risque appropriée.

Le BEL représente donc la valeur actuelle des flux de trésorerie futurs liés au passif, en utilisant la courbe des taux sans risque appropriée.

Les flux futurs de l'assureur englobent les éléments suivants :

- Les engagements futurs de l'assureur
- Les coûts futurs et autres flux de trésorerie
- Les primes futures brutes

Ainsi, les engagements futurs de l'assureur constituent plus de 95% du Best Estimate Liabilities (BEL), représentant ainsi la charge la plus importante que l'assureur doit être en mesure d'honorer.

4.3.1 Les composantes du BEL :

1. Les engagements futurs de l'assureur :

Les engagements futurs de l'assureur correspondent aux prestations que celui-ci doit fournir à ses assurés en réponse à des événements aléatoires. Dans le contexte

de l'activité d'épargne, ces événements aléatoires peuvent inclure le décès de l'assuré, le rachat partiel ou total du contrat par l'assuré, ainsi que la maturité des contrats et les transferts de contrats épargne vers d'autres assureurs.

Dans notre étude, nous ne considérons pas le cas des arbitrages entre le fonds en euros et les fonds en unités de compte (UC). Par conséquent, le montant des arbitrages est négligé dans notre analyse.

Au cours de cette étude, nous avons observé que les flux liés aux rachats structurels et aux décès constituent la part prépondérante des engagements futurs de l'assureur. Il est impératif que l'assureur soit en mesure de financer à tout moment les prestations dues à ces événements aléatoires. Nous pouvons définir les différentes composantes des engagements futurs de l'assureur comme suit :

— **Rachat structurel**

Le rachat structurel désigne la possibilité pour les assurés d'obtenir de la liquidité de leur épargne. Il se divise en trois catégories distinctes :

- Le rachat structurel partiel permet aux assurés de retirer une partie spécifique de leur épargne tout en maintenant le reste investi.
- Le rachat structurel régulier repose sur un accord contractuel qui prévoit un taux de rachat périodique, offrant ainsi la possibilité aux assurés de récupérer régulièrement une partie déterminée de leur épargne.
- Le rachat structurel total offre aux assurés la faculté de retirer la totalité de la valeur de leur épargne en une seule fois.

Ces diverses options de rachat structurel procurent aux assurés une souplesse dans la gestion de leur épargne en fonction de leurs besoins de liquidités.

— **Rachat dynamique**

Le rachat structurel est un phénomène courant dans des conditions économiques "normales". Cependant, des changements dans la conjoncture économique, tels qu'une augmentation des taux d'intérêt, peuvent avoir un impact sur le taux de rendement proposé par l'assureur à ses assurés et entraîner des rachats dynamiques. La modélisation des rachats dynamiques implique d'analyser la différence entre les taux du marché et le taux offert par l'assureur

— **Décès**

Le décès entraîne pour l'assureur l'engagement de verser aux bénéficiaires du contrat la somme prévue en cas de décès de l'assuré.

— **Transfert**

Le montant des transferts représente la valeur des contrats que les assurés souhaitent transférer vers une autre compagnie d'assurance.

— **Engagement de fin de projection :**

Les engagements de fin de projection se réfèrent à la répartition de la richesse restante après 40 ans de projections. Cette richesse résiduelle est principalement constituée de la provision mathématique restante à la fin de la projection,

du montant de la provision pour participation aux excédents, et les plus-values latentes à partager.

2. Coûts futurs et autres cashflows :

Outre le financement des engagements futurs envers les assurés, l'assureur est également chargé de couvrir tous les coûts associés à son activité. Cela inclut les frais généraux, les dépenses liées à la gestion des contrats, les commissions, ainsi que les taxes et impôts qu'il doit régler.

3. Primes futures :

La projection en Solvabilité 2 est effectuée en utilisant la méthode du Run-off. Cela signifie qu'elle ne prend pas en compte les nouveaux contrats souscrits après la projection initiale, ni les versements de primes libres effectués après la souscription. Seules les primes régulières définies au moment de la souscription des contrats sont prises en considération dans la projection.

4.3.2 Calcul du BEL par le modèle interaction actif passif : notion du flexing

Le modèle interaction actif-passif suit un processus en quatre étapes pour calculer les flux composant le Best Estimate Liabilities (BEL) :

Étape 1 : Les flux du passif projetés par le modèle Passif sont utilisés comme entrées pour le modèle interaction actif-passif. Ces flux correspondent aux valeurs des contrats modélisées dans le modèle Passif, actualisées au taux minimum garanti tout au long de la projection. Certains de ces flux, tels que la provision mathématique, les prestations liées aux décès, aux rachats et les frais de gestion de l'assureur, sont essentiels pour le calcul du BEL.

Étape 2 : Afin de tenir compte de l'évolution de l'actif et des produits financiers dans la revalorisation des contrats d'épargne via le mécanisme de participation aux bénéfices, les flux nécessaires pour le calcul du BEL sont sélectionnés. Un "ratio de flexing" est ensuite appliqué à ces flux, représentant le taux de revalorisation de la provision mathématique chaque année.

$$Ratio_Flexing_N = \frac{PM_Totale_Reval_N}{PM_Totale_Init_N}$$

Étape 3 : Les flux du passif sont recalculés en utilisant le mécanisme de flexing dans le modèle interaction actif-passif, permettant ainsi d'intégrer l'impact de l'évolution de l'actif sur les contrats d'épargne.

Étape 4 : Enfin, les flux constituant le BEL sont actualisés en utilisant différents scénarios économiques pour obtenir la valeur finale du Best Estimate Liabilities. Dans

cette partie, nous examinerons de manière détaillée chaque étape et son rôle dans le calcul du BEL.

Lors de l'étape 1, le modèle interaction actif-passif reçoit en entrée les flux du passif provenant du modèle Passif. Ces flux correspondent aux valeurs modélisées dans le modèle Passif, qui sont actualisées au taux minimum garanti tout au long de la projection. Voici quelques exemples de flux projetés par le modèle Passif :

- La provision mathématique
- Les flux liés aux décès
- les flux liés aux rachats
- Les frais de gestion l'assureur

À l'étape 2, afin de tenir compte de l'évolution de l'actif et des produits financiers dans la revalorisation des contrats d'épargne via le mécanisme de participation aux bénéfiques, nous utilisons les flux nécessaires pour le calcul du Best Estimate Liabilities (BEL). Pour ces flux, nous appliquons un "ratio de flexing" qui correspond au taux de revalorisation de la provision mathématique chaque année.

La provision mathématique totale initiale représente le montant des provisions mathématiques fourni par le modèle passif, correspondant aux provisions mathématiques revalorisées uniquement au taux minimum garanti (TMG).

Etape 3 : Au fil des années, nous ajustons les flux du passif provenant du modèle initial en utilisant ces ratios après avoir calculé le ratio de flexibilité. Ainsi, nous obtenons les nouveaux flux du passif, tenant compte de manière précise des interactions entre l'actif et le passif.

Etape 4 : Le modèle d'interaction actif-passif met à jour les flux du passif en utilisant des ensembles de scénarios économiques afin de déterminer la valeur du BEL (Besoin en Capital d'Exigence de Solvabilité) une fois que ces flux du passif sont établis en fonction des taux servis par l'assureur.

4.4 la PVFP : Present value of futurs profits

La PVFP revêt une importance capitale pour un assureur vie, car elle lui permet d'évaluer la rentabilité de son activité et le rendement qu'elle génère. En effet, la PVFP représente la valeur actuelle des projections du compte de résultat en utilisant la courbe des taux sans risque. Cet indicateur offre ainsi une vision précise des performances financières de l'assureur vie. Le compte de résultat de l'assureur se décompose en trois marges distinctes :

1. Une marge sur les primes : Cette marge est basée sur les primes perçues chaque année, mais nos projections sont effectuées en RUN_OFF. Cela signifie que nous partons d'un stock de contrats existants sans prendre en compte les nouveaux contrats et les versements libres.

2. Une marge sur les arbitrages : Nous ne tenons pas compte de l'arbitrage entre les fonds euros et les fonds en unités de compte dans notre étude.
3. Une marge sur les réserves : Dans notre étude, la marge sur les réserves représente principalement le résultat de l'assureur. Cela englobe les gains et les pertes réalisés sur les réserves accumulées au fil du temps.

La figure ci-dessous présente le calcul du résultat de l'assureur.

+	Marge sur prime
+	Marge sur arbitrage
+	Marge sur réserve
	+ Marge financière sur réserve
	+ Produits financiers
	- Charges financières (-)
	- Intérêts crédités(-)
	- PB - nette de frais de gestion (-)
	- Commissions sur réserves (-)
	+ Rebatement des gerant d'actif - net de commissions
	+ Résultat technique sur sorties (-)
	- Intérêts crédités sur sorties
	- Participation aux bénéfices sur sorties
	- Variation PPE (-)
	- Distribution PPE (fin de projection) (-)
	- Distribution PRE (fin de projection) (-)
	- Distribution PDD (fin de projection) (-)
	- Distribution PGG (fin de projection) (-)
	- Distribution RC (fin de projection) (-)
	- Variation PRE (-)
	- Variation PDD (-)
	- Variation PGG (-)
	- Variation RC (-)
=	Résultat de l'assureur

FIGURE 4.1 – Compte de résultat de l'assureur

4.5 Les indicateurs secondaires

TRA : taux de rendement de l'actif

Le Taux de Rendement des Actifs (TRA) correspond à la moyenne du rendement des actifs détenus. Il est calculé à chaque étape de projection afin d'évaluer la performance des investissements de l'assureur. Il est calculé de la manière suivante :

$$\begin{aligned}
 TRA &= \frac{\textit{Produits_financiers_disponibles}}{\textit{Total_Passif}} \\
 &= \frac{\textit{Cash_Inc} + \textit{Bonds_Inc} + \textit{Equities_Inc} - \textit{Frais} - \Delta RC - \Delta PDD}{\textit{Total_Passif}}
 \end{aligned}$$

Avec :

— *Cash_Inc* : les revenus financiers issus du cash.

- *Bonds_Inc* : les revenus financiers de la classe BONDS (Coupon, remboursement, amortissement , gains et pertes réalisés).
- *Equities_Inc* : les revenus financiers de la classe EQUITIES (Dividende, loyer, gains et pertes réalisés).
- *Frais* : les frais pour la gestion des actifs.
- $\Delta RC = RC_{N-1} - RC_N$: la variation de la réserve de capitalisation
- $\Delta PDD = PDD_{N-1} - PDD_N$: la variation de la provision pour dépréciation durable
- *Total_Passif* : le total du passif

Le TRA peut s'écrire aussi sous cette forme :

$$TRA = \frac{\textit{Produits_financiers_disponibles}}{\textit{VNC_Actif}}$$

Avec :

- *VNC_Actif* : la valeur nette comptable totale des actifs

Participation minimale réglementaire

Si solde technique < 0 :

$$PBmin = 85\% \times \textit{Produits_Financiers} + 100\% \times \textit{Solde_technique} - \textit{Interets_techniques}$$

Si solde technique > 0 :

$$PBmin = 85\% \times \textit{Produits_Financiers} + 90\% \times \textit{Solde_technique} - \textit{Interets_techniques}$$

4.6 L'impact du Repo

Avant d'entamer l'analyse de la PVFP et du BEL, il est essentiel de comprendre l'influence de l'intégration du montant de Repo dans des scénarios déterministes. Pour cela, nous allons procéder en deux étapes. Tout d'abord, nous comparerons une situation centrale sans Repo à une situation centrale avec Repo. Ensuite, nous examinerons la différence entre une situation où des rachats massifs se produisent sans Repo et une situation où ces rachats massifs sont accompagnés de Repo.

Afin de mieux appréhender l'effet du Repo dans les scénarios déterministes, le calcul du montant de Repo est réalisé sans considérer le seuil qui conditionne l'activation du Repo uniquement après un niveau spécifique de nécessité de liquidités. Dans cette configuration, le seuil de Repo est fixé à 0%.

4.6.1 Situation centrale

En appliquant la modélisation du Repo pour chaque pas du temps pendant toute la période de projection. Dans un premier temps on va calculer le montant de Repo défini pour chaque année.

Le montant de Repo $R(t)$ est calculé par la formule définie précédemment :

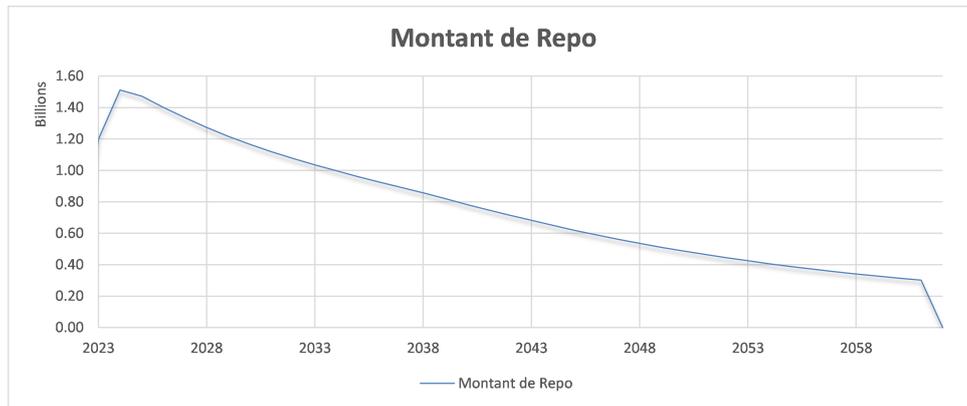


FIGURE 4.2 – Le montant de Repo pour chaque pas de projection

Pour voir l'impact du montant du Repo sur les valeurs de marché de différentes classes d'actifs, nous allons comparer une situation centrale sans Repo avec une situation centrale avec Repo.

