



**Mémoire présenté le :  
pour l'obtention du Diplôme Universitaire d'actuariat de l'ISFA  
et l'admission à l'Institut des Actuaire**

Par : Florent MIRVILLE

Titre : Comparaison des exigences réglementaires de solvabilité assurantielles et bancaires : quel cadre réglementaire pour une activité de cautionnement ?

Confidentialité :     NON         OUI (Durée :  1 an         2 ans)

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

*Membres présents du jury de l'IA*

*Signature*

Entreprise

*Nom* : EY Actuaire-Conseils

*Signature* :

*Membres présents du jury de l'ISFA*

Directeur de mémoire en entreprise

*Nom* : Vincent DUPRIEZ

*Signature* :

Invité

*Nom* :

*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

*Secrétariat :*

Mme Christine DRIGUZZI

*Bibliothèque :*

Mme Patricia BARTOLO

## Résumé

Mots clés : *cautionnement, recours, Solvabilité II, Bâle II, Chain Ladder, régression logistique, marge de solvabilité, RWA, SCR, ratio de sur-couverture de l'exigence de marge de solvabilité par les fonds propres, RAC Ratio*

Les produits de garantie caution peuvent être commercialisés par des banques et des compagnies d'assurance. Or les banques et les compagnies d'assurance ne sont pas régies par le même cadre réglementaire. De ce constat naît une possibilité d'arbitrage réglementaire pour les organismes de caution. Ce mémoire présente une étude comparative des cadres réglementaires bancaires et assurantiels pour les activités de cautionnement.

La première étape du mémoire fournit des éléments législatifs relatifs à l'activité de caution, présente les cadres réglementaires bancaires et assurantiels et établit une analyse comparative. Les deux cadres réglementaires convergent sur plusieurs aspects tels que l'organisation en trois piliers, la valorisation de l'actif en valeur de marché et la possibilité d'intégrer une méthode standard ou avancée pour quantifier l'exigence de marge de solvabilité. Toutefois l'architecture des risques, l'objectif du cadre réglementaire et la vision de l'entreprise par le prisme de la réglementation divergent.

La deuxième étape de cette étude se caractérise par la mise en place d'un modèle de projection des flux avec notamment l'estimation des ratios de sinistres sur primes et de recours sur sinistres par la méthode de Chain Ladder, un modèle de notation de la clientèle de détail par régression logistique et un modèle de construction des comptes de résultat et des bilans bancaires et assurantiels. Il découle de cette analyse que les indicateurs montrent une plus forte robustesse de la structure assurantielle notamment démontrée par le ratio de sur-couverture de l'exigence de marge de solvabilité par les fonds propres (278 % contre 224 % en année N et 567 % contre 349 % en année N+10).

La troisième et dernière étape regroupe des études et analyses complémentaires permettant d'analyser la résistance de l'organisme de caution à des situations dégradées telles qu'une hausse de la sinistralité, une chute des recouvrements et une hausse des frais généraux. Elle met en place d'autres indicateurs de solvabilité tels que le ratio de sur-couverture de l'exigence de marge de solvabilité par les fonds propres en approche standard de la norme bancaire, le ratio de sur-couverture de l'exigence de marge de solvabilité par les fonds propres en norme Solvabilité I et le *Risk-Adjusted Capital ratio*. Ces études supplémentaires confirment les résultats obtenus lors de la deuxième étape et montrent une solide solvabilité de l'organisme de cautionnement.

## **Abstract**

*Key words:* default insurance, recovery, Solvency II, Basel II, Chain Ladder, logistic regression, solvency margin, RWA, SCR, coverage ratio of the solvency margin by capital, RAC ratio

Default insurance products can be marketed by banks and insurance companies. Yet banks and insurance companies are not governed by the same regulatory framework. Thus a regulatory arbitrage can be performed by companies selling default insurance. This report presents a comparative analysis of the banking and insurance regulatory frameworks applied to default insurance companies.

The first part of the report presents legislative rules related to default insurance, explains the banking and insurance regulatory frameworks and reveals a comparative analysis. Both regulatory frameworks converge on three aspects: regulatory frameworks are organized around three pillars, assets are valued in fair value and solvency margin requirements can be quantified by a standard or an advanced approach. However banking and insurance regulatory frameworks diverge on different points: risk architecture, the regulatory framework objective and the way to visualize the company.

The second part of this paper is characterized by the implementation of a cash-flow projection model with the estimation of the loss ratio and the recovery ratio performed with the Chain Ladder methodology, a scoring model of retail banking customers performed with the logistic regression and a reporting (profit and loss and balance sheets) model. It ensues from these analyses that indicators show a stronger robustness of the insurance company compared to the bank. This fact is particularly demonstrated by the coverage ratio of the solvency margin by capital (278 % versus 224 % in year N respectively and 567 % versus 349 % in year N+10).

The third and last part gather additional studies and analyses which provide new elements to analyze the company's resistance when faced with degraded situations such as an increase of the loss ratio, a fall of the recovery and an increase of the general costs. Other solvency indicators are set up such as the coverage ratio of required solvency margin by capital in standard approach defined by the banking regulatory framework, the coverage ratio of required solvency margin by capital as defined by Solvency I and the Risk-Adjusted Capital ratio. These additional studies confirm the results of the second part and show a robust solvency of the default insurance company

## **Remerciements**

Je tiens à remercier chaleureusement Vincent Dupriez, Associé au sein d'EY Actuaire-Conseils et Directeur de mémoire. Je lui témoigne toute ma reconnaissance et ma gratitude pour son encadrement, ses précieux conseils et son accueil au sein de ses équipes.

J'adresse également tous mes remerciements à Anne Eyraud-Loisel, Directrice des études de la formation d'actuaire de l'ISFA pour son aide et ses directives dans la conduite de ce mémoire.

Je remercie infiniment ma famille et mes proches pour leur soutien.

## Sommaire

Résumé.....	2
Abstract.....	3
Remerciements.....	4
Introduction.....	8
1. Cadre de l'étude .....	9
1.1. Objectif de l'étude.....	9
1.2. Description du cautionnement .....	9
1.3. Cadres réglementaires.....	10
<b>1.3.1. Réglementation bancaire</b> .....	10
<b>1.3.2. Réglementation assurantielle</b> .....	12
1.4. Similitudes et différences entre les réglementations bancaires et assurantielles.....	14
<b>1.4.1. Convergences des cadres réglementaires</b> .....	14
<b>1.4.2. Divergences de s cadre s réglementaires</b> .....	15
1.5. Architecture des modèles bancaires et assurantielles .....	16
<b>1.5.1. Schéma de l'architecture des modèles</b> .....	16
<b>1.5.2. Descriptif des étapes du modèle</b> .....	17
2. Hypothèses des modèles .....	20
2.1. Production commerciale.....	20
2.2. Sinistralité et recouvrement .....	21
<b>2.2.1. Méthodologie de calcul de la charge ultime</b> .....	21
<b>2.2.2. Détermination de l'hypothèse de sinistralité</b> .....	22
<b>2.2.3. Calcul du taux de recouvrement</b> .....	26
2.3. Autres hypothèses.....	29
3. Modélisation des flux et du passif hors fonds propres .....	33
3.1. Modélisation des postes du compte de résultat.....	33
<b>3.1.1. Chiffre d'affaires</b> .....	33
<b>3.1.2. Prestations</b> .....	34
<b>3.1.3. Frais et commissions</b> .....	36
<b>3.1.4. Résultat financier</b> .....	37
<b>3.1.5. Résultat brut et net</b> .....	37
3.2. Comptes de résultat projetés .....	37
<b>3.2.1. Cadre bancaire</b> .....	37
<b>3.2.2. Cadre assurance</b> .....	38
3.3. Provisions Techniques en <i>Best Estimate</i> .....	39
3.4. Marge de risque .....	41
4. Modélisation de la probabilité de défaut .....	42
4.1. Contexte du calcul .....	42

4.2.	Validation des données .....	43
4.2.1.	<b>Analyse du V de cramer</b> .....	43
4.2.2.	<b>Analyse de corrélations</b> .....	44
4.3.	Régression logistique .....	44
4.3.1.	<b>Présentation de la régression linéaire binaire</b> .....	44
4.3.2.	<b>Les odds ratio</b> .....	45
4.3.3.	<b>Estimation des paramètres</b> .....	46
4.3.4.	<b>Performance du modèle</b> .....	47
4.3.5.	<b>Tests statistiques</b> .....	47
4.3.6.	<b>Mesure de la qualité du modèle</b> .....	48
4.4.	Application à notre étude .....	48
4.4.1.	<b>Echantillonnage</b> .....	48
4.4.2.	<b>Sélection d'un modèle</b> .....	49
4.4.3.	<b>Résultats du modèle</b> .....	50
4.5.	Segmentation des résultats en classes de risque .....	53
5.	Modélisation de l'actif et calcul de la marge de solvabilité .....	56
5.1.	Modélisation de l'actif .....	57
5.1.1.	<b>Allocation cible des placements</b> .....	57
5.1.2.	<b>Valorisation de l'actif</b> .....	58
5.2.	Détermination de l'exigence de marge sous Bâle II .....	59
5.2.1.	<b>Risque de crédit</b> .....	60
5.2.2.	<b>Risque opérationnel</b> .....	62
5.2.3.	<b>Risque de marché</b> .....	63
5.2.4.	<b>Exigence de marge de solvabilité réglementaire</b> .....	63
5.3.	Détermination de l'exigence de marge sous Solvabilité II .....	64
5.3.1.	<b>Risque de souscription</b> .....	65
5.3.2.	<b>Risque opérationnel</b> .....	67
5.3.3.	<b>Risque de marché</b> .....	67
5.3.4.	<b>Exigence de marge de solvabilité réglementaire</b> .....	67
6.	Construction et présentation des bilans projetés .....	70
6.1.	Cadre bancaire .....	70
6.2.	Cadre assurantiel .....	72
6.3.	Analyse des résultats .....	73
6.3.1.	<b>Comparaison du ratio de sur-couverture et des fonds propres</b> .....	73
6.3.2.	<b>Mise en parallèle des modules de risques</b> .....	77
6.3.3.	<b>Conclusions de l'analyse</b> .....	79
7.	Analyses complémentaires .....	80
7.1.	Conséquences des impacts de scénarios sur les fonds propres .....	80

7.1.1.	<b>Approche standard sur le risque de crédit pour l'exigence bancaire</b> .....	80
7.1.2.	<b>Choc sur la sinistralité</b> .....	81
7.1.3.	<b>Choc sur le taux de recouvrement</b> .....	82
7.1.4.	<b>Choc sur le taux de frais généraux</b> .....	84
7.1.5.	<b>Chocs combinés</b> .....	85
7.2.	Autres éléments .....	86
7.2.1.	<b>RAC Ratio</b> .....	86
7.2.2.	<b>Marge de solvabilité sous solvabilité I</b> .....	88
7.3.	Conclusion des analyses complémentaires .....	90
	Conclusion.....	91
	Bibliographie .....	93

## Introduction

Les règles de solvabilité dans le secteur des services financiers ont fait l'objet de modifications significatives. L'objectif de ces mutations est de mieux prendre en compte l'environnement dans lequel évoluent les compagnies d'assurance et les banques notamment en améliorant la compréhension, la quantification et la gestion des risques. Dans le domaine assurantiel, la directive Solvabilité II structure la prise en compte des risques tandis que dans le domaine bancaire, la réglementation bâloise fournit un cadre à la gestion des risques. Ces deux systèmes réglementaires ont émergé dans un contexte de crise financière afin d'améliorer la solidité et la solvabilité des structures financières.

Dans le cadre de la délivrance d'un prêt immobilier à un particulier, la banque prêteuse demande des garanties financières à l'emprunteur pour faire face aux impayés. Ces garanties sont généralement soit l'hypothèque du bien immobilier, soit la souscription d'une garantie caution. L'activité de cautionnement de prêt est exercée à la fois par des compagnies d'assurance et des établissements bancaires. Or chacune de ces structures financières dispose d'un cadre réglementaire propre. La dualité réglementaire qui s'applique à la garantie caution génère donc un arbitrage réglementaire possible par les organismes souhaitant exercer l'activité de cautionnement. Il apparaît donc pertinent pour les organismes de cautionnement d'analyser les deux cadres réglementaires afin de mettre en exergue les impacts du choix de l'agrément sur la structure.

Il découle de cette dualité une problématique fondamentale dans la gestion d'un organisme de caution : quel cadre réglementaire semble plus adapté à une société de cautionnement pour gérer et contenir au mieux les risques auxquels elle est exposée?

Cette étude a pour vocation de fournir des éléments de réponse à cette problématique. A cette fin, l'étude présente la mise en place pour chaque type d'activité (banque et assurance) d'un modèle de projection de comptes de résultat et de bilans afin d'analyser la solvabilité de la structure selon les différents cadres réglementaires.

Ainsi l'étude débute par une présentation détaillée des garanties caution, des cadres réglementaires (bancaires et assurantiels) et de l'architecture du modèle. Ensuite la première étape du modèle relative aux hypothèses structurantes est explicitée. Puis la deuxième strate du modèle consiste à développer la manière de modéliser les flux du compte de résultat. La troisième étape du modèle exécute le calcul des provisions techniques en *best estimate* et de la marge de risque. Ensuite, la quatrième étape du modèle se caractérise par le calcul de la probabilité de défaut du portefeuille afin de développer une approche intermédiaire dans le cadre du calcul de l'exigence de marge de solvabilité bancaire. A partir des différentes étapes précédentes, le cinquième jalon consiste à construire l'actif et à calculer les exigences de marge de solvabilité telles que définies dans les réglementations bancaires et assurantielles. Le modèle découle ainsi sur la sixième étape relative à la construction et l'analyse des bilans projetés. Finalement des scénarios en situations dégradées sont appliqués et des indicateurs annexes de solvabilité sont mis en place afin d'obtenir des éléments d'analyse supplémentaires de la banque ou de la compagnie d'assurance.



## 1. Cadre de l'étude

### 1.1. Objectif de l'étude

L'activité de caution peut être exercée par une banque ou une compagnie d'assurance. Or, les cadres réglementaires bancaire et assurantiel diffèrent dans la manière d'appréhender et de quantifier les risques auxquels les structures sont soumises. De ce fait, dans le cadre de la mise en conformité des organismes de caution aux exigences réglementaires un arbitrage réglementaire peut être exercé. L'objectif de cette étude est donc d'établir une vision à long terme des résultats et de la solvabilité d'un organisme de caution selon le cadre réglementaire bancaire et assurantiel. En d'autres termes, on cherche à comprendre et à analyser les impacts des différents cadres réglementaires sur un organisme de caution. Pour des raisons de confidentialité, les données utilisées et présentées ont été transformées.

### 1.2. Description du cautionnement

CERLES A. [2008] fournit une description du cautionnement et notamment de leur traitement par les banques. Les éléments présentés sont en partie issus de cet ouvrage.

- Définition du cautionnement

Le code civil définit clairement les engagements de cautionnement à travers l'article 2288 en explicitant « *Celui qui se rend caution d'une obligation, se soumet envers le créancier à satisfaire à cette obligation, si le débiteur n'y satisfait pas lui-même.* ». En d'autres termes, une institution bancaire ou assurantielle qui se porterait caution pour son client, se verrait contrainte par ledit engagement à verser au créancier les sommes non payées par le client à son créancier, libre à l'organisme de cautionnement de se retourner contre le cautionné par le principe de subrogation pour se faire rembourser.

- Types de cautionnement

On distingue deux types de cautionnement : le cautionnement simple et le cautionnement solidaire. La distinction de ces deux modes de cautionnement est définie par l'article 2298 du code civil. Celui-ci précise que « *La caution n'est obligée envers le créancier à le payer qu'à défaut du débiteur, qui doit être préalablement discuté dans ses biens, à moins que la caution n'ait renoncé au bénéfice de discussion, ou à moins qu'elle ne se soit obligée solidairement avec le débiteur ; auquel cas l'effet de son engagement se règle par les principes qui ont été établis pour les dettes solidaires.* ». Lors du cautionnement simple, la banque ou la compagnie d'assurance qui s'est portée caution pour son client se réserve la possibilité de demander au créancier de poursuivre prioritairement le cautionné. Dans le cadre d'une caution solidaire, l'institution financière ayant accordée à son client une caution est contrainte de payer au créancier les sommes non payées par le cautionné.

- Principe de subrogation

Dès le paiement des dettes du cautionné par la caution au créancier, la caution se subroge au créancier. La caution peut donc se retourner contre le cautionné pour obtenir le recouvrement des sommes versées. Ce principe de subrogation est édicté dans l'article 1251 alinéa 3 du code civil : « *La subrogation a lieu de plein droit au profit de celui qui, étant tenu avec d'autres ou pour d'autres au paiement de la dette, avait intérêt de l'acquitter* ». Ainsi dans le cadre d'une garantie caution accordée par une banque ou une compagnie d'assurance à un client, le principe de subrogation confère à la banque ou la compagnie d'assurance la possibilité de recours contre son client.

- Recours de la caution auprès du cautionné

Le recours de la caution auprès du cautionné est défini par la loi dans le code civil par l'article 2305. Celui-ci mentionne que « *La caution qui a payé a son recours contre le débiteur principal, soit que le cautionnement ait été donné au su ou à l'insu du débiteur. Ce recours a lieu tant pour le principal que pour les intérêts et les frais ; néanmoins la caution n'a de recours que pour les frais par elle faits depuis qu'elle a dénoncé au débiteur principal les poursuites dirigées contre elle. Elle a aussi recours pour les dommages et intérêts, s'il y a lieu.* ». En d'autres termes, la caution (banque ou compagnie d'assurance dans cette étude) a le droit d'exiger auprès du cautionné le remboursement des sommes que la caution a versées au créancier.

Dans cette étude, les travaux concernent uniquement le cautionnement solidaire. Ainsi le fait que la banque ou la compagnie d'assurance doive payer intégralement le créancier est intégré dans le modèle. Elle se réserve ensuite la possibilité de se retourner contre le cautionné pour obtenir le remboursement de tout ou partie des sommes payées.

### 1.3. Cadres réglementaires

#### 1.3.1. Réglementation bancaire

La réglementation bancaire actuelle, ses mutations historiques et le rôle des instances de contrôles sont étudiés dans KOVAR & LASSERRE CAPDEVILLE [2012]. Les descriptions et explications suivantes s'inspirent de cet ouvrage.

- Mise en place de l'accord Bâle II en France

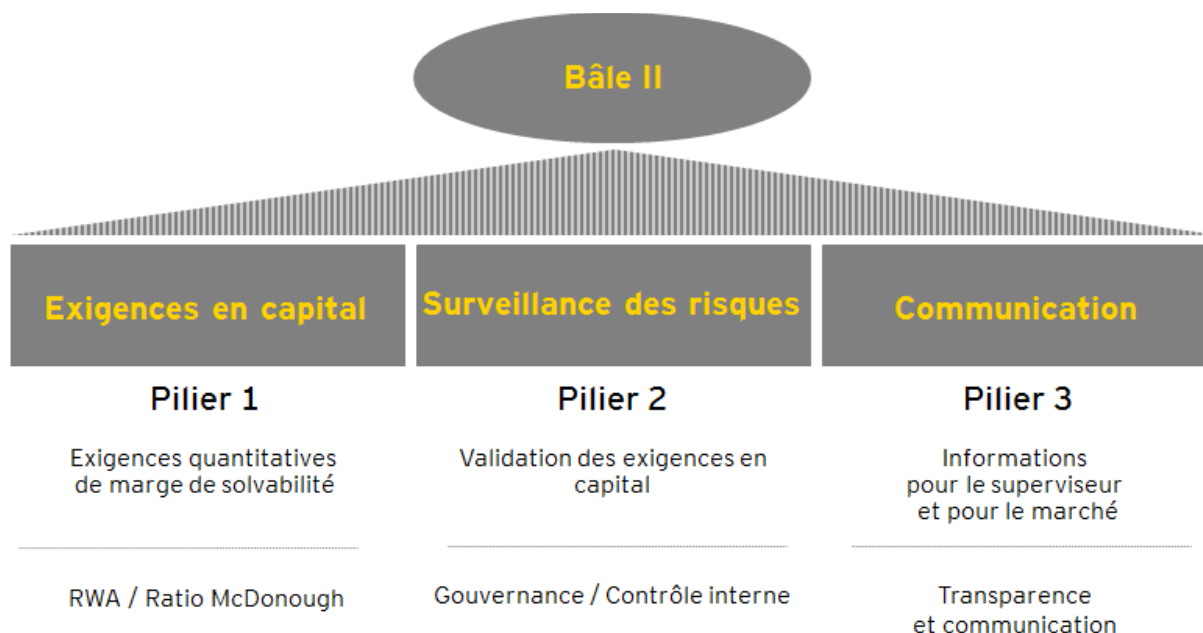
Suite aux différentes crises financières successives du XX<sup>ème</sup> siècle, les instances réglementaires ont établi des règles applicables aux banques afin d'assurer la solvabilité de celles-ci. En France, le règlement du comité de la réglementation bancaire et financière n°92-14 du 23 décembre 1992 établit un montant minimum de capital pour les établissements de crédits. Parallèlement aux travaux du comité de la réglementation bancaire et financière, le comité de Bâle réunissant des représentants des banques centrales et autorités de contrôle de treize pays travaillait à l'élaboration de normes internationales dans le but d'améliorer le pilotage de la solvabilité des banques. En 1988 est sorti de ce comité une première série de normes nommée « Bâle I ». Ensuite un nouvel accord nommé « Bâle II » a été conclu. Or le comité de Bâle n'a aucun pouvoir normatif. Ainsi certains pays ont souhaité retranscrire ce nouvel accord de Bâle dans leur législation. Pour les pays membres de l'Union Européenne, l'intégration de cet accord dans la réglementation européenne s'est fait au travers des directives CRD (*capital adequacy directive*) du 14 juin 2006. Comme les directives européennes ont une ascendance sur les législations nationales (sous réserve de constitutionnalité), les directives CRD et par suite l'accord Bâle II ont été transposés dans la loi française au travers d'un arrêté du ministre de l'Economie, des Finances et de l'Industrie du 20 février 2007. Les crises financières successives à l'élaboration de Bâle II ont montré les limites de ce cadre réglementaire, notamment sur la prise en compte du risque de liquidité. C'est pourquoi l'accord Bâle III est entré en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2014 et a alourdi les exigences de solvabilité des banques notamment sur la solidité de leurs fonds propres. Les organismes de caution n'exerçant pas l'activité de banque de détail, ni d'investissement, ils sont peu soumis au risque d'illiquidité. Cette étude se basera sur les critères Bâle II.

- Présentation de Bâle II

Dans DUMONTIER P. & DUPRE D. [2005], les auteurs fournissent une présentation de Bâle II. C'est un accord rassemblant un ensemble de normes ayant pour vocation à encadrer les règles de

solvabilité des banques et prévenir le risque systémique. Afin de parvenir à cet objectif, l'accord a été structuré en trois piliers. Cette structure est présentée dans SARDI [2012].

**Figure 1 : Structure des exigences de Bâle II**



- Pilier 1 : Exigence minimal de fonds propres

Le pilier 1 relatif à l'exigence minimal de fonds propres consiste à définir les méthodes de calcul du montant minimal de fonds propres que la banque devra détenir au regard des risques auxquels elle est soumise. Ce pilier se décompose en trois modules : le module associé au risque de crédit, le module associé au risque de marché et le module associé au risque opérationnel. Dans chaque module, différentes approches de méthode de calcul des fonds propres minimum sont définies (méthode standard, semi-évaluation interne, complète évaluation interne).

Concernant le risque de crédit, trois approches sont possibles pour évaluer le montant d'actifs pondérés associé au risque de crédit : l'approche standard, l'approche *IRB Foundation*, l'approche *IRB Advanced*.

Concernant le risque de marché, deux approches ont été établies pour calculer les fonds propres minimum relatifs à ce risque : l'approche standard et l'approche par modèles internes. Ce module de risque concerne uniquement le portefeuille de négociation (*trading book*). Or dans cette étude, la structure bancaire investit seulement dans une optique à moyen et long terme, c'est-à-dire que les actifs sont classifiés dans le *banking book* et non dans le *trading book*. Ainsi l'exigence de marge de solvabilité relative à ce module sera nulle.

Concernant le risque opérationnel, trois approches sont définies par la norme pour obtenir l'exigence de fonds propres pour le risque opérationnel : l'approche de base, l'approche standard et l'approche avancée. Dans cette étude, nous utiliserons l'approche de base. Cette approche est décrite par la suite lors du calcul de l'exigence de marge.

Une fois l'exigence de marge de solvabilité de chaque module établie, le calcul de l'exigence de marge de solvabilité totale s'obtient par compilation de chacune des exigences de marge modulaire tout en veillant au ratio McDonough. Le ratio McDonough correspond à 8 % de la somme des

exigences de marge de solvabilité de chaque risque (crédit, marché opérationnel). Des exigences portent également sur la qualité et la robustesse des fonds propres (Core Tier 1, Tier 1 hors Core Tier 1, Tier 2). Cette distinction consiste à segmenter le type de capital, c'est-à-dire qu'il s'agisse du capital puissant tel que le capital social, les résultats incorporés ou des produits hybrides associés. Dans cette étude, la totalité des fonds propres sont du Core Tier 1, c'est-à-dire qu'ils sont constitués du capital dur (capital social et résultats incorporés).

- Pilier 2 : Surveillance et gouvernance des fonds propres

Le pilier 2 s'attache à définir un cadre à la surveillance des fonds propres. Il s'agit dans ce pilier de définir des règles de contrôles et de vérification de la mise en place cohérente de Bâle II au sein de la banque. Ce pilier s'attache donc à valider les éléments quantitatifs du pilier 1 et à fournir des cadres de gouvernance de la structure et des risques.

- Pilier 3 : Communication et publication des résultats

Le pilier 3 définit les règles de communication des traitements mis en place et résultats obtenus lors des travaux associés à Bâle II. Il s'agit de *reportings* et états financiers à produire pour les parties prenantes (actionnaires, autorité de contrôle, etc).

### **1.3.2. Réglementation assurantielle**

- Mise en place de Solvabilité II

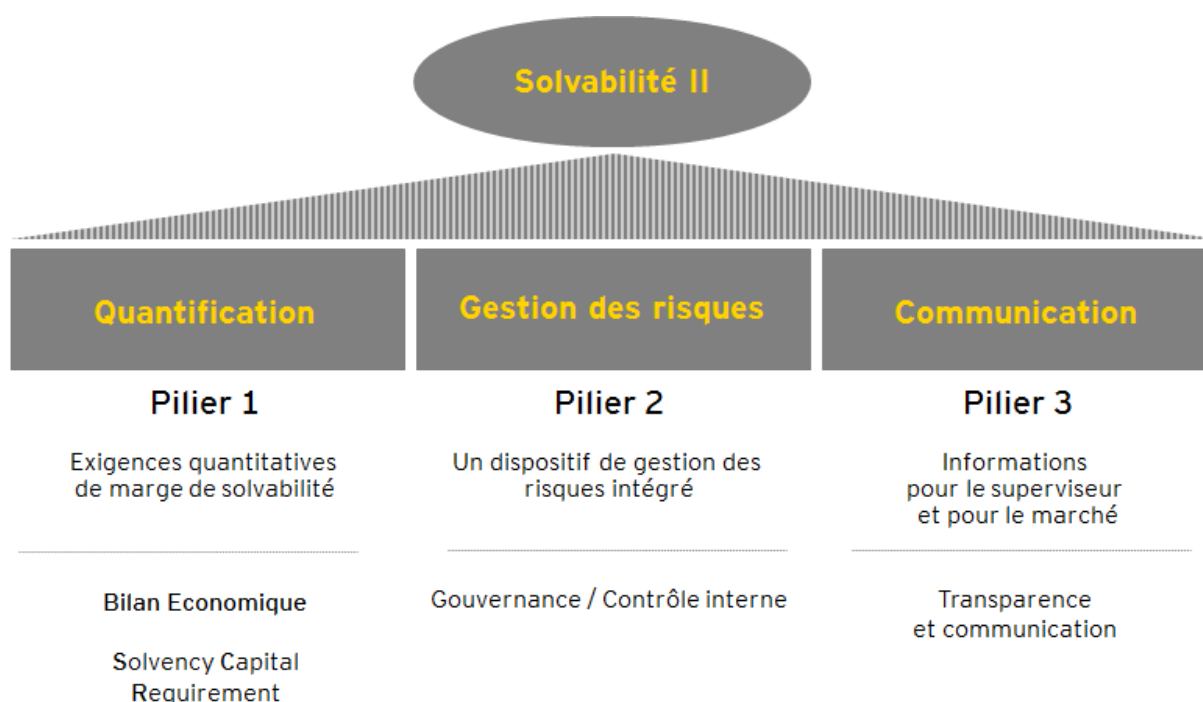
Les normes de solvabilité européennes relatives à l'assurance non-vie ont été établies en 1973 pour mettre en place un référentiel réglementaire homogène dans les pays de la Communauté Européenne. Ces règles ont vocation à protéger les assurés et les bénéficiaires des contrats d'assurance en imposant un cadre structurant sur le provisionnement des engagements de l'assureur, la composition de l'actif en représentation de ces engagements et le montant minimum de capital.

Ces normes ont été revisitées en 2001 à travers la directive Solvabilité I. Or de nombreuses critiques de la directive solvabilité I ont été soulevées. Parmi ces critiques, on note que les différents risques sont traités de la même manière bien que leur sensibilité soit différente. Une autre faiblesse de Solvabilité I est l'absence totale de contrôle interne. L'ensemble de ces faiblesses a donné lieu à une modification des normes de solvabilité européennes. C'est pourquoi les instances européennes ont travaillé sur la solvabilité des compagnies d'assurance afin d'obtenir un cadre réglementaire plus fiable et davantage adapté. Les travaux menés par le *Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors* puis par l'*European Insurance and Occupational Pensions Authority* ont débouché sur la création d'un nouveau cadre réglementaire sous forme de directive : la directive Solvabilité II. La directive Solvabilité II a été transposée en droit français et est paru au journal officiel le 3 avril 2015. L'entrée en vigueur des règles définies dans Solvabilité II est fixée au 1<sup>er</sup> janvier 2016.

- Présentation de Solvabilité II

La directive Solvabilité II regroupe des règles prudentielles quantitatives et qualitatives auxquelles les compagnies d'assurance doivent souscrire afin de pouvoir gérer efficacement les risques auxquels elles sont soumises. De la même manière que Bâle II, Solvabilité II se décomposent en trois piliers.

**Figure 2 : Structure des exigences de Solvabilité II**



- Pilier 1 : Descriptif des exigences quantitatives de la directive

Le pilier 1 de la directive correspond aux exigences quantitatives. Elle définit la manière de valoriser le bilan. La valorisation de l'actif sous la directive Solvabilité II se fait en valeur de marché. Le passif se décompose en quatre grands blocs : les provisions techniques en *best estimate*, la marge de risque, le capital économique et le surplus d'actif ou excédent de fonds propres.

Les provisions techniques en *best estimate* correspondent à l'engagement de l'assureur envers l'assuré. Ces provisions techniques sous Solvabilité II se valorisent à travers la méthode du *best estimate*. Cette méthode de valorisation consiste à prendre la valeur actuelle des flux futurs, en ce sens il s'agit d'une méthode prospective. Elle sera décrite plus longuement dans la suite de l'étude.

La marge de risque représente le coût d'immobilisation d'un montant de fonds propres éligibles égal au Capital de Solvabilité Requis (SCR) nécessaire pour faire face aux engagements d'assurance et de réassurance sur toute la durée de vie de ces engagements.

Le capital économique ou *Solvency Capital Requirement* (SCR) représente le capital cible nécessaire pour absorber les chocs provoqués par des risques majeurs. Il correspond au montant de fonds propres économiques dont doit disposer la compagnie d'assurance pour être sûre à 99,5 % de ne pas être en faillite dans l'année. Le SCR se calcule via l'estimation de l'impact sur les fonds propres de la survenance possible de chacun des risques auxquels la société est effectivement soumise. Pour la détermination du SCR dans cette étude on distingue plusieurs sous-modules de risques : le risque de souscription non-vie, le risque de marché, le risque opérationnel et le risque catastrophe. L'exigence de marge de solvabilité obtenue sur chacun des risques est ensuite compilé à travers une matrice de corrélation afin d'obtenir le SCR global. D'autres sous-modules existent mais ils ne sont pas utilisés dans cette étude.

Le surplus d'actif est une constituante des fonds propres et caractérise la différence entre la valeur de l'actif net des provisions techniques et de la marge pour risque.

- Pilier 2 : Gestion des risques

Le pilier 2 de la directive consiste à définir et à harmoniser les activités de surveillance et de gouvernance des risques au sein des compagnies d'assurance et au niveau des autorités de contrôle. Il définit des règles de contrôles et de vérification de l'intégration de la directive Solvabilité II au sein de la structure à travers notamment la fonction de contrôle et d'audit interne. En outre, ce pilier fournit des informations concernant la politique de gestion des risques au sein de la compagnie d'assurance.

- Pilier 3 : Communication des résultats issus des exigences prudentielles

Le pilier 3 de la directive Solvabilité II traite des éléments d'information qui doivent être publiés par les compagnies d'assurance. Il s'agit des informations à destination des actionnaires, du superviseur et des assurés. Ce pilier établit un cadre sur les rapports et documents à produire.

#### **1.4. Similitudes et différences entre les réglementations bancaires et assurantielles**

##### **1.4.1. Convergences des cadres réglementaires**

L'architecture des exigences associées aux cadres Solvabilité II et Bâle II a été présentée précédemment. Autant, la directive Solvabilité II que les accords Bâle II s'appliquent aux structures financières. Ces deux cadres réglementaires présentent des similitudes développées dans GATZERT & WESKER [2011].

- Une approche sous trois piliers

Lors de la création des normes de solvabilité des compagnies d'assurance définies dans la directive Solvabilité II, les instances législatives se sont appuyées sur les travaux menés sur la réglementation du secteur bancaire. Le cadre réglementaire du secteur bancaire (Bâle II) se décompose comme vu sur la figure 1 en trois piliers fondateurs : un pilier quantitatif, un pilier qualitatif et un pilier de communication. Ainsi les législateurs ont établi pour la directive Solvabilité II une structure analogue à celle de Bâle II, à savoir une structure en trois piliers reprenant les trois grands thèmes : quantitatif, qualitatif et de communication.

- Une notion de formule standard et de modèle interne

Le pilier 1 des accords Bâle II se décompose en trois blocs de risques. Nous avons vu précédemment que pour chacun de ces risques, le calcul de l'exigence de marge peut être réalisé grâce à une approche standard, une approche intermédiaire et une approche avancée (modèle interne). L'approche standard consiste à utiliser des paramètres de marché pour calibrer l'exigence en capital. L'approche intermédiaire est un mélange de l'approche standard à partir de facteurs de risque prédéfinis et de l'approche avancée à partir d'une évaluation fine de certains paramètres. L'approche avancée consiste à mettre en place au sein des banques une évaluation fine et complète des risques auxquels elle est exposée afin d'en déduire un montant de capital nécessaire pour faire face à ces risques.

Le pilier 1 de la directive Solvabilité II définit au travers des *Quantitative Impact Studies* et de l'étude d'impacts sur les branches longues donne la possibilité de calculer le *Solvency Capital Requirement* à partir d'une formule standard, d'un modèle interne partiel ou d'un modèle interne. La formule standard, au travers des spécifications techniques, définit la méthodologie de calcul des exigences réglementaires. Dans le cadre de modèles internes, le législateur laisse la possibilité aux compagnies d'assurance de mettre en place une valorisation interne de leur charge en capital. Les méthodes de valorisation doivent toutefois être justifiées auprès de l'autorité de contrôle des compagnies d'assurance et validées par celle-ci.

Aussi bien dans la cadre de Bâle II que Solvabilité II, le législateur a laissé la possibilité aux banques et compagnies d'assurance de mettre en place une valorisation interne de leur charge en capital sous réserve de validation des méthodes par l'autorité de contrôle.

- Valorisation de l'actif en valeur de marché dans les deux cadres réglementaires

Bâle II définit la valorisation des actifs dans le bilan en valeur de marché.

Sous la réglementation Solvabilité I, la valorisation des actifs dans le bilan se faisait en coût historique. Dans le cadre des travaux associés à Solvabilité II, les instances réglementaires ont modifié la méthode de valorisation des actifs en privilégiant une approche en juste valeur (valeur de marché).

Les instances réglementaires bancaires et assurantielles ont convergé sur la méthode de valorisation des actifs en privilégiant une approche en juste valeur.

#### **1.4.2. Divergences des cadres réglementaires**

Bien que les réglementations Bâle II et Solvabilité II révèlent des aspects symétriques, force est de constater que des différences considérables existent et sont développés dans GATZERT & WESKER [2011].

- Architecture des risques

L'architecture des risques de Bâle II est décomposée en trois grands risques : le risque de marché, le risque de crédit et le risque opérationnel. Chaque risque est traité indépendamment sans prendre en compte de risque global. Bâle II n'intègre aucun pilotage global des risques de la banque. Il s'agit de risques individuels et centrés sur les actifs.

La structure de Solvabilité II est davantage globalisée au sens où elle prend en compte l'ensemble des risques de l'entreprise et définit une probabilité de défaut de la structure de 0,5 % à horizon 1 an. Dans la même logique de pilotage global des risques, Solvabilité II prend en compte les effets de diversification et de dépendances entre les risques.

- Vision des risques

Les banques sont fortement exposées au risque systémique. Cela s'explique par le caractère très liquide des actifs traités par les banques. De part cette forte liquidité des actifs traités, le phénomène de contagion est important dans le secteur bancaire. C'est pourquoi, les instances réglementaires ont fortement mis l'accent sur le risque systémique. En se concentrant sur le risque systémique, l'objectif recherché par les instances réglementaires bancaires est la stabilité globale du système financier.

La réglementation assurantielle sous Solvabilité II se concentre sur la compréhension de tous les risques inhérents à l'activité d'assurance. En effet, les risques de souscription, de marché, de défaut, de sous-provisions et opérationnel sont pris en compte. Ainsi, la politique qui consiste à porter une attention particulière aux risques associés au passif provient de l'objectif central de la directive : protéger les assurés contre le défaut de l'assureur et donc de la perte de leurs garanties. La vision de la gestion des risques d'après Solvabilité II est une vision globale de la compagnie d'assurance.

L'objectif d'assurer la stabilité du système financier du côté bancaire et celui de protéger les assurés du côté assurantiel met en exergue une divergence de vision et d'objectif entre les deux cadres réglementaires.

- Autres divergences

Bâle II fournit une vision centrée sur trois risques afin d'éviter un risque systémique. En revanche ce cadre réglementaire n'intègre pas une vision macro de la gestion des risques au niveau de la banque. Elle ne prend également pas en compte les effets de diversification et de dépendance.

Concernant la réglementation assurantielle, Solvabilité II offre une vision globale de l'entreprise. De plus le secteur de l'assurance a recours à des actifs moins liquides que la banque. En ce sens le secteur de l'assurance est moins soumis au risque systémique que la structure bancaire.

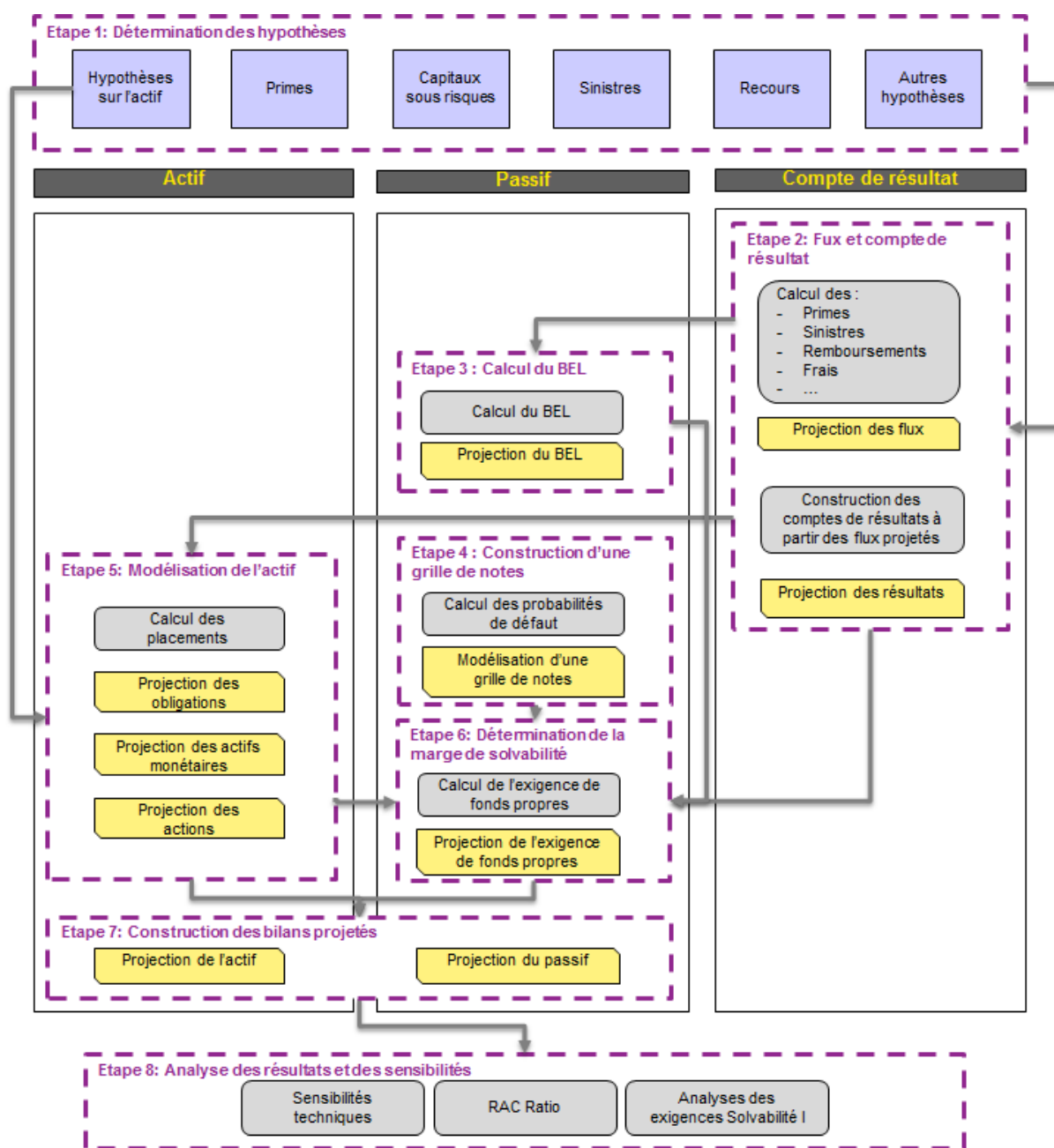
## **1.5. Architecture des modèles bancaires et assurantielles**

### **1.5.1. Schéma de l'architecture des modèles**

La structure des modèles développés dans cette étude se décompose en plusieurs étapes. Chacune de ces étapes constituent un jalon essentiel dans la détermination de l'exigence de marge de marge de solvabilité.



**Figure 3 : Macro-schéma du modèle de projection des comptes de résultat et des bilans**



### 1.5.2. Descriptif des étapes du modèle

L'architecture des modèles bancaires et assurantiels développés dans cette étude se décompose en huit grandes étapes. Chacune de ces étapes a une importance essentielle dans le processus de production des bilans et des exigences réglementaires relatives à la solvabilité.

- Etape 1 : Détermination des hypothèses

Le modèle de projection des comptes de résultat et des bilans requiert le montant de primes versées lors des années projetées, les sinistres, les recouvrements, les frais, les commissions, les provisions et les produits financiers. Ces variables sont définies à partir d'hypothèses sur l'activité commerciale future, le cadencement des sinistres et des recouvrements, les frais, etc. D'autres hypothèses dans le

modèle interviennent telles que la courbe de taux sans risque, le taux d'impôt sur les sociétés, les chocs applicables pour le calcul de l'exigence de marge, les matrices de corrélation.

- Etape 2 : Calcul des flux et construction des comptes de résultat

A partir des hypothèses déterminées dans l'étape 1, le modèle projette l'ensemble des flux sur chaque année de projection, à savoir les primes, les sinistres, les recouvrements, les frais, les commissions et les provisions techniques.

A partir des flux projetés, on construit la marge technique, le résultat d'exploitation le compte de résultat associé à chaque année de projection. Ainsi pour l'assurance, on reconstitue le résultat net avant et après impôts. Pour la banque, on obtient le produit net bancaire, le résultat d'exploitation ainsi que le résultat avant et après impôts.

- Etape 3 : Calcul du *Best Estimate Liabilities*

Le *Best Estimate Liabilities* correspond aux provisions techniques d'un point de vue prospectif, c'est-à-dire qu'on s'intéresse à la valeur actuelle des flux futurs pour déterminer le montant de réserves au titre des engagements contractés envers les assurés. La méthode de calcul du BEL sera décrite plus loin dans cette étude.

- Etape 4 : Construction d'une grille de score

Afin de déterminer l'exigence de marge de solvabilité bancaire dans l'étape suivante, il est essentiel en amont de quantifier les paramètres de calibrage de chaque *Risk-Weighted Assets*. Dans le cadre du calcul du RWA associé à la clientèle de détail par approche IRBF, le paramètre de la probabilité de défaut est essentiel et structurant pour l'évaluation de l'exigence de marge de solvabilité. L'utilisation d'un paramètre ayant fait l'objet d'une évaluation propre doit être justifié. C'est pourquoi on modélise finement la probabilité de défaut à l'aide d'une grille de score.

- Etape 5 : Modélisation de l'actif

La modélisation de l'actif se caractérise par la projection de la valeur globale de l'actif à partir du montant de passif en norme Solvabilité I, c'est-à-dire les provisions techniques complétées des capitaux propres, les capitaux propres étant calculés à partir du capital social augmenté ou diminué du résultat. Chaque classe d'actif est valorisée suite à l'application d'une stratégie d'allocation.

- Etape 6 : Détermination de la marge de solvabilité

Une fois les comptes de résultat et le *Best Estimate Liabilities* (BEL) projetés, le modèle prend en charge le calcul de la marge de solvabilité.

Le modèle prudentiel assurantiel détermine l'exigence de marge à partir des variations de *Net Asset Value* obtenues suite à l'application des règles définies dans Solvabilité II. Le calcul détaillé de la marge de solvabilité pour le secteur de l'assurance est décrit plus loin dans cette étude.

Le modèle bancaire calcule l'exigence de marge à partir du ratio McDonough, du *Risk-Weighted Asset* (RWA), des chocs appliqués (notamment la probabilité de défaut calculée précédemment) et du calcul de la charge associée au risque opérationnel. Les détails de la détermination de l'exigence de marge pour le secteur bancaire sont développés plus loin dans cette étude.

- Etape 7 : Construction des bilans projetés

Dès lors que l'actif, les provisions techniques et les fonds propres sont calibrés, le modèle construit les bilans sur l'ensemble des années de projection. Une analyse des résultats est donc menée pour comprendre l'impact de chaque cadre réglementaire sur le patrimoine de la structure. Les métriques mises en places pour analyser les résultats regroupent le ratio de sur-couverture de l'exigence de marge de solvabilité par les fonds propres et le surplus d'actif (ou *Free Surplus*).

- Etape 8 : Analyse des sensibilités et autres axes d'analyse

Une fois les états financiers développés et les indicateurs de solvabilité mis en évidence, on s'intéresse à quantifier l'exigence de marge de solvabilité bancaire sous l'approche standard. Cette étape permet d'obtenir une autre vision de la solvabilité de la structure et de comprendre le gain de l'approche IRBF. Ensuite une étape consiste à tester la résistance de la structure vis-à-vis de chocs sur la sinistralité et les recouvrements et les frais. On analyse donc la volatilité des fonds propres suite à l'application de tels chocs.

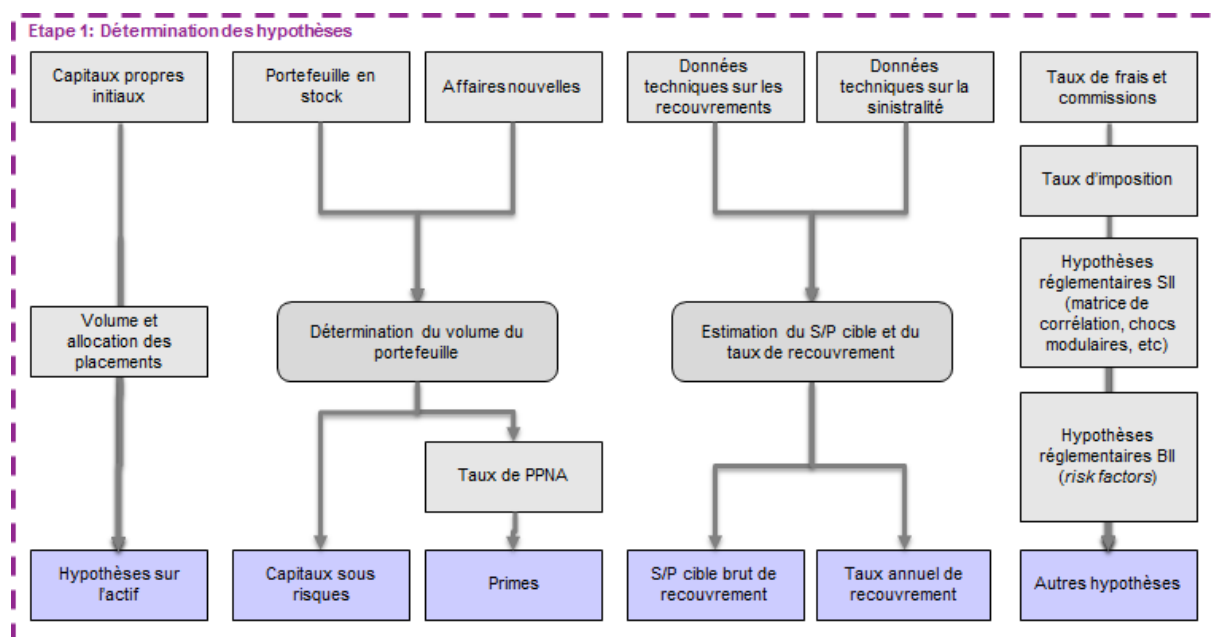
Puis on s'intéresse au *RAC Ratio* de la structure. Cet indicateur mis en place par l'agence de notation Standard&Poor's fournit un autre spectre d'analyse. En effet, une des préoccupations des structures bancaires ou assurantielles est d'obtenir un certain niveau de *rating* par les grandes agences de notation. Ce *rating* aura un impact direct sur la visibilité de la structure auprès des acteurs du marché (actionnaires, autorité de contrôle, assurés, concurrents). Ainsi l'avis que formulera entre autres Standard&Poor's par le biais du *RAC Ratio* est important et fournit un élément d'analyse structurant.

Finalement, on quantifie et on analyse les besoins de marge de solvabilité tels qu'ils sont définis sous la norme Solvabilité I. Cette étape donne une vision sur les changements de calcul de l'exigence de marge de solvabilité pour les compagnies d'assurance.

## 2. Hypothèses des modèles

L'élaboration des hypothèses constitue la première étape de l'étude. Il s'agit dans cette étape de recenser l'ensemble des paramètres qui seront utilisés dans la projection des comptes de résultat et des bilans.

**Figure 4 : Etape 1 du modèle - Détermination des hypothèses**



### 2.1. Production commerciale

L'étude s'attèle à projeter le compte de résultat et le bilan d'une compagnie d'assurance et d'une banque distribuant des produits de cautionnement. La stratégie commerciale de la structure a un impact significatif sur l'évolution du compte de résultat et du bilan. En effet, les projections commerciales sont à intégrer dans les paramètres du modèle afin de prendre en compte les primes ou produits futurs associés à la poursuite de la commercialisation des produits de cautionnement. On s'intéresse à une structure qui continue son activité de cautionnement. On fait l'hypothèse dans ce modèle que la poursuite de l'activité durera cinq années. Ainsi, pendant cinq ans, la structure continuera à commercialiser des produits de cautionnement et intégrera donc des affaires nouvelles. Les affaires nouvelles sont exprimées en nombre de contrat et en primes moyennes. Par souci de confidentialité, les données de la production commerciale présentées ont été ajustées.

**Tableau 1 : Production commerciale**

	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Nombre en affaires nouvelles	0	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Primes moyennes sur affaires nouvelles (en €)	0	1 000	1 020	1 040	1 061	1 082
Nombre en stock	5 000	0	0	0	0	0
Primes moyennes sur stock (en €)	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000

Le premier constat consiste à exprimer l'idée que la prime moyenne sur le stock est constante sur toutes les années de projection. Ce phénomène s'explique par le fait que les contrats en stock ont déjà été commercialisés. Or l'engagement de l'assuré contractualisé consiste à verser une prime

unique à l'assureur au moment de la souscription du contrat. En ce sens, la prime acquise moyenne sur le stock est constante.

Le deuxième fait notable caractérise l'évolution annuelle des primes moyennes sur les affaires nouvelles. Cette évolution correspond à la répercussion sur les primes de la hausse future des frais.

## 2.2. Sinistralité et recouvrement

La détermination des taux de survenance et de recouvrement pour le portefeuille de garantie caution se fait à partir des données collectées tout au long de l'activité passée. Les données relatives aux sinistres et recouvrements passés permettent d'estimer les taux de survenance et de recouvrement.

Parmi les dossiers en activité (dossiers n'ayant pas fait l'objet d'un défaut), chaque année on constate des défauts de paiement et donc la mise en jeu de la garantie caution. Parmi les dossiers en défaut, chaque année on constate des remboursements grâce au principe de subrogation. Dans le cadre de la projection du compte de résultat et du bilan, il convient d'estimer les montants de sinistres et de recouvrements futurs. Les sinistres et recouvrements seront modélisés à partir des ratios de sinistres sur primes et des ratios de recouvrements sur sinistres. Ces ratios seront calculés sur la base des données historiques à partir des projections obtenues par application de la méthode de Chain Ladder Standard.

### 2.2.1. Méthodologie de calcul de la charge ultime

La construction de la charge ultime se base sur la méthode de Chain Ladder Standard. Cette méthode a été spécifiée dans PARTRAT et al. [2007].

- **Validation des données**

Les données en amont du calcul de la charge de sinistres par la méthode de Chain Ladder doivent absolument être fiables et robustes. Sans la validation de cette condition *sinequanone*, les résultats des études basés sur ces données sont biaisés et donc non exploitables. En ce sens plusieurs contrôles sur les données ont été menés. Tout d'abord, un rapprochement avec les flux comptables a été performé pour s'assurer de la pertinence des flux. Ensuite une analyse de l'évolution du triangle de règlements entre les années a été menée pour s'assurer de la stabilité des données et l'absence de phénomène extrêmes. Finalement une analyse plus fine du cadencement des règlements a été effectuée afin de s'assurer qu'aucun événement extrême isolé ne perturbe l'homogénéité et le calcul.

- **Méthode de Chain Ladder**

**Tableau 2 : Format du triangle de règlements cumulés**

Année	0	...	j	...	n
0			$C_{0,j}$		$C_{0,n}$
...					
i			$C_{i,j}$		
...					
n	$C_{n,0}$				

La méthode de Chain Ladder s'appuie sur l'hypothèse suivante :

Pour  $j = 0, \dots, n-1$ , les ratios des facteurs adjacents  $\frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}}$  sont indépendants de l'année d'origine  $i$ .

$$\text{D'où, pour } j=0, \dots, n-1 : \frac{C_{0,j+1}}{C_{0,j}} = \dots = \frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}} = \dots = \frac{C_{n-j-1,j+1}}{C_{n-j-1,j}}$$

La valeur commune de ces rapports s'écrit aussi.

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

Dans la pratique, les égalités décrites précédemment n'étant au mieux qu'approximativement vérifiées, il est naturel de choisir comme facteur commun.

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

On en déduit les évaluations des charges ultimes.

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

- **Validation du modèle**

Selon les auteurs précités, la validation du modèle par application de la méthode de Chain Ladder Standard consiste à valider les hypothèses sous-jacentes à la méthode. Cette validation s'opère directement à partir de l'observation des données.

La première validation consiste à produire un C-C plot. En effet, si, pour  $j$  fixé, il existe un paramètre  $f_j$  tel que  $C_{i,j+1} = f_j C_{i,j}$  pour  $i = 0, \dots, n-j-1$ , les  $(n-j)$  couples  $(C_{i,j}, C_{i,j+1})_{i=0, \dots, n-j-1}$  doivent être sensiblement alignés sur une droite passant par l'origine. La représentation graphique correspondante se nomme C-C plot.

La deuxième validation se fait par le biais de la construction d'un D-triangle et par la représentation graphique des colonnes du triangle. Cette validation se fonde sur le triangle de développement formé des facteurs individuels  $f_{i,j} = \frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}}$  pour  $i+j \leq n-1$  (D-triangle). L'hypothèse sous-jacente à la méthode Chain Ladder n'est acceptable que si, pour tout  $j=0, \dots, n-2$ , les éléments de la  $j$ ème colonne du d-triangle sont « sensiblement » constants. Si tel n'est pas le cas, son examen permet d'effectuer des choix alternatifs de facteurs. L'examen du D-triangle permet en particulier de montrer des colonnes où apparaissent des valeurs extrêmes ou des structures non aléatoires.

## 2.2.2. Détermination de l'hypothèse de sinistralité

Dans le cadre de la garantie caution, il s'agit d'un contrat à prime unique. En ce sens, la prime unique versée lors de la souscription du contrat l'est en représentation d'une charge de sinistres probable et donc d'un ratio de sinistres sur primes estimé a priori. Ainsi en cas de décrochage du ratio de sinistres sur primes, l'assureur est tenté d'appliquer une révision tarifaire sur les affaires nouvelles afin d'améliorer la rentabilité de son produit. C'est pourquoi la détermination du ratio de sinistres sur

primes cible se fera par analyse des sinistres par génération, c'est-à-dire par année de commercialisation.

On définit le ratio de sinistres sur primes estimé pour une même génération comme le rapport entre la charge ultime de sinistres et les primes émises associées à une même génération.

$$S/P \text{ estimé}_i = \frac{\text{Charge ultime}_i}{\text{Primes émises}_i}$$

La charge ultime a été construite à partir de la méthode de Chain Ladder décrite précédemment. Pour se faire, on s'est basé sur le triangle de règlements cumulés constatés sur l'historique.

**Tableau 3 : Triangle de règlements cumulés constatés sur l'historique pour la sinistralité**

Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	91 725	182 264	269 773	352 286	433 831	502 347	549 904	601 028	645 458	692 061	748 376	793 625	858 885	909 125	1 021 292
2	112 729	221 992	330 147	437 756	561 434	650 128	718 974	796 447	875 253	953 015	1 039 418	1 141 611	1 218 045	1 329 815	
3	43 204	88 146	124 389	160 158	195 832	235 312	275 391	317 336	354 510	394 068	427 830	460 376	501 802		
4	56 021	111 609	160 181	199 609	235 796	277 642	323 825	356 081	387 426	418 079	453 400	478 657			
5	48 996	98 480	143 462	183 906	218 373	265 034	292 631	329 597	369 420	403 619	444 172				
6	31 000	63 811	101 086	132 821	157 896	187 748	206 090	242 668	272 570	297 629					
7	37 252	74 980	111 503	143 511	181 690	214 940	252 799	284 686	319 846						
8	33 591	66 972	103 263	143 783	175 933	216 119	243 176	274 786							
9	38 283	77 847	120 782	164 855	206 632	249 202	278 657								
10	74 835	152 252	214 635	264 856	320 099	365 802									
11	76 242	150 681	223 293	302 754	377 498										
12	51 937	102 602	145 385	181 715											
13	59 328	121 264	180 200												
14	64 725	129 854													
15	63 157														

A partir de ce triangle de règlements, les facteurs de développement ont été déterminés par la méthode de Chain Ladder Standard et le triangle a été projeté afin d'obtenir la charge ultime par génération.