L'impact du Repo sur la valeur de marché des obligations

L'intégration du montant de Repo dans le cash va directement impacter l'allocation des autres catégories et on aura un investissement sur les différentes classe d'actif selon l'ordre et la stratégie définie précédemment :

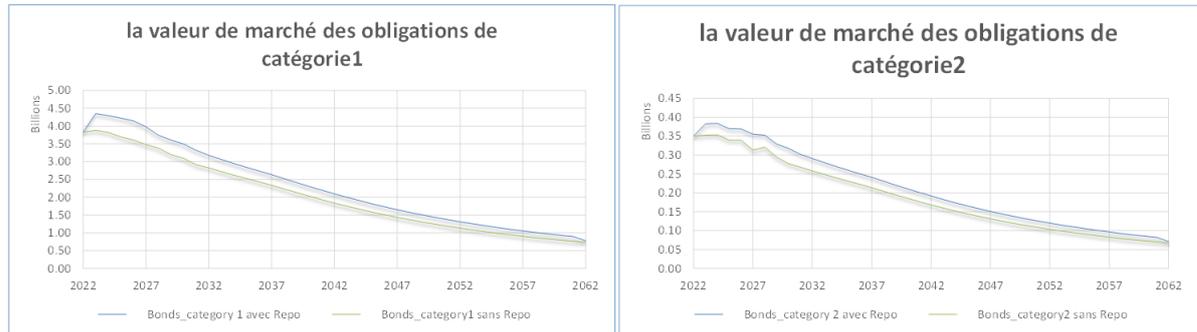


FIGURE 4.3 – La variation de la valeur de marché des Bonds de catégorie 1 et 2 entre une situation centrale sans et avec Repo

Ainsi pour les obligations de catégorie 3 et 4

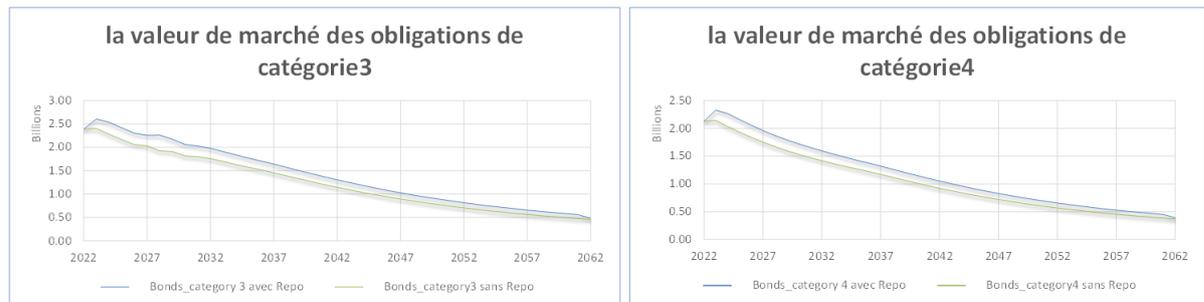


FIGURE 4.4 – La variation de la valeur de marché des Bonds de catégorie 3 et 4 entre une situation centrale sans et avec Repo

En introduisant le montant de Repo dans le Cash en début de période d'investissement, cela engendrera une réduction de l'allocation dans la catégorie des obligations. En conséquence, une tendance à accroître les investissements dans les différentes catégories des obligations se manifeste, comme illustré dans les figures ci-dessus, dans le but d'ajuster les allocations aux bornes autorisées.

L'impact du Repo sur la valeur de marché des Equities

On va prendre des exemples de catégories pour illustrer l'impact du Repo sur la valeur de marché des Equities

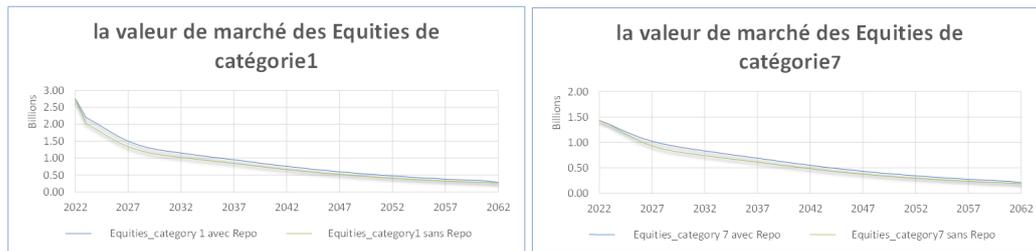


FIGURE 4.5 – La variation de la valeur de marché des Equities de catégorie 1 et 7 entre une situation centrale sans et avec Repo

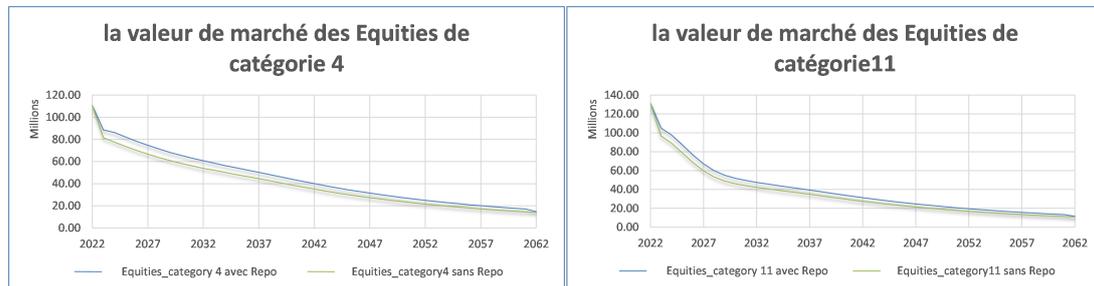


FIGURE 4.6 – La variation de la valeur de marché des Equities de catégorie 4 et 11 entre une situation centrale sans et avec Repo

En analysant des exemples de catégories d'actions, on peut observer que l'influence du Repo sur la valeur de marché se manifeste de manière similaire à celle observée pour les obligations, comme le montrent les figures ci-dessus.

Dans le cadre de la modélisation du Repo dans la section Passif, nous avons choisi de le traiter comme un actif avec des valeurs négatives, afin de maintenir un bilan équilibré en permanence.

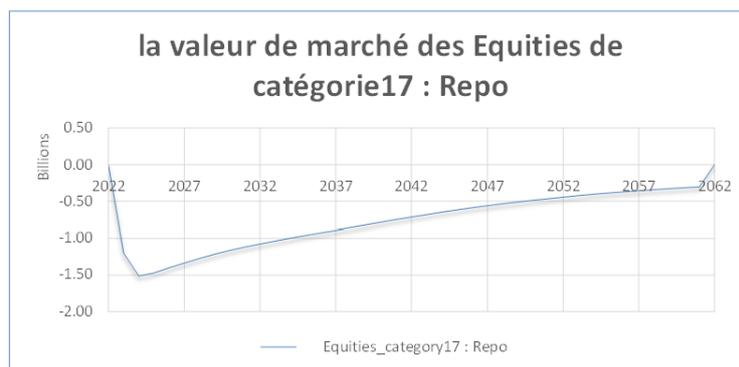


FIGURE 4.7 – La valeur de marché des Equities de catégorie 17 : Repo

La valeur de marché de cette catégorie représente l'opposé du montant de Repo.

L'impact du Repo sur le Cash



FIGURE 4.8 – La variation de la catégorie Cash entre une situation sans et avec Repo

Concernant les différentes catégories d'actifs, l'intégration du montant de Repo entraînera une augmentation de la valeur de marché tout au long de la projection. Cette hausse découle de l'effet du Repo sur l'allocation des différentes catégories, induisant une diminution dans chacune d'elles. Cette réduction a pour conséquence d'entraîner des investissements si les allocations sont inférieures aux bornes permises, ou une moindre vente si les allocations sont supérieures aux bornes.

À la fin de la projection, le montant de Repo atteindra zéro, ce qui mettra fin aux opérations de pension. En conséquence, nous serons contraints de rembourser le Repo en vendant les actifs.

L'impact du Repo sur le passif

La variation du passif, joue un rôle crucial dans notre modélisation en raison du calcul du TRA. Au début de la projection, nous observons une augmentation du passif après l'intégration du montant de Repo à la valeur nette comptable du passif. Par la suite, grâce à la succession d'opérations de Repo, nous nous rapprochons progressivement de la situation centrale, ce qui limite les écarts constatés. Cependant, à la fin de la projection, nous remboursons intégralement nos engagements, ce qui achève le processus.



FIGURE 4.9 – La variation du passif entre une situation sans et avec Repo

L'impact du Repo sur les produits financiers

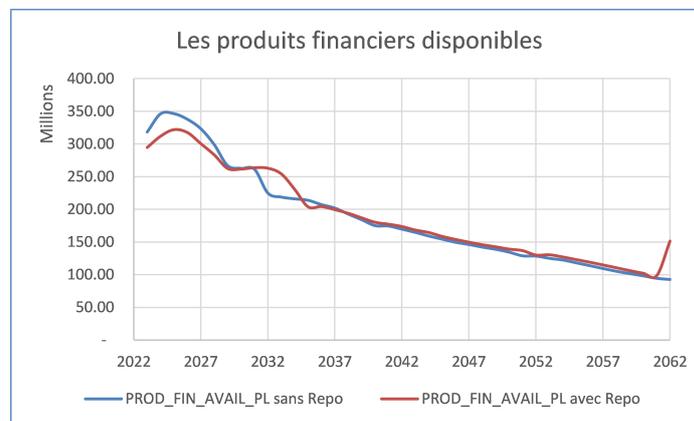


FIGURE 4.10 – Les produits financiers disponibles entre une situation centrale sans et avec Repo

Dans une situation centrale sans Repo, on observe une légère augmentation des produits financiers, principalement attribuée à la vente des Equities en début de la projection. Cette vente est effectuée car l'allocation théorique initiale des différentes catégories de cette classe dépasse la limite maximale de l'allocation prédéfinie. Cependant, lorsque nous introduisons le Repo, la vente diminue car l'intégration d'un montant au Cash réduit l'allocation de cette classe. Ainsi, nous avons moins de ventes à réaliser pour respecter les bornes prédéfinies. Au cours de la projection, une croissance des produits financiers et des gains est observée dans le scénario avec Repo, résultant de la vente d'actifs, en particulier les Equities, pour rembourser le montant de Repo.

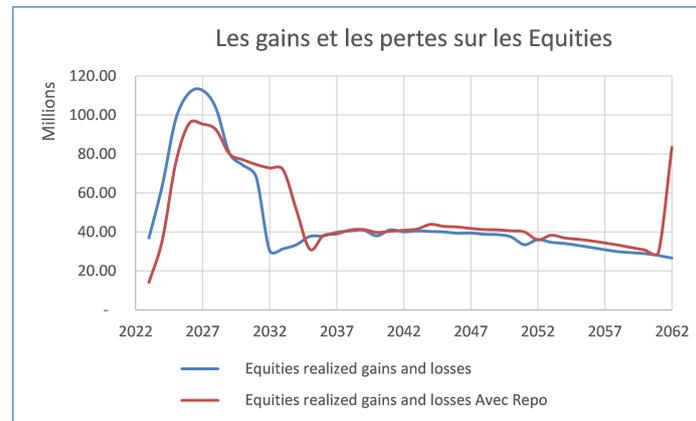


FIGURE 4.11 – Les gains et les pertes sur les Equities entre une situation centrale sans et avec Repo

A la fin de la projection, on observe une augmentation des gains sur les Equities, ce qui se traduit également par une hausse des produits financiers. Cette situation survient car l'assureur est contraint de rembourser le montant de Repo et de mettre un terme aux opérations successives de Repo. Pour honorer cet engagement, l'assureur est donc obligé de vendre ses actifs.

L'impact du Repo sur le TRA

la nouvelle formule du TRA devient :

Si $t \geq 1$:

$$\begin{aligned}
 TRA(t) &= \frac{Produits_financiers_disponibles(t)}{Total_Passif(t)} \\
 &= \frac{Produits_financiers_disponibles(t)}{Passif_{sans_Repo}(t) + R(t) - R(t-1)}
 \end{aligned}$$

Avec $R(t)$: le montant de Repo à l'instant t

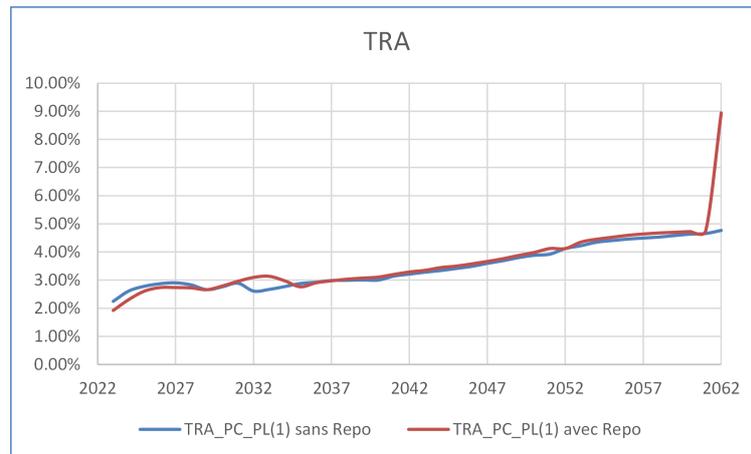


FIGURE 4.12 – Le TRA entre une situation centrale sans et avec Repo

L'évolution du TRA est expliquée par deux facteurs principaux : les produits financiers d'une part, et le passif d'autre part. Au début de la projection, dans la situation centrale avec Repo, la diminution du TRA s'explique d'abord par une augmentation du passif et ensuite par une réduction des gains réalisés sur les Equities.