**Tableau 4 : Facteur de développement pour la sinistralité**

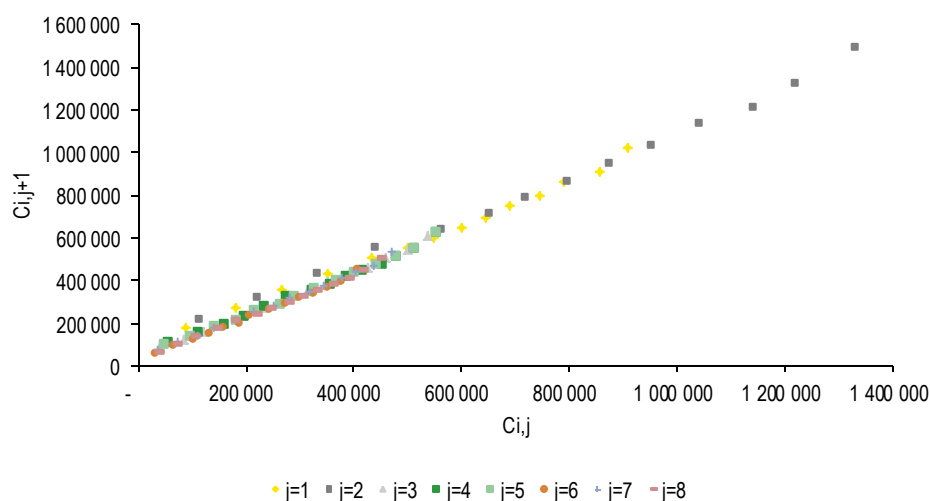
Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Facteurs de développement		200 %	147 %	130 %	123 %	118 %	112 %	112 %	110 %	109 %	109 %	108 %	108 %	108 %	112 %

**Tableau 5 : Triangle de règlements cumulés projetés avec charge ultime de sinistres**

Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	91 725	182 264	269 773	352 286	433 831	502 347	549 904	601 028	645 458	692 061	748 376	793 625	858 885	909 125	1 021 292
2	112 729	221 992	330 147	437 756	561 434	650 128	718 974	796 447	875 253	953 015	1 039 418	1 141 611	1 218 045	1 329 815	1 493 886
3	43 204	88 146	124 389	160 158	195 832	235 312	275 391	317 336	354 510	394 068	427 830	460 376	501 802	540 945	607 687
4	56 021	111 609	160 181	199 609	235 796	277 642	323 825	356 081	387 426	418 079	453 400	478 657	515 245	555 437	623 966
5	48 996	98 480	143 462	183 906	218 373	265 034	292 631	329 597	369 420	403 619	444 172	478 329	514 892	555 056	623 538
6	31 000	63 811	101 086	132 821	157 896	187 748	206 090	242 668	272 570	297 629	323 882	348 788	375 450	404 737	454 673
7	37 252	74 980	111 503	143 511	181 690	214 940	252 799	284 686	319 846	347 797	378 476	407 581	438 736	472 960	531 313
8	33 591	66 972	103 263	143 783	175 933	216 119	243 176	274 786	302 626	329 073	358 100	385 637	415 115	447 496	502 708
9	38 283	77 847	120 782	164 855	206 632	249 202	278 657	311 735	343 319	373 322	406 252	437 493	470 935	507 670	570 306
10	74 835	152 252	214 635	264 856	320 099	365 802	410 634	459 379	505 922	550 134	598 661	644 697	693 978	748 112	840 413
11	76 242	150 681	223 293	302 754	377 498	444 466	498 939	558 167	614 718	668 438	727 401	783 337	843 216	908 990	1 021 141
12	51 937	102 602	145 385	181 715	224 012	263 751	296 076	331 222	364 780	396 659	431 648	464 841	500 373	539 405	605 956
13	59 328	121 264	180 200	234 766	289 411	340 751	382 513	427 921	471 276	512 461	557 665	600 548	646 455	696 881	782 861
14	64 725	129 854	191 240	249 149	307 141	361 627	405 948	454 137	500 148	543 856	591 829	637 340	686 059	739 575	830 823
15	63 157	126 546	186 368	242 801	299 316	352 414	395 605	442 567	487 406	530 001	576 752	621 103	668 580	720 733	809 656

L'application de la méthode de Chain Ladder sur les données présentées dans les tableaux 3 et 5 est validée par la présentation du C-C plot et de la représentation des coefficients du D-triangle.

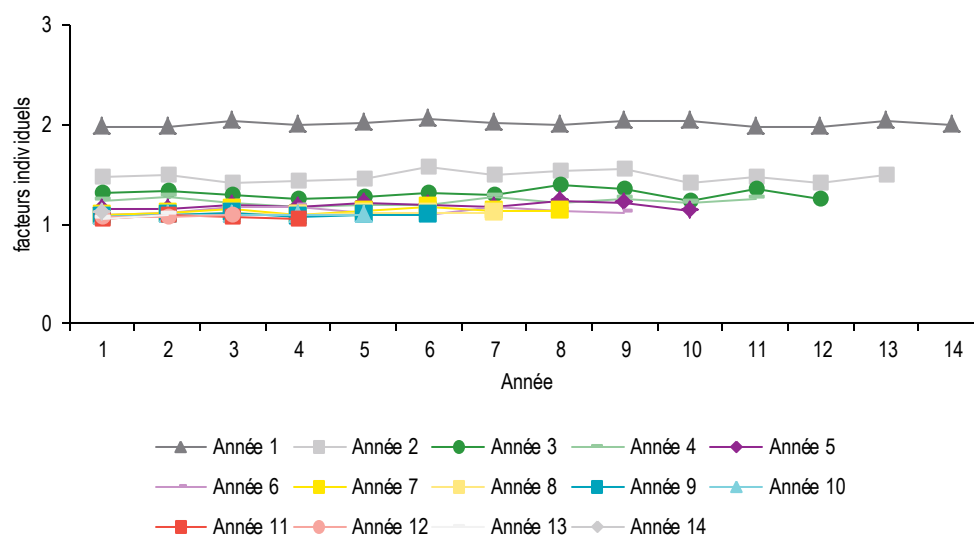
**Figure 5 : Représentation du C-C plot de l'étude sur la sinistralité**



Le C-C plot relatif au triangle de règlements cumulés projetés des huit  $j$  premiers termes montre des points alignés et passant par l'origine. On peut donc à ce stade valider l'hypothèse attestant l'existence d'une relation linéaire entre les paiements cumulés d'une année sur l'autre.



**Figure 6 : Représentation du D-triangle de l'étude sur la sinistralité**



Le D-triangle montre que pour chaque année  $j$ , les indices pour chaque année  $i$  constitués du rapport des règlements cumulés sont relativement alignés, c'est à dire constants. Cette étape valide donc l'utilisation des résultats issus du triangle de règlements cumulés.

A partir de la charge ultime et de la prime émise par génération, les ratios de sinistres sur primes estimés ont été déterminés et sont présentés dans le tableau 6.

**Tableau 6 : Tableau des S/P empiriques**

Année	Charges ultimes	Primes émises	S/P empiriques
1	1 021 292	1 410 820	72 %
2	1 493 886	2 080 042	72 %
3	607 687	826 110	74 %
4	623 966	845 712	74 %
5	623 538	836 291	75 %
6	454 673	599 121	76 %
7	531 313	695 982	76 %
8	502 708	651 176	77 %
9	570 306	754 372	76 %
10	840 413	1 110 189	76 %
11	1 021 141	1 339 376	76 %
12	605 956	800 470	76 %
13	782 861	1 045 209	75 %
14	830 823	1 122 582	74 %
15	809 656	1 094 278	74 %

Le taux de S/P annuel oscille entre 72 % et 77 % sur les quinze années de garantie pour se stabiliser autour de 74 % sur les dernières années. Le ratio de sinistres sur primes implémenté dans le modèle est le ratio de sinistres sur primes empirique moyen constaté, c'est-à-dire 74,42 %.

### 2.2.3. Calcul du taux de recouvrement

Le calcul du taux de recouvrement est sensiblement similaire au calcul du ratio de sinistres sur primes à savoir que l'on cherche à connaître le ratio de recouvrement sur la charge de sinistres. De la même manière que le ratio de sinistres sur primes, le calcul est effectué par génération.

$$R/S \text{ estim\acute{e}}_i = \frac{\text{Recouvrements ultimes}_i}{\text{Charge ultime}_i}$$

Les recouvrements ultimes ont été construits à partir de la méthode de Chain Ladder décrite précédemment. Pour se faire, on s'est basé sur le triangle de recouvrements cumulés présenté en tableau 7.

**Tableau 7 : Triangle de recouvrements cumulés constatés sur l'historique pour les recours**

Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	65 317	132 516	198 510	260 411	320 777	370 912	404 548	443 975	475 790	512 265	555 229	588 555	638 835	676 403	758 793
2	86 255	169 605	248 490	327 662	418 687	482 444	537 210	593 715	651 965	708 612	774 846	850 432	905 337	989 489	
3	32 333	67 181	94 689	121 533	147 592	175 032	204 705	234 164	261 282	291 672	317 622	341 849	372 396		
4	40 814	82 400	118 499	148 610	175 627	206 390	241 213	265 051	288 159	310 996	336 609	354 439			
5	35 574	71 959	105 525	134 620	161 836	194 467	214 872	241 950	271 951	296 735	326 523				
6	23 207	46 683	73 079	96 697	115 657	137 353	150 951	177 639	199 958	219 293					
7	26 978	54 577	82 254	104 583	131 239	155 351	182 370	206 911	231 873						
8	24 647	49 629	77 347	108 050	132 689	162 033	181 620	205 153							
9	28 740	57 700	88 581	120 490	150 838	182 086	204 835								
10	53 951	113 354	159 114	195 476	234 360	266 513									
11	54 307	109 625	162 127	220 535	276 353										
12	38 421	75 841	106 993	133 936											
13	42 662	89 555	130 976												
14	46 245	93 849													
15	49 805														

A partir de ce triangle de recouvrements, les facteurs de développement ont été déterminés par la méthode de Chain Ladder Standard et le triangle a été projeté afin d'obtenir les recouvrements ultimes par génération.

**Tableau 8 : Facteur de développement pour les recours**

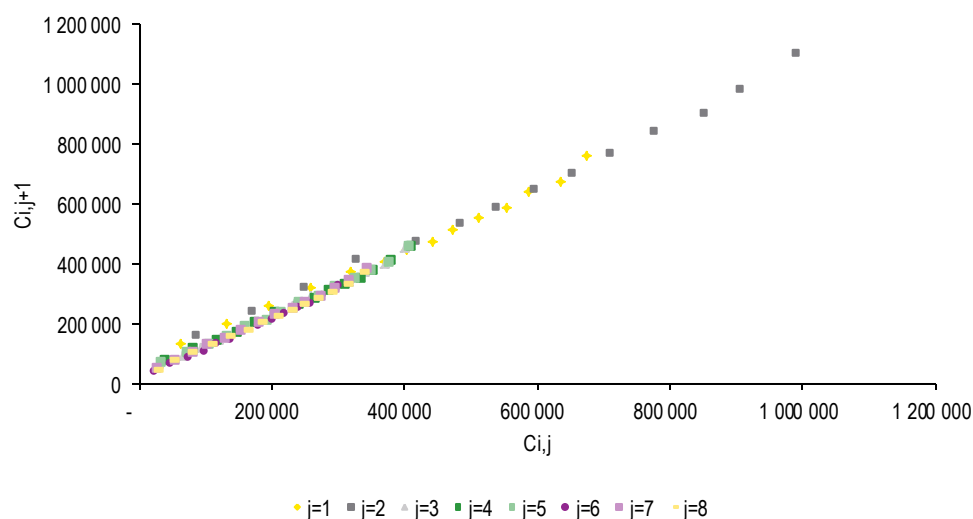
Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Facteurs de développement		203 %	147 %	130 %	123 %	117 %	112 %	112 %	110 %	109 %	109 %	108 %	108 %	108 %	112 %

**Tableau 9 : Triangle de recouvrements cumulés projetés avec recouvrements ultimes**

Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	65 317	132 516	198 510	260 411	320 777	370 912	404 548	443 975	475 790	512 265	555 229	588 555	638 835	676 403	758 793
2	86 255	169 605	248 490	327 662	418 687	482 444	537 210	593 715	651 965	708 612	774 846	850 432	905 337	989 489	1 110 014
3	32 333	67 181	94 689	121 533	147 592	175 032	204 705	234 164	261 282	291 672	317 622	341 849	372 396	401 750	450 685
4	40 814	82 400	118 499	148 610	175 627	206 390	241 213	265 051	288 159	310 996	336 609	354 439	381 453	411 521	461 647
5	35 574	71 959	105 525	134 620	161 836	194 467	214 872	241 950	271 951	296 735	326 523	351 365	378 146	407 953	457 644
6	23 207	46 683	73 079	96 697	115 657	137 353	150 951	177 639	199 958	219 293	239 000	257 184	276 786	298 604	334 975
7	26 978	54 577	82 254	104 583	131 239	155 351	182 370	206 911	231 873	252 424	275 109	296 039	318 603	343 717	385 584
8	24 647	49 629	77 347	108 050	132 689	162 033	181 620	205 153	225 785	245 796	267 885	288 266	310 237	334 692	375 459
9	28 740	57 700	88 581	120 490	150 838	182 086	204 835	229 122	252 165	274 514	299 184	321 947	346 485	373 797	419 327
10	53 951	113 354	159 114	195 476	234 360	266 513	299 569	335 089	368 789	401 473	437 553	470 843	506 730	546 673	613 260
11	54 307	109 625	162 127	220 535	276 353	324 040	364 231	407 418	448 392	488 132	532 000	572 475	616 108	664 673	745 634
12	38 421	75 841	106 993	133 936	165 039	193 519	217 521	243 312	267 782	291 515	317 713	341 885	367 943	396 946	445 297
13	42 662	89 555	130 976	170 514	210 112	246 369	276 927	309 761	340 914	371 128	404 481	435 255	468 429	505 353	566 908
14	46 245	93 849	137 864	179 480	221 161	259 324	291 489	326 050	358 841	390 644	425 751	458 143	493 062	531 927	596 719
15	49 805	100 904	148 228	192 973	237 786	278 819	313 401	350 561	385 817	420 011	457 757	492 584	530 127	571 915	641 577

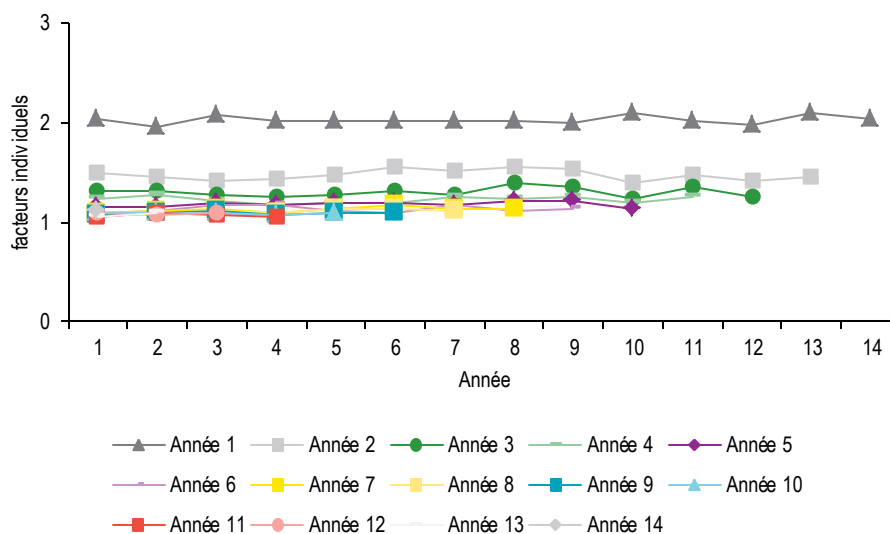
L'application de la méthode de Chain Ladder sur les données présentées dans les tableaux 7 et 9 est validée par la présentation du C-C plot et de la représentation des coefficients du D-triangle.

**Figure 7 : Représentation du C-C plot de l'étude sur les recours**



Le C-C plot relatif au triangle de recouvrements cumulés projetés des huit j premiers termes montre des points alignés et passant par l'origine. On peut donc à ce stade valider l'hypothèse attestant l'existence d'une relation linéaire entre les recours cumulés d'une année sur l'autre.

**Figure 8 : Représentation du D-triangle de l'étude sur les recours**



Le D-triangle montre que pour chaque année  $j$ , les indices pour chaque année  $i$  constitués du rapport des recouvrements cumulés sont relativement alignés, c'est à dire constants. Cette étape valide donc l'utilisation des résultats issus du triangle de recours cumulés.

A partir des recouvrements ultimes et de la charge ultime par génération, les ratios de recouvrements sur sinistres estimés ont été déterminés et sont présentés dans le tableau 10.

**Tableau 10 : Tableau des R/S empiriques**

Année	Recours ultimes	Charges ultimes	R/S empiriques
1	758 793	1 021 292	74 %
2	1 110 014	1 493 886	74 %
3	450 685	607 687	74 %
4	461 647	623 966	74 %
5	457 644	623 538	73 %
6	334 975	454 673	74 %
7	385 584	531 313	73 %
8	375 459	502 708	75 %
9	419 327	570 306	74 %
10	613 260	840 413	73 %
11	745 634	1 021 141	73 %
12	445 297	605 956	73 %
13	566 908	782 861	72 %
14	596 719	830 823	72 %
15	641 577	809 656	79 %

Les taux de R/S constatés sur les quinze années d'historique varient entre 72 % et 79 %. Le ratio de recouvrements sur sinistres implémenté dans le modèle correspond au ratio de recouvrement sur sinistres empirique moyen, c'est-à-dire 74 %.

Le taux de recours est élevé dans la mesure où en cas de sinistre l'organisme de caution dispose de la possibilité de se retourner contre l'assuré et de saisir son bien immobilier si le cautionné n'est pas dans la possibilité de rembourser les sommes payées par l'organisme de caution.

## 2.3. Autres hypothèses

### • Hypothèses générales

Le modèle prend en compte des hypothèses générales qui s'appliquent lors de la projection du compte de résultat. L'ensemble des hypothèses générales est décrit dans ce paragraphe.

- Nombre d'années de couverture du risque

Le nombre d'années de survenance du risque correspond à la période lors de laquelle des sinistres sont susceptibles de survenir. Il s'agit de la période de couverture de l'engagement né suite à la souscription du contrat de cautionnement. La période de couverture du risque de défaut du client est définie à quinze ans.

- Nombre de contrats en stock et en affaires nouvelles

Le modèle s'initialise du nombre de contrats en stock. Le modèle de projection du compte de résultat s'inscrit également dans une démarche de continuité d'activité avec une production commerciale pendant cinq années.

- Primes émises moyennes du stock et des affaires nouvelles

Les primes émises moyennes sont exprimées en moyenne pour chaque contrat et distinguées selon le stock et les affaires nouvelles.

- Revalorisation des primes émises moyennes des affaires nouvelles

Pour prendre en compte les évolutions de tarifs des affaires nouvelles, un taux de revalorisation des primes émises moyennes des affaires nouvelles de 2 % a été établi.

- Taxe sur les conventions d'assurance

La taxe sur les conventions d'assurance pour les produits de cautionnement s'élève à 9 % des primes émises.

- Taux de provisions pour primes non acquises sur stock et sur affaires nouvelles

Les primes émises lors de la souscription d'une garantie caution s'apparente à des primes uniques. Or la période de couverture est de 15 ans. En ce sens, un taux de provision pour primes non acquises est défini afin de prendre l'effet de constitution de provisions pour primes non acquises. On distingue le taux de provision pour primes non acquises sur le stock et sur les affaires nouvelles.

- Taux de provisionnement pour sinistres à payer

La modélisation de la charge de sinistres à partir du ratio de sinistres sur primes comprend les provisions pour sinistres à payer. En ce sens, un taux de provisionnement pour sinistres à payer est défini et s'élève à 10 % de la charge de sinistres annuelle. Il s'agit des dossiers en attente de traitement.

- Commissions et frais d'acquisition.

Les commissions et frais d'acquisition reflètent les produits et charges associés à la vente du contrat d'assurance. Ces taux s'appliquent sur le montant des primes émises brutes de TCA et s'élèvent respectivement à 2 % et 20 %.

- Commissions et frais de gestion

Les commissions et frais de gestion des sinistres regroupent les produits et charges associés au traitement de la mise en jeu de la garantie caution lorsque le client fait défaut. Leur calcul s'exécute à partir de taux applicables aux primes acquises et atteignent respectivement 2 % et 5 %.

- Frais généraux

Les frais généraux se définissent comme les frais associés au fonctionnement de la compagnie d'assurance ou de la banque hors gestion des sinistres et acquisition de contrats. Leur calcul s'effectue à partir d'un taux de frais généraux applicable aux primes acquises et s'élève à 12 %.

- Produits et frais financiers

La projection du compte de résultat intègre les produits financiers par application d'un taux de 2 % sur la valeur de l'actif de clôture de l'année précédente. Le taux de frais financiers quant à lui atteint un niveau de 2 % et s'appliquent sur les produits financiers directement.

- Impôts

Les impôts sur les sociétés s'appliquent sur le résultat avant impôt. Il diminue le résultat (lorsque celui-ci est positif). Le taux normal d'impôt sur les sociétés est défini dans l'article 219 du code général des impôts. Dans cette étude, le taux utilisé s'élève à 33,1/3 %.

- Courbe des taux

La courbe des taux est utilisée pour l'actualisation de l'ensemble des flux futurs déterminés dans le modèle. La courbe des taux utilisée correspond à la courbe de taux sans risque établit par l'EIOPA (*European Insurance and Occupational Pensions Authority*).

#### • Hypothèses pour le calcul de l'exigence de marge bancaire

Dans le cadre de la projection du bilan Bâle II, des paramètres de projections spécifiques au calcul du capital économique sont établis.

- Paramètres pour le risque de crédit

L'exigence de marge relative au risque de crédit associé aux actions est calculée à partir de l'approche standard, c'est-à-dire que l'on applique un taux de pondération des risques à l'exposition au risque (valeur de marché des actions dans le portefeuille). Le taux de pondération des risques relatif aux actions diverses défini par la réglementation est de 370 %.

Le risque de crédit lié aux obligations souveraines est pris en compte dans le modèle à partir de l'approche standard. De manière analogue au risque de crédit associé aux actions, la méthode consiste à appliquer un taux de pondération des risques à l'exposition au risque (valeur de marché des obligations souveraines). Dans le cadre de cette étude, on estime que les obligations souveraines

détenues dans le portefeuille sont notées *a minima* BBB-. Ainsi le taux de pondération des risques défini dans la réglementation est de 50 %.

Le risque de crédit relatif à la clientèle de détail se calcule à partir d'une approche IRBF (*Internal Rating Based Foundation*). Dans le cadre de cette approche, plusieurs paramètres sont nécessaires notamment : le taux de *Loss Given Default* et le taux de corrélation.

L'activité de cautionnement s'assimile à une créance subordonnée, le *loss Given Default* devrait donc être calibré à 35 %. Nous avons vu que nous disposons d'un taux de recouvrement de 74 %. En ce sens, la LGD du modèle sera de 26 %. De plus l'activité de cautionnement décrite dans cette étude s'adresse à une clientèle de détail. Dès lors le facteur de corrélation pour l'exigence de marge relative au risque de crédit est forfaitaire. Le taux de corrélation noté R est établi à 15 %.

- Paramètres pour le risque opérationnel : Facteur de coût

La charge en capital associée au risque opérationnel se calcule à partir d'un facteur de coût appliqué au produit net bancaire. Ce facteur de coût atteint dans l'approche standard un niveau de 15 %.

- **Hypothèses pour le calcul de l'exigence de marge assurantielle**

La formule standard dans le cadre de la réglementation prudentielle assurantielle Solvabilité II définit des paramètres à prendre en compte dans le calcul de l'exigence de marge.

- Paramétrage pour le risque de souscription non-vie

Le calcul du SCR souscription non-vie se détermine à partir d'un choc applicable aux primes et aux réserves. Ce choc est calculé à partir de deux paramètres associés aux primes et aux *Best Estimate Liabilities*. Ces paramètres (nommés *Sigma res* et *Sigma prem* dans la formule standard) sont de 12 % pour *Sigma prem* et 19 % pour *Sigma res*.

- Paramétrage pour le risque opérationnel

La valorisation du SCR opérationnel s'effectue à partir des primes et du *Best Estimate Liabilities*. La valorisation se fait à partir d'un facteur de coût associé aux primes ou BEL pour le calcul du risque opérationnel. Ce facteur est de 3 % pour les primes et pour le BEL.

- Corrélations et diversifications

Les spécifications techniques de la directive Solvabilité II établissent des règles de corrélations entre les risques. Les phénomènes de corrélation s'appliquent à différents niveaux du calcul du SCR : au niveau du risque de marché, du risque de souscription non-vie et au niveau du calcul du BSCR (*Basic Solvency Capital Requirement*). Les trois matrices de corrélation entre les différents risques sont présentées dans les tableaux 11, 12 et 13.

Dans le modèle prudentiel assurantiel développé, le SCR de souscription non-vie intègre le sous-module lié au risque caution (basé sur les primes et les provisions techniques) ainsi que le sous-module lié au risque catastrophe. Des effets de diversification entre ces risques existent et se matérialisent par la matrice de corrélation issue de COMMISSION EUROPENNE [2011].

**Tableau 11 : Matrice de corrélation du SCR Souscription Non-Vie**

	SCR Caution	SCR Catastrophe
SCR Caution	1	0,25
SCR Catastrophe	0,25	1

Le portefeuille d'actifs se compose d'actions, d'obligations et d'actifs monétaires. Le module du SCR marché se décompose en deux sous-modules : le SCR associé aux produits de taux et le SCR associé aux actions. Selon le scénario économique (hausse ou baisse des taux), la corrélation entre les risques est différente. Ces phénomènes de corrélation pour le module de risques de marché se traduisent au travers des matrices issues de COMMISSION EUROPENNE [2011]. Ces matrices sont présentées dans le tableau 12.

**Tableau 12 : Matrices de corrélation du SCR Marché**

	SCR Taux	SCR Action
SCR Taux	1	0,5
SCR Action	0,5	1

	SCR Taux	SCR Action
SCR Taux	1	0
SCR Action	0	1

Dans le cadre de cette étude, le calcul du SCR relatif au risque de taux est traité à partir de la méthode bancaire de pondération des risques. Par prudence, on considère que la matrice de corrélation en cas de hausse des taux s'appliquera à la méthode de pondération des risques.

La constitution du BSCR s'obtient par agrégation entre les modules de risques (SCR souscription non-vie, SCR de marché et SCR défaut). Dans le processus d'agrégation des modules, les effets de diversification sont intégrés dans le calcul grâce à la matrice de corrélation présentée dans le tableau 13 et issue de COMMISSION EUROPENNE [2011].

**Tableau 13 : Matrice de corrélation du BSCR**

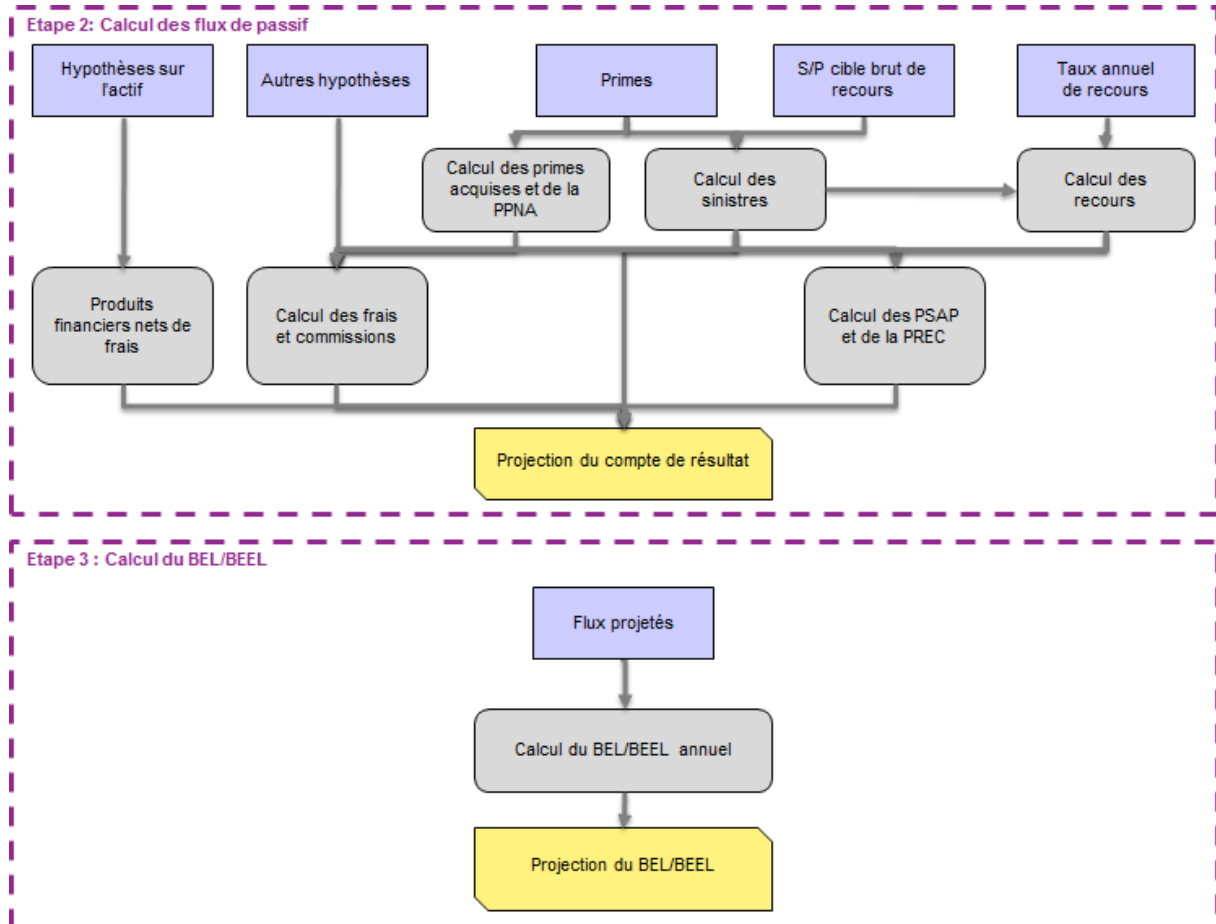
	SCR Non Vie	SCR Marché	SCR Défaut
SCR Non Vie	1	0,25	0
SCR Marché	0,25	1	0
SCR Défaut	0	0	1



### 3. Modélisation des flux et du passif hors fonds propres

La modélisation du passif hors fonds propres passe par le calcul des flux (sinistres, recouvrements, frais, etc) et la projection du *Best Estimate Liabilities*.

Figure 9 : Etape 2&3 du modèle – Calcul des flux et du BEL



#### 3.1. Modélisation des postes du compte de résultat

Les flux du compte de résultat permettent de calculer les provisions inscrites au bilan. De plus la projection des résultats est nécessaire afin de doter les fonds propres de la part des résultats incorporée aux fonds propres.

La modélisation du compte de résultat requiert l'initialisation d'un certain nombre de variables. Ce paragraphe s'attache à définir les variables utilisées dans l'ensemble de cette section décrivant la modélisation du passif hors fonds propres. Dans cette section, les variables  $i$  et  $j$  représentent respectivement la génération et l'année comptable de projection.