Cependant, vers la fin de la projection, nous observons une augmentation abrupte du TRA, résultant d'une hausse des produits financiers et d'une diminution du passif.

L'impact du Repo sur la réserve de capitalisation RC

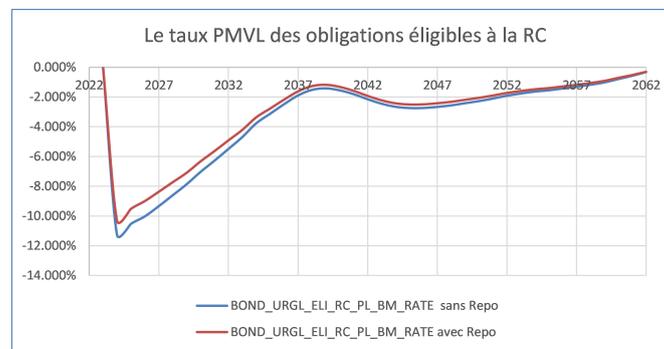


FIGURE 4.13 – Le taux de PMVL des obligations éligibles à la RC entre une situation centrale sans et avec Repo

Dans une situation centrale avec Repo, nous constatons une augmentation des taux PMVL due aux nouveaux investissements effectués sur les obligations.

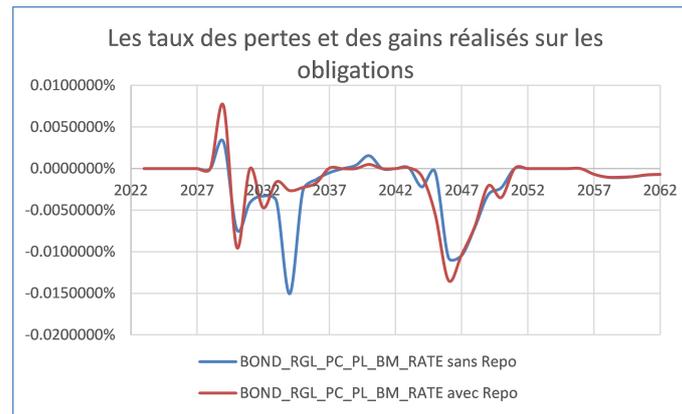


FIGURE 4.14 – Le taux des pertes et des gains réalisés sur les obligations entre une situation centrale sans et avec Repo

Un avantage notable de l'utilisation du Repo auprès d'un assureur réside dans sa capacité à éviter la vente d'obligations en moins-values ce qui a un impact positivement sur la réserve de capitalisation. Pour cette raison on procède par des enchaînements des opérations du Repo si les conditions de calcul de Repo à chaque pas de temps sont défavorables. Ceci donne la flexibilité à l'assureur de réaliser des gains importants et minimiser ses pertes ce qui aura un impact positif sur la réserve de capitalisation RC.

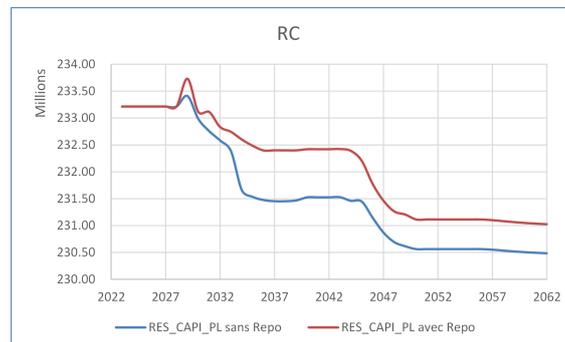


FIGURE 4.15 – La réserve de capitalisation entre une situation centrale sans et avec Repo

Comme les pertes latentes sur les obligations sont moindres, la reprise de la Réserve de Capitalisation (RC) est également moindre, ce qui entraîne une valeur plus élevée de la RC dans le cas du Repo.

4.6.2 Situation de stress : Rachats massifs

Lorsqu'un choc de rachat massif se produit, cela entraîne une situation où le passif subit une baisse soudaine et considérable, le ramenant à un niveau bien inférieur à sa

position initiale.

Cette réduction brutale du passif entraînera une vente massive des actifs pour que l'assureur puisse respecter ses engagements envers les assurés comme expliqué précédemment. Dans ce cas, nous examinerons une situation de crise et évaluerons la réaction de l'intégration du Repo dans ce scénario.

Le montant de Repo $R(t)$ est calculé par la formule définie précédemment :

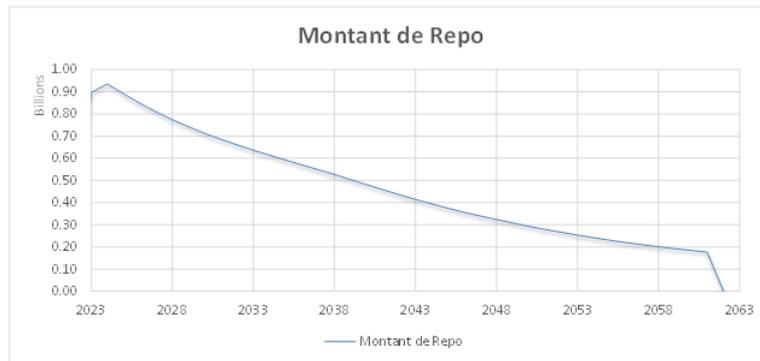


FIGURE 4.16 – Le montant de Repo pour chaque pas de projection

Dans la situation de crise par rapport à la situation centrale, on observe une diminution du montant du Repo. Cette baisse est liée à la réglementation du code des assurances, qui limite le montant du Repo à 10% du total des actifs. Après le choc de rachats massifs, les sorties sont compensées par le Cash au début de la projection, comme décrit dans la section sur les rachats massifs dans le modèle. Cela a pour effet de réduire le total des actifs, même si une augmentation du montant de Repo serait souhaitée. Toutefois, il est crucial de respecter les limites fixées par la réglementation.

Afin d'évaluer l'influence du montant du Repo sur les valeurs de marché des différentes classes d'actifs, nous débuterons notre analyse en examinant la catégorie du Cash. C'est dans cette catégorie que nous avons observé les rachats massifs, comme expliqué précédemment dans la partie sur les rachats massifs dans le modèle.

L'impact du Repo sur le Cash



FIGURE 4.17 – La variation de la catégorie Cash entre une situation sans et avec Repo

Une chute brutale du passif déséquilibre le bilan, afin de maintenir l'équilibre, la catégorie du cash compense les sorties massives, ce qui modifie les allocations de toutes les catégories d'actifs et entraîne par conséquent des ventes massives d'actifs afin de respecter les bornes autorisées pour les allocations.

En examinant le graphique, on peut remarquer que la courbe représentant le Cash avec Repo se superpose à celle sans Repo. Cela découle du fait que le montant de Repo est injecté au début de la période de la stratégie d'investissement, et la valeur du Cash illustrée dans la figure est observée à la fin de la période, comme expliqué dans la section traitant de l'étape de la stratégie d'investissement. Le Cash est placé en dernière position, ce qui permet au modèle de l'utiliser comme un tampon par rapport aux autres actifs. L'objectif est d'ajuster tous les actifs en laissant l'ajustement du cash à la fin.

L'impact du Repo sur la valeur de marché des Bonds

L'intégration du montant de Repo dans le cash va directement impacter l'allocation des autres catégories et on aura moins de désinvestissement sur les différentes classes d'actif par rapport à une situation de rachats massifs sans Repo :

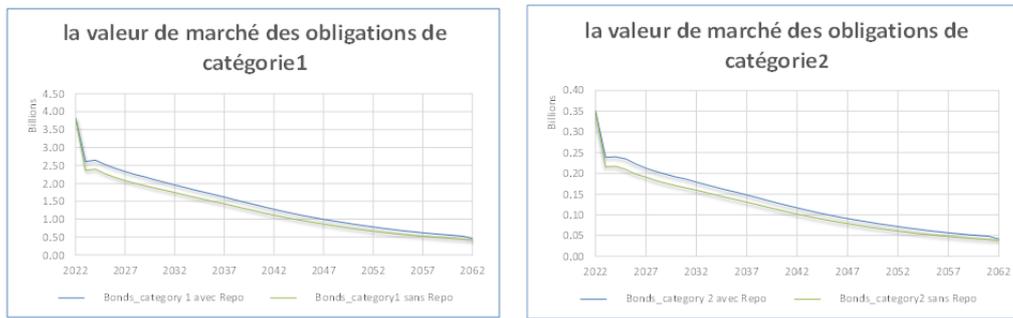


FIGURE 4.18 – La variation de la valeur de marché des Bonds de catégorie 1 et 2 entre une situation sans et avec Repo

Ainsi pour les obligations de catégorie 3 et 4

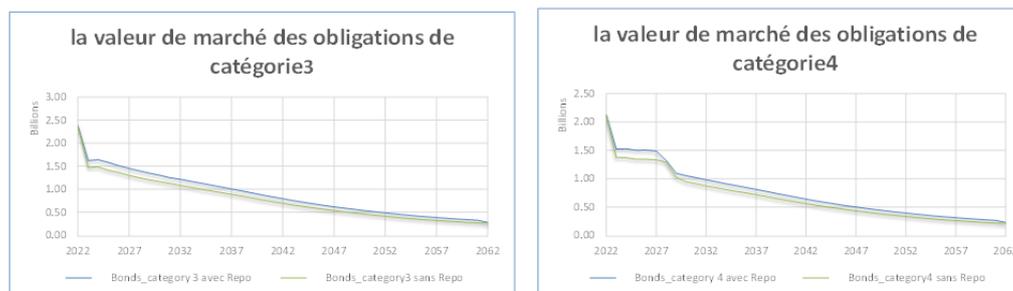


FIGURE 4.19 – La variation de la valeur de marché des Bonds de catégorie 3 et 4 entre une situation sans et avec Repo

Lorsqu'une situation de rachats massifs survient, comme détaillé dans la section de rachats massifs dans le modèle, cela entraîne immédiatement une augmentation des allocations pour toutes les catégories d'actifs. Cette circonstance engendre en conséquence une vente massive des actifs.

En introduisant le montant de Repo dans le Cash en début de période d'investissement, cela aura pour effet de réduire l'allocation allouée aux catégories d'obligations. Par conséquent, cela donnera lieu à une tendance vers une réduction des désinvestissements dans les diverses catégories d'obligations, comme illustré dans les figures ci-dessus, dans le but d'ajuster les allocations aux bornes autorisées

L'impact du Repo sur la valeur de marché des Equities

On va prendre des exemples de catégories pour illustrer l'impact du Repo sur la valeur de marché des Equities

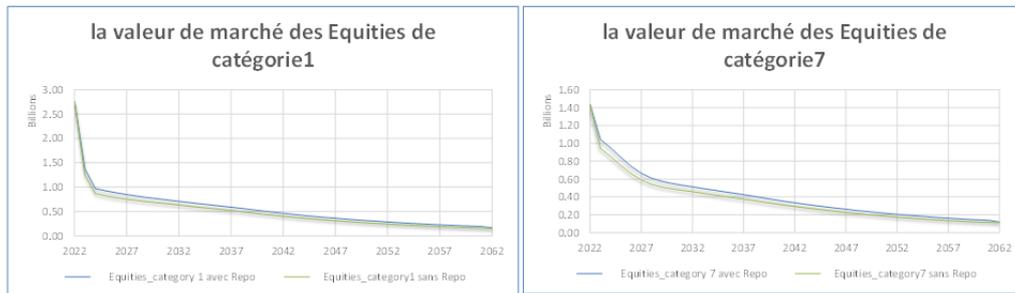


FIGURE 4.20 – La variation de la valeur de marché des Equities de catégorie 1 et 7 entre une situation sans et avec Repo

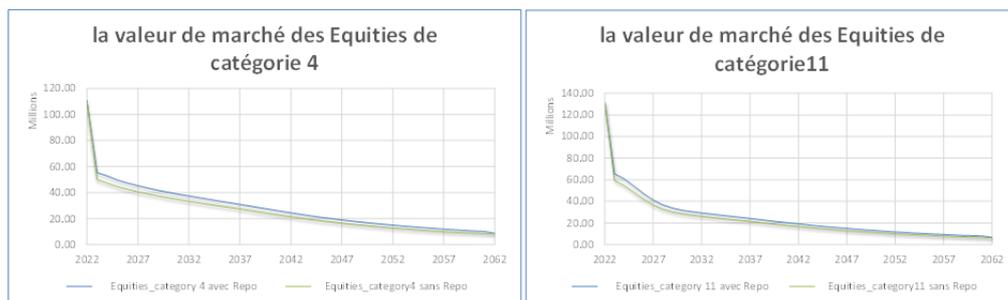


FIGURE 4.21 – La variation de la valeur de marché des Equities de catégorie 4 et 11 entre une situation centrale sans et avec Repo

En examinant des exemples de catégories d'actions, on peut observer que l'influence du Repo sur la valeur de marché se manifeste de manière similaire à celle observée pour les obligations, comme le montrent les figures ci-dessus.

L'usage du Repo, semblable à une situation centrale, favorise le maintien de valeurs de marché importantes par rapport à une situation sans Repo.

Pour la catégorie du Repo :

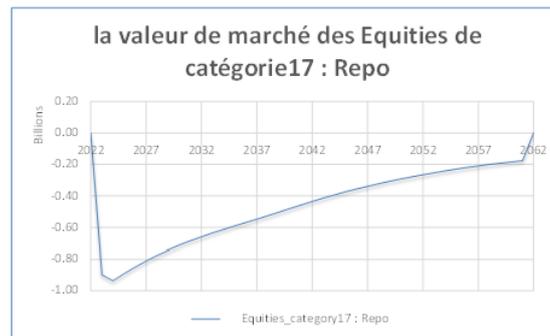


FIGURE 4.22 – La valeur de marché des Equities de catégorie 17 : Repo

La valeur de marché suit toujours le montant de Repo avec un signe opposé.

L'impact du Repo sur le passif

Dans cette situation, nous observons une chute brutale du passif par rapport à la situation centrale, tandis que le processus du Repo et son impact sur le passif restent inchangés. Au début de la projection, nous observons une augmentation du passif après l'intégration de montant de Repo. Ensuite, grâce à une série d'opérations de Repo, nous progressons graduellement vers la situation sans Repo, réduisant ainsi les écarts observés. Néanmoins, à la fin de la projection, nous remboursons complètement nos engagements ce qui diminue le passif, marquant ainsi l'achèvement du processus.

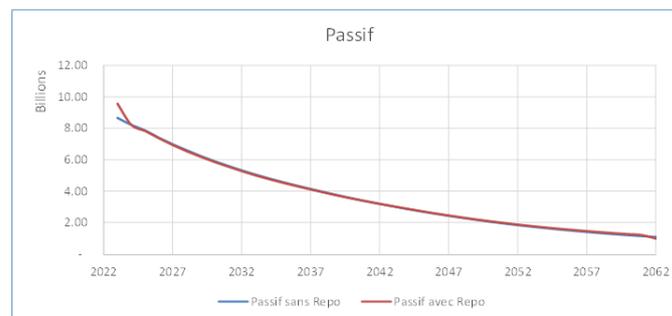


FIGURE 4.23 – La variation du passif entre une situation sans et avec Repo

L'impact du Repo sur les produits financiers

Au début de la projection, l'augmentation des produits financiers s'explique par la vente massive d'actifs, qui est cependant moins importante que dans la situation avec Repo.

Au cours des premières années, une diminution des rendements financiers dans un contexte impliquant le Repo est constatée, comme illustré la figure ci-dessous, attribuée aux pertes occasionnées par le paiement des intérêts sur les opérations de Repo.

Tout au long de la période d'analyse, les courbes tendent à se rapprocher progressivement les unes des autres en raison des investissements progressifs réalisés dans les autres actifs.

A la fin de la projection, l'intégralité du montant du Repo est restituée, ce qui contraint l'assureur à céder ses actifs pour respecter son engagement envers le prêteur.

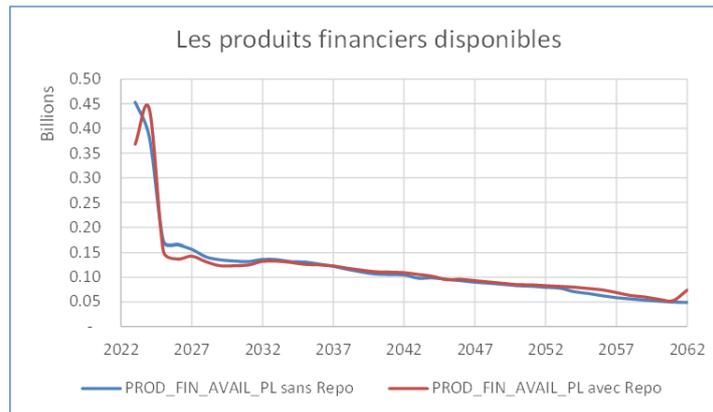


FIGURE 4.24 – Les produits financiers disponibles entre une situation sans et avec Repo

L'impact du Repo sur le TRA

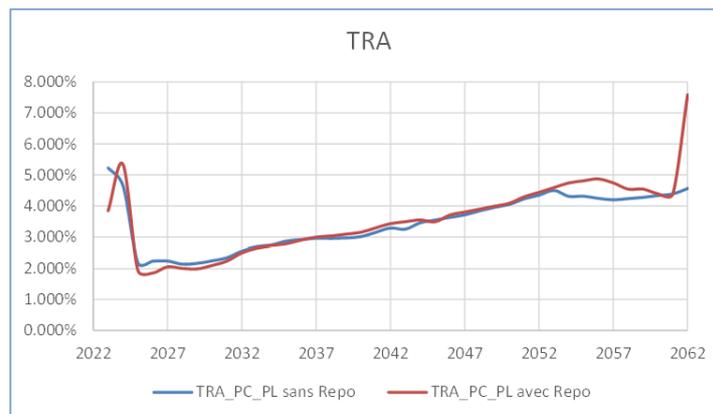


FIGURE 4.25 – Le TRA entre une situation de rachats massifs sans et avec Repo

L'évolution du TRA suit le même schéma que celle des produits financiers, en prenant en compte le poids du passif, lequel est particulièrement influencé par le Repo, notamment au début et à la fin de la projection.

L'impact du Repo sur la réserve de capitalisation RC

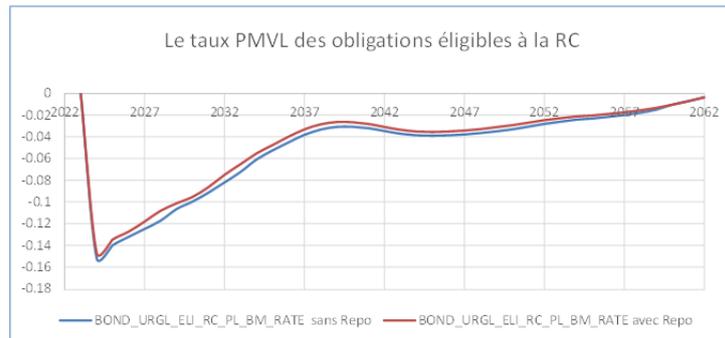


FIGURE 4.26 – Le taux PMVL des obligations éligibles à la RC entre une situation sans et avec Repo

Nous constatons une augmentation des taux PMVL due aux nouveaux investissements effectués sur les obligations.

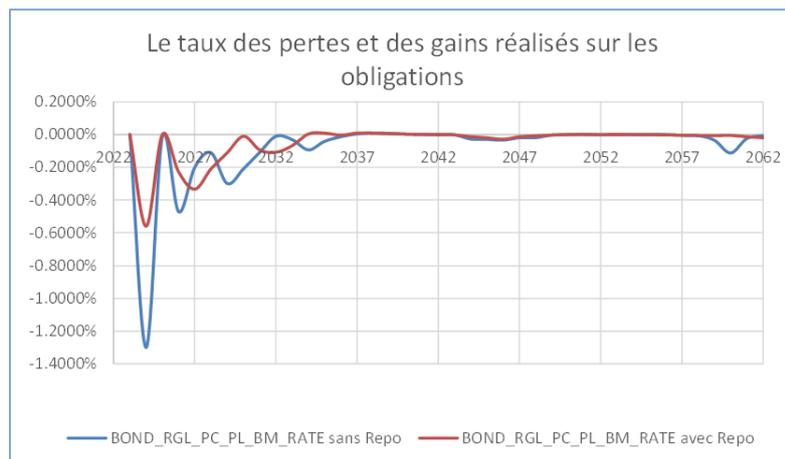


FIGURE 4.27 – Le taux des pertes et des gains réalisés sur les obligations entre une situation centrale sans et avec Repo

Dans la situation initiale de la projection, les obligations affichent des moins-values latentes. Cependant, étant donné que l'assureur doit faire face à des rachats massifs et honorer ses engagements, il se voit contraint de vendre ses actifs avec des moins-values, ce qui a un impact sur sa réserve de capitalisation.

En revanche, dans une situation avec Repo, bien que l'assureur doive toujours vendre ses actifs car le montant du Repo ne couvre pas la totalité des rachats, le Repo permet de décaler la vente des actifs jusqu'à un moment que l'assureur espérera plus favorable.

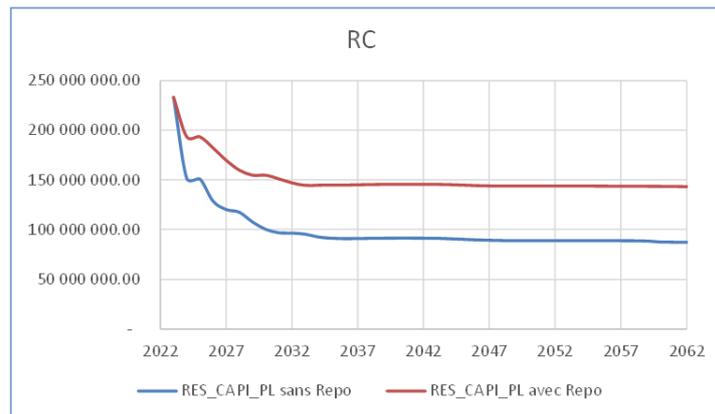


FIGURE 4.28 – La réserve de capitalisation entre une situation centrale sans et avec Repo

4.6.3 L'analyse de la PVFP dans une situation de stress : Rachats massifs

Dans cette section, nous allons procéder à l'analyse de la PVFP en étudiant l'impact de l'intégration du montant du Repo dans des scénarios stochastiques. Nous allons comparer les situations où des rachats massifs se produisent sans Repo avec celles où le Repo est pris en compte.

Le montant de Repo est établi en utilisant la formule mentionnée précédemment, avec un *Seuil_Repo* choisi à 20% et un *Seuil_PMVL* choisi à 0% après avoir effectué différentes analyses de sensibilité. Ce seuil est déterminé de manière à rendre le Repo plus avantageux pour faire face à des périodes de stress de liquidité. Ainsi, il permet de recourir davantage au Repo plutôt que de vendre des actifs dans des conditions défavorables sur le marché.

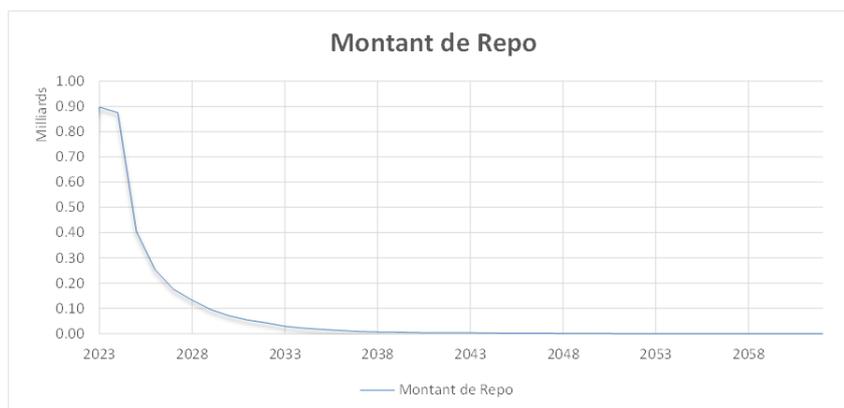


FIGURE 4.29 – Le montant de Repo pour chaque pas de projection

Dans cette situation, on observe un montant considérable de Repo au cours des premières années de la projection, suivi d'une baisse significative qui se stabilise à des valeurs plus basses pour les années suivantes de la projection.

Dans la section précédente, nous avons examiné l'effet de l'intégration du Repo sur la valeur de marché pour les différentes catégories d'actifs en utilisant une approche déterministe. Dans le contexte stochastique, l'impact de l'intégration du Repo demeure similaire à celui de l'approche déterministe.

L'impact du Repo sur le passif

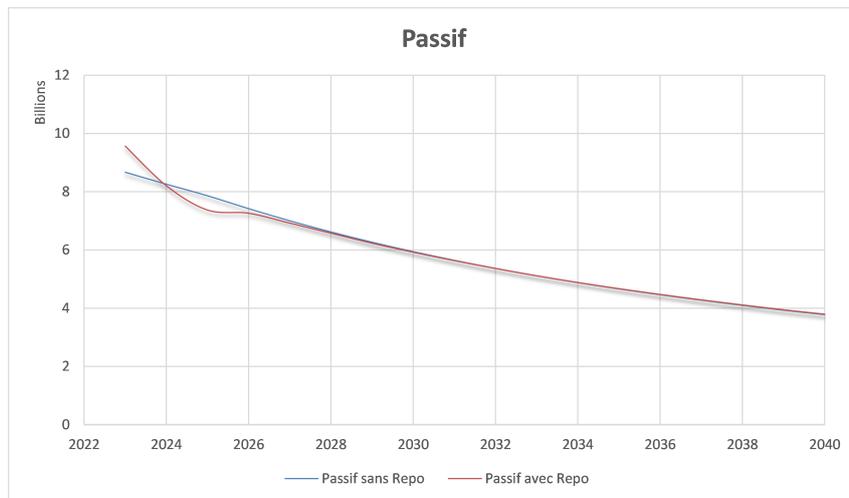


FIGURE 4.30 – Passif

Au début de la projection, une augmentation du passif est observée. Ensuite, grâce aux opérations de Repo successives, nous constatons une réduction du passif par rapport à la situation sans Repo, en raison de la variation significative à la baisse du montant de Repo aux premières années de la projection.