$i \in [\text{Stock} ; \dots ; \text{génération } j ; \dots ; \text{génération } N + 5]$  et  $j \in [N ; \dots ; N + 20]$

##### 3.1.1. Chiffre d'affaires

- Primes émises nets de TCA

Les primes émises correspondent au volume de production commerciale annuelle. Elles sont obtenues à partir du nombre de contrats (en stock lors de la première année du modèle et en affaires nouvelles lors des années projetés) et des primes moyennes associées aux contrats.

$$PE_{i,j} = \text{Nombre de contrats}_{i,j} \times \text{Primes moyennes revalorisées HT}_j$$

Le nombre de contrat est défini en hypothèse et les primes moyennes revalorisées hors taxes sont calculées comme présenté ci-dessous.

- Primes moyennes revalorisées hors taxes

$$\text{Primes moyennes revalorisées HT}_j = \text{Primes moyennes}_j \times (1 + \text{Taux de revalorisation}_j) \times (1 - \text{TCA})$$

Le taux de revalorisation s'applique uniquement sur les affaires nouvelles et le taux de TCA correspond à la taxe sur les conventions d'assurance.

- **Primes acquises**

Les primes acquises se définissent comme les primes relatives à l'engagement couru sur la période considérée, c'est-à-dire une année d'exercice. C'est pourquoi elle s'obtient à partir des primes émises revalorisées hors taxes déduites de la variation de provision pour primes non acquises.

$$PA_{i,j} = PE_{i,j} + PPNA_{i,j-1} - PPNA_{i,j}$$

- Provisions pour primes non acquises

L'article Article A331-16 du Code des assurances définit la provision pour primes non acquises de la manière suivante : « La provision pour primes non acquises est calculée prorata temporis pour chacune des catégories définies à l'article A. 344-2 du présent code, contrat par contrat ou sur la base de méthodes statistiques ». Il s'agit donc de capitaliser en provision les primes versées au titre des exercices futurs.

$$PPNA_{i,j} = \text{Primes émises}_i \times (1 - \text{Taux de PPNA}_{i,j})$$

Le taux de PPNA correspond au ratio de la période résiduelle de l'engagement sur la période totale de l'engagement.

- Primes acquises par année de projection

Les primes acquises par année de projections correspondent à la somme des primes acquises par génération pour chaque année de projection.

$$PA_j = \sum_i PA_{i,j}$$

### 3.1.2. Prestations

- **Charge des sinistres**

La charge des sinistres s'obtient par application de l'hypothèse de sinistralité (ratio de sinistres sur primes) sur les primes acquises.

$$\text{Charge des sinistres}_{i,j} = \text{Hypothèse de sinistralité}_{i,j} \times PA_{i,j}$$

- **Recouvrements**

La survenance d'un sinistre génère par le principe de subrogation une créance du montant du sinistre pour l'organisme de caution vis-à-vis de son client. Lorsque l'organisme de caution a payé le sinistre, il va chercher à se faire rembourser la créance auprès de son client pour un montant égal à celui du sinistre. Dans les faits, l'assureur ne parvient à recouvrer qu'une partie du sinistre et passe la différence en perte finale. La part recouvrée par l'assureur correspond au taux de recouvrement et a été défini en hypothèse. Ainsi les recouvrements dépendent de la charge de sinistres à laquelle un taux de recouvrements est appliqué.

$$\text{Recouvrements}_j = \text{Charges de sinistres}_j \times \text{Taux de recouvrements}$$

- **Provisions pour sinistres à payer**

Les provisions pour sinistres à payer de clôture tiennent compte de la charge de sinistres estimée et du taux de provisionnement annuel défini en hypothèse.

L'article R331.6 du code des assurances définit les provisions pour sinistres à payer comme « la valeur estimative des dépenses en principal et en frais, tant internes qu'externes, nécessaires au règlement de tous les sinistres survenus et non payés, y compris les capitaux constitutifs des rentes non encore mises à la charge de l'entreprise. ». Cette provision est calculée à partir d'un taux de provisionnement correspondant aux dossiers en cours de règlement.

$$\text{PSAP cloture}_{i,j} = \text{Charges des sinistres}_{i,j} \times \text{Taux de provisionnement}_{i,j}$$

A partir de la PSAP de clôture par génération et par année de projection, la variation de PSAP est induite de la différence entre la PSAP de clôture de l'exercice précédent et la PSAP de clôture de l'exercice.

$$\text{Variation de PSAP}_j = \sum_i \text{PSAP cloture}_{i,j-1} - \text{PSAP cloture}_{i,j}$$

- **Provisions pour risques en cours**

Les provisions pour risques en cours sont définies dans l'article A331-17 du code des assurances. Cette article du code des assurances précise que « L'entreprise calcule, contrat par contrat ou par des méthodes statistiques, séparément pour chacune des catégories définies à l'article A. 344-2 du présent code, le montant total des charges des sinistres rattachés à l'exercice écoulé et à l'exercice précédent, et des frais d'administration autres que ceux immédiatement engagés et frais d'acquisition imputables à l'exercice écoulé et à l'exercice précédent ; elle rapporte ce total au montant des primes brutes émises au cours de ces exercices corrigé de la variation, sur la même période, des primes restant à émettre, des primes à annuler et de la provision pour primes non acquises ; si ce rapport est supérieur à 100 %, l'écart constaté par rapport à 100 % est appliqué au montant des provisions pour primes non acquises et, le cas échéant, des primes qui seront émises, au titre des contrats en cours à la date de l'inventaire, pendant la période définie au 2° bis de l'article R. 331-6 ; le montant ainsi calculé est inscrit en provision pour risques en cours.»

Les charges annuelles utilisées dans la formule suivante correspondent à la somme des sinistres, des frais d'acquisition et des frais d'acquisition constatés sur l'année associée.

Les produits annuels correspondent aux primes acquises complétées des commissions

$$PREC_i = \text{Max} \left( \frac{\text{Charges}_i + \text{Charges}_{i-1}}{\text{Produits}_i + \text{Produits}_{i-1}} - 100 \%, 0 \right) \times (\text{Charges}_i + \text{Charges}_{i-1} - \text{Produits}_i + \text{Produits}_{i-1})$$

### 3.1.3. Frais et commissions

- **Frais et commissions d'acquisition et de gestion**

Les frais et commissions regroupent les produits et coûts associés à la vente des contrats et à leur gestion.

Frais et commissions<sub>j</sub> = Commissions d'acquisition et de gestion<sub>j</sub> + Frais d'acq nets de FAR et de gestion<sub>j</sub>

- Commissions

Les commissions d'acquisition sont déterminées à partir des primes émises car elles sont versées lors de la vente du contrat tandis que les commissions de gestion se calculent à partir des primes acquises car elles sont liées aux primes associées à un exercice.

Commissions d'acquisition<sub>i,j</sub> = PE<sub>i,j</sub> \* Hypothèse de commission d'acquisition<sub>i,j</sub>

Commissions de gestion<sub>i,j</sub> = PA<sub>i,j</sub> × Hypothèse de commission de gestion<sub>i,j</sub>

- Frais d'acquisition et frais d'acquisition reportés

Les frais d'acquisition se définissent comme les dépenses associées à la commercialisation des contrats. Ils sont fonction du chiffre d'affaires, c'est-à-dire des primes émises. Le taux de frais d'acquisition applicable aux primes émises est défini en hypothèse du modèle.

Frais d'acquisition<sub>i,j</sub> = PE<sub>i,j</sub> × Hypothèse de frais d'acquisition<sub>i,j</sub>

Or les coûts d'acquisition des contrats en prime unique sur un engagement de quinze années sont lourds. C'est pourquoi on passe des frais d'acquisition reportés afin de lisser l'impact des frais d'acquisition sur le résultat. Les frais d'acquisition reportés (FAR) correspondent à la part de frais d'acquisition différée sur les années suivantes, c'est-à-dire à la part des PENA dans les primes émises.

$$FAR_{i,j} = - \frac{\text{Frais d'acquisition}_{i,j} * PENA_{i,j}}{PE_{i,j}}$$

$$\text{Variation de FAR}_j = \sum_i FAR \text{ cloture}_{i,j} + FAR \text{ cloture}_{i,j-1}$$

$$\text{Frais d'acquisition nets de FAR}_j = \text{Variation de FAR}_j \times \sum_i \text{Frais d'acquisition}_{i,j}$$

- Frais de gestion

Les frais de gestion des sinistres correspondent aux coûts pour l'entreprise que représente le traitement de la mise en jeu des garanties caution. Ces frais sont calibrés à partir d'un taux de frais de gestion des sinistres applicable aux primes acquises.

Frais de gestion<sub>i,j</sub> = Primes acquises<sub>i,j</sub> × Hypothèse de frais de gestion<sub>i,j</sub>

### 3.1.4. Résultat financier

Le résultat financier est calculé par application direct d'un taux de produits financiers sur l'actif de la clôture antérieure déduits des frais financiers.

$$\text{Résultat financier}_j = \text{Actifs}_{j-1} \times \text{Taux produits financiers}_j \times (1 - \text{Taux frais financiers}_j)$$

### 3.1.5. Résultat brut et net

- **Résultat brut**

Le résultat brut correspond au résultat d'exploitation auquel le résultat financier ajouté.

$$\text{Résultat brut}_j = \text{Résultat d'exploitation}_j + \text{Résultat financier}_j$$

Le résultat d'exploitation se calcule comme la marge technique complétée des commissions et déduits des frais et des frais généraux.

$$\text{Résultat d'exploitation}_j = \text{Marge technique}_j + \text{Frais et commissions}_j - \text{Frais généraux}_j$$

- Marge technique

La marge technique correspond à la différence entre les primes acquises et la charge de sinistres.

$$\text{Marge technique}_j = \text{Primes acquises}_j - \text{Charge de sinistres}_j$$

- Frais généraux

Les frais généraux se calculent à partir d'une assiette de primes acquises et d'un taux défini en hypothèse.

$$\text{Frais généraux}_j = \text{Primes acquises}_j \times \text{Taux de frais généraux}_j$$

- **Résultat net**

Le résultat net correspond au résultat brut déduit des impôts sur les sociétés.

$$\text{Résultat net}_j = \text{Résultat brut}_j - \text{Impôts sur les sociétés}_j$$

## 3.2. Comptes de résultat projetés

La construction des comptes de résultat projetés se réalise à partir des flux déterminés dans les étapes précédentes. On distingue la construction des comptes de résultat projetés bancaires et assurantiels.

### 3.2.1. Cadre bancaire

Dans COMMISSION BANCAIRE [2000] et SARDI [2012], le compte de résultat bancaire se décompose en cinq parties, le produit net bancaire, le résultat brut d'exploitation, le résultat d'exploitation, le résultat avant impôt puis le résultat net.

Le produit net bancaire se définit comme la valeur ajoutée par la banque. Il s'agit de la différence entre les intérêts et commissions reçus et payés.

Le résultat brut d'exploitation s'interprète comme la valeur ajoutée déduite du traitement des frais nets des commissions ainsi que des amortissements. Il s'agit d'un indicateur de la rentabilité de la banque.

L'obtention du résultat d'exploitation s'obtient par déduction du coût du risque au résultat brut d'exploitation. Le coût du risque représente la variation de provisions techniques. A ce stade de la construction du compte de résultat, on intègre les effets de provisionnement des risques inhérents à l'activité de caution.

Le résultat avant impôts est déterminé à partir du résultat d'exploitation auquel on intègre les effets de produits et charges exceptionnelles. Dans le cadre de l'étude, le résultat avant impôt est égal au résultat d'exploitation.

Le résultat net se calcule par déduction du montant d'impôts sur les sociétés sur le résultat avant impôt.

**Tableau 14 : Comptes de résultat bancaires**

En k€	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Intérêts et produits assimilés (+)	889	925	962	1 002	1 043	1 086
Intérêts et charges assimilés (-)	-384	-442	-460	-479	-499	-519
Commissions (Produits) (+)	103	30	31	32	33	34
Commissions (Charges) (-)	-143	-149	-155	-161	-168	-175
Gains ou pertes nets sur instruments financiers (+)	0	109	120	132	144	156
Produits des autres activités (+)	0	0	0	0	0	0
Charges des autres activités (-)	0	0	0	0	0	0
<b>Produit Net Bancaire</b>	<b>465</b>	<b>473</b>	<b>499</b>	<b>526</b>	<b>553</b>	<b>582</b>
Charges générales d'exploitation (-)	-70	-73	-76	-79	-83	-86
Dotations aux amortissements (-)	0	0	0	0	0	0
<b>Résultat Brut d'Exploitation</b>	<b>395</b>	<b>400</b>	<b>422</b>	<b>446</b>	<b>471</b>	<b>496</b>
Coût du risque (-)	-43	-2	-2	-2	-2	-2
<b>Résultat d'Exploitation</b>	<b>352</b>	<b>398</b>	<b>421</b>	<b>444</b>	<b>469</b>	<b>494</b>
Quote-part du résultat net des entreprises mises en équivalence (-)	0	0	0	0	0	0
Gains ou pertes nets sur autres actifs (+)	0	0	0	0	0	0
Variations de valeur des écarts d'acquisition (-)	0	0	0	0	0	0
<b>Résultat avant impôt</b>	<b>352</b>	<b>398</b>	<b>421</b>	<b>444</b>	<b>469</b>	<b>494</b>
Impôt sur les bénéfices (-)	-116	-131	-139	-147	-155	-163
Résultats net d'impôt des activités arrêtées ou en cours de cession (+)	0	0	0	0	0	0
<b>Résultat Net</b>	<b>236</b>	<b>267</b>	<b>282</b>	<b>298</b>	<b>314</b>	<b>331</b>

Le produit net bancaire croit de manière constante. Cette progression constante est due à la hausse du volume liée aux affaires nouvelles. Le résultat d'exploitation est en hausse de manière assez constante du fait également de l'augmentation du volume d'affaires.

### 3.2.2. Cadre assurance

Le compte de résultat assurantiel se décompose en cinq parties, la marge technique, le résultat d'exploitation, le résultat brut avant cessions, le résultat brut après cessions puis le résultat net

La marge technique se définit comme la différence entre les primes acquises sur l'exercice et la charge de sinistres.

Le résultat d'exploitation s'obtient à partir de la marge technique à laquelle les frais et commissions sont ajoutés. Cette étape consiste donc à intégrer la marge administrative dans le résultat.

Le résultat brut avant cessions intègre les produits financiers nets de frais financiers.

Cette partie consiste à prendre en compte le solde de réassurance dans le compte de résultat. Le périmètre de notre étude n'est pas réassuré. En ce sens, le résultat brut après cessions est égal au résultat brut avant cessions.

Le résultat net se calcule par déduction du montant d'impôts sur les sociétés sur le résultat brut après cessions.

**Tableau 15 : Comptes de résultat assurantiels**

En k€	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Primes émises	4 587	917	936	954	974	993
Var. PPNA	-4 014	-321	-315	-309	-301	-293
Primes acquises	573	596	620	646	673	701
Recours	316	328	342	356	370	386
Charge de sinistres dont Var. PT	-427	-444	-462	-481	-501	-521
<b>Marge technique</b>	<b>462</b>	<b>481</b>	<b>500</b>	<b>521</b>	<b>542</b>	<b>565</b>
Commissions d'acquisition et de gestion	103	30	31	32	33	34
Frais d'acquisition et de gestion	-143	-149	-155	-161	-168	-175
Frais généraux	-70	-73	-76	-79	-83	-86
<b>Résultat d'exploitation</b>	<b>352</b>	<b>289</b>	<b>300</b>	<b>312</b>	<b>325</b>	<b>338</b>
Résultat financier	0	109	120	132	144	156
<b>Résultat brut</b>	<b>352</b>	<b>398</b>	<b>421</b>	<b>444</b>	<b>469</b>	<b>494</b>
Solde de réassurance	0	0	0	0	0	0
<b>Résultat brut après cessions</b>	<b>352</b>	<b>398</b>	<b>421</b>	<b>444</b>	<b>469</b>	<b>494</b>
Impôts sur les sociétés	-116	-131	-139	-147	-155	-163
<b>Résultat net</b>	<b>236</b>	<b>267</b>	<b>282</b>	<b>298</b>	<b>314</b>	<b>331</b>

De prime abord, on constate une marge technique lisse et en constante hausse. Ce phénomène s'explique par la hausse du volume d'affaires gérées. En analysant plus en détail la marge technique, on constate un montant important de primes émises et de provisions pour primes non acquises en N. Ceci se justifie par l'intégration du stock en année d'initialisation du modèle (année N). On remarque également que les sinistres et les recours augmentent du fait de la hausse progressive du volume de contrats en portefeuille.

L'intégration des frais et commissions associés aux différents postes de coûts (acquisition, gestion et frais généraux) permet d'obtenir le résultat d'exploitation. Celui-ci diminue de N à N+1 du fait de la baisse des commissions d'acquisition puis augmente entre N+1 et N+5 du fait de l'arrivée des affaires nouvelles.

Finalement le résultat financier est intégré au résultat d'exploitation pour atterrir sur le résultat brut. Une différence entre le compte de résultat assurance et le compte de résultat bancaire est que le résultat financier est intégré dans le résultat d'exploitation bancaire.

### 3.3. Provisions Techniques en *Best Estimate*

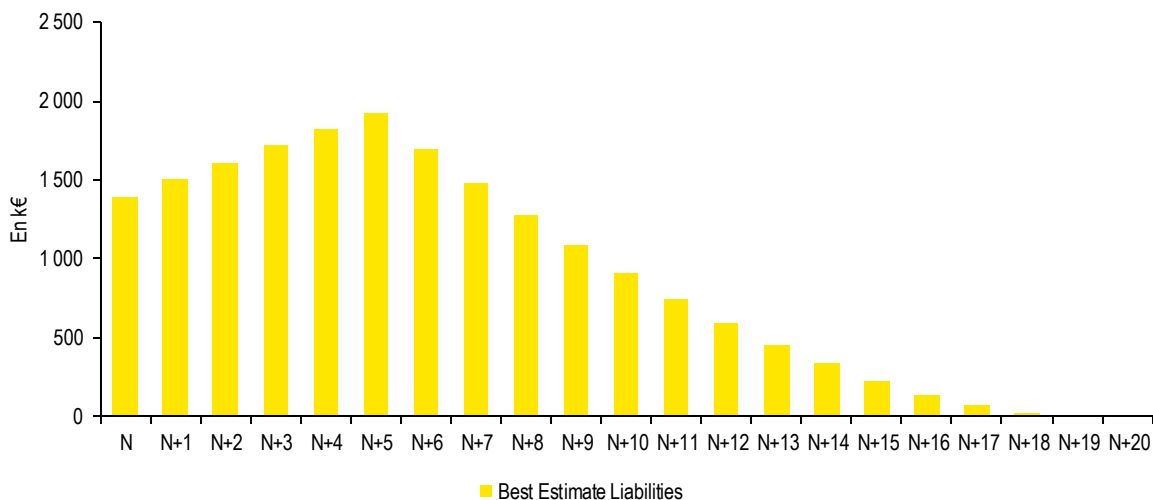
En assurance non-vie, on distingue deux types de provisions techniques en *best estimate* : le *best estimate* de provisions pour primes et le *best estimate* de provisions pour sinistres.

- **Best Estimate de provisions pour primes**

Dans ACPR [2014], celle-ci fournit une voie de calcul du BEL sur les provisions pour primes. La méthodologie décrite dans ce document utilise le montant de provisions pour primes non acquises, le ratio combiné, le taux de frais d'acquisition et la valeur actuelle des primes futures. Le modèle se base sur cette assertion pour calculer le BEL des provisions pour primes.

$$\text{BEL de provisions pour primes}_i = \text{CR} \times \text{VM} \times (\text{CR} - 1) \times \text{PVFP} + \text{AER} \times \text{PVFP}$$

**Figure 10 : Evolution du BEL de provisions pour primes**



Au regard de la représentation graphique du BEL, il apparaît que celui-ci s'écoule en vingt années. Ce phénomène trouve sa justification dans la période d'extinction de toutes les garanties projetés. En effet, le dernier contrat arrivé en affaires nouvelles en N+5 contient une période de couverture de quinze années. C'est pourquoi la dernière garantie s'éteindra en N+20.

De ce premier constat découle les deux suivants, c'est-à-dire la hausse quasi-constante du BEL sur les cinq premières années d'affaires nouvelles puis la baisse quasi-constante du BEL sur les quinze dernières années. La hausse sur les cinq premières années d'affaires nouvelles s'explique par l'arrivée successive des affaires nouvelles dans le portefeuille client, ce qui a un effet volume important. Le pic est atteint en N+5 au moment où le nombre de police d'assuré est le plus important. Ensuite, la quasi-constante baisse du BEL jusqu'à extinction de celui-ci en N+20 s'explique par les sorties soit par extinction de garantie, soit par la survenance d'un sinistre.

- **Best Estimate de provisions pour sinistres**

Lorsque l'assuré tombe en défaut, le créancier de l'assuré se retourne vers l'organisme de caution pour demander le remboursement des impayés. Ainsi la déclaration de sinistres s'effectuant entre établissement de crédit et organisme de caution, cette déclaration est rapide. On constate donc peu de tardifs. Les provisions pour sinistres regroupent donc essentiellement des provisions pour sinistres à payer dossier par dossier. Dans notre modèle, l'essentiel des provisions étant des provisions pour primes (99 % en année N), et les PSAP étant faibles, le *Best Estimate* au titre des sinistres n'est pas calculé. Toutefois la méthode de calcul du *Best Estimate* de provisions pour sinistres est explicitée ci-dessous.

Les provisions évaluées en *Best Estimate* correspondent à la somme actualisée des charges annuelles nettes des recours. Ces provisions techniques fournissent une vision prospective des décaissements au titre du règlement des sinistres.



Les flux constituant la charge de sinistres nette de recours doivent être évalués à partir d'informations actuelles et crédibles, reflétant la réalité du portefeuille de l'organisme. Les taux de survenance et de recouvrement utilisés doivent refléter les spécificités du portefeuille contrairement à des taux règlementaires qui intègrent une vision prudente. Ces flux de trésorerie sont actualisés à partir d'une courbe des taux sans risque.

$$\text{BEL de provisions pour sinistres}_i = \sum_{j=i}^N \frac{(\text{Charge ultime}_j - \text{Recours}_j)}{(1 + \text{taux actualisation}_j)^j}$$

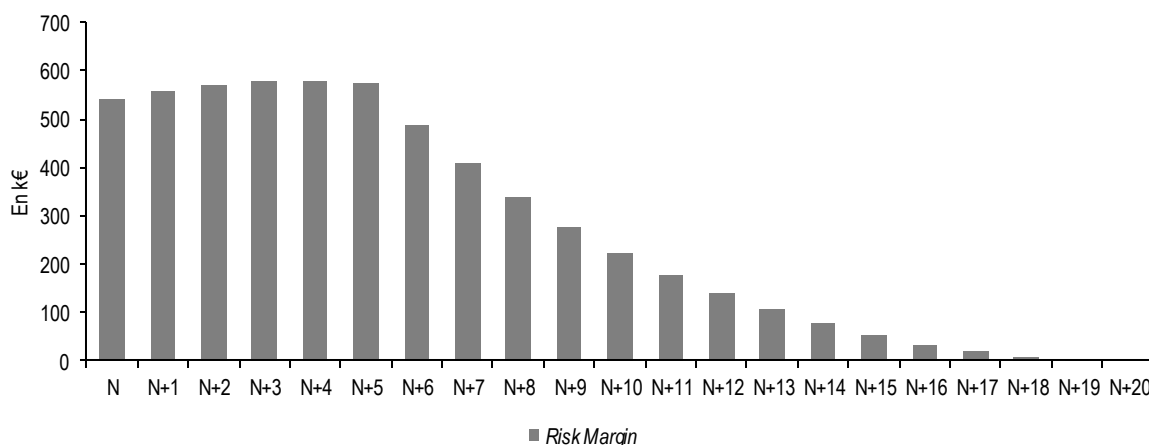
### 3.4. Marge de risque

La marge de risque concerne les risques non répliqués par des instruments financiers ayant une valeur de marché observable et fiable. Elle représente le coût d'immobilisation d'un montant de fonds propres éligibles égal au Capital de Solvabilité Requis (SCR) nécessaire pour faire face aux engagements d'assurance et de réassurance sur toute la durée de vie de ceux-ci. Elle est relative aux risques de souscription, risques opérationnel, risques de défaut, risques de contrepartie et aux risques de marché inévitable. Cette approche du coût du capital se matérialise par un facteur de coût de 6 %.

$$\text{RM}_i = \text{Facteur de coût} \times \sum_{j=i}^N \frac{\text{SCR pour RM}_j}{(1 + \text{taux actualisation})^j}$$

La variable «SCR pour RM» correspond au calcul du SCR en intégrant uniquement le risque de souscription et le risques opérationnel.

**Figure 11 : Evolution de la marge de risque**



De N à N+5, la marge pour risque augmente légèrement. Ce phénomène trouve sa justification dans la combinaison de deux effets. La hausse d'année en année du SCR sur les cinq premières années et la diminution progressive de la durée du portefeuille. En effet la hausse du SCR génère un surplus de marge pour risque. Or la baisse de la durée du portefeuille atténue la marge pour risque. Ces deux effets conjugués produisent une hausse légère.

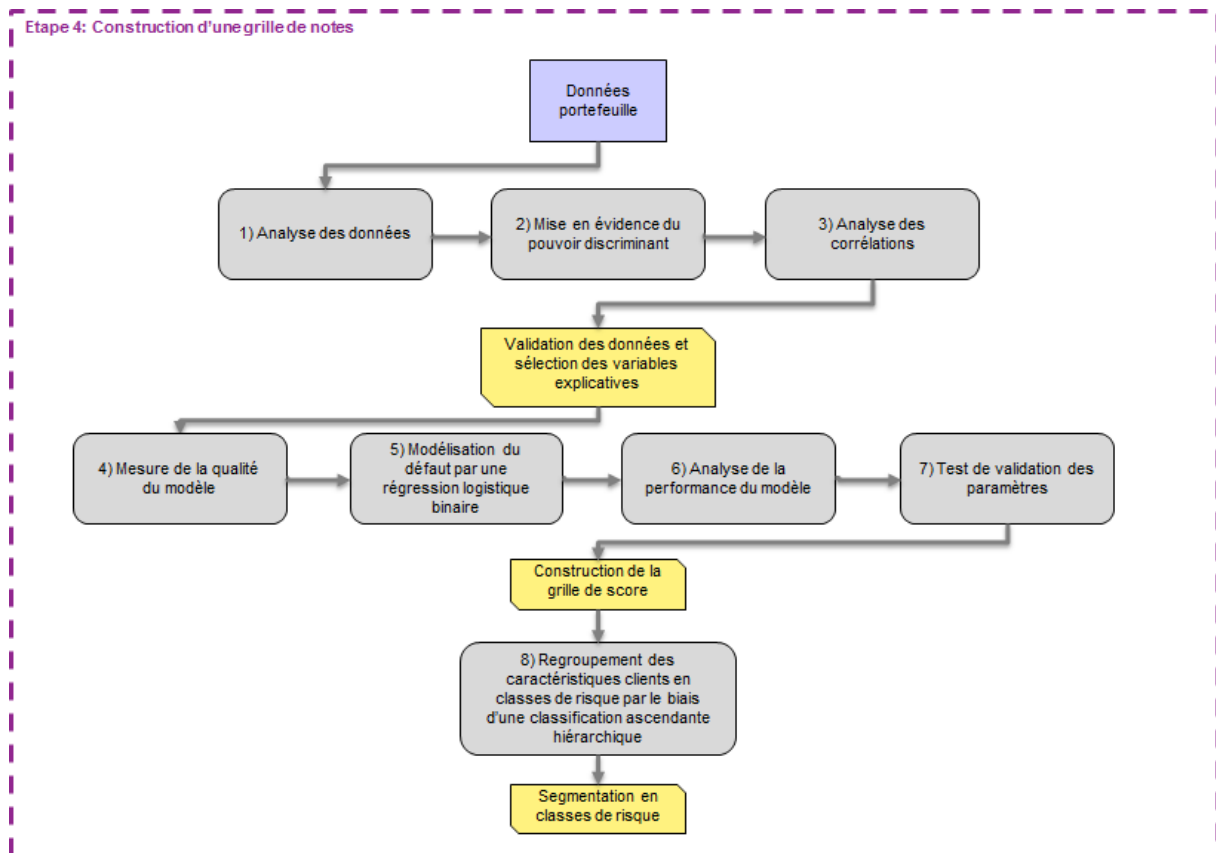
A partir de N+6, le SCR diminue de manière quasi-constante jusqu'à N+20. En parallèle, la durée du portefeuille baisse. Ce double effet explique la baisse de la marge pour risque.

## 4. Modélisation de la probabilité de défaut

### 4.1. Contexte du calcul

La réglementation Bâle II permet de quantifier le risque de crédit selon trois approches (approche standard, IRBF et IRBA). Lors des premiers tests l'approche standard bancaire semble plus contraignante en comparaison de l'approche standard assurance. L'approche *Internal Rating Based Foundation* a donc été préférée pour déterminer la probabilité de défaut à appliquer. Il convient donc de mettre en place un modèle de notation interne basé sur les données de défaut disponibles. Les résultats de l'approche standard seront présentés lors de l'analyse de la variation du bilan.

Figure 12 : Etape 4 du modèle – Construction d'une grille de notes



- **Validation des données**

La base de données en amont de l'étude contient des informations relatives aux caractéristiques des clients et notamment les sinistres associés. Dans cette étape, on vérifie la qualité des données à travers une analyse fine de ces données, le pouvoir explicatif des variables et on s'assure de l'absence de corrélations entre elles. Cette étape de qualification de ces données est essentielle pour constituer une base propre. Elle est le garant de résultats fiables et utilisables.

- **Modélisation des probabilités de défaut**

A partir des variables et données sélectionnées dans l'étape précédente, la probabilité de défaut se modélise par le biais d'une régression logistique binaire.

- **Segmentation des résultats en classes de risques**

Pour chaque découpage de variables, on obtient en aval de l'étape précédente un taux de défaut annuel. On s'intéresse alors à regrouper les modalités (variables découpées) pour lesquelles les taux de défaut sont relativement proches. Le regroupement s'exécute par le biais d'une classification ascendante hiérarchique.

- **Validation du modèle**

Dès lors que l'on a obtenu les probabilités de défaut par classe de risque, il convient de s'assurer de la conformité du modèle. Cette étape de validation du modèle consiste à analyser la stabilité et la performance du modèle.