L'impact du Repo sur le TRA

Afin d'analyser la PVFP, on procède dans un premier lieu à l'analyse du TRA en discrétisant ses principales composantes.

Dans cette partie on s'intéressera principalement aux taux des revenus financiers issus des equities, des bonds et le cash.

— Les revenus financiers de la classe Equities :

Les revenus financiers de la classe d'actifs Equities comprennent les rendements annuels, ainsi que les pertes et les gains résultant de la réallocation.

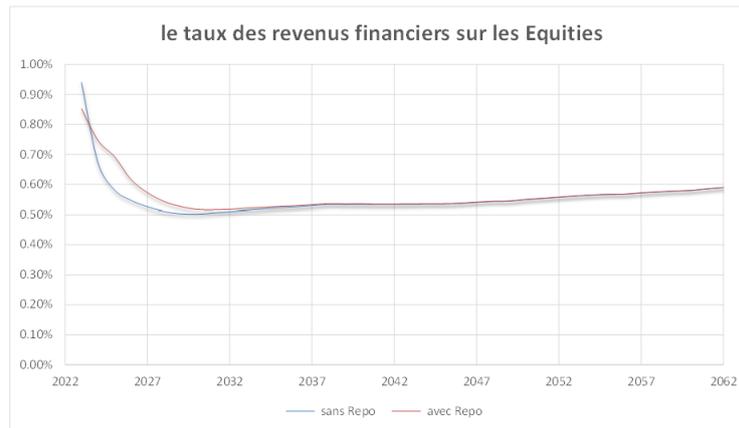


FIGURE 4.31 – Le taux des revenus financiers sur les Equities

Au cours de la première année de la projection, on observe une diminution des taux revenus financiers sur les Equities dans le scénario avec Repo, principalement en raison de l'augmentation du passif au début de la première année.

Par la suite, les taux connaissent une légère augmentation, comme illustré dans la figure ci-dessus par rapport à une situation sans Repo, ce qui s'explique, d'une part, à la diminution du passif résultant d'une variation notable à la baisse du montant de Repo durant les premières périodes de la projection, et d'autre part, à l'accroissement des revenus financiers générés par la catégorie des Equities, étant donné que la valeur de marché dans un scénario avec Repo dépasse celle sans Repo. Finalement, on observe que le scénario avec Repo se rapproche du scénario sans Repo en raison de la variation pratiquement négligeable du montant de Repo.

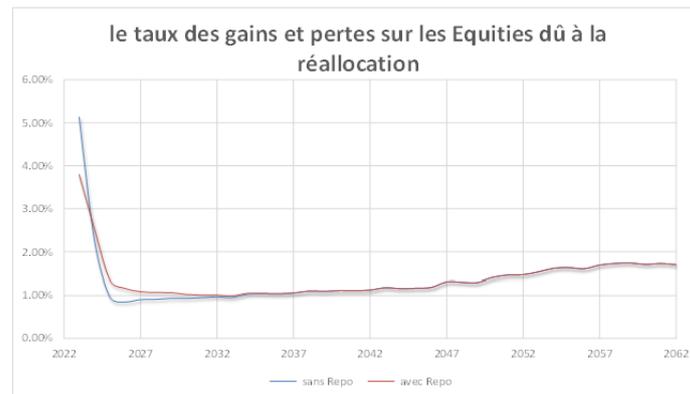


FIGURE 4.32 – Le taux des gains et pertes sur les Equities dû à la réallocation

Au cours de la première année de la projection, on observe une diminution des taux dans le scénario avec Repo, principalement en raison de deux facteurs.

Premièrement, il y a une augmentation du passif au début de la première année, et deuxièmement, l'intégration du Repo entraîne une réduction des ventes d'actifs en début de projection.

Par la suite, les taux connaissent une légère augmentation par rapport à une situation sans Repo, ce qui s'explique, d'une part, à la diminution du passif résultant d'une variation notable à la baisse du montant de Repo durant les premières périodes de la projection, et d'autre part, la cession d'une portion des actifs au sein de la catégorie des Equities afin de rembourser une fraction du Repo, en réaction à la réduction résultant de la variation à la baisse du montant de Repo. Finalement, on observe que le scénario avec Repo se rapproche du scénario sans Repo en raison de la variation pratiquement négligeable du montant de Repo.

— **Les revenus financiers de la classe Bonds :**

Les revenus financiers de la classe d'actifs Bonds comprennent aussi les rendements annuels, ainsi que les pertes et les gains résultant de la réallocation.

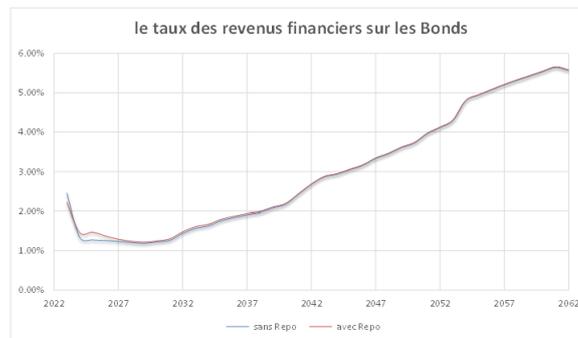


FIGURE 4.33 – Le taux des revenus financiers sur les Bonds

Au cours de la première année de la projection, on observe une diminution des taux revenus financiers sur les Bonds dans le scénario avec Repo, principalement en raison de l'augmentation du passif au début de la première année.

Par la suite, les taux connaissent une légère augmentation, comme illustré dans la figure ci-dessus par rapport à une situation sans Repo, ce qui s'explique, d'une part, à la diminution du passif résultant d'une variation notable à la baisse du montant de Repo durant les premières périodes de la projection, et d'autre part, à l'accroissement des revenus financiers générés par la catégorie des Bonds, étant donné que la valeur de marché dans un scénario avec Repo dépasse celle sans Repo, principalement en raison de la conservation accrue d'actifs grâce au Repo. Finalement, on observe que le scénario avec Repo se rapproche du scénario sans Repo en raison de la variation pratiquement négligeable du montant de Repo.

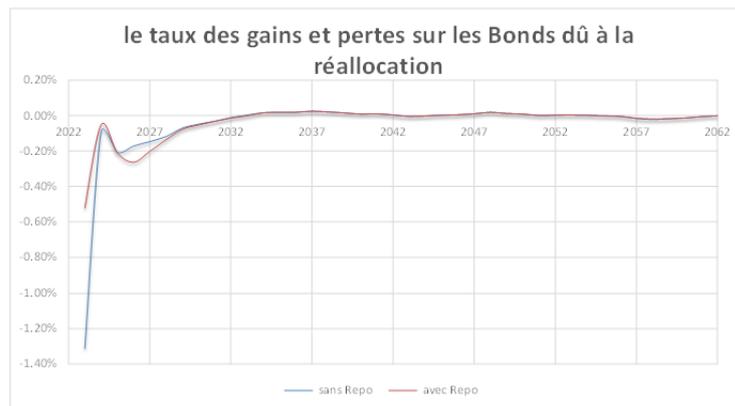


FIGURE 4.34 – Le taux des gains et pertes sur les Bonds dû à la réallocation

Au cours de la première année de la projection, on observe une diminution des taux dans le scénario avec Repo, principalement en raison de deux facteurs. Premièrement, il y a une augmentation du passif au début de la première année, et deuxièmement, l'intégration du Repo entraîne une réduction des ventes de la classe des obligations en début de projection.

Par la suite, les taux connaissent une légère diminution par rapport à une situation sans Repo, ce qui s'explique, d'une part, à la diminution du passif résultant d'une variation notable à la baisse du montant de Repo durant les premières périodes de la projection, et d'autre part, la cession d'une portion des obligations au sein de la classe des Bonds afin de rembourser une fraction du Repo, en réaction à la réduction résultant de la variation à la baisse du montant de Repo. Finalement, on observe que le scénario avec Repo se rapproche du scénario sans Repo en raison de la variation pratiquement négligeable du montant de Repo.

— **les revenus financiers de la classe Cash :**

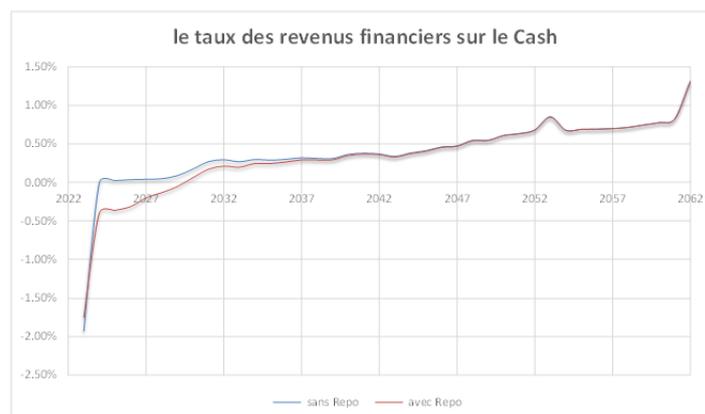


FIGURE 4.35 – Le taux des revenus financiers sur le Cash

Pendant la première année de la projection, les taux diminuent dans le scénario avec Repo en raison de l'augmentation du passif au début de cette période.

Ensuite, on observe un écart significatif entre la situation sans Repo et celle avec Repo, principalement en raison de la modification de cette variable pour prendre en compte les intérêts sur le Repo payés pour chaque opération de mise en pension.

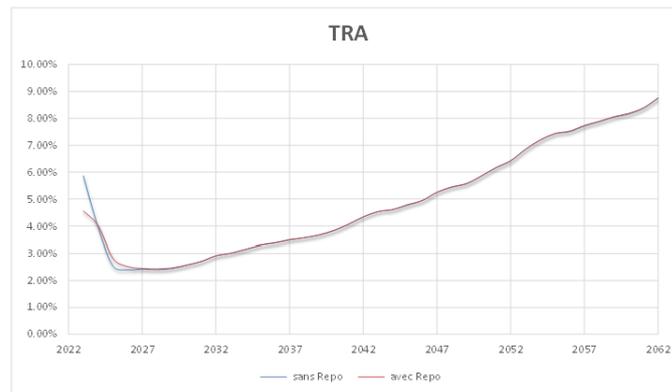


FIGURE 4.36 – Le TRA entre une situation de rachats massifs sans et avec Repo

En se basant sur l'analyse effectuée sur les revenus financiers des classes Equities, Bonds et Cash, qui constituent les principales composantes du TRA, on peut expliquer la baisse du TRA dans le scénario avec Repo au début de projection suite à la baisse des ses différentes composantes et son augmentation durant les premières années par rapport à la situation sans Repo. Finalement, les courbes tendent à se rapprocher l'une de l'autre.

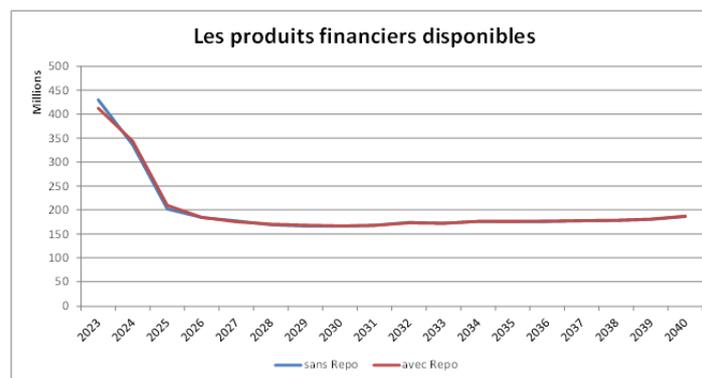


FIGURE 4.37 – Les produits financiers disponibles entre une situation sans et avec Repo

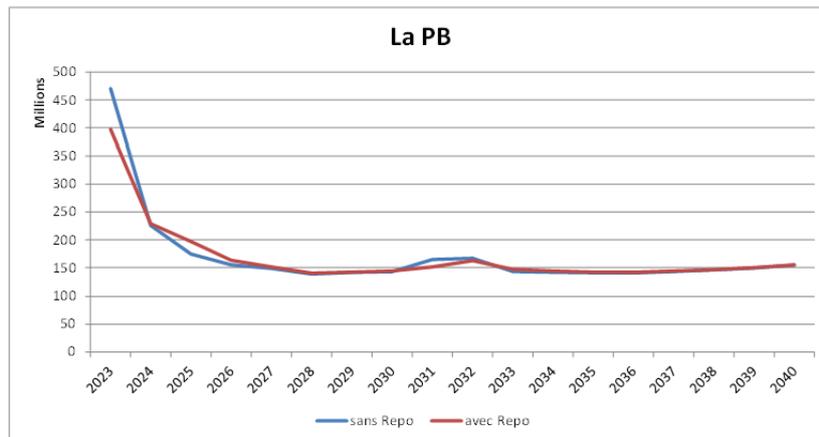


FIGURE 4.38 – La participation aux bénéfices entre une situation sans et avec Repo

Les produits financiers et la participation aux bénéfices sont liés au terme d'analyse. Au début de la projection, dans le scénario sans Repo, l'assureur réalise une cession importante d'actifs, ce qui génère des produits financiers plus élevés et donc une participation aux bénéfices supérieure.

Ensuite, en raison de la variation significative du montant de Repo à la baisse au cours des premières années de la projection, l'opération de mise en pension ne rembourse pas intégralement le montant de Repo précédent. Cela contraint l'assureur à vendre ses actifs afin de respecter son engagement envers la partie prêteuse du cash, expliquant ainsi l'augmentation légère des produits financiers et de la participation aux bénéfices.

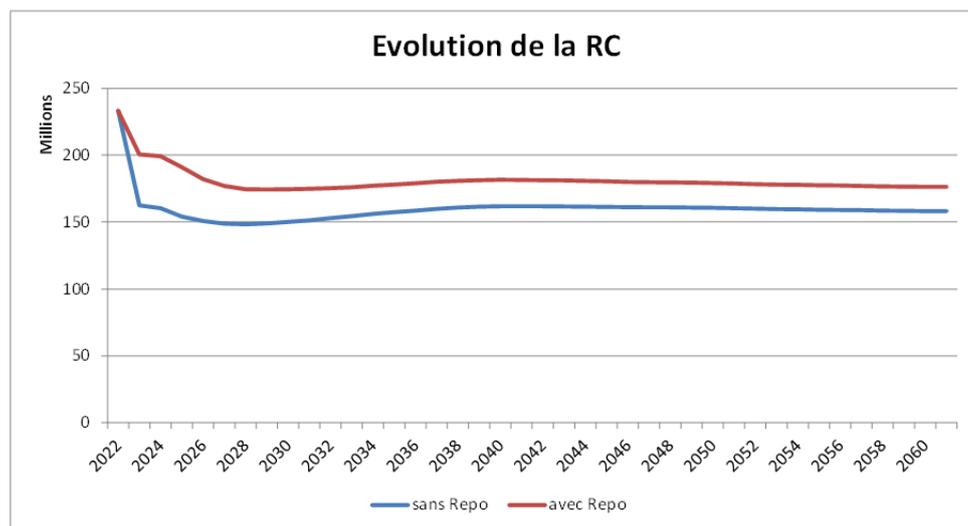


FIGURE 4.39 – La réserve de capitalisation entre une situation sans et avec Repo

Initialement, au début de la projection, les obligations présentent des moins-values latentes. Cependant, en raison de la nécessité pour l'assureur de faire face à des rachats massifs et d'honorer ses engagements, il est dans l'obligation de vendre ses actifs avec des moins-values, ce qui affecte négativement sa réserve de capitalisation.

En revanche, dans une situation avec Repo, bien que l'assureur doive toujours vendre ses actifs car le montant du Repo ne couvre pas l'intégralité des rachats, le Repo permet de différer la vente des actifs jusqu'à un moment que l'assureur jugera plus favorable.

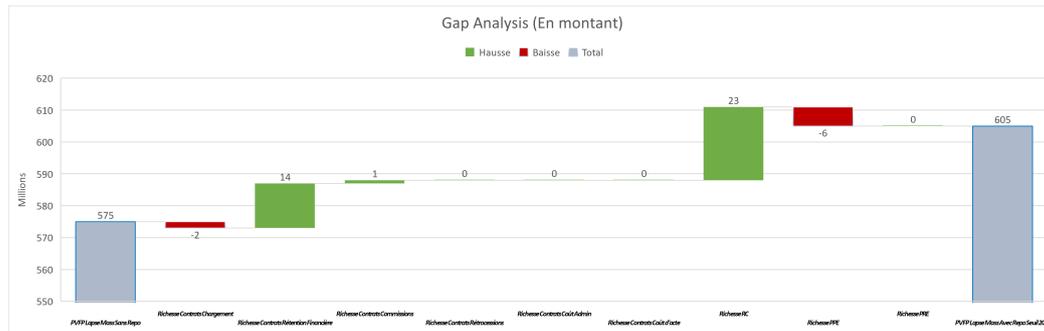


FIGURE 4.40 – l'analyse des différences de la PVFP entre une situation de rachats massifs sans et avec Repo

Scénario	MV initiale	BEL	PVFP	EC
Rachats massifs sans Repo	24 109	23 227	825	57
Rachats massifs avec Repo <i>Seuil_Repo = 20%</i>	24 109	23 197	855	57
Variation	0	-30	+30	0

TABLE 4.1 – Évolution du BEL, la PVFP et l'EC dans une situation de rachats massifs

En effectuant une comparaison entre la PVFP d'une situation sans Repo et celle avec Repo, on constate que la principale source d'accroissement de richesse réside dans la rétention financière. En effet, moins de participation aux bénéfices est distribuée, tandis qu'une augmentation de richesse est liée à la réserve de capitalisation.

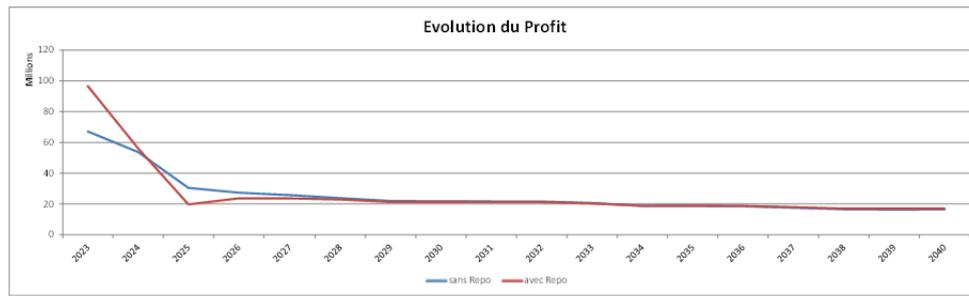


FIGURE 4.41 – Évolution du profit entre une situation sans et avec Repo

Lorsqu'on examine l'évolution du profit à chaque étape de la projection, on observe une augmentation de richesse au début. Cela est dû à une distribution moins importante de la participation aux bénéfiques et à une diminution des ventes d'obligations, ce qui permet de préserver la réserve de capitalisation.

Ensuite, le profit diminue après le remboursement du montant de Repo, car cela implique de vendre des actifs, ce qui augmente la participation aux bénéfiques et entraîne une légère diminution de la réserve de capitalisation.

Dans le scénario de la situation centrale, l'influence est atténuée. Cette limitation découle de la condition associée au seuil de Repo, qui est principalement conçue pour déclencher le Repo en cas de besoins en liquidités plutôt que dans un contexte de situation centrale.

Scénario	MV initiale	BEL	PVFP	EC
Central sans Repo	24 109	22 830	1198	81
Central avec Repo <i>Seuil_Repo = 20%</i>	24 109	22 842	1186	81
Variation	0	+12	-12	0

TABLE 4.2 – Évolution du BEL, la PVFP et l'EC dans une situation centrale

4.6.4 Analyse du SCR

Cette section se concentrera principalement sur deux modules, à savoir le SCR marché et le SCR vie. Nous allons comparer les différents sous-modules entre un scénario sans Repo et un scénario avec Repo.

Dans cette optique, nous débutons en examinant l'évolution du SCR marché, comparant ainsi une situation sans Repo à une situation avec Repo :

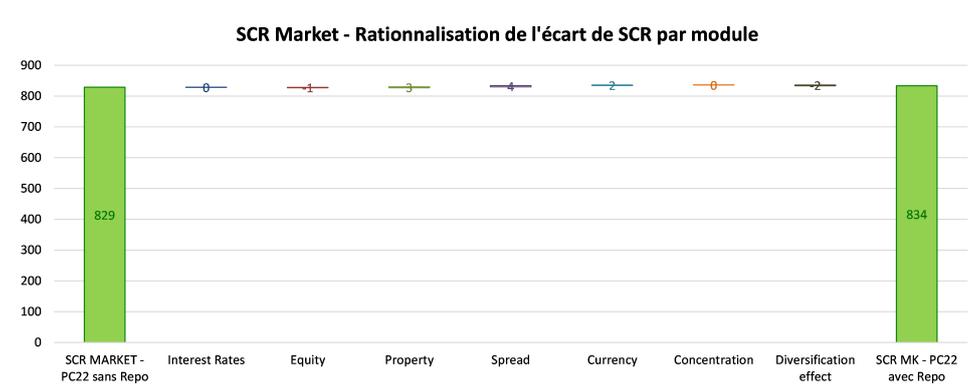


FIGURE 4.42 – Évolution du SCR marché entre une situation sans et avec Repo

Il est remarqué que les changements dans le SCR au niveau des différents sous-modules sont peu notables, car le Repo est principalement considéré dans notre étude pour répondre aux besoins de liquidité. Ceci découle du choix de paramétrage visant à rendre les effets apparents uniquement sur le SCR vie.

Une analyse de sensibilité qui mettra en évidence l'impact sur le SCR de marché sera présentée dans la section dédiée aux analyses des sensibilités.

Pour le SCR vie :

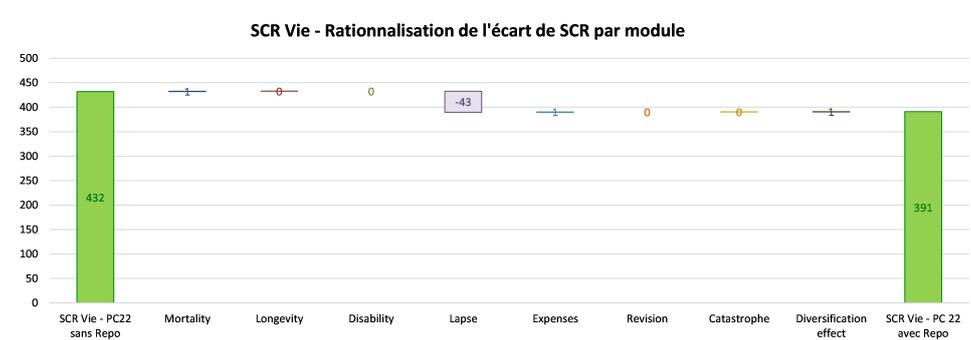


FIGURE 4.43 – Évolution du SCR vie entre une situation sans et avec Repo

L'un des buts de la modélisation du Repo est de gérer l'effet de rachats massifs et d'atténuer leur impact négatif sur l'assureur.

Les variations des sous-modules ne sont pas très marquées, sauf dans le cas du sous-module *Lapse*, qui se penche sur les rachats massifs. On observe une réduction considérable dans un contexte avec Repo par rapport à l'absence de Repo, en raison de la richesse constatée dans la rétention financière due à la réduction des versements de PB. De plus, une hausse des gains obtenus dans la réserve de capitalisation grâce à la diminution des ventes à perte d'obligations.

4.7 Analyse des sensibilités

Dans cette partie, nous allons procéder à des analyses de sensibilité sur les deux seuils qui déclenchent le calcul du montant du Repo à chaque pas du temps. Ces seuils sont désignés sous les noms de *Seuil_Repo* et de *Seuil_PMVL*, tels qu'ils sont définis dans les conditions préalablement sélectionnées pour calculer le montant de Repo.

4.7.1 Sensibilité sur le seuil de Repo

Seuil de Repo à 50%

Il est important de noter qu'au cours de l'analyse centrale effectuée dans la section antérieure, des valeurs de seuil ont été sélectionnées, à savoir un *Seuil_Repo* de 20 % et un *Seuil_PMVL* de 0%. Dans cette optique, nous allons procéder à une première étude de sensibilité en augmentant le *Seuil_Repo* à 50%, dans le but d'envisager la mise en place du Repo uniquement dans des scénarios nécessitant une liquidité considérable.

Dans le contexte de cette analyse de sensibilité, notre attention sera principalement portée sur la comparaison des fluctuations de la PVFP, le BEL et le SCR entre la configuration actuelle et la configuration centrale.

Scénario	MV initiale	BEL	PVFP	EC
Rachats massifs avec Repo <i>Seuil_Repo</i> = 20%	24 109	23 197	855	57
Rachats massifs avec Repo <i>Seuil_Repo</i> = 50%	24 109	23 203	849	57
Variation	0	6	-6	0

TABLE 4.3 – Évolution du BEL, la PVFP et l'EC

En menant une analyse de sensibilité concernant le seuil du Repo, il est observé qu'avec un seuil de Repo établi à 50%, le BEL présente une augmentation, tandis que la PVFP connaît une réduction par rapport à la configuration centrale.