#### 4.2. Validation des données

##### 4.2.1. Analyse du V de Cramer

Parmi l'ensemble des variables disponibles, l'objectif est de garder les variables ayant le plus fort pouvoir discriminant, c'est-à-dire les variables qui ont un facteur explicatif important. Le pouvoir discriminant d'une variable s'obtient à partir de l'étude du V de Cramer. Cet indicateur est une mesure absolue de la liaison entre les deux variables ; il est insensible aux nombres de modalités et à l'effectif de la population. Plus le V de Cramer est élevé, plus le facteur explicatif de la variable est important.

$$V \text{ de Cramer} = \sqrt{\frac{\chi^2}{\chi_{\max}^2}} = \sqrt{\frac{\chi^2}{N \times [\min(l, c) - 1]}}$$

Ici N désigne le nombre d'observations, l le nombre de ligne du tableau étudié et c le nombre de colonnes.

Soit une variable X à  $N_x$  observations et Y à  $N_y$  observations ;  $i \in [1, N_x]$  et  $j \in [1, N_y]$  ;  $n_{i,j}$  est le nombre de fois que le couple  $(X_i, Y_j)$  est observé.

$$\chi^2 = \sum_{i,j} \frac{\left(n_{i,j} - \frac{n_i n_j}{n}\right)^2}{\frac{n_i n_j}{n}}$$

**Tableau 16 : V de Cramer**

Variables	V de Cramer
Durée couverture	0,164
Patrimoine	0,177
Age de l'assuré	0,037
Situation familiale	0,019
Zone d'habitation	0,098
Ancienneté client	0,102
Montant du reste à vivre	0,112
Taux d'apport	0,817
CSP	0,130

Nous retenons les sept variables ayant le V de Cramer le plus élevé, ces sept variables permettront d'avoir une vision fine des classes de risques. Les variables « âge de l'assuré » et « situation familiale » ne sont donc pas retenues.

#### 4.2.2. Analyse de corrélations

On met en évidence les corrélations existantes entre variables afin de valider leur utilisation. En effet, une forte corrélation entre les variables génère un biais dans les tests de significativité des variables et l'analyse de la stabilité du modèle.

$$\text{Corrélation}(X;Y) = \frac{\text{Covariance}(X;Y)}{\text{Var}(X)\text{Var}(Y)}$$

Plus les variables sont proches de 0, moins elles sont corrélées.

**Tableau 17 : Corrélations entre variables**

En %	Durée couverture	Patrimoine	Zone d'habitation	Ancienneté client	Montant du reste à vivre	Taux d'apport	CSP
Durée couverture	100 %	8 %	5 %	2 %	5 %	18 %	3 %
Patrimoine	8 %	100 %	24 %	2 %	33 %	6 %	49 %
Zone d'habitation	5 %	24 %	100 %	3 %	4 %	3 %	10 %
Ancienneté client	2 %	2 %	3 %	100 %	4 %	4 %	2 %
Montant du reste à vivre	5 %	33 %	4 %	4 %	100 %	6 %	26 %
Taux d'apport	18 %	6 %	3 %	4 %	6 %	100 %	13 %
CSP	3 %	49 %	10 %	2 %	26 %	13 %	100 %

On note que deux couples de variables sont fortement corrélés. En effet, la variable « reste à vivre » est bien corrélée à la variable « patrimoine ». La variable représentant la « catégorie socio-professionnelle » est également corrélée à la variable « patrimoine ». Ces deux constats sont cohérents et semblent naturels. Bien que ces variables soient corrélées, elles semblent essentielles dans la modélisation de la probabilité de défaut. En effet leur V de Cramer respectif est élevé. C'est pourquoi il a été décidé par expertise de garder ces variables dans la modélisation.

#### 4.3. Régression logistique

A ce stade de la mise en place d'un modèle de notation, les variables explicatives ont été identifiées. Il convient alors d'établir une grille de score avec des probabilités de défaut associées à chaque variable et aux modalités de la variable.

Dans le cadre de la modélisation d'un défaut, on s'intéresse à deux valeurs de réponse : « Défaut » ou « Absence de défaut ». En d'autres termes, l'état que l'on cherche à modéliser est binaire. C'est pourquoi nous avons décidé de recourir à l'utilisation d'une régression logistique binaire pour modéliser le risque de défaut. La méthodologie est décrite notamment dans TENENHAUS et dans RAKOTOMALA [2014].

##### 4.3.1. Présentation de la régression linéaire binaire

Le modèle de calcul des probabilités de défaut se décompose en différentes strates distinctes :

- La variable aléatoire à expliquer, notée Y, qui peut prendre deux valeurs : 1 en cas de défaut d'une contrepartie, 0 sinon

- Le vecteur des variables explicatives, noté  $X$ , composé de  $n$  variables aléatoires explicatives :  $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ . Ces variables explicatives représentent des paramètres divers : âge, revenu moyen annuel, catégorie socio-professionnelle, etc.

On a alors la relation suivante entre la variable à expliquer  $Y$  et les variables explicatives  $(X_1, X_2, \dots, X_n)$  :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n, \text{ avec } \beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n \text{ le vecteur des } n + 1 \text{ paramètres du modèle}$$

L'hypothèse fondamentale du modèle consiste à introduire la fonction « logit », pour modéliser la probabilité de défaut. En effet, la fonction « logit » dont l'expression est la suivante  $g(x) = \ln\left(\frac{x}{1-x}\right)$  s'adapte bien à notre objectif : modéliser une variable à réponse binaire  $Y$  selon des variables  $X$  exclusivement continues ou binaires.

Nous obtenons alors la relation suivante :

$$\text{logit}(P(Y = 1)) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n$$

En rappelant que  $\text{logit}(P(Y = 1)) = \ln\left(\frac{P(Y=1)}{1-P(Y=1)}\right)$ , nous pouvons simplifier cette expression :

$$\begin{aligned} \text{logit}(P(Y = 1)) &= \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n \\ \Leftrightarrow \ln\left(\frac{P(Y = 1)}{1 - P(Y = 1)}\right) &= \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n \\ \Leftrightarrow \frac{P(Y = 1)}{1 - P(Y = 1)} &= e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n} \end{aligned}$$

Nous obtenons la relation suivante :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n \Leftrightarrow P(Y = 1) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n}}$$

#### 4.3.2. Les odds ratio

A partir de la régression précédemment décrite, nous pouvons également définir des « odds ratios », ou « rapport des cotes ».

Les « odds ratios » permettent de décrire l'influence de la variable explicative  $X_j, j \in [1, \dots, n]$  sur la variable à expliquer  $Y$ .

En notant  $OR_j$  le rapport des cotes pour la variable explicative  $X_j$ ,  $OR_j$  va dépendre de la nature de  $X_j$  :

Dans notre cas,  $X_j$  est une variable quantitative, représentant par exemple le revenu, on peut étudier l'impact d'une augmentation de  $X_j$  d'une unité sur la valeur prise par  $Y$ . En notant  $x$  le revenu, on compare les rapports suivants :

$$OR_j = \frac{\frac{P(Y = 1 | X_j = x + 1)}{P(Y = 0 | X_j = x + 1)}}{\frac{P(Y = 1 | X_j = x)}{P(Y = 0 | X_j = x)}}$$

$$\Leftrightarrow OR_j = \frac{\frac{P(Y = 1 | X_j = x + 1)}{1 - P(Y = 1 | X_j = x + 1)}}{\frac{P(Y = 1 | X_j = x)}{1 - P(Y = 1 | X_j = x)}}$$

En introduisant l'expression  $P(Y = 1) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n}}$ , nous obtenons:

$$OR_j = \exp(\beta_j), \forall j \in [1, \dots, n]$$

#### 4.3.3. Estimation des paramètres

L'estimation des coefficients de régressions  $\beta_i$  repose sur la méthode de maximisation de la fonction de vraisemblance. Ainsi les coefficients estimés seront asymptotiquement sans biais, de variance minimale et asymptotiquement gaussiens.

Soit un échantillon de  $k$  observations ;

- Pour  $i \in [1, k]$ , on note les observations  $x_1^i, \dots, x_n^i$  des variables explicatives  $X_1, \dots, X_n$  que l'on regroupe dans un vecteur  $x^i$ .
- Pour ces  $k$  observations, on note les valeurs  $y^1, \dots, y^k$  associées à la variable  $Y$ .

Dans le cadre de la régression logistique binaire, la variable  $Y^i = y^i$  sachant  $X^i = x^i$  suit une loi de Bernoulli de paramètre  $p(x^i)$  (en effet la variable  $Y$  prend la valeur 1 en cas de défaut et 0 en cas d'absence de défaut) où :

$$p(x^i) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 x_1^i + \dots + \beta_n x_n^i}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x_1^i + \dots + \beta_n x_n^i}}$$

On cherche à estimer les paramètres du modèle  $P(Y = 1/X)$  à partir des  $k$  observations et des principes énoncés ci-dessus. On écrit alors

$$P(Y^i = y^i / X^i = x^i) = [p(x^i)]^{y^i} \times [1 - p(x^i)]^{1-y^i}$$

La vraisemblance (L) s'écrit de la manière suivante.

$$L = \prod_{i=1}^k P(Y^i = y^i / X^i = x^i) = \prod_{i=1}^k [p(x^i)]^{y^i} \times [1 - p(x^i)]^{1-y^i}$$

La fonction logarithme étant une fonction monotone, le vecteur des paramètres  $\beta$  maximisant la fonction de vraisemblance maximise également la fonction log-vraisemblance. Par simplification pour l'estimation des paramètres, on calcule alors la log-vraisemblance (LL).

$$LL = \sum_{i=1}^k y^i \ln(p(x^i)) + (1 - y^i) \ln(1 - p(x^i))$$

$$LL = \sum_{i=1}^k y^i \ln\left(\frac{p(x^i)}{1 - p(x^i)}\right) + \sum_{i=1}^k \ln(1 - p(x^i))$$

Dès lors, on estime les paramètres du modèle à partir de la méthode du maximum de vraisemblance. Cette étape passe par la résolution des expressions suivantes pour tout  $j \in [1, n]$ .

$$\frac{\partial LL}{\partial \beta_j} = 0$$

Les paramètres estimés  $\widehat{\beta}_0, \dots, \widehat{\beta}_n$  s'avèrent donc être les solutions pour tout  $j \in [0, n]$  des équations suivantes.

$$\sum_{i=1}^k y_j x_j^i + \sum_{i=1}^k \frac{x_j^i e^{\beta_0 + \beta_1 x_1^i + \dots + \beta_n x_n^i}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x_1^i + \dots + \beta_n x_n^i}} = 0$$

La résolution de ces équations est menée par méthode numérique itérative convergente vers le maximum de vraisemblance.

#### 4.3.4. Performance du modèle

La performance du modèle se quantifie à l'aide d'une courbe de Lift. Cette courbe a pour abscisse, la proportion des individus dont le score est inférieur ou égal au seuil « s » et pour ordonnée la proportion des individus en défaut dans la population des individus dont le score est en dessous du seuil « s ».

En complément, nous utilisons le coefficient de GINI associé à la courbe de Lift pour analyser la performance du modèle. Celui-ci se définit comme le rapport de l'aire comprise entre la courbe issu du modèle et la première bissectrice (situation d'aléa), et l'aire comprise entre le modèle optimal et la première bissectrice. Le score est d'autant plus discriminant que le coefficient de GINI est élevé.

#### 4.3.5. Tests statistiques

Dans HURLIN C. [2003], l'auteur décrit les tests statistiques fournissant une information essentielle de significativité. La description suivante des différents tests statistiques s'appuie sur le support de cours précité. On utilise communément trois tests pour mesurer la significativité des variables : le test du rapport de vraisemblance, le test de Wald et le test du Score. Ces tests se basent sur les propriétés asymptotiques des coefficients de régression issus de la méthode du maximum de vraisemblance.

##### Test du rapport de maxima de vraisemblance

Le test du rapport de vraisemblance consiste à quantifier l'apport d'une nouvelle variable  $X_j$ , c'est-à-dire de s'assurer que dans le modèle les coefficients de régression sont significatifs ou non nuls. Cette vérification est effectuée à partir de la statistique suivante :

$$LRT = -2 \left[ \log L(y, \beta_i) - \log L(y, \beta_i^c) \right]$$

Sous l'hypothèse  $H_0$  telle que  $\beta_i = 0$ , la statistique LRT suit une loi  $\chi^2$  à r degré de liberté ;  $\beta_i$  et  $\beta_i^c$  représentent les coefficients estimés par maximum de vraisemblance non contraint et contraint du vecteur  $\beta$ .

La variable  $X_i$  est jugée significative dans le cas où l'hypothèse  $H_0$  est rejetée, c'est-à-dire lorsque le coefficient de régression associé est non nul.

##### Test de Wald

Le test de Wald consiste à quantifier l'apport d'une nouvelle variable  $X_j$  dans le modèle. Les paramètres du modèle (noté  $\beta_j$ ) sont basés sur l'estimateur du maximum de vraisemblance. Ainsi on

teste la significativité des estimateurs par le biais du test asymptotique de Wald. Ce test se fonde sur la statistique de Wald :

$$W = \frac{\widehat{\beta}_i^2}{\widehat{V}\beta_i}$$

Où  $\widehat{\beta}_i$  est la ième composante du vecteur de paramètres estimés ;  $\widehat{V}\beta_i$  est la ième composante de la diagonale de la matrice de variance-covariance des coefficients de régression estimés.

Cette statistique suit asymptotiquement une loi du  $\chi^2$  à r degré de liberté. L'hypothèse de la nullité de  $\widehat{\beta}_i$  est rejetée lorsque la statistique de Wald dépasse le quantile de la loi du Chi2 à 95 %.

### Test du Score

Le test du Score permet de vérifier la significativité des paramètres de la régression logistique. Le test du Score se fonde sur la statistique suivante.

$$\text{SCORE} = \left[ \frac{\partial \log L(\widehat{y}, \beta)}{\partial \beta'} \right]' [I(\beta)]^{-1} \left[ \frac{\partial \log L(\widehat{y}, \beta)}{\partial \beta'} \right]$$

Où L représente la fonction de vraisemblance et I l'information de Fisher

Sous l'hypothèse H0, c'est-à-dire si le paramètre de régression testé est nul, cette statistique suit asymptotiquement une loi du  $\chi^2$  à r degré de liberté.

#### 4.3.6. Mesure de la qualité du modèle

La qualité du modèle se mesure par le biais de trois critères : le critère  $-2\ln(L)$ , le critère d'Akaike (AIC) et le critère de Schwartz (Bayesian Information Criterion). La qualité du modèle se juge de manière inverse à la force des critères précisés ci-dessus, c'est-à-dire que plus la valeur du critère est faible, plus la qualité du modèle est élevée. Ces trois modèles reposent sur la vraisemblance du modèle (notée L), le nombre de variables explicatives y compris la constante (notée n+1) et le nombre d'observations pour le critère BIC (notée k)

Le critère  $-2\ln(L)$  se base sur la statistique dont les termes sont les mêmes que son nom.

Le critère d'Akaike est égal à  $AIC = -2 \ln(L) + 2(n + 1)$

Le critère BIC se calcule ainsi  $BIC = -2 \ln(L) + (n + 1) \ln(k)$

## 4.4. Application à notre étude

### 4.4.1. Echantillonnage

Pour analyser la cohérence du modèle et surtout valider la stabilité structurelle de celui-ci, on construit deux échantillons par tirage aléatoire : un échantillon de développement du modèle et un échantillon de validation. L'échantillon de développement regroupera 70 % de la population tandis que l'échantillon de validation rassemblera les 30 % de la population restant. Afin de valider la représentativité de ces deux échantillons, le test du Chi-2 est mené. Ce test consiste à comparer la distribution empirique de l'échantillon à la distribution théorique. Les échantillons sont représentatifs à un seuil de 5 %.



**Tableau 18 : Représentativité de l'échantillon de développement**

Variable	Nombre de modalités	Chi-2 empirique	Chi-2 théorique à 95 %	p-value
Durée couverture	62	13,46	81,38	1,000
Patrimoine	85	28,73	106,40	1,000
Age de l'assuré	70	21,06	89,39	1,000
Situation familiale	3	0,39	5,99	0,822
Montant du reste à vivre	48	12,30	64,00	1,000
Montant de l'apport	96	25,94	118,40	1,000
CSP	86	18,78	75,62	1,000

A la lecture du tableau de représentativité de l'échantillon de développement, il apparaît que l'échantillon est effectivement représentatif de la population totale. En effet pour l'ensemble des variables présentées dans le tableau, la statistique du Chi-2 empirique est inférieure au Chi-2 théorique. De ce fait, l'hypothèse sous-jacente au test du Chi-2 qui consiste à dire que l'échantillon est représentatif avec un seuil de tolérance de 5 % est validée.

**Tableau 19 : Représentativité de l'échantillon de validation**

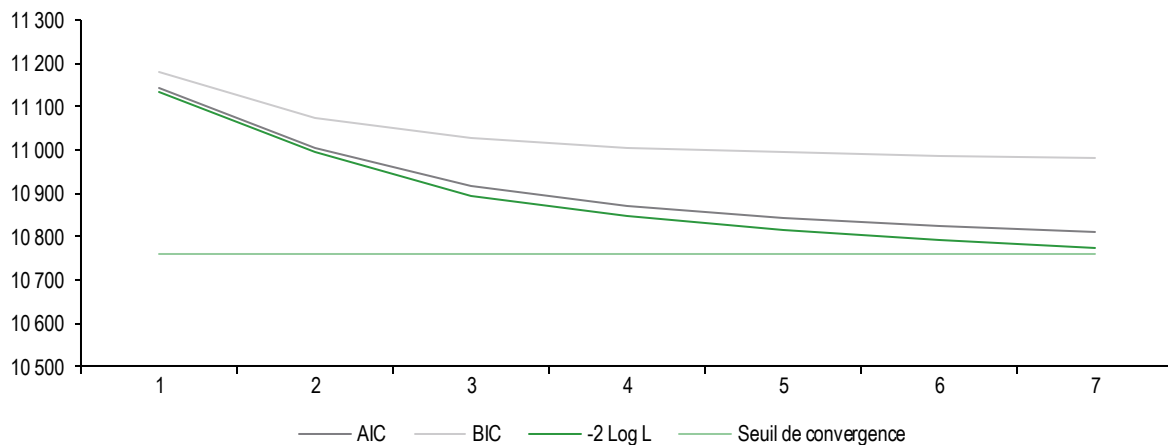
Variable	Nombre de modalités	Chi-2 empirique	Chi-2 théorique à 95 %	p-value
Durée couverture	58	30,35	75,62	0,999
Patrimoine	73	62,06	92,81	0,792
Age de l'assuré	77	59,19	97,35	0,923
Situation familiale	3	0,91	5,99	0,634
Montant du reste à vivre	39	24,28	53,38	0,959
Montant de l'apport	95	62,34	117,63	0,995
CSP	56	43,24	73,31	0,874

De la même manière que pour l'échantillon de développement, l'échantillon de validation est également représentatif de la population totale. En effet pour l'ensemble des variables présentées dans le tableau, la statistique du Chi-2 empirique est inférieure au Chi-2 théorique. De ce fait, l'hypothèse sous-jacente au test du Chi-2 qui consiste à dire que l'échantillon est représentatif avec un seuil de tolérance de 5 % est validée.

#### 4.4.2. Sélection d'un modèle

Les variables explicatives du modèle ont été sélectionnées dans les étapes précédentes. A partir de ces variables sélectionnées, il convient d'analyser l'impact de chaque variable sur la qualité du modèle. Les critères d'AIC, BIC et  $-2\text{Log}(L)$  permettent de mesurer la qualité du modèle. Dans PERROT [2011], celle-ci représente graphiquement les trois critères en fonction du nombre de variables ajoutées dans le modèle. Nous utilisons une méthodologie analogue pour sélectionner le meilleur modèle.

**Figure 13 : Apport de variables explicatives sur la qualité du modèle de régression**



La représentation graphique de l'apport de variables explicatives sur la qualité du modèle montre qu'à partir de sept variables, la qualité du modèle converge. En ce sens, l'ajout d'autres variables explicatives n'apporte pas d'informations supplémentaires permettant de raffiner la modélisation.

#### **4.4.3. Résultats du modèle**

Les étapes précédentes ont permis de valider l'utilisation des variables explicatives afin de modéliser la probabilité de défaut à l'aide d'une régression logistique binaire. La description de la régression logistique a mis en évidence les différentes phases de calculs dans une procédure de régression logistique, à savoir l'estimation des coefficients de régression, les odds ratios et les tests statistiques.

- **Estimation des paramètres**

L'estimation des paramètres consiste à déterminer pour chaque variable et chaque modalité le coefficient de régression associé. Dans les états récapitulatifs de la régression logistique, le tableau présente les coefficients mais aussi l'erreur type et la p-value.

**Tableau 20 : Valeurs estimées des coefficients de régression**

Variables	Modalités	Valeur estimée	Erreur type	Khi-2 de Wald	Pr>Khi-2
Constante		4.8736	0.2092	542.7897	<.0001
Durée couverture	Moins de 6 ans	1.5921	0.0942	285.8775	<.0001
	Entre 6 et 12 ans	1.1077	0.1298	72.8177	<.0001
	Entre 12 et 15 ans	1.3523	0.1066	160.9942	<.0001
	Plus de 15 ans	-	-	-	-
Patrimoine	Moins de 50 k€	-0.4689	0.1031	20.6865	<.0001
	Entre 50 k€ et 100€	-1.2151	0.1030	139.2653	<.0001
	Entre 100 k€ et 200 k€	-0.4523	0.1373	10.8435	0.0010
	Plus de 200 k€	-	-	-	-
Zone d'habitation	Zone 1	1.4544	0.2458	35.0247	<.0001
	Zone 2	1.2027	0.2013	35.7051	<.0001
	Zone 3	0.7059	0.1096	41.4877	<.0001
	Zone 4	0.5219	0.0910	32.9257	<.0001
	Zone 5	-	-	-	-
Ancienneté client	Nouveau	-0.8517	0.1316	41.8828	<.0001
	Entre 0 et 5 ans	-0.5022	0.1065	22.2554	<.0001
	Plus de 5 ans	-	-	-	-
Montant du reste à vivre	Moins de 2000€	-0.1036	0.0929	1.2447	0.2646
	Entre 2000 et 3000€	-	-	-	-
	Plus de 3000€	0.2947	0.0948	9.6663	0.0019
Taux d'apport	Moins de 10 %	-0.3082	0.0662	21.6423	<.0001
	Plus de 10 %	-	-	-	-
CSP	Agriculteurs	-0.3520	0.1781	3.9052	0.0481
	Artisans	-0.6644	0.1468	20.4697	<.0001
	Professions intermédiaires	-0.4295	0.1315	10.6677	0.0011
	Employés	-0.3702	0.1252	8.7414	0.0031
	Cadres	-	-	-	-

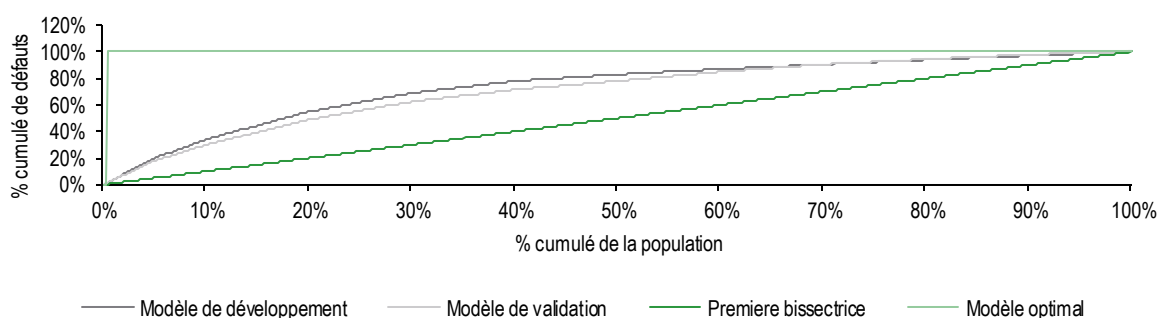
Le tableau 20 de présentation des coefficients de régression montre des coefficients correctement ordonnés.

Le quantile à 95 % de la distribution du Chi-2 a un degré de liberté s'élève à 3,841. Le quantile à 99 % atteint 6,635 et celui à 99,9 % est de 10,828. Le tableau 20 montre que l'ensemble des coefficients sauf le « montant du reste à vivre – Moins de 2000 € » satisfont les critères des tests statistiques au quantile de 95 %. La modalité des « CSP - agriculteurs » ne passe pas le niveau de confiance au-dessus de 95 % et les modalités « montant du reste à vivre – Plus de 3000 € », « CSP – professions intermédiaires » et « CSP – employés » ne passe pas le niveau de confiance de 99,9 %. Ces constats sont cohérents avec une *p-value* faible sur chaque modalité de chaque variable.

- **Performance du modèle**

La représentation graphique de la courbe de lift permet d'acquérir une vision sur le niveau de performance du modèle développé et de le comparer au modèle de validation.

**Figure 14 : Courbe de Lift des modèles de développement et de validation**



Dans notre étude le coefficient de Gini du modèle de développement s'élève à 48,6 %. Au regard de la courbe de Lift et du coefficient de GINI, il apparait que le modèle a une bonne performance. Le constat est similaire sur l'échantillon de développement pour lequel le coefficient de Gini est de 44,8 %.

- **Tests de nullité**

Les trois tests statistiques (Rapport de vraisemblance, du Score et de Wald) fournissent une vision de la significativité des coefficients de régression issus du modèle.

**Tableau 21 : Tests de significativité**

Tests	Khi-2	DDL	Pr > Khi-2
Rapport de vraisemblance	838.2238	19	<.0001
Score	1019.8149	19	<.0001
Wald	879.8569	19	<.0001

On note que le quantile à 95 % de la distribution du Chi2 avec 19 degrés de liberté atteint 30,114 tandis que le quantile à 99 % atteint 36,191 et celui à 99,9 % est de 43,820. Dans notre étude, on constate que les statistiques sont bien supérieures. De ce fait, les tests sont concluants. Ce constat est également visible directement à travers la *p-value*. La *p-value* des trois tests sur les paramètres sont extrêmement faibles, ce qui montre que les paramètres du modèle sont significatifs.

- **Grille de score finale**

Au terme de la régression logistique, une grille de score par variable et par modalité est donc établie. Celle-ci permet de comprendre quels critères sont qualifiables de « bons » risques et lesquels sont qualifiable de « mauvais » risque.

**Tableau 22 : Grille de score**

Variable	Modalités	Note	Taux de défaut
Durée couverture	Moins de 6 ans	2,58	0,12 %
	Entre 6 et 12 ans	1,80	0,27 %
	Entre 12 et 15 ans	2,19	0,17 %
	Plus de 15 ans	-	0,98 %
Patrimoine	Moins de 50 k€	1,21	0,37 %
	Entre 50 k€ et 100€	-	0,67 %
	Entre 100 k€ et 200 k€	1,24	0,33 %
	Plus de 200 k€	1,97	0,22 %
Zone d'habitation	Zone 1	1,84	0,24 %
	Zone 2	1,43	0,31 %
	Zone 3	0,63	0,49 %
	Zone 4	0,33	0,57 %
	Zone 5	-	0,68 %
Ancienneté client	Nouveau	-	0,84 %
	Entre 0 et 5 ans	0,57	0,51 %
	Plus de 5 ans	1,38	0,23 %
Montant du reste à vivre	Moins de 2000€	-	0,48 %
	Entre 2000 et 3000€	0,17	0,41 %
	Plus de 3000€	0,65	0,31 %
Taux d'apport	Moins de 10 %	-	0,55 %
	Plus de 10 %	0,50	0,32 %
CSP	Agriculteurs	0,51	0,32 %
	Artisans	-	0,62 %
	Professions intermédiaires	0,38	0,42 %
	Employés	0,48	0,37 %
	Cadres	1,08	0,14 %

De prime abord, les coefficients des modalités sont ordonnés de manière cohérente avec les taux de défaut des modalités. Ceci indique l'absence de corrélations résiduelles.

Ensuite il est notable que les critères avec la plus forte probabilité de défaut sont les durées de couverture de prêts supérieures quinze ans, les zones d'habitation rurales ou de sécurité prioritaire, les nouveaux clients et la catégorie socio-professionnelle des artisans. Ce constat semble pertinent dans la mesure où les critères précités reflètent soit de plus fortes incertitudes sur le client (longue durée de couverture, nouveaux clients) soit des situations plus modestes (artisans, zones rurales ou de sécurité prioritaire)

D'un autre côté, les critères disposant de probabilité de défaut plus faible sont les durées de couverture inférieures à six ans, l'ancienneté de la clientèle supérieure à cinq ans, la catégorie socio-professionnelle des cadres et les patrimoines de plus de 200 k€ Ce constat est cohérent dans la mesure où ces critères montrent une connaissance de la clientèle (ancienneté supérieure à six ans) une période d'incertitudes plus faible (couverture inférieure à six ans) et des situations financières plus aisées (patrimoine supérieure à 200 k€, catégorie des cadres).

#### 4.5. Segmentation des résultats en classes de risque

La grille de score précédente fournit des informations relatives à 26 modalités réparties en 7 variables. De cette grille, 7200 profils sont identifiés avec chacun un score associé. A partir de la grille de score obtenu dans la partie précédente et des 7200 profils identifiés, on cherche à regrouper en classes de risque les profils ayant un taux de défaut proche. Ce regroupement s'exécute à partir d'une méthode itérative de classification ascendante hiérarchique. Cette méthode permet d'agréger les classes de risques successives jusqu'à obtenir des classes significativement différentes et correctement ordonnées.

- **Classification ascendante hiérarchique**

La classification ascendante hiérarchique consiste à regrouper les variables et modalités pour lesquelles la distance entre leur taux de défaut est faible. Pour se faire, on se base sur la grille de score résultante de la régression logistique.