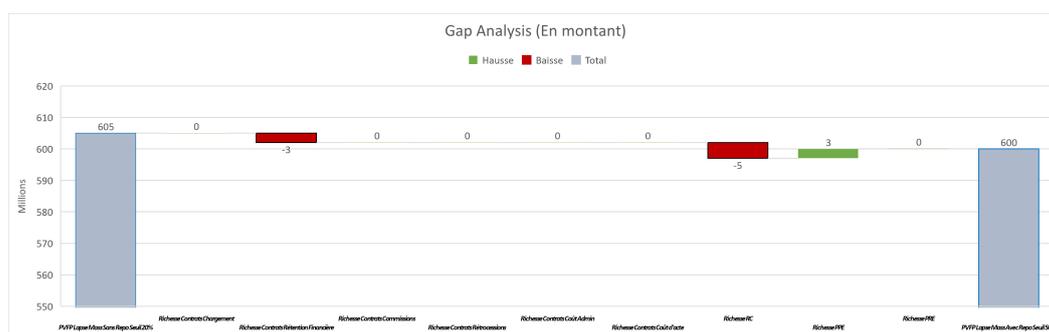


FIGURE 4.44 – l'analyse des différences de la PVFP entre une situation de rachats massifs avec un seuil de Repo à 20% et un seuil de Repo à 50%

La baisse enregistrée au niveau de la PVFP, comme illustré dans la figure précédente, résulte principalement de la décroissance de la réserve de capitalisation. En effet, avec un seuil de Repo plus élevé, la fréquence réduite du Repo entraîne une augmentation des ventes en moins-values latentes.

Dans cette section, nous entamons notre analyse en étudiant les variations du SCR liées à l'évolution des seuils du Repo. Nous comparons la configuration de référence, caractérisée par un seuil de Repo de 20%, avec une autre situation où le seuil de Repo est porté à 50%.

SCR marché

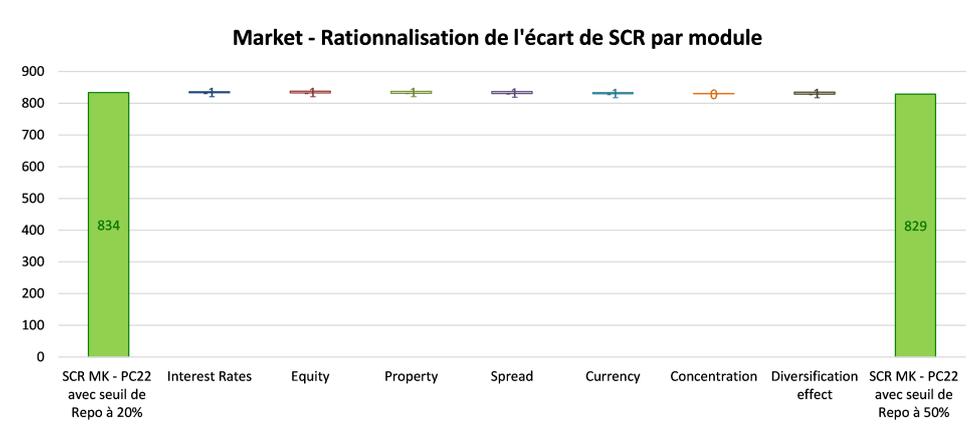


FIGURE 4.45 – Évolution du SCR marché entre une situation avec un seuil de Repo à 20% et un seuil de Repo à 50%

Il est notable que le SCR marché subit une influence relativement modérée lorsqu'on modifie le seuil du Repo dans les divers sous-modules. Lorsqu'un seuil de Repo plus élevé est appliqué, cela restreint l'usage du Repo, que ce soit dans un contexte central ou dans des situations de stress sur les marchés. Cette observation s'explique par le fait que le Repo joue un rôle prédominant en cas de stress de liquidité, contrairement aux situations de stress liées au marché.

SCR vie

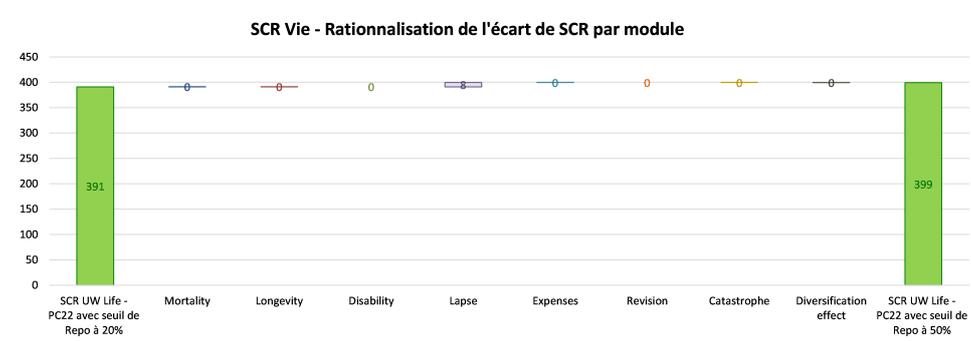


FIGURE 4.46 – Évolution du SCR vie entre une situation avec un seuil de Repo à 20% et un seuil de Repo à 50%

En revanche, suite à l'augmentation du seuil, on observe une augmentation du SCR vie, cette hausse est principalement attribuable à l'accroissement enregistré dans le sous module de *Lapse*, reflétant les rachats massifs. Cette dynamique s'explique par l'utilisation réduite du Repo associée à un seuil plus élevé.

Seuil de Repo à 0%

Dans cette partie, nous opterons à une étude de sensibilité en diminuant le *Seuil_Repo* à 0%, dans le but d'envisager la mise en place du Repo pas seulement dans la situation des rachats massifs mais aussi dans une situation centrale. Afin d'analyser la sensibilité de cette situation, dans cette partie on s'intéressera de plus à l'évolution du BEL, la PVFP et l'EC dans une situation centrale, puisque le Repo interviendra dans le contexte central.

Scénario	MV initiale	BEL	PVFP	EC
Central avec Repo <i>Seuil_Repo</i> = 20%	24 109	22 842	1 185	82
Central avec Repo <i>Seuil_Repo</i> = 0%	24 109	22 883	1 141	85
Variation	0	41	-44	3

TABLE 4.4 – Évolution du BEL, la PVFP et l'EC dans une situation centrale

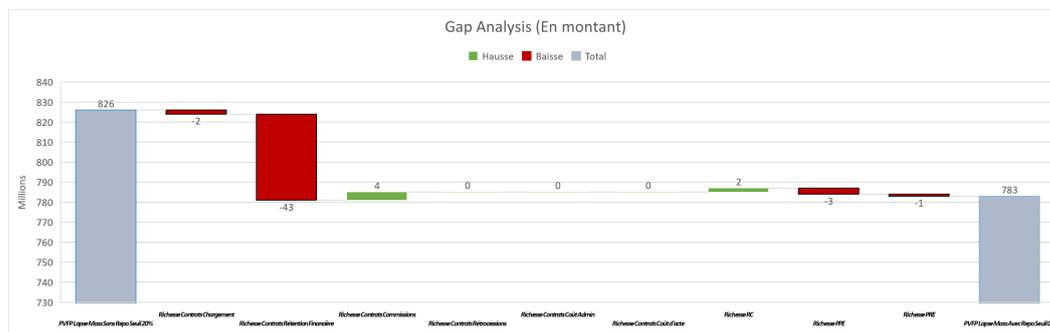


FIGURE 4.47 – l’analyse des différences de la PVFP entre une situation centrale avec un seuil de Repo à 20% et un seuil de Repo à 0%

Une diminution observée dans la PVFP, comme mis en évidence dans le tableau et la figure ci-dessus, provient principalement de la diminution de la rétention financière. Cette tendance s’explique par l’augmentation de la participation aux bénéfices dans le scénario de Repo avec un seuil de 0%.

En ce qui concerne la réserve de capitalisation, on observe une variation peu marquée, principalement parce qu’il n’est pas nécessaire de procéder à la vente d’obligations avec des moins-values latentes afin de garantir le respect de nos engagements envers les assurés.

Scénario	MV initiale	BEL	PVFP	EC
Rachats massifs avec Repo <i>Seuil_Repo</i> = 20%	24 109	23 197	855	57
Rachats massifs avec Repo <i>Seuil_Repo</i> = 0%	24 109	23 205	847	57
Variation	0	8	-8	0

TABLE 4.5 – Évolution du BEL, la PVFP et l’EC dans une situation de rachats massifs

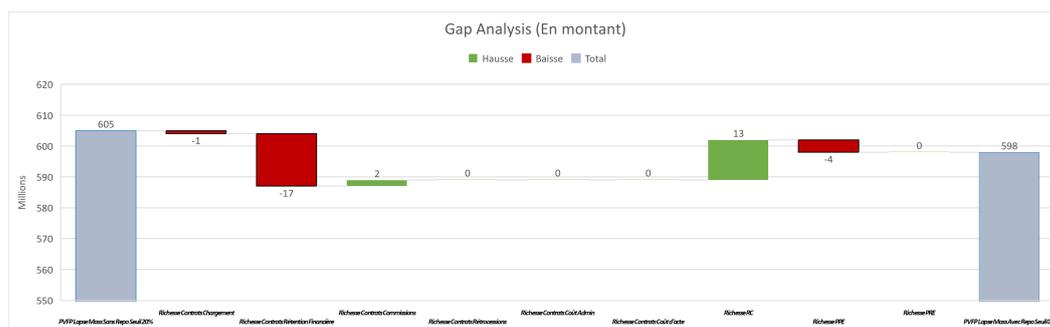


FIGURE 4.48 – l’analyse des différences de la PVFP entre une situation de rachats massifs avec un seuil de Repo à 20% et un seuil de Repo à 0%

La variation de la PVFP, comme mise en évidence dans le tableau et la figure, peut être attribuée à deux facteurs. D’une part, il y a une réduction de la rétention finan-

cière, tandis que d'autre part, il y a une augmentation de la Réserve de Capitalisation (RC). Lorsque le seuil de Repo est fixé à 0%, ce seuil est moins élevé par rapport à la configuration centrale, ce qui entraîne une tendance à avoir recours plus fréquemment au Repo.

SCR vie

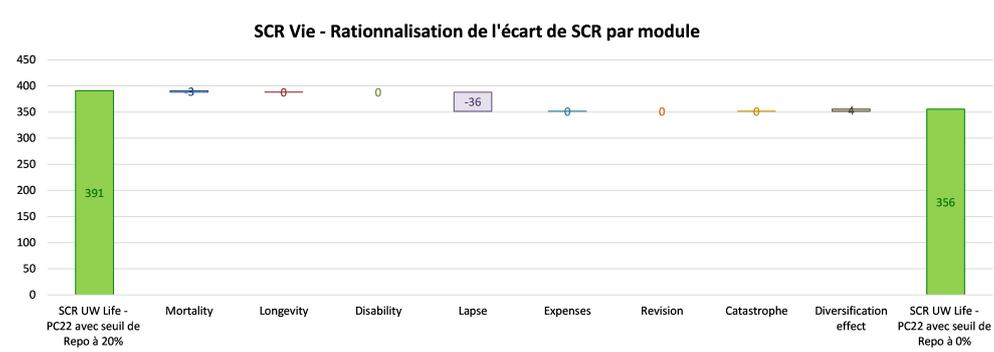


FIGURE 4.49 – Évolution du SCR vie entre une situation avec un seuil de Repo à 20% et un seuil de Repo à 0%

Suite à la baisse du seuil de Repo, on observe une diminution du SCR vie, cette baisse est principalement attribuable à la diminution enregistrée dans le sous module de *Lapse*, reflétant les rachats massifs. Cette dynamique s'explique par l'utilisation augmentée du Repo associée à un seuil de Repo moins élevé.

SCR marché

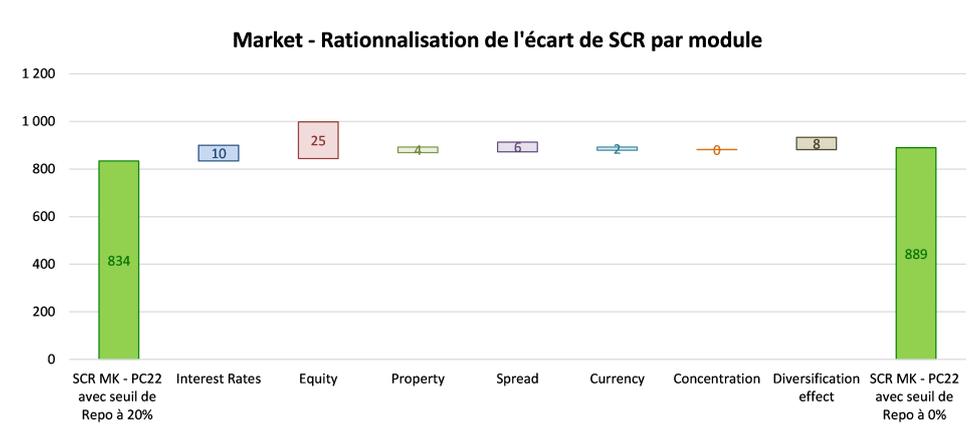


FIGURE 4.50 – Évolution du SCR marché entre une situation avec un seuil de Repo à 20% et un seuil de Repo à 0%

Par contre, en raison de la diminution du seuil, une élévation du SCR de marché devient apparente. Cette augmentation découle de l'élévation observée dans les divers sous-modules. Dans cette configuration, le Repo intervient dans divers contextes, pas uniquement en réponse à des situations de crise de liquidité, ce qui contribue à accroître le SCR de marché.

4.7.2 Sensibilité sur le seuil de PMVL

Dans cette section, nous allons entreprendre des analyses de sensibilité en modifiant le seuil de PMVL, qui est établi à 0% dans la configuration centrale. Nous allons ajuster ce seuil selon trois valeurs : -20 %, -1% et +5%. Pour ces deux dernières valeurs, il est remarqué qu'elles ne génèrent pas de variations significatives par rapport à la configuration centrale.