Dans un premier temps, on mesure la distance entre les classes de risques par rapport à leur taux de défaut respectif. La distance se quantifie en point. Soit  $X_i$  et  $X_j$ , les taux de défaut associés aux classes de risque respectives  $i$  et  $j$ , la distance entre les deux éléments se définit de la manière suivante :  $d(X_i, X_j) = |X_i - X_j|$

Dans un deuxième temps, la stratégie de regroupement des classes est actée. Le regroupement se fait par stratégie du saut minimum. Cette stratégie consiste à dire que la distance entre les groupes déjà formés est la plus petite distance entre des éléments de deux groupes distincts. Soit un groupe A d'éléments rassemblés d'une part et un groupe B d'éléments rassemblés d'autre part, la distance entre A et B se formalise de la manière suivante.  $\Delta(A, B) = \min_{i \in A, j \in B} d(i, j)$

Finalement il est essentiel de s'assurer du maintien de l'inertie par le « *Semi-partial R-squared* » et de la qualité de la classification par le *R-squared*. La mesure « *Semi-partial R-squared* »,  $SRS = \frac{\Delta I_n}{I}$ , quantifie la perte d'inertie interclasse (ou de distance) généré par l'unification de deux classes. L'objectif de la classification est d'obtenir une inertie interclasse maximum, c'est pourquoi il faut avoir un faible SRS sur toutes les classes sauf la dernière et un SRS important sur la dernière classe. La statistique  $R^2 = \frac{I_n}{I}$  s'interprète comme la part de la variance expliquée par chaque classe. Cette mesure doit être proche de 1 pour un nombre de classes limité. La classification s'achève une fois le dernier saut important accompli.

- **Résultats de la classification**

**Tableau 23 : Grille de score finale sur l'échantillon de développement**

Groupe	Note	Effectif de défauts	Effectif total	Effectif total (en %)	Taux de défaut
1	Au-delà de 7	216	86 318	22 %	0,25 %
2	Entre 6 et 7	337	102 012	26 %	0,33 %
3	Entre 5 et 6	330	78 471	20 %	0,42 %
4	Entre 4 et 5	271	58 853	15 %	0,46 %
5	Inférieur à 4	380	66 700	17 %	0,57 %

**Tableau 24 : Grille de score finale sur l'échantillon de validation**

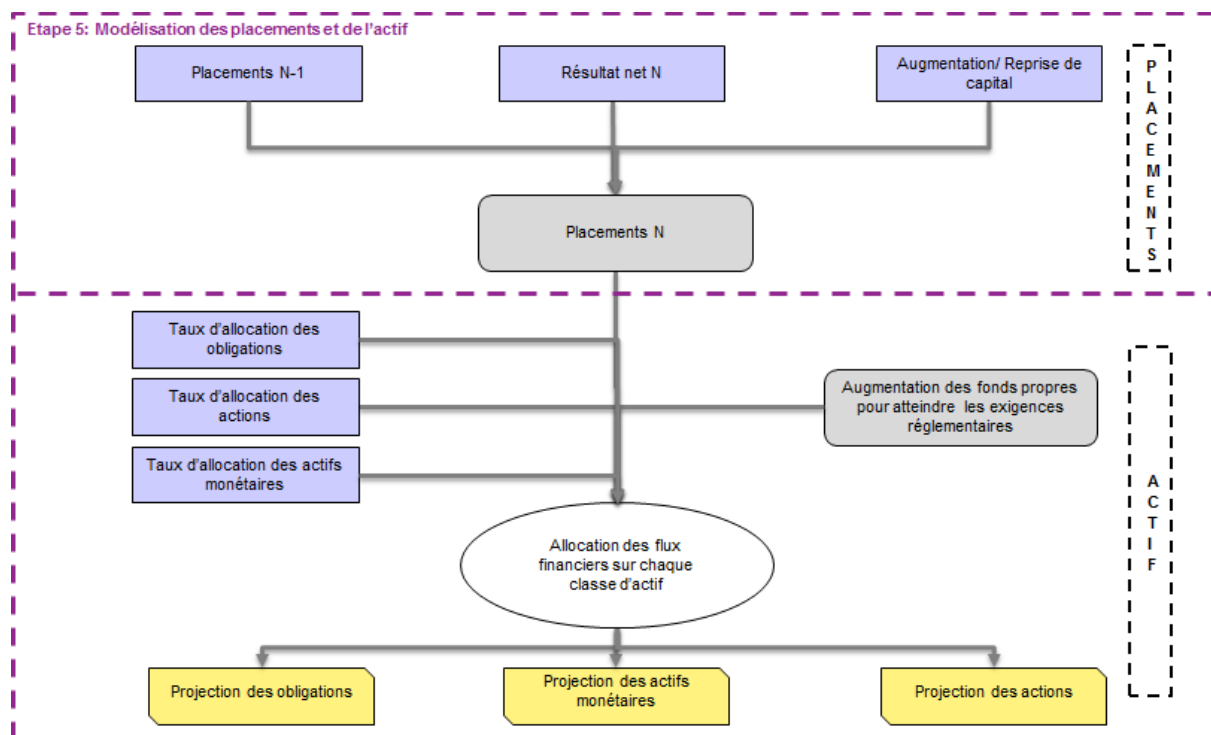
Groupe	Note	Effectif de défauts	Effectif total	Effectif total (en %)	Taux de défaut
1	Au-delà de 7	112	38 675	23 %	0,29 %
2	Entre 6 et 7	144	43 719	26 %	0,33 %
3	Entre 5 et 6	141	35 312	21 %	0,40 %
4	Entre 4 et 5	111	23 541	14 %	0,47 %
5	Inférieur à 4	153	26 904	16 %	0,57 %

La grille de score obtenue à partir de l'échantillon de validation est similaire à celle obtenue sur l'échantillon de développement. Ce constat montre que l'échelle de risque est stable. Concernant la grille de score relative au modèle de développement, les taux de défaut par classe vont de 0,25 % pour la classe regroupant les meilleurs risques à 0,57 % pour la classe des moins bons risques. Cette grille indique donc une déclinaison de taux de défaut par classe avec un défaut moyen constaté sur le portefeuille de 0,40 %

## 5. Modélisation de l'actif et calcul de la marge de solvabilité

Dès lors que le résultat annuel est établi sur l'ensemble des années projetés, le calcul du montant des placements et par suite des actifs est exécuté selon l'architecture présentée en figure 15.

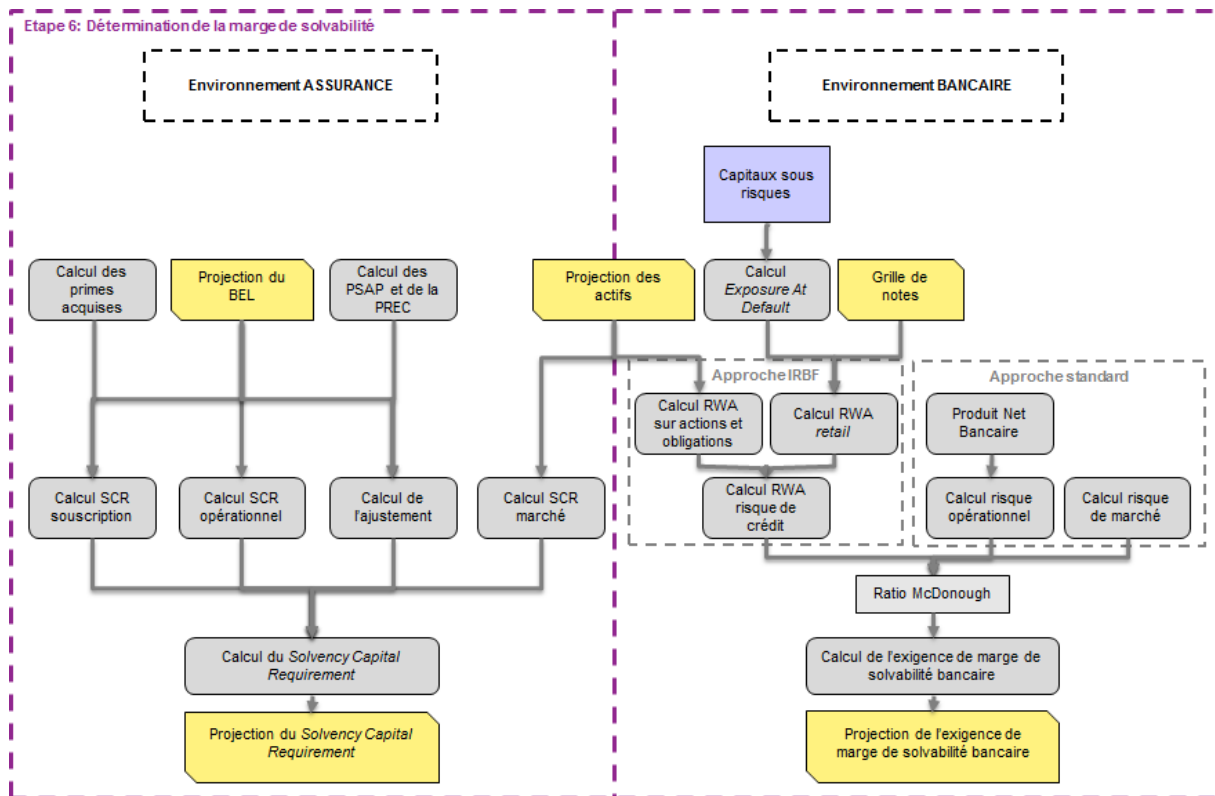
Figure 15 : Etape 5 du modèle – Modélisation de l'actif



De plus, l'ensemble des étapes précédentes ont permis d'obtenir l'ensemble des flux et variables nécessaires à la détermination de la marge de solvabilité réglementaire. La détermination de la marge de solvabilité constitue une étape clés dans l'analyse des cadres réglementaires, puisque c'est notamment sur la base de cet indicateur que se fonde le choix du cadre réglementaire le plus adapté.



**Figure 16 : Etape 6 du modèle – Détermination de la marge de solvabilité**



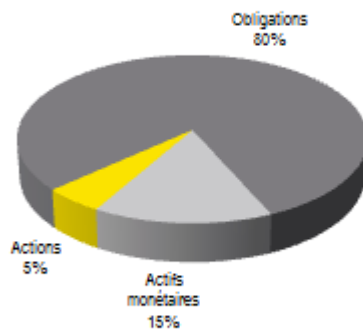
### 5.1. Modélisation de l'actif

Le montant des placements de chaque année se détermine à partir d'un traitement des composantes du passif en norme Solvabilité I, c'est-à-dire qu'il utilise comme référence le montant des provisions techniques complétées des capitaux propres (capital social et résultat incorporé). De ce fait l'actif n'est pas arrêté sur la base d'une modélisation et d'une valorisation fine de chaque titre et instrument financier détenu. Le modèle a donc fait l'objet d'une approximation de l'actif. Cet élément est à prendre en compte lors de la lecture des résultats présentés.

#### 5.1.1. Allocation cible des placements

On fait l'hypothèse que trois classes d'actifs sont présentes dans le portefeuille : obligations, actions, actifs monétaires. Chacune de ses classes d'actif représente un poids du portefeuille. Dans les modèles assurantiels et bancaires, une allocation cible de 80 % d'obligations, 15 % d'actifs monétaires et 5 % d'actions est établie.

**Figure 17 : Taux d'allocation des placements**



L'activité de cautionnement requiert un besoin en fond de roulement non négligeable afin de pouvoir financer à court terme les sinistres. C'est pourquoi les actifs monétaires représentent une part importante du portefeuille d'actifs.

### 5.1.2. Valorisation de l'actif

- **Calcul du montant global de l'actif**

La valorisation annuelle de l'actif s'établit à partir du montant des placements et des frais d'acquisition reportés. Les placements sont calculés à partir du passif Solvabilité I déduit des FAR clôture. Le passif Solvabilité I se décompose des capitaux propres et des provisions techniques, c'est-à-dire des PSAP, de la PREC éventuelle et des PPNA. Les capitaux propres se valorisent à partir des capitaux propres de l'année passée ajustés du résultat net sur l'année et de la variation de capital (augmentation ou utilisation des capitaux propres).

$$\text{Actif } S2 B2_i = \text{Placements } S2 B2_i + \text{FAR clôture}_i$$

$$\text{Avec Placements } S2 B2_i = \text{Placements } S1_i$$

$$\text{Avec Placements } S1_i = \text{Passif } S1_i - \text{FAR clôture}_i$$

$$\text{Avec Passif } S1_i = \text{Capitaux propres}_i + \text{PSAP}_i + \text{PREC}_i + \text{PPNA}_i$$

$$\text{Avec Capitaux propres}_i = \text{Capitaux propres}_{i-1} + \text{Résultat net}_i \pm \text{augmentation/utilisation de capital}_i$$

Les capitaux propres sont à initialiser lors de la première année de projection.

Dans le cadre du calcul de l'exigence de marge sous la réglementation Bâle II et Solvabilité II, il est nécessaire d'obtenir la valeur annuelle de chaque classe d'actif. La valeur annuelle de chaque classe d'actif s'établit à partir du montant total des placements et du taux d'allocation cible défini en hypothèse.

**Tableau 25 : Répartition des placements**

En k€	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Actions	238	264	291	318	346	374
Obligations	3 803	4 223	4 652	5 089	5 534	5 988
Actifs monétaires	713	792	872	954	1 038	1 123
<b>Placements</b>	<b>4 754</b>	<b>5 279</b>	<b>5 815</b>	<b>6 361</b>	<b>6 918</b>	<b>7 485</b>

Conformément à la stratégie des placements présentée précédemment, les actifs obligataires représentent bien 80 % des placements totaux, les placements monétaires s'élèvent à 15 % et les actions ont un poids de 5 %.

Le montant total des placements est en constante croissance sur les cinq années de projection du fait des affaires nouvelles. Ces nouveaux contrats apportent des primes associées qui viennent gonfler les placements.

- **Modélisation des obligations**

- Valeur des obligations

Chaque année, la valeur des actifs et par suite des placements évolue en fonction des résultats réalisés. La valeur des obligations détenues dépend de l'évolution des placements et du taux d'allocation.

$$\text{Obligations}_i = \text{Placements } S2 B2_i \times \text{Taux allocation obligations}$$

Le calcul de l'exigence de marge associée aux obligations est calibré par rapport au montant total d'obligations présentes à l'actif.

- **Modélisation des actions**

Dans le modèle, les actions sont estimées à partir du montant total des placements et du taux d'allocation. C'est pourquoi chaque année projetée donne lieu à une valorisation du montant des actions portée à l'actif.

$$\text{Actions}_i = \text{Placements } S2 B2_i \times \text{Taux allocation actions}$$

Le calcul de l'exigence de marge associée aux titres de propriétés dans le cadre de Bâle II et de Solvabilité II s'effectue à partir de cette valorisation des actions.

- **Modélisation actifs monétaires**

De la même manière que pour les obligations et les actions, les actifs monétaires sont quantifiés à partir du montant total des placements et du taux d'allocation défini en amont du modèle.

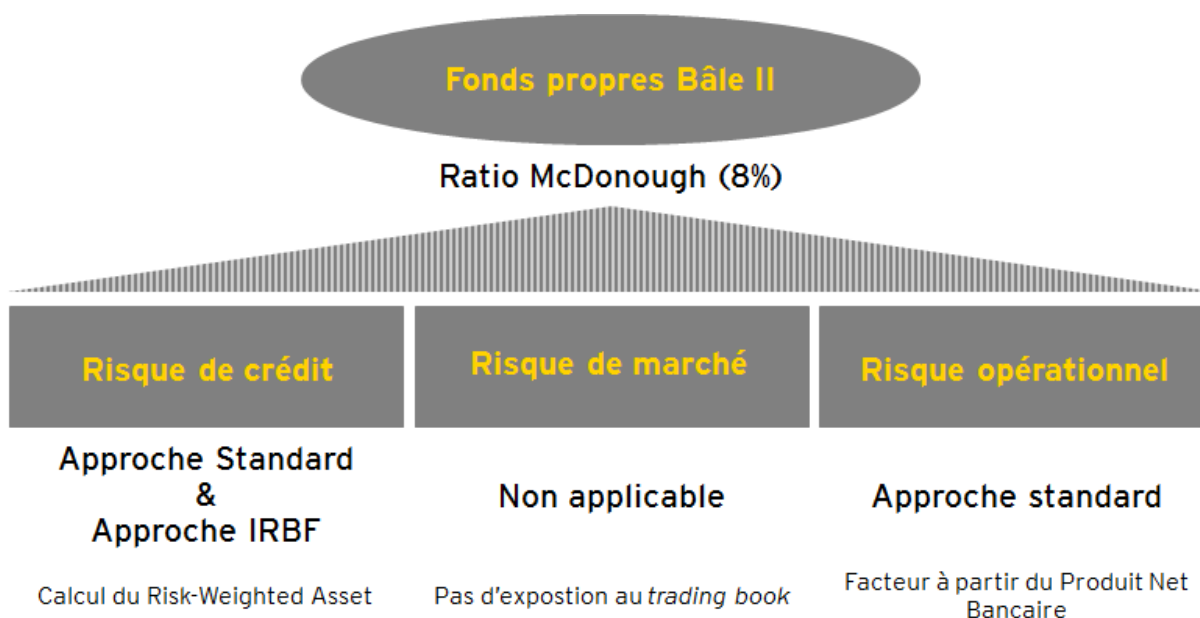
$$\text{Actifs Monétaires}_i = \text{Placements } S2 B2_i \times \text{Taux allocation actifs monétaires}$$

Les actifs monétaires constituent des actifs non risqués et ne donne pas lieu au calcul du capital de solvabilité associé.

## 5.2. Détermination de l'exigence de marge sous Bâle II

L'exigence de marge en norme bancaire est présentée dans RONCALLI [2009] et SARDI [2012]. L'exigence de marge sous Bâle II se décompose en trois grands risques : risque de crédit, risque de marché et risque opérationnel. Ces risques sont traités indépendamment et agrégés à la fin du processus de calcul de l'exigence de marge de solvabilité.

**Figure 18 : Schéma du calcul des fonds propres Bâle II**



### 5.2.1. Risque de crédit

Dans le cadre de cette étude, l'exigence de marge associée au risque de crédit se décompose en trois risques : le risque de crédit associé aux obligations, aux actions et à la clientèle de détail. C'est pourquoi le *Risk-Weighted asset* du risque de crédit est la somme des *Risk-Weighted assets* associés à chaque sous-catégorie de risque.

$$RWA \text{ credit risk}_i = RWA \text{ bonds}_i + RWA \text{ equity}_i + RWA \text{ retail}_i$$

- **Risque de crédit sur les dettes souveraines**

Le risque de crédit associé aux dettes souveraines porte sur les obligations d'Etat détenues dans le portefeuille d'actif au titre du *banking book*. Le modèle utilise une approche standard pour valoriser l'exigence de marge associé. Cette valorisation à partir de l'approche standard se définit comme un taux d'exposition applicable au montant d'obligations détenues par la banque. Le taux d'exposition applicable dépend de la notation de l'obligation détenue. Dans le cadre de cette étude, la banque détient des obligations d'Etat de bonne qualité. Ainsi la structure ne possèdera pas dans son bilan d'obligations notées moins que BBB-. Ainsi la pondération du risque atteint 50 % du montant de l'exposition au risque (valeur de marché des obligations).

$$RWA \text{ bonds}_i = \text{Obligations}_i \times \text{Taux de pondération du risque dettes souveraines}$$

- **Risque de crédit sur les participations dans les entreprises**

Les actions détenues dans le *banking book* sont captées dans l'exigence de marge associée au risque de crédit sur les titres de propriétés. Dans cette étude, la quantification de cette exigence de

marge se fait par le biais de l'approche standard, c'est-à-dire que le *risk-weighted asset* se détermine à partir d'un montant d'exposition au risque et d'un taux de pondération du risque. Le montant d'exposition au risque correspond à la valeur de marché des actions présentes dans le bilan. Dans cette étude, la valeur des actions a fait l'objet d'une approximation. Le taux de pondération des risques quant à lui est défini dans l'approche standard en fonction de la caractéristique des titres de propriétés. Par mesure de prudence, on retient le taux de pondération des risques pour les actions de 370 %.

$$RWA\ equity_i = Actions_i \times \text{Taux de pondération du risque actions}$$

- **Risque de crédit sur la clientèle de détail**

- **Présentation de la méthodologie de calcul**

La valorisation de l'exigence de marge de solvabilité associée au risque de crédit sur la clientèle de détail, c'est-à-dire les risques portant sur les engagements de cautionnement, se fait à partir de l'approche IRBF (*Internal Rating Based Foundation*). Cette approche consiste à mettre en place un dispositif de notation interne afin d'établir les profils de risques des débiteurs. Dans le cadre de l'étude, la PD (probabilité de défaut) et la LGD (Loss Given Default) donnent lieu à une évaluation interne.

Pour chaque classe de notations, le dispositif requiert la détermination et l'identification d'une probabilité de défaut (PD) de la classe, d'un montant de perte en cas de défaut (LGD pour *Loss Given Default*) ainsi que de l'encours exposé au risque (EAD pour *Exposure At Default*).

Dans cette étude, le risque de crédit (c'est-à-dire le risque de défaut du client de la banque) porte sur la clientèle de détail, c'est pourquoi aucun ajustement d'échéance n'est traité. Ainsi l'exigence de marge associée au risque de crédit (RWA pour *Risk-Weighted Assets*) correspond à une fonction du LGD, de la PD et de l'EAD.

Dans la formule de calcul du RWA associé à la clientèle de détail présentée ci-dessous, N représente la loi normale centrée réduite et G représente la loi inverse de la loi normale centrée réduite.

$$RWA\ retail_i = \left[ LGD_i \times N \left[ (1 - R)^{-0.5} \times G(PD_i; 0; 1) + \left( \frac{R}{1 - R} \right)^{0.5} \times G(0,999; 0; 1); 0; 1 \right] - PD_i \times LGD_i \right] \times EAD_i \times 12,5 \times 1,06$$

- **Détermination des paramètres du RWA associé au risque de crédit**

- *Loss Given Default*

Le terme de *Loss Given Default* correspond à la perte en cas de défaut. Dans la partie relative aux hypothèses, on a déterminé un taux de recours sur sinistres de 74 % Ainsi le taux de pertes en cas de défaut atteint 26 %. Ce dernier paramètre est intégré dans le modèle.

- R

Dans cette étude, le risque de crédit (c'est-à-dire le risque de défaut du client de la banque) porte sur la clientèle de détail. Les spécifications techniques de la réglementation établissent pour ce type de clientèle un paramètre de corrélation R forfaitaire. Ce coefficient de corrélation s'élève à 15 %.

- Probabilité de défaut

La probabilité de défaut est établie à partir de la probabilité de défaut de chaque classe de risque j.

$$PD_i = \frac{\sum_j PD_j \times CSR_j}{CSR_0}$$

L'approche *IRB Foundation* préconise que les probabilités de défaut doivent être calculées sur une population suffisamment large et sur plusieurs années afin de lisser l'impact des valeurs extrêmes. Le calcul de la probabilité de défaut tel qu'il a été établi précédemment correspond aux exigences méthodologiques. Lors de l'étape de construction de la grille de score, nous avons conclu à un taux unique sur le portefeuille qui s'élève à 0,4 %. Le modèle prendra ce paramètre pour calculer l'exigence de marge de solvabilité.

- *Exposure At Default*

Le montant de l'EAD correspond au produit du montant des engagements de financement et d'un facteur de conversion. Le facteur de conversion dépend de la typologie de l'engagement. Les engagements associés aux garanties caution sont des éléments du hors bilan et font partie de la catégorie des substituts de crédit. Dès lors le facteur de conversion est de 100 %. En d'autres termes, pour les engagements de cautionnement, l'intégralité de l'engagement est prise en compte pour le calcul de l'exposition au risque. L'*Exposure At Default* est donc égale aux capitaux sous risques.

Les capitaux sous risques représentent les montants auxquels la structure est exposée directement. Il s'agit de l'ensemble des sommes assurées dans le cadre de la garantie caution. Dans le cadre de cautionnement d'emprunt, il s'agit du capital restant dû que le client doit à la banque qui lui a accordé l'emprunt. La méthode de calcul des capitaux sous risques se base sur plusieurs hypothèses. On estime que les clients remboursent leur crédit par des annuités constantes. Les capitaux sous risques s'obtiennent à partir des capitaux sous risques de l'année précédente déduite de l'annuité et des intérêts payés.

$$\text{Capitaux sous risques}_i = \text{Capitaux sous risques}_{i-1} - \text{Annuité}_{s_{i-1}} - \text{Interet}_{s_{i-1}}$$

Dans cette étude, on part du postulat que les annuités sont constantes. Ainsi les annuités sont fonction du capital initial et du taux d'emprunt.

$$\text{Annuités}_{s_i} = \text{Capital initial}_i \times \frac{\text{Taux emprunt}}{[1 - (1 + \text{Taux emprunt})^{-\text{Années du contrat}}]}$$

Les intérêts s'obtiennent par application du taux d'emprunt sur les capitaux sous risques, c'est-à-dire les capitaux restants dû à la charge du client.

$$\text{Intérêt}_{s_i} = \text{Capitaux sous risques}_i \times \text{Taux emprunt}$$

### 5.2.2. Risque opérationnel

Le risque opérationnel correspond au risque de pertes associées à des défauts dans les processus internes. Ce risque comprend entre autres les défaillances informatiques, la mauvaise mise en place des projets, les erreurs de production par les collaborateurs.

Dans le cadre de l'approche standard de la réglementation bancaire Bâle II, le risque opérationnel se quantifie à partir de la moyenne des produits nets bancaires des trois dernières années. On applique à cette moyenne un facteur de coût défini en hypothèse. On obtient alors le montant d'exigence de marge de solvabilité associé au risque opérationnel.

$$\text{Exigence de marge risque opérationnel}_i = \text{Max} \left( 0; \text{Facteur de coût} \times \sum_{j=i-2}^i \frac{\text{Produit Net Bancaire}_j}{3} \right)$$

### 5.2.3. Risque de marché

L'exigence de marge de solvabilité associée au risque de marché telle qu'elle est définie dans Bâle II porte uniquement sur le portefeuille de négociation (*trading book*), c'est-à-dire sur les actifs faisant l'objet de placements à court terme et dont la détention est réalisée uniquement à des fins de négociations. Dans cette étude, la structure financière ne réalise pas d'opérations de négociation à court terme, c'est pourquoi la structure dispose d'une exigence de marge de solvabilité associée au risque de marché nulle. En complément, la banque réalise uniquement des opérations à moyen ou long terme, c'est-à-dire intégré au portefeuille bancaire (*banking book*). Or les actifs détenus dans le banking book donnent lieu à une exigence de marge au titre du risque de crédit et non au titre du risque de marché.

### 5.2.4. Exigence de marge de solvabilité réglementaire

Le montant d'exigence de marge global pour la banque résulte du calcul des trois sous-modules décrits précédemment : module de risque de crédit, risque de marché et risque opérationnel. L'exigence de marge globale s'obtient par agrégation des trois sous modules et application du ratio McDonough (8 %).

$$\begin{aligned} \text{Exigence de marge Bâle II}_i &= \text{Ratio McDonough} \times (\text{RWA credit risk}_i + \text{Exigence risque opérationnel}_i \\ &+ \text{Exigence risque marché}_i) \end{aligned}$$

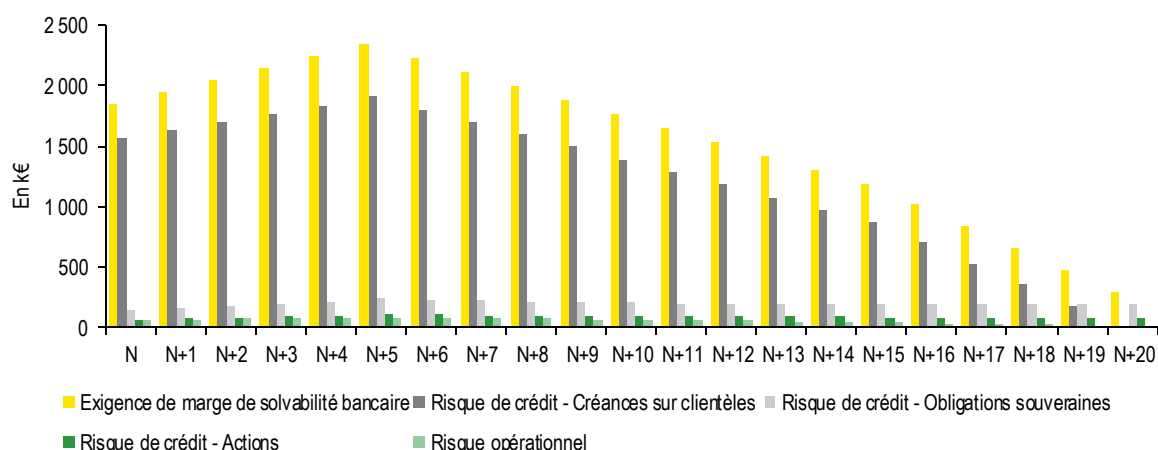
Les valeurs de l'exigence de marge de solvabilité bancaire pendant l'année d'initialisation et les cinq premières années de projection sont présentées dans le tableau 26.

**Tableau 26 : Exigence de marge de solvabilité bancaire**

En k€	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
RWA dettes souveraines	152	169	186	204	221	240
RWA actions	70	78	86	94	102	111
RWA clientèle de détail	1 565	1 628	1 694	1 763	1 836	1 912
<b>RWA risque de crédit</b>	<b>1 788</b>	<b>1 875</b>	<b>1 966</b>	<b>2 061</b>	<b>2 160</b>	<b>2 263</b>
<b>Exigence risque opérationnel</b>	<b>70</b>	<b>71</b>	<b>75</b>	<b>79</b>	<b>83</b>	<b>87</b>
<b>Exigence de marge de solvabilité bancaire</b>	<b>1 857</b>	<b>1 946</b>	<b>2 041</b>	<b>2 140</b>	<b>2 243</b>	<b>2 350</b>

Un complément d'analyse en figure 19 est fourni par la représentation graphique des résultats relatifs aux modules de risques sur l'ensemble de la période de projection jusqu'à extinction des garanties en N+20.

**Figure 19 : Représentation de l'exigence de marge de solvabilité bancaire**



Les cinq premières années de projection sont marquées par une hausse constante de l'exigence de marge de solvabilité. Cette hausse s'explique par les affaires nouvelles qui gonflent le volume des engagements et donc du capital de solvabilité requis.

Le RWA de la clientèle de détail est important par rapport aux autres blocs de risque du fait de l'importance et de la nature du risque que représentent les garanties caution.

Le RWA des dettes souveraines est le second RWA car 80 % des placements sont investis sur ce support.

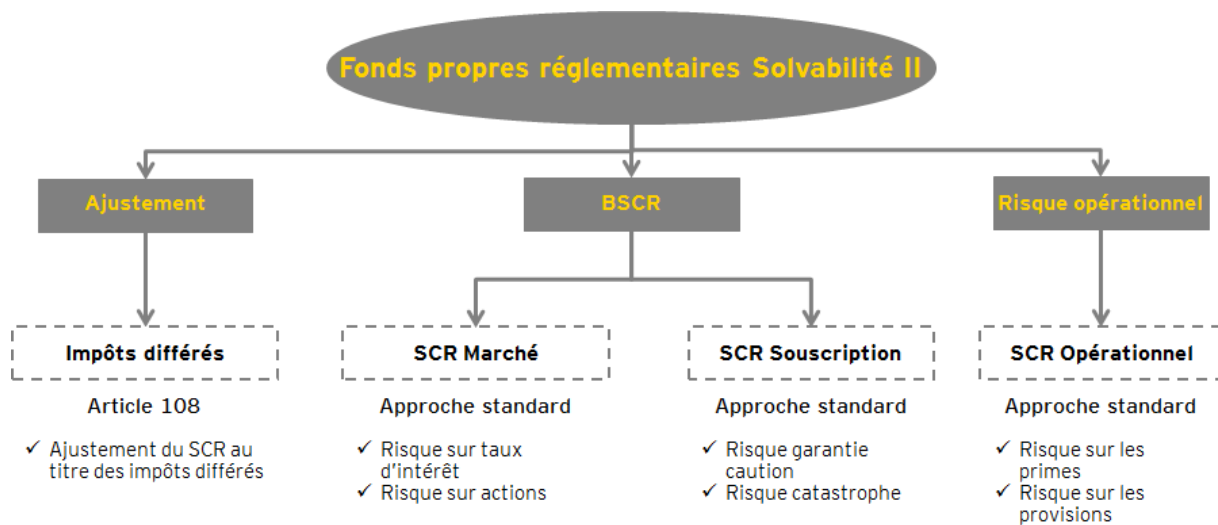
Le RWA en action est le plus faible. Un fait notable est que les actions représentent 15 % des placements mais le RWA associé aux actions est deux fois plus faible que le RWA dettes souveraines. Ce constat est pertinent car les actions présentent un risque plus important que les obligations.

### 5.3. Détermination de l'exigence de marge sous Solvabilité II

Le calcul de l'exigence de marge dans le cadre prudentiel assurantiel se base sur les modalités et paramètres définis par la directive européenne Solvabilité II, les *Technical Specifications* et les *Implementing Measures* de la Commission Européenne. Ces documents techniques et réglementaires fournissent un cadre et une orientation au calcul du *Solvency Capital Requirement*. Dans le cadre de cette étude, la formule standard définie à travers ces documents a été mise en place pour le calcul des SCR modulaires et par suite du SCR global. L'architecture du calcul des fonds propres réglementaires Solvabilité II est développée ci-après.



Figure 20 : Schéma de calcul des fonds propres Solvabilité II



- Méthodologie de calcul des SCR modulaires

La formule standard définit le calcul des SCR modulaires par application de chocs sur chaque module de risque. L'application de ces chocs sur l'actif et/ou le passif génère une modification de la structure bilan. On calcule alors le SCR sur chaque module de risque afin de déterminer le delta de *Net Asset Value* (Delta NAV).

$$\text{Delta NAV}_i = \text{NAV avant choc}_i - \text{NAV après choc}_i$$

La *Net Asset Value* se définit comme la valeur de marché de l'actif réduite des *Best Estimate Liabilities* et de la marge de risque. L'exigence de capital obtenue grâce aux calculs des SCR modulaires doit permettre d'absorber une perte avec une probabilité de 99,5 %. En d'autres termes, les chocs modulaires sont calibrés de telle sorte que la *Net Asset Value* soit suffisante pour absorber des pertes éventuelles avec une probabilité de 99,5 %.

$$\text{NAV}_i = \text{Actifs}_i - \text{Valeur de marché du Passif Technique}_i$$

Pour chaque module de risque (risque de souscription, risque opérationnel et risque de marché), le modèle propose de calculer les fonds propres nécessaires pour faire face à différents risques identifiés.

### 5.3.1. Risque de souscription

L'exigence de marge de solvabilité pour le risque de souscription non-vie s'obtient par somme des sous-modules de risque  $\text{SCR}_{\text{caution}}$  (capital requis pour le risque de primes et réserves non-vie), et  $\text{SCR}_{\text{CAT}}$  (capital requis pour le risque catastrophe non-vie).

- **Capital requis pour le risque des primes et réserves non-vie**

Le risque de souscription non-vie pour une activité de caution consiste à quantifier les risques de chutes des primes ou de sous-provisionnement. Le capital requis pour ce risque est défini dans COMMISSION EUROPENNE [2011]. Ce capital requis se quantifie par le produit d'une mesure de volume et d'une fonction de l'écart type combiné. Le volume rassemble les primes et les provisions techniques. L'écart type global se calcule à partir d'écart type spécifiques sur les primes et sur les provisions techniques.

$$SCR_{\text{caution}} = V * \rho(\sigma_{\text{caution}})$$

$$V = V_{\text{premi}} + V_{\text{res}}$$

$$\rho(\sigma) = \frac{\exp(N_{0,995} * \sqrt{\log(\sigma_{\text{caution}}^2 + 1)})}{\sqrt{\sigma_{\text{caution}}^2 + 1}} - 1$$

La variable V désigne le volume de primes  $V_{\text{premi}}$  et de réserves  $V_{\text{res}}$ .

La fonction  $\rho(\sigma)$  désigne la volatilité globale des primes et des réserves. Ici  $N_{0,995}$  représente le quantile à 99,5 % de la distribution de la loi normale.

Le calcul du SCR de souscription non-vie effectué dans cette étude utilise l'approximation de la fonction  $\rho(\sigma_{\text{caution}})$  décrite dans les spécifications techniques de la directive Solvabilité II.

$$\rho(\sigma_{\text{caution}}) \cong 3 \times \sigma_{\text{caution}}$$

Le calcul du  $\sigma_{\text{caution}}$  repose sur la simplification du calcul en considérant un segment d'activité unique sans différenciation. Cette simplification permet d'obtenir l'expression suivante pour le calcul de  $\sigma_{\text{caution}}$ .

$$\sigma_{\text{caution}} = \frac{\sqrt{(\sigma_{\text{premi}} * V_{\text{premi}})^2 + \sigma_{\text{premi}} * \sigma_{\text{res}} * V_{\text{premi}} * V_{\text{res}} + (\sigma_{\text{res}} * V_{\text{res}})^2}}{V_{\text{premi}} + V_{\text{res}}}$$

La variable  $\sigma_{\text{premi}}$  désigne la volatilité des primes supposée égale à 12 %.

La variable  $\sigma_{\text{res}}$  désigne la volatilité des réserves supposée égale à 19 %.

- **Capital requis pour le risque de catastrophe**

Dans le cadre de l'activité de cautionnement, seul le module « autres risques catastrophiques non-vie » est pris en compte dans le calcul de *Solvency Capital Requirement*. Ce module se définit comme la perte immédiate sur les fonds propres résultant du non-versement des primes. Ainsi le SCR associé au risque catastrophe est égal au volume de primes :  $SCR_{\text{CAT}} = V_{\text{premi}}$

- **Capital requis pour le risque souscription**

La valorisation du SCR associé au risque de souscription s'obtient à partir des SCR sous-modulaires : SCR sur les risques de primes et de réserves ; SCR sur le risque de catastrophe. L'agrégation de ces deux risques se réalise par le biais d'une matrice de corrélation définie en hypothèse.

$$SCR_{\text{Souscription NL}_i} = \sqrt{\sum_{i,j} \text{Corr NL}_{i,j} \times SCR_i \times SCR_j}$$

$\text{Corr NL}_{i,j}$  représente la matrice de corrélation des sous-modules du module de souscription Non Vie.

$SCR_i$  représente les SCR sous-modulaires à avoir le SCR de caution et le SCR catastrophe.

### 5.3.2. Risque opérationnel

La définition du risque opérationnel pour le secteur assurantiel et la même que pour le secteur bancaire. En revanche le calcul de l'exigence de marge de solvabilité diffère. Le risque opérationnel sous la formule standard de la réglementation prudentielle assurantielle se quantifie à partir des provisions techniques Solvabilité II (*Best Estimate Liabilities*) et du SCR de souscription.

$$\text{SCR Opérationnel}_i = \text{Min}(30 \% \times \text{SCR Souscription}_i; \text{Max}(3 \% \text{ BEL}_i; 3 \% \text{ Primes}_i))$$

### 5.3.3. Risque de marché

De la même manière que pour le secteur bancaire, l'actif est diversifié et composé uniquement de dettes souveraines, d'actions et d'actifs monétaires. Le risque de marché prend donc en compte uniquement les risques associés aux taux d'intérêt et les risques relatifs aux actions.

- **Risques associés aux taux intérêt**

Le risque de taux d'intérêt concerne tous les postes à l'actif et au passif dont la valeur est affectée par une variation des taux d'intérêt. Les actifs concernés regroupent les investissements à revenu fixe du portefeuille, c'est-à-dire les obligations. Le risque de taux d'intérêt prend en compte l'ensemble des actifs même ceux qui ne sont pas en représentation des provisions. Le passif est également concerné par les risques associés aux taux d'intérêts. L'actualisation des provisions techniques au taux sans risque rend ces provisions sensibles aux taux. Une modification de la structure des taux génère donc une variation de la valorisation des provisions techniques. Les provisions techniques interviennent donc dans la détermination du besoin de capital au titre du risque de taux d'intérêt.

Dans le modèle, les obligations sont valorisées à partir du montant total des placements et du taux d'allocation d'actifs vers les obligations. On dispose alors d'un montant global de la valeur des obligations sans avoir les flux associés à chaque obligation. Il est donc impossible d'appliquer opérationnellement dans le modèle la méthodologie prescrite par la Directive Solvabilité II. C'est pourquoi on privilégie la méthode de valorisation de l'exigence de marge préconisée par Bâle II pour traiter les actifs obligataires.

- **Risques relatifs aux actions**

La nature volatile des prix de marché des actions est prise en compte dans le calcul du SCR à travers le module de risques relatifs aux actions. L'exposition au risque de chute des cours des actions se rapporte à tous les actifs et passifs dont la valeur est sensible aux changements de prix des actions. Ce module de risque vise à quantifier le risque systémique. Les actions détenues dans le portefeuille d'actifs sont des titres de sociétés appartenant à l'OCDE afin de maintenir un portefeuille avec un risque limité.

Le SCR Actions se calcule à partir du Delta NAV issu de la prise en compte du choc modulaire sur les actions. Le choc à appliquer dans ce cas a été défini en hypothèse.

$$\text{SCR Actions}_i = \text{NAV avant choc}_i - \text{NAV après chocs sur les actions}_i$$

$$\text{NAV après chocs sur les actions}_i = \text{Actifs monétaire}_i + \text{Obligations}_i + \text{Actions choqués}_i - \text{BEL}_i - \text{RM}_i$$

### 5.3.4. Exigence de marge de solvabilité réglementaire

L'exigence en capital totale, c'est-à-dire le SCR global, correspond à une agrégation des SCR modulaires. L'agrégation se fait à partir de matrices de corrélations établies dans les spécifications techniques et définies en hypothèse.

$$SCR_{Global_i} = BSCR_i + Adj_i + SCR_{Opérationnel_i}$$

Adj<sub>i</sub> est l'ajustement pour les effets d'atténuation des risques provenant des impôts différés. Cet ajustement se calcule à partir des provisions techniques Solvabilité I et Solvabilité II (BEL et RM), le BSCR et le SCR opérationnel.

$$Adj_i = -\max[0; \min(\text{Taux IS} * (BSCR + SCR_{op}); (\text{Provisions Techniques } S1_i - BEL_i) \times \text{Taux IS})]$$

BSCR<sub>i</sub> correspond au capital requis de base. Il est la résultante de l'agrégation des SCR modulaires (Souscription et Marché). L'agrégation se fait par le biais d'une matrice de corrélation. Cette matrice intègre les effets d'interactions susceptibles de lier plusieurs risques entre eux lors de survenance d'événement.

$$BSCR_i = \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{i,j} \times SCR_i \times SCR_j}$$

Corr<sub>i,j</sub> correspond aux coefficients de la matrice de corrélation des différents modules du SCR

SCR<sub>i</sub> et SCR<sub>j</sub> correspondent aux SCR modulaires.

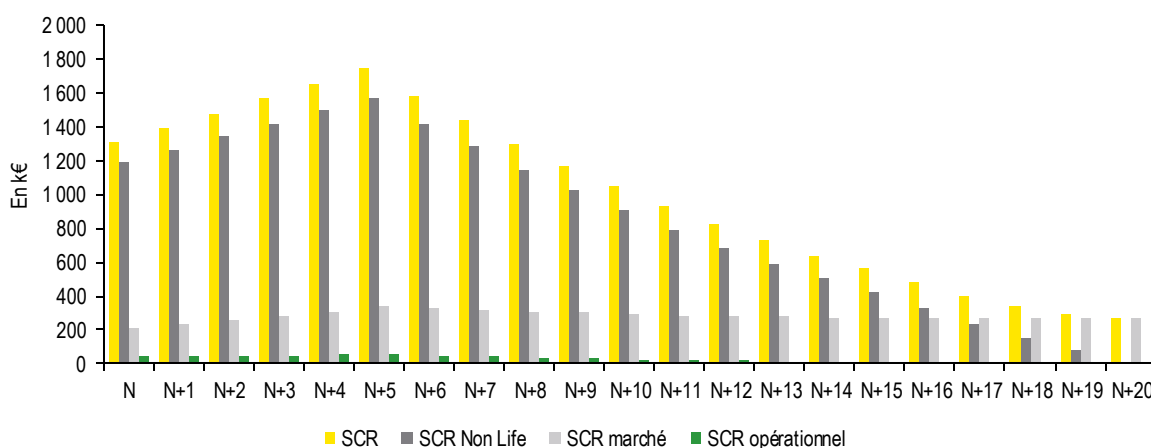
Le tableau 27 explicite les résultats de N à N+5 associés à chaque module de risque pour atterrir sur le *Basic Solvency Capital Requirement* et le *Solvency Capital Requirement*.

**Tableau 27 : Exigence de marge de solvabilité assurantielle**

En k€	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
SCR P&R	913	981	1 048	1 113	1 178	1 241
SCR Catastrophe	573	596	620	646	673	701
<b>SCR Souscription</b>	<b>1 193</b>	<b>1 269</b>	<b>1 344</b>	<b>1 420</b>	<b>1 495</b>	<b>1 571</b>
SCR Taux	152	169	186	204	221	240
SCR Actions	93	103	113	124	135	146
<b>SCR marché</b>	<b>214</b>	<b>238</b>	<b>262</b>	<b>286</b>	<b>312</b>	<b>337</b>
<b>BSCR</b>	<b>1 264</b>	<b>1 348</b>	<b>1 432</b>	<b>1 517</b>	<b>1 602</b>	<b>1 687</b>
SCR Opérationnel	42	45	48	52	55	58
<i>Adjustement</i>	0	0	0	0	0	0
<b>SCR</b>	<b>1 306</b>	<b>1 393</b>	<b>1 481</b>	<b>1 569</b>	<b>1 657</b>	<b>1 744</b>

La représentation graphique sur l'ensemble des années de projection présentées dans la figure 21 fournit une autre vision de la répartition de l'exigence de marge de solvabilité assurantielle. Elle fournit notamment une vision jusqu'à N+20, dernière année de projection.

**Figure 21 : Représentation graphique de l'exigence de marge de solvabilité assurantielle**



Le SCR souscription dispose du poids le plus important dans le calcul du SCR global, ce qui est cohérent car le risque caution est le plus fort. Il augmente fortement du fait du volume d'affaires nouvelles lors des cinq premières années puis se tasse jusqu'à l'extinction des garanties.

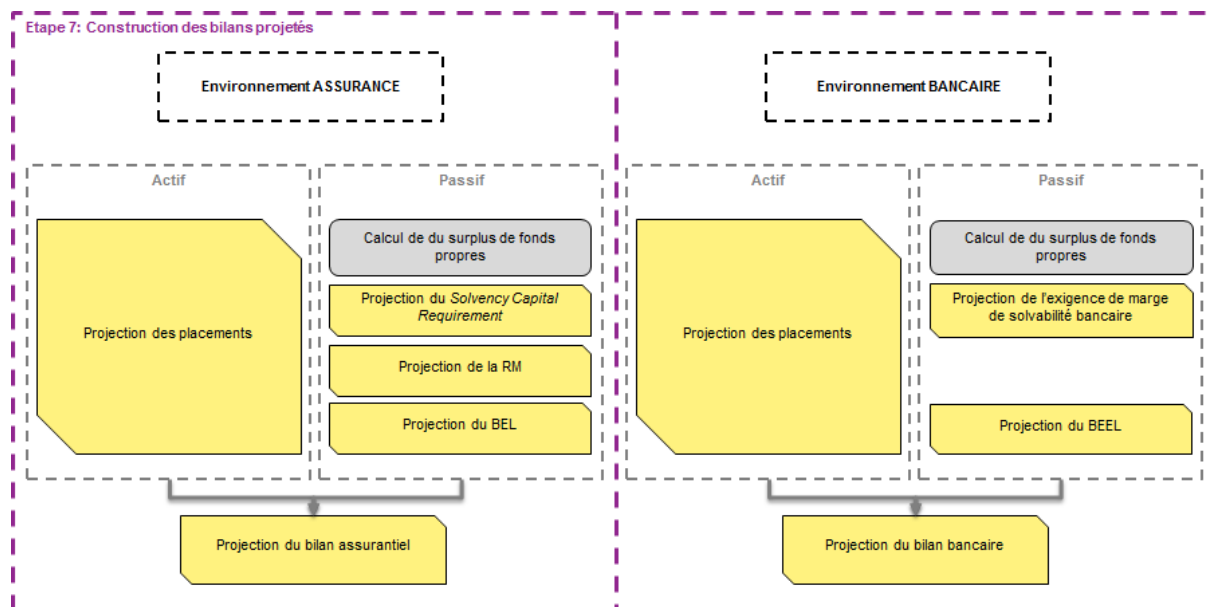
Le SCR marché a un poids plus limité. On remarque que le SCR taux est plus important que le SCR action. Toutefois le SCR action est deux fois plus faible que le SCR taux, alors que les actions représentent cinq fois moins de titres détenus dans le portefeuille. Ce constat est cohérent car les actions contiennent un risque plus important que les obligations.

Finalement, on constate que l'effet de diversification au niveau du BSCR se quantifie à 143 k€ pour l'année N soit 10 % des modules intégrés au BSCR.

## 6. Construction et présentation des bilans projetés

A ce stade de l'étude, les provisions techniques, les actifs, les exigences de marge de solvabilité réglementaires et les fonds propres totaux ont été valorisés et projetés. L'ensemble de ces éléments permet de construire les bilans projetés bancaires et assurantielles.

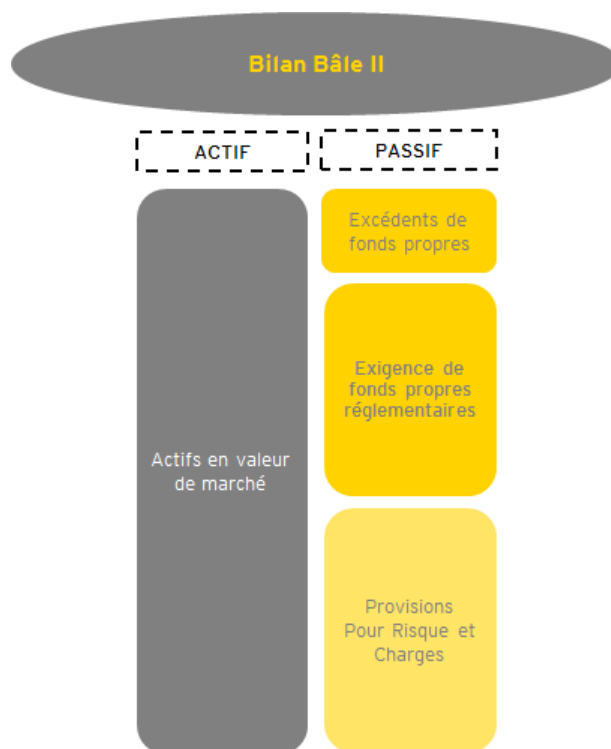
Figure 22 : Etape 7 du modèle – Construction des bilans projetés



### 6.1. Cadre bancaire

Le bilan bancaire tel qu'il est défini dans la réglementation bancaire Bâle II est présenté dans la figure 23.

**Figure 23 : Bilan Bâle II**



Les actifs sous la réglementation bancaire Bâle II sont valorisés en valeur de marché. Dans cette étude, l'actif se valorise à partir du montant des placements initiaux complétés des résultats alloués aux fonds propres.

Le passif fait apparaître plusieurs éléments : le *Best Estimate Expected Losses*, l'exigence de fonds propres réglementaire ainsi que le surplus de fonds propres. La méthodologie ainsi que l'acceptation du BEEL et de l'exigence de marge de solvabilité ont été présentées précédemment dans cette étude.

Les fonds propres se définissent comme la somme des actifs nets des provisions techniques. Autrement dit, il s'agit de la somme de l'exigence de marge de solvabilité et du surplus d'actif. Dans cette étude, les fonds propres présentés correspondent intégralement au Core Tier 1, c'est-à-dire aux fonds propres associés au capital social et aux résultats incorporés dans les fonds propres.

$$\text{Fonds Propres}_i = \text{Exigence de marge de solvabilité}_i + \text{Surplus d'actif}_i$$

Le surplus d'actif caractérise l'excédent de fonds propres disponible après prise en compte des engagements envers les assurés (BEEL) et des exigences de solvabilité réglementaire relatives aux fonds propres. Autrement dit, il s'agit de la valeur des actifs déduits de l'exigence de marge de solvabilité et du BEEL.

$$\text{Surplus d'actif}_i = \text{Placements } S1_i + \text{FAR Clôture}_i - \text{Exigence de marge de solvabilité}_i - \text{BEEL}_i$$

**Tableau 28 : Bilans bancaires**

En k€	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Placements	4 754	5 279	5 815	6 361	6 918	7 485
Créances sur frais	803	867	930	992	1 052	1 110
<b>Actif</b>	<b>5 556</b>	<b>6 146</b>	<b>6 745</b>	<b>7 353</b>	<b>7 970</b>	<b>8 595</b>
Fonds Propres	4 167	4 645	5 134	5 636	6 149	6 673
<i>dont Surplus d'actifs</i>	2 309	2 699	3 094	3 496	3 906	4 323
<i>dont Exigence de marge</i>	1 857	1 946	2 041	2 140	2 243	2 350
BEEL	1 390	1 501	1 610	1 717	1 821	1 923
<b>Passif</b>	<b>5 556</b>	<b>6 146</b>	<b>6 745</b>	<b>7 353</b>	<b>7 970</b>	<b>8 595</b>

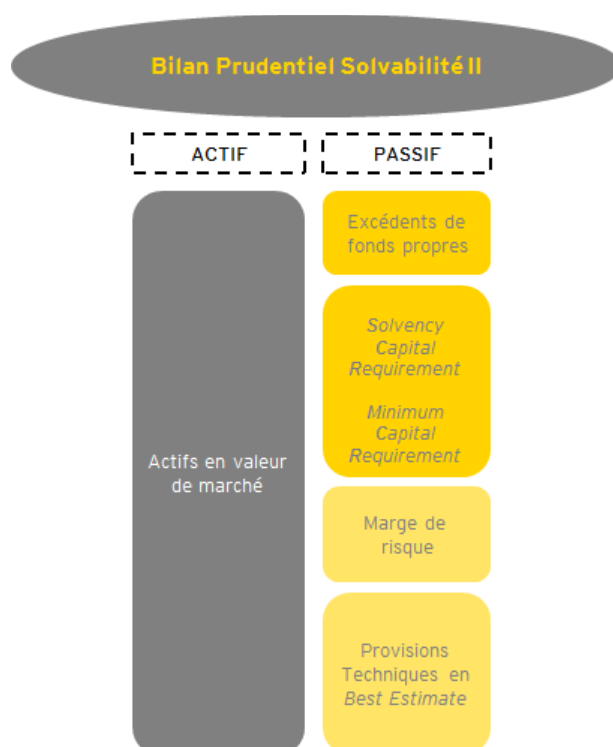
Le bilan ne cesse d'augmenter entre N et N+5. Cet effet est la résultante de la poursuite de l'activité pendant cinq années et donc de l'accroissement du volume de contrats en portefeuille.

En N, le pied de bilan s'élève à 5 556 k€, le BEEL représente 1 390 k€ soit 25 % du bilan, l'exigence de marge de solvabilité atteint 1 857 k€ soit 33 % du bilan et le surplus d'actif est de 2 309 k€ soit 42 % du bilan. Le surplus d'actif a le poids le plus élevé, ce qui est positif en termes de solvabilité et de sécurité de la structure. L'exigence de marge de solvabilité a un poids de 33 % contre 25 % pour les provisions techniques. Coté actif, les placements représentent 4 754 k€ en N soit 86 % du bilan, les 14 % restant sont associés aux créances sur frais, c'est-à-dire le report des frais d'acquisition sur les exercices ultérieurs.

## 6.2. Cadre assurantiel

Le bilan prudentiel tel qu'il est défini dans la réglementation prudentielle bancaire Solvabilité II s'articule de la manière décrite dans la figure 24.

**Figure 24 : Bilan prudentiel Solvabilité II**





De la même manière que définie dans la réglementation Bâle II, les actifs du bilan prudentiel Solvabilité II sont quantifiés en valeur de marché. La méthodologie spécifique de calcul est disponible dans la partie relative à la modélisation des actifs.

Le passif fait apparaître plusieurs éléments : les provisions techniques en *Best Estimate*, la marge de risque, le *Solvency Capital Requirement* et le surplus de fonds propres. Chacun de ces éléments a été explicité précédemment.

Les fonds propres se définissent comme la somme des actifs nets des provisions techniques. Autrement dit, il s'agit de la somme du SCR et du surplus d'actif.

$$\text{Fonds Propres}_i = \text{SCR Global}_i + \text{Surplus d'actif}_i$$

Le surplus d'actif caractérise l'excédent de fonds propres disponibles après prise en compte des engagements envers les assurés (BEL), de la marge de risque et du SCR. Autrement dit, il s'agit de la valeur des actifs déduits du SCR et des réserves.

$$\text{Surplus d'actif}_i = \text{Placements S1}_i + \text{FAR Cl\^oture}_i - \text{SCR}_i - \text{R\^eserves}_i$$

**Tableau 29 : Bilans assurantiels**

En k€	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Placements	4 754	5 279	5 815	6 361	6 918	7 485
FAR	803	867	930	992	1 052	1 110
<b>Actif</b>	<b>5 556</b>	<b>6 146</b>	<b>6 745</b>	<b>7 353</b>	<b>7 970</b>	<b>8 595</b>
Fonds Propres	3 626	4 086	4 562	5 057	5 569	6 099
<i>dont Surplus d'actifs</i>	2 320	2 692	3 081	3 488	3 912	4 354
<i>dont Solvency Capital Requirement</i>	1 306	1 393	1 481	1 569	1 657	1 744
Marge de risque	540	559	572	579	580	574
<i>Best Estimate Liabilities</i>	1 390	1 501	1 610	1 717	1 821	1 923
<b>Passif</b>	<b>5 556</b>	<b>6 146</b>	<b>6 745</b>	<b>7 353</b>	<b>7 970</b>	<b>8 595</b>

Le pied de bilan est le même que celui de l'environnement bancaire, à savoir 5 556 k€ en N avec une décomposition de 1 930 k€ de réserves (BEL et RM) soit 35 % du bilan, 1 306 k€ de SCR soit 23 % du bilan et 2 320 k€ de surplus d'actif soit 42 % du bilan. La décomposition de l'actif est exactement la même que celle du bilan bancaire.

### 6.3. Analyse des résultats

#### 6.3.1. Comparaison du ratio de sur-couverture et des fonds propres

- **Analyse du ratio de sur-couverture**

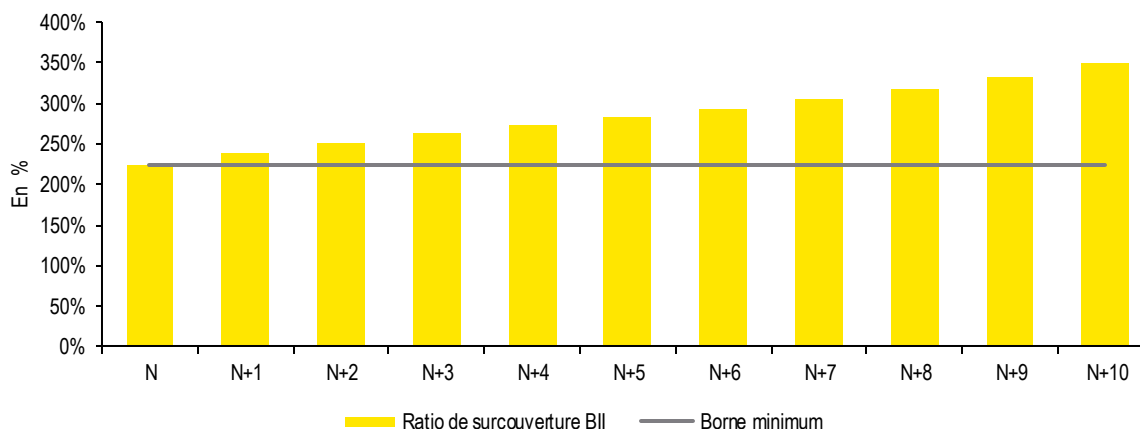
Parmi les objectifs de la projection du bilan et du compte de résultat (autant en environnement bancaire qu'assurantiel), on cherche à couvrir sur l'ensemble des années de projection l'exigence de marge de solvabilité par les fonds propres. Ainsi on met en place un indicateur de couverture de l'exigence de marge par les fonds propres sur l'ensemble des années de projection. Le ratio de sur-couverture se définit comme le taux par lequel les fonds propres de la structure couvrent

l'exigence de marge de solvabilité. Ce taux est défini pour chacune des années de projection. On dispose aussi d'un indicateur annuel de solvabilité.

$$\text{Ratio de sur-couverture}_i = \frac{\text{Fonds Propres}_i}{\text{Exigence de marge de solvabilité}_i}$$

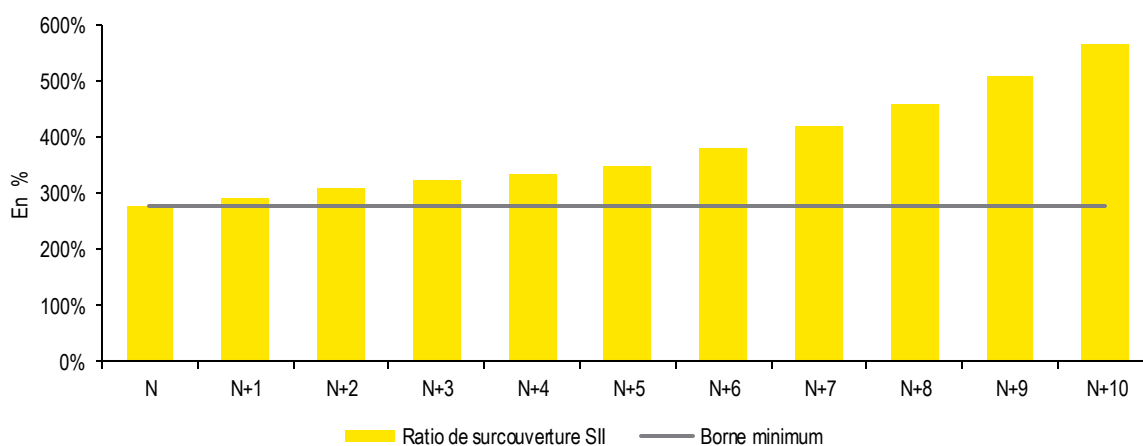
L'exigence de marge de solvabilité évolue chaque année. Il apparaît naturel que ce ratio minimum de sur-couverture atteigne *a minima* le seuil de 100 % sur l'ensemble des années de projection. Toutefois un seuil de 100 % ne semble pas suffisant pour garantir la solidité de l'organisme de cautionnement pour couvrir les risques auxquels elle est exposée, c'est pourquoi il est capital que ce taux soit à des niveaux élevés. Un surplus de 50 % apparaît cohérent afin de pouvoir faire face aux variations futures des fonds propres. Le ratio minimum acceptable de sur-couverture est donc établi à 150 %. Les représentations graphiques du ratio de sur-couverture présentées dans les figures 25 et 26 permettent d'analyser pour chaque environnement la couverture de l'exigence de marge de solvabilité par les fonds propres.