Dans cette perspective, nous opterons pour un seuil de PMVL fixé à -20%. La raison sous-jacente à cette sélection est de restreindre l'emploi du Repo aux scénarios où les moins-values latentes sont considérables. En d'autres termes, si le pourcentage de PMVL des obligations dépasse -20%, le recours au Repo ne sera pas mis en œuvre.

Scénario	MV initiale	BEL	PVFP	EC
Rachats massifs avec Repo <i>Seuil_Repo</i> = 20%	24 109	23 197	855	57
Rachats massifs avec Repo <i>Seuil_PMVL</i> = -20%	24 109	23 209	843	57
Variation	0	12	-12	0

TABLE 4.6 – Évolution du BEL, la PVFP et l'EC

En menant une analyse de sensibilité concernant le seuil de PMVL, il est observé qu'avec un seuil de PMVL établi à -20%, le BEL présente une augmentation, tandis que la PVFP connaît une réduction par rapport à la configuration centrale.

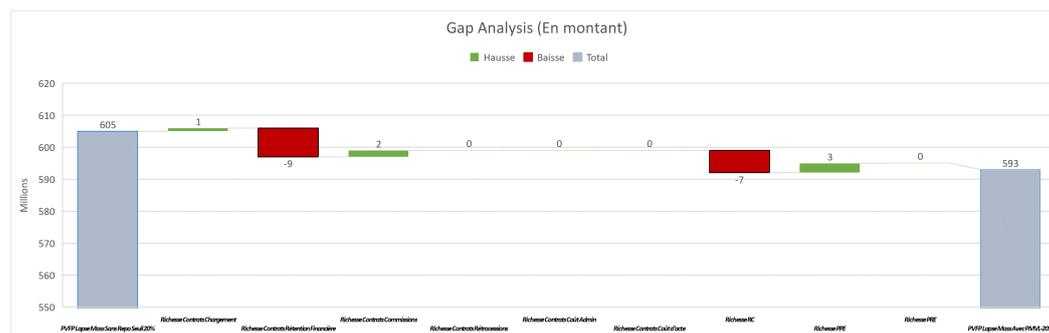


FIGURE 4.51 – l'analyse des différences de la PVFP entre une situation de rachats massifs avec un seuil de Repo à 20% et un seuil de PMVL à -20%

La baisse enregistrée au niveau de la PVFP, comme illustré dans la figure, résulte principalement de la décroissance de la rétention financière et la réserve de capitalisation. En effet, avec un seuil de PMVL à -20%, la fréquence réduite du Repo entraîne une augmentation des ventes en moins-values latentes.

SCR marché

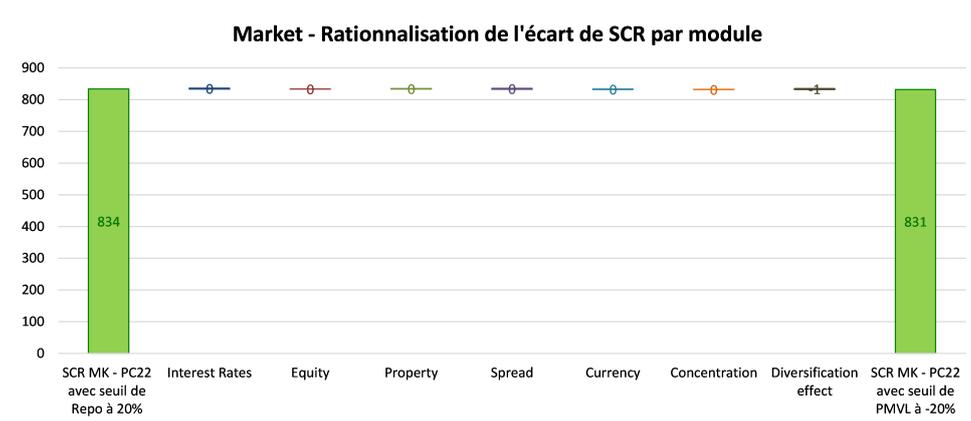


FIGURE 4.52 – Évolution du SCR marché entre une situation avec un seuil de Repo à 20% et un seuil de PMVL à -20%

Il est notable que le SCR marché subit une influence relativement faible lorsqu'on modifie le seuil du PMVL dans les divers sous-modules. Cette observation s'explique par le fait que le Repo joue un rôle prédominant en cas de stress de liquidité, contrairement aux situations de stress liées au marché.

SCR vie

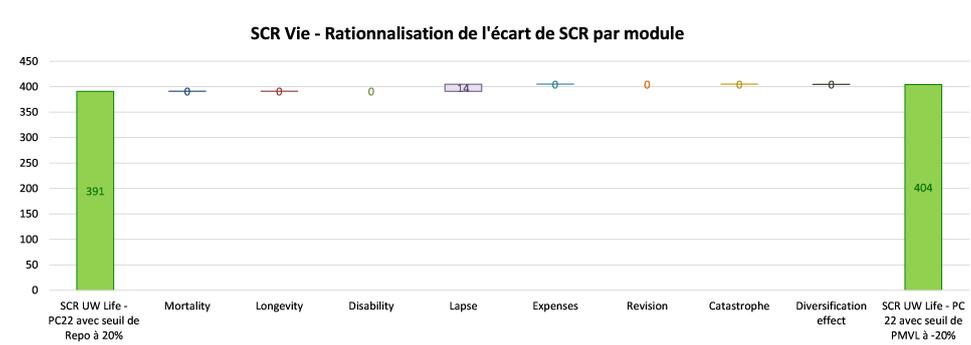


FIGURE 4.53 – Évolution du SCR vie entre une situation avec un seuil de Repo à 20% et un seuil de PMVL à -20%

En revanche, suite à la diminution du seuil de PMVL, on observe une augmentation du SCR vie, cette hausse est principalement attribuable à l'accroissement enregistré dans le sous module de *Lapse*, reflétant les rachats massifs. Cette dynamique s'explique par l'utilisation réduite du Repo associée à un seuil de PMVL moins élevé.

Chapitre 5

Conclusion

La démarche présentée dans ce mémoire vise à approfondir la compréhension d'un nouvel instrument financier largement employé et nécessitant une attention particulière quant à sa modélisation. L'objectif de comprendre cet instrument est de nous permettre de développer une approche d'intégration du mécanisme de Repo dans le modèle afin de satisfaire aux nécessités de liquidité, particulièrement en situation de rachats massifs. Cette démarche vise à gérer les actifs, notamment les obligations, dans le but d'éviter les ventes à perte qui pourraient avoir un impact défavorable sur la situation de l'assureur.

Nos travaux mettent en lumière l'importante contribution du Repo en tant que stratégie pour faire face aux rachats massifs. À travers des analyses variées de sensibilités et des tests, il ressort clairement que le mécanisme du Repo pourrait aider l'assureur à atténuer les conséquences indésirables de cette période de crise de liquidité, en limitant les ventes d'actifs dans un environnement défavorable.

Par ailleurs, les analyses que nous avons menées reposent sur des hypothèses qui ont permis l'intégration du mécanisme de Repo dans le modèle ALM de Cardif. Ces hypothèses sont le résultat de considérations pratiques et de discussions avec les gestionnaires d'actifs.

Toutefois, il est important de reconnaître que notre approche de modélisation peut présenter certaines limites :

- La comparaison entre une situation sans Repo et une situation avec Repo dans notre étude se base uniquement sur les données de l'arrêt annuel 2022. Élargir l'analyse à d'autres années pourrait révéler d'autres impacts potentiels.
- La portée de cette étude est restreinte aux situations de rachats massifs, mais il est envisageable que l'utilisation du Repo puisse être pertinente dans d'autres contextes, offrant ainsi des solutions efficaces.
- Nous avons restreint notre analyse aux indicateurs que nous avons considérés comme pertinents. D'autres pourraient être considérés.

Enfin, en ce qui concerne les perspectives, il serait envisageable d'utiliser d'autres actifs tels que des actions ou d'autres actifs comme collatéral. De plus, il pourrait être

intéressant d'examiner l'évolution globale des plus ou moins-values latentes, englobant l'ensemble des catégories d'actifs et non uniquement les obligations, pour la mise en place du Repo. Une autre perspective consisterait à modéliser une prime de risque (ou encore un spread) qui s'ajouterait au taux sans risque pour refléter le risque inhérent à la nature du collatéral. Par ailleurs, d'autres aspects pourraient être pris en compte, tels que des paramètres économiques spécifiquement adaptés à la situation de l'assureur.

Annexe A

Annexe

1) Du point de vue de vendeur, les titres mis en pension sont **à conserver dans le calcul d'exigence de capital réglementaire S2** :

Le paragraphe 5.8 de la notice de solvabilité 2 de l'ACPR en date du 17/12/2015, décrit le traitement à adopter lors d'une opération de prêts de titres. Dans le cas des mises en pension, l'actif prêté et l'actif reçu sont comptabilisés dans le bilan S2 de l'assureur. De ce fait, les instructions suivantes s'appliquent.

Si l'actif prêté et l'actif reçu sont comptabilisés dans le bilan Solvabilité II, les entreprises :

- (a) appliquent les sous-modules « risque de marché » pertinents à l'actif prêté et à l'actif emprunté ;
- (b) incluent l'actif prêté dans le calcul de l'exigence de capital pour le risque de contrepartie sur des expositions de type 1, en tenant compte de l'atténuation du risque que fournit l'actif reçu s'il est comptabilisé comme sûreté conformément aux exigences visées à l'article 214 du règlement délégué (UE) 2015/35 ;
- (c) tiennent compte des passifs dans leur bilan résultant de l'accord de prêt dans le calcul de l'exigence de capital pour le sous-module « risque de taux d'intérêt ».

2) Le montant de Repo mis en place **ne doit pas dépasser plus de 10% du bilan** comme indiqué dans les code des assurances :

Article R332-3

Rapportée à la base de dispersion constituée par la différence entre le montant total des engagements réglementés mentionnés à l'article R. 331-1, toutes monnaies confondues, et le montant total des actifs mentionnés aux articles R. 332-3-4 à R. 332-10, toutes monnaies confondues, la valeur au bilan d'une entreprise d'assurance mentionnées à l'article L. 310-3-2 de chacune des catégories d'actif énumérées ci-après admis en représentation des engagements réglementés ne peut excéder, sauf dérogation accordée cas par cas par l'Autorité de contrôle et des mutuelles :

3° 10 % pour l'ensemble des valeurs mentionnées, d'une part, aux 10°, 11° et 12° de l'article R. 332-2, à l'exception des prêts mentionnés aux troisième et quatrième alinéas du 1° de l'article R. 332-13, et, d'autre part, au 12° bis de l'article R. 332-2 ;

Article R332-2

C.-Prêts, dépôts et titres assimilés :

10° Prêts obtenus ou garantis par les Etats membres de l'OCDE, par les collectivités publiques territoriales et les établissements publics des Etats membres de l'OCDE ;

11° Prêts hypothécaires aux personnes physiques ou morales ayant leur domicile ou leur siège social sur le territoire de l'un des Etats membres de l'OCDE, dans les conditions fixées par l'article R. 332-12 ;

12° Autres prêts ou créances représentatives de prêts consentis aux personnes physiques ou morales ayant leur domicile ou leur siège social sur le territoire de l'un des Etats membres de l'OCDE, dans les conditions fixées par l'article R. 332-13 ;

Bibliographie

- [Bah *et al.*, 2020] BAH, I., SBAI, A. et VALERINO, R. (2020). Prêt-emprunt de titres : quelles sont les bonnes pratiques. <https://www.seabirdconseil.com/nos-decryptages/on-en-parle/pre-emption-de-titres>.
- [Bloquet, 2021] BLOQUET, M. (2021). Approche métaheuristique pour la sélection d'actions de management d'un modèle ALM dans un cadre Solvabilité II. Mémoire d'Actuariat, IRM.
- [BOUZINAB, 2016] BOUZINAB, F. (2016). Bridging d'un modèle ALM : un outil de compréhension et de sensibilité des interactions actif-passif. Mémoire d'Actuariat, ISFA.
- [Choudhry, 2010] CHOUDHRY, M. (2010). *The REPO handbook*. Securities Institute. Global capital markets series. Butterworth-Heinemann, Oxford ; Boston, 2nd ed édition. OCLC : ocn526812670.
- [Comotto,] COMOTTO, R. Sale and Repurchase Agreements. <https://financeunlocked.com/discover/pathways/sale-and-repurchase-agreements>.
- [Houssaini, 2016] HOUSSAINI, M. A. (2016). Anticipation de la déviation du bel suivant différents états du monde. Mémoire d'Actuariat, ENSAE.
- [ICMA, 2013] ICMA (2013). Frequently Asked Questions on Repo.
- [ICMA, 2022a] ICMA (2022a). European Repo Market Survey. Rapport technique 43, International Capital Market Association.
- [ICMA, 2022b] ICMA (2022b). A Guide to Best Practice in the European Repo Market. Rapport technique, International Capital Market Association.
- [Maltem,] MALTEM, C. Les repos. <https://www.fimarkets.com/pages/repo.php>.
- [Nass, 2005] NASS, A. (2005). Marchés de titres et de taux à court terme : le marché du Repo.