**Figure 25 : Représentation graphique des ratios de sur-couverture bancaire**



Le ratio de sur-couverture en environnement bancaire oscille entre 224 % et 349 % de N à N+10. Le point minimum se situe en année N, c'est-à-dire en année d'initialisation de la projection. L'amélioration du ratio de couverture au fil des années trouve sa justification dans l'incorporation du résultat dans les fonds propres. On note également que l'évolution du BEEL et de l'exigence de marge est plus faible que les primes émises.

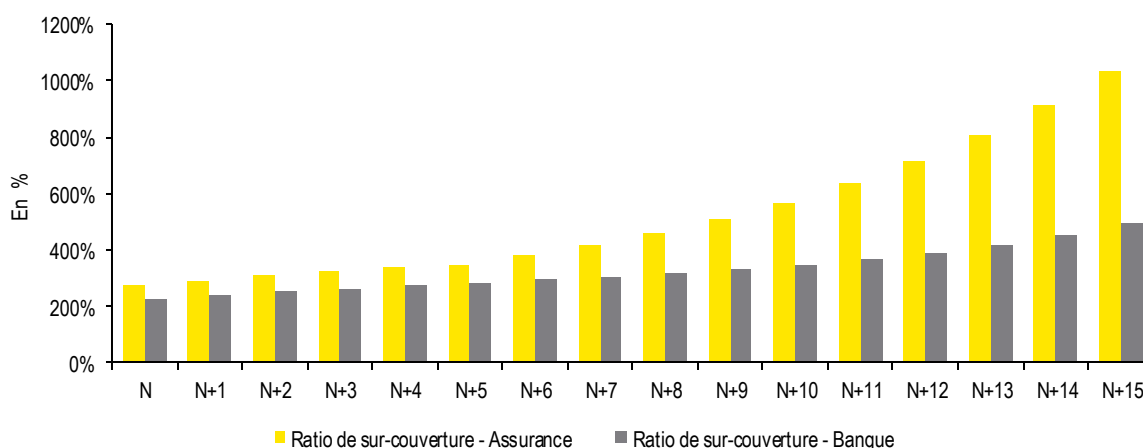
**Figure 26 : Représentation graphique des ratios de sur-couverture assurantielle**



Le ratio de sur-couverture assurantiel oscille entre 278 % et 567 % de N à N+10. De la même manière que le ratio de sur-couverture bancaire, le point minimum se situe en année N. Les raisons de l'évolution en environnement assurantiel sont les mêmes qu'en environnement bancaire. Toutefois, on note que le ratio de sur-couverture en environnement assurantiel croît plus rapidement. Ce phénomène s'explique par la méthodologie de calcul de l'exigence de marge associée au risque de souscription.

En environnement assurantiel, le SCR de souscription se calcule par application d'un coefficient de volatilité sur le BEL et les primes. En environnement bancaire, le RWA de la clientèle de détail se calcule notamment à partir de l'exposition au risque, la probabilité de défaut et la loss given default. Or il se trouve que le BEL chute plus rapidement que l'exposition au risque (capitaux assurés) à partir de N+6. Le SCR de souscription diminue donc plus rapidement que le RWA associé à la clientèle de détail. C'est pourquoi le ratio de sur-couverture assurantiel augmente plus rapidement que le ratio de sur-couverture bancaire. Ce phénomène est clairement visible dans la figure 27.

**Figure 27 : Comparaison des ratios de sur-couverture banque et assurance**

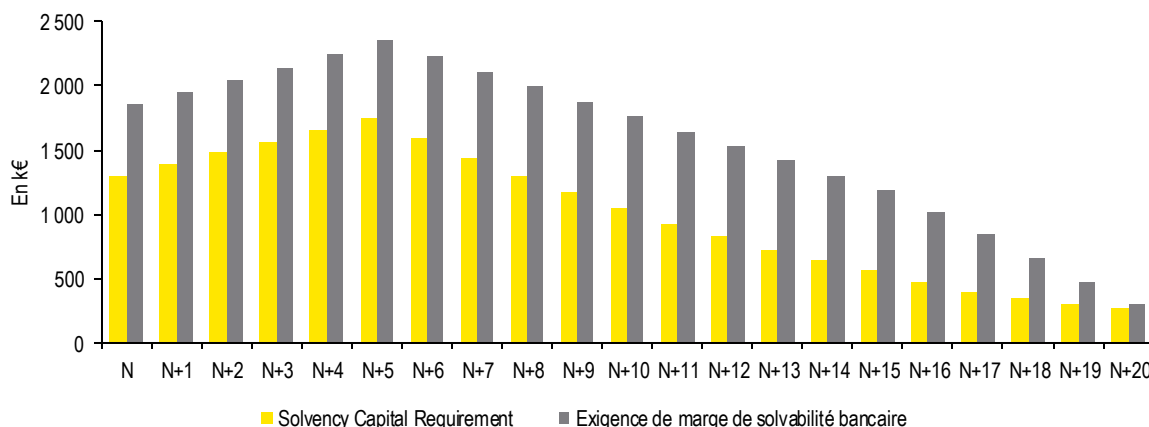


Au regard de la comparaison des ratios de sur-couverture assurantiel et bancaire, il apparaît que le cadre réglementaire assurantiel montre des indicateurs plus favorables pour la structure de cautionnement.

- **Analyse du niveau des exigences de marge de solvabilité**

L'exigence de marge de solvabilité bancaire et assurantielle se quantifie de manières différentes. Ces différences se retrouvent dans le résultat final de l'exigence de marge de solvabilité et les fonds propres que la structure doit constituer.

**Figure 28 : Comparaison des marges de solvabilité bancaires et assurantielles**



Au regard du graphique de comparaison des exigences de marge de solvabilité, il apparait que l'exigence de marge de solvabilité bancaire est plus forte que l'exigence de marge de solvabilité assurantielle. Ce phénomène s'explique quasiment essentiellement par la divergence de méthode de quantification de l'exigence de marge de solvabilité associée au risque de cautionnement : une approche par probabilité de défaut, pertes en cas de défaut et capitaux sous risques en norme bancaire et une approche par volatilité des primes et des réserves en norme assurantielle.

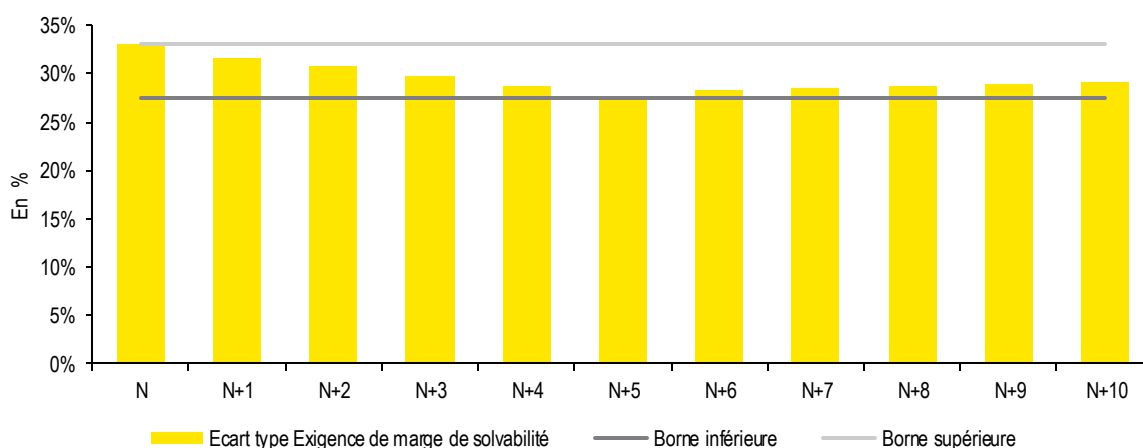
Le premier effet notable est la hausse de N à N+5 des exigences de marge respectives. Cette évolution est liée à la hausse du volume, conséquence de la poursuite d'activité sur cinq années.

Le deuxième phénomène remarquable est que de N+6 à N+20, la baisse de l'exigence de marge liée à l'extinction progressive des garanties n'a pas la même intensité selon les cadres réglementaires. En effet la baisse est plus intensive sous la réglementation assurantielle du fait de l'extinction plus rapide du BEL que des capitaux sous risque.

- **Analyse de la volatilité des fonds propres sur l'ensemble des années de projection.**

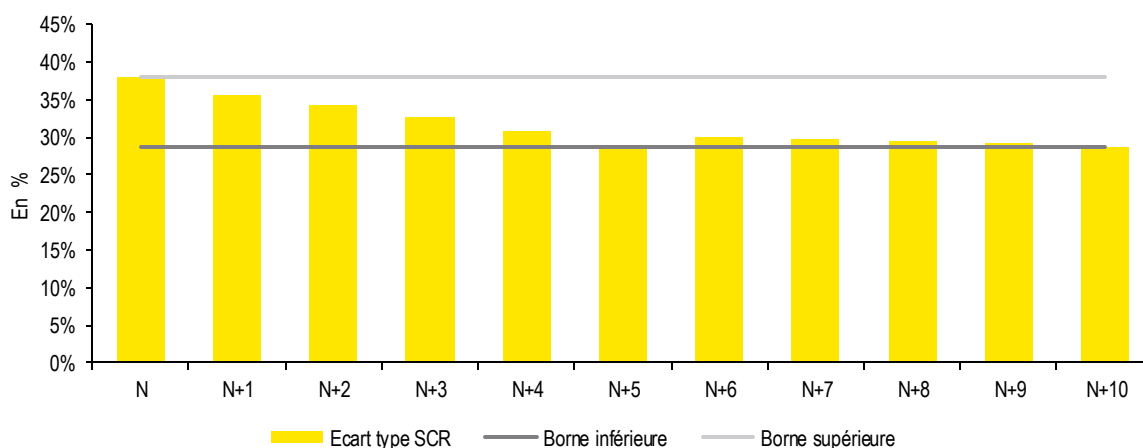
Dans l'étape précédente, il a été notifié que les exigences de solvabilité en matière de garantie caution sous la réglementation assurantielle sont plus favorables pour la structure de cautionnement que sous la réglementation bancaire. Toutefois, nous avons noté des évolutions différentes du montant d'exigence de marge selon les réglementations, c'est pourquoi il apparait pertinent d'étudier la volatilité de ces exigences de marge.

**Figure 29 : Ecart type de l'exigence de marge de solvabilité bancaire**



L'écart-type de l'exigence de marge bancaire oscille de N à N+10 entre 27 % et 33 % avec un point le plus bas en N+5. On remarque deux phases sur la période de N à N+10. La première phase de N à N+5 constitue une baisse de la volatilité de l'exigence de marge. Cette baisse s'explique par la diminution progressive du poids des affaires nouvelles sur l'exigence de fonds propres et donc de la variation qu'elle induit. A partir de N+6, la volatilité s'accroît à nouveau légèrement.

**Figure 30 : Ecart type de l'exigence de marge de solvabilité assurantielle**



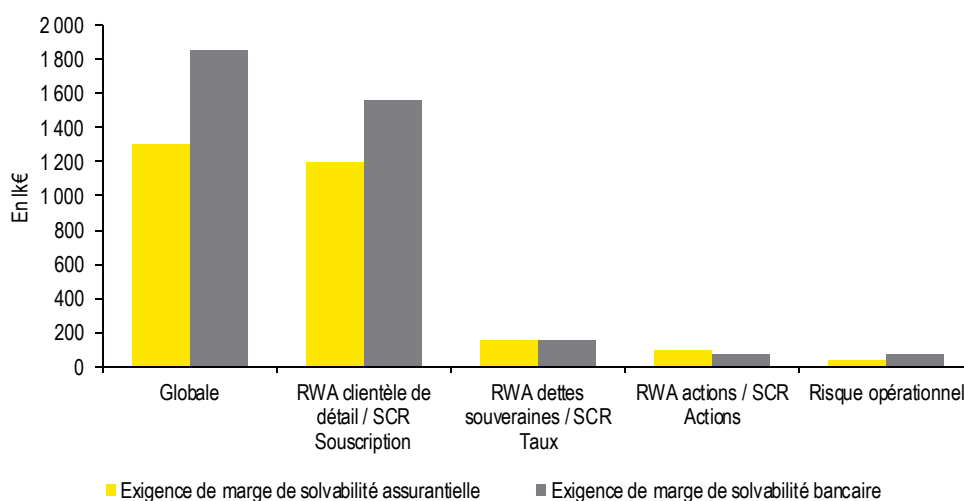
L'écart type du SCR varie entre 29 % et 38 %. Le point le plus haut est atteint en N. A partir de N+4, l'écart type se stabilise autour de 30 %. On arrive donc à la conclusion que les écarts-type des exigences de marge de solvabilité bancaires et assurantielle sont relativement proches. De plus, on en conclut que la volatilité constatée des exigences de marge de solvabilité bancaire et assurantielle requiert donc de la structure de disposer de fonds propres suffisant pour pérenniser l'activité sur les vingt années de projection.

### 6.3.2. Mise en parallèle des modules de risques

- **Comparaison des module de risque pour l'année N**

Bien que des différences existent dans la définition et la prise en compte des modules de risques (absence de prise en compte de corrélations entre les risques en environnement bancaire, le *banking book* est associé à du risque de crédit), les différents modules sont rapprochables et comparables. Ce rapprochement s'exécute sur l'année N.

**Figure 31 : Comparaison des modules de risques bancaires et assurantiels**



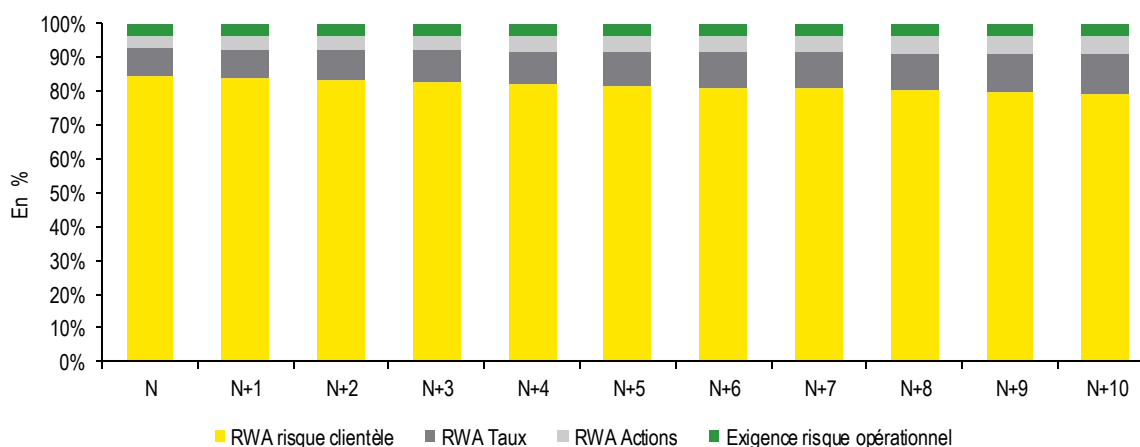
Il a été noté précédemment que l'exigence de marge de solvabilité assurantielle est inférieure à l'exigence de marge bancaire. Ce graphique montre que cette différence est essentiellement liée à la quantification de l'exigence de marge relative à la clientèle de détail. En effet, les modules associés aux obligations, aux actions et au risque opérationnel sont relativement proches selon les deux cadres réglementaires.

La différence de méthodologie entre les cadres bancaires et assurantiels explique cet écart. En effet, le SCR est calibré à partir du calcul d'un sigma assis sur les primes et le BEL tandis que le RWA se calcule à partir des capitaux assurés, d'une probabilité de défaut et d'un taux de perte en cas de défaut. Cette divergence de méthode montre que le risque de défaut est lourdement pris en compte en norme bancaire.

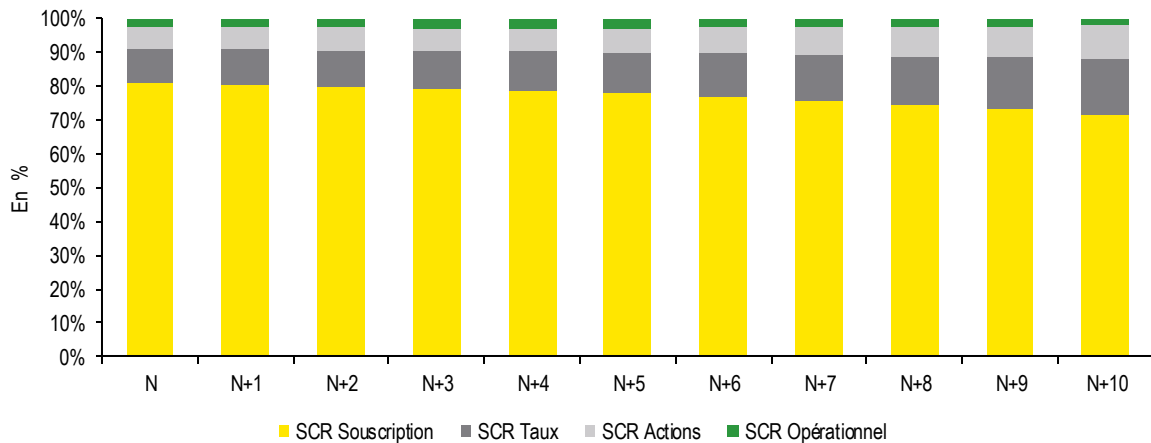
- Poids des sous-modules dans l'exigence de marge de solvabilité globale

L'analyse de l'évolution du poids des modules permet de suivre l'évolution et le comportement de chaque risque dans les différentes années de projection.

**Figure 32 : Poids des sous-modules dans la marge de solvabilité bancaire**



**Figure 33 : Poids des sous-modules dans la marge de solvabilité assurantielle**



Au premier regard, il apparaît que le risque de défaut associé à la garantie caution est le plus important. Ce constat est cohérent dans la mesure où l'activité de cautionnement de la structure est l'activité la plus importante et le risque auquel la structure est le plus exposée. De plus l'allocation d'actif n'est pas orientée vers des actifs risqués. En effet, elle est majoritairement pilotée vers des actifs obligataires d'Etat bien notés et des actifs monétaires. On note également que le poids du SCR souscription est plus faible que le poids du RWA relatif à la clientèle de détail. Ce constat est la conséquence des divergences méthodologiques.

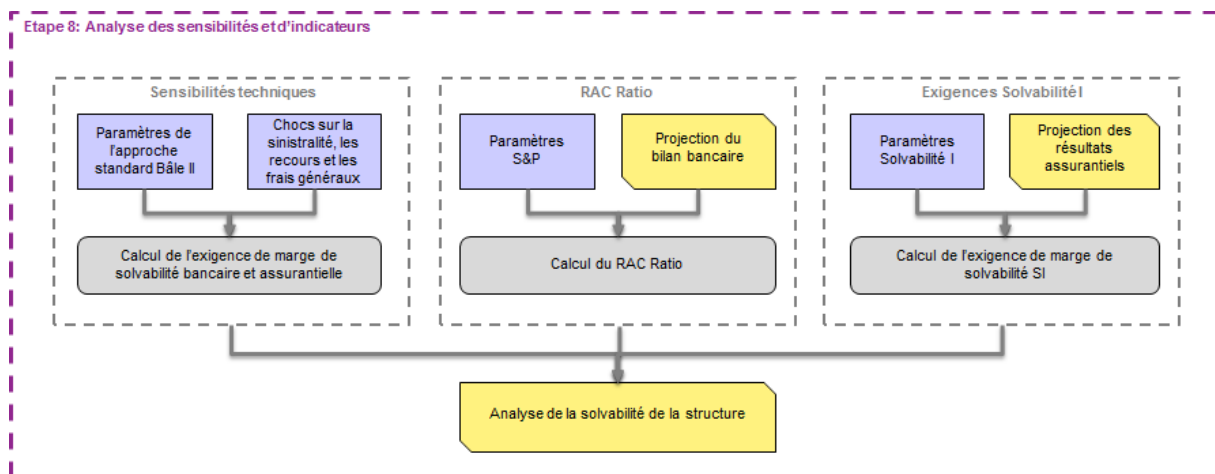
### 6.3.3. Conclusions de l'analyse

Au regard des différentes analyses effectuées (ratio de sur-couverture des fonds propres, écarts-type, modules de risques), la réglementation assurantielle semble plus confortable que la réglementation bancaire. Cette différence liée à la réglementation assurantielle trouve essentiellement son origine dans la méthode de quantification du SCR souscription non-vie. En effet, bien que le modèle utilise une probabilité de défaut et un taux de perte en cas de défaut recalculés, il résulte de l'application de la méthode bancaire des ratios et indicateurs plus faibles qu'avec la méthodologie assurantielle. C'est pourquoi au terme de cette analyse des résultats, il apparaît plus sécurisant pour un organisme de caution de traiter sous agrément assurantiel.

## 7. Analyses complémentaires

Dès lors que les provisions techniques en *best estimate*, les exigences de marges, les bilans et les ratios de sur-couverture ont été construits et analysés, des analyses annexes peuvent être menées sur la structure et sa solvabilité. Trois axes d'analyses paraissent pertinents au regard des études menées précédemment. Le premier axe consiste à analyser les variations du bilan confronté à des chocs spécifiques. Le deuxième axe s'attache à fournir un indicateur utilisé par une agence de notation pour évaluer la robustesse d'une structure financière. Le dernier axe est marqué par l'analyse du bilan et du ratio de sur-couverture de la structure sous les contraintes Solvabilité I.

**Figure 34 : Etape 8 du modèle – Analyse des sensibilités et d'indicateurs**

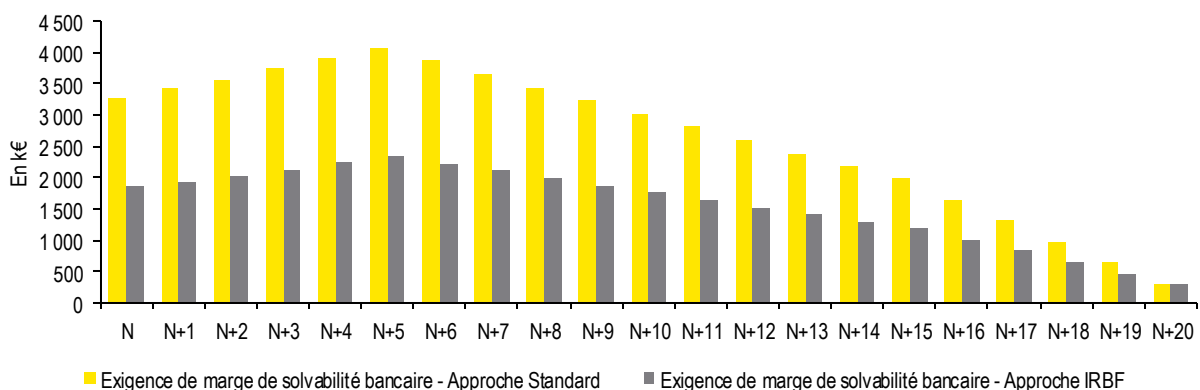


### 7.1. Conséquences des impacts de scénarios sur les fonds propres

#### 7.1.1. Approche standard sur le risque de crédit pour l'exigence bancaire

L'approche standard préconise de mesurer le RWA du risque de crédit en pondérant l'*exposure at default* d'un taux défini réglementairement. Dans le cadre de créances sur la clientèle de détail couvertes par un bien immobilier, le taux de pondération s'élève à 35 %.

**Figure 35 : Comparaison de l'exigence de marge bancaire approche standard et intermédiaire**



L'exigence de marge résultante de l'application de la méthodologie préconisée par l'approche standard est plus élevée que celle calculée à partir de l'approche IRBF. En effet, l'exigence de marge calculée à partir de l'approche standard est de 3 279 k€ en N soit 77 % de plus que l'approche IRBF,

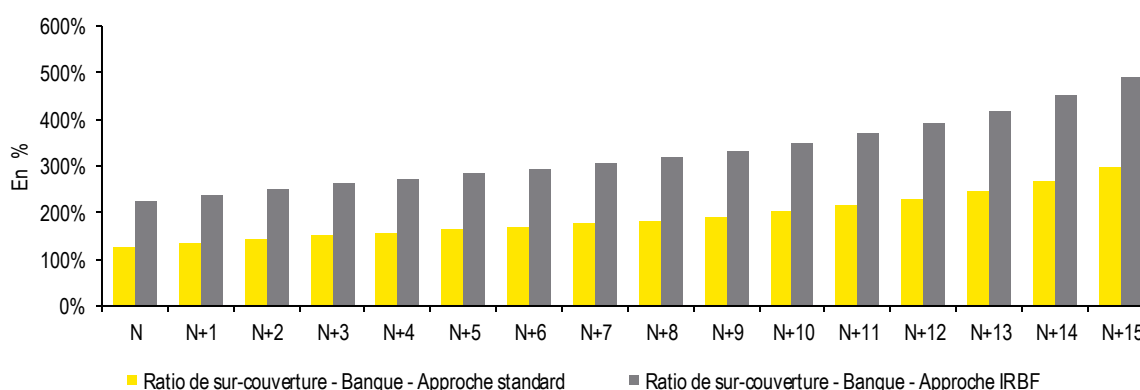


elle monte progressivement jusqu'à 4 087 k€ en N+5 soit 74 % de plus que l'approche IRBF, puis baisse jusqu'à N+20 pour atteindre le même niveau que l'approche IRBF.

Le gain de l'approche IRBF pour un organisme de caution sous agrément bancaire est donc significatif. Toutefois comme analysé précédemment, la réglementation assurantielle fournit un cadre plus favorable pour l'activité de cautionnement.

Le ratio de sur-couverture obtenue avec l'approche standard varie entre 127 % et 297 % en N+15. Autrement dit l'organisme de caution couvre l'exigence de marge sur l'ensemble des années de projection et atteint un taux confortable de sur-couverture de 150 % en année N+3. Le ratio de sur-couverture en approche standard suit la même tendance que le ratio de sur-couverture en approche IRBF. Ce constat paraît cohérent dans la mesure où le sous-jacent, c'est-à-dire les capitaux sous risques restent inchangés.

**Figure 36 : Comparaison du ratio de sur-couverture approche standard et intermédiaire**



### 7.1.2. Choc sur la sinistralité

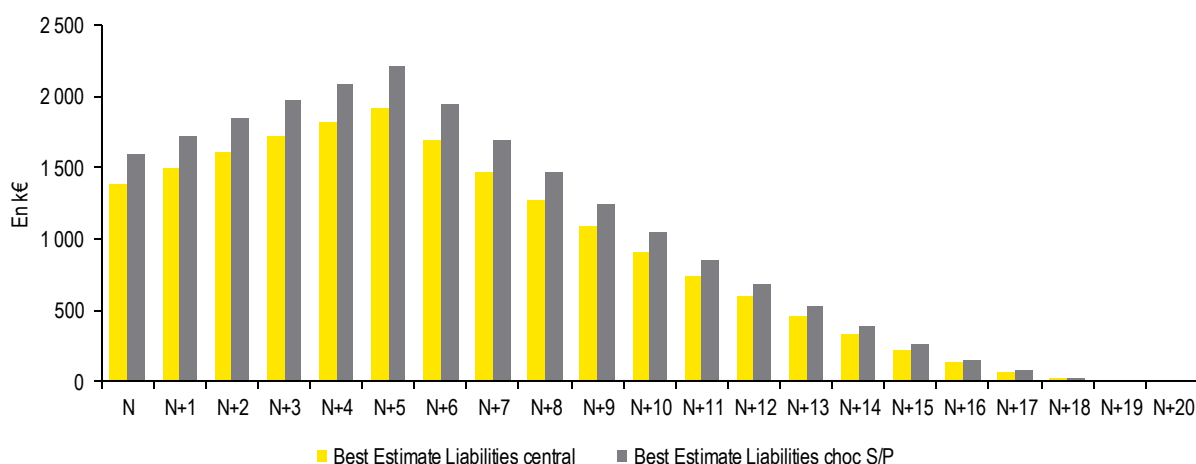
Afin d'analyser la robustesse des fonds propres face à un choc extrême sur la sinistralité, un taux de sinistres sur primes plus élevé de 20 points est intégré au modèle et de 0,1 points sur la probabilité de défaut. Le ratio de sinistres sur primes intégré dans le modèle est donc de 94 % et la probabilité de défaut pour le calcul du RWA de 0,5 %.

**Tableau 30 : Ratios de sur-couverture avec choc sur la sinistralité**

	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
SCR	278 %	285 %	292 %	298 %	305 %	311 %
SCR choqué	239 %	244 %	250 %	256 %	262 %	268 %
Marge de solvabilité bancaire	226 %	235 %	242 %	249 %	255 %	260 %
Marge de solvabilité bancaire choquée	188 %	195 %	201 %	207 %	212 %	216 %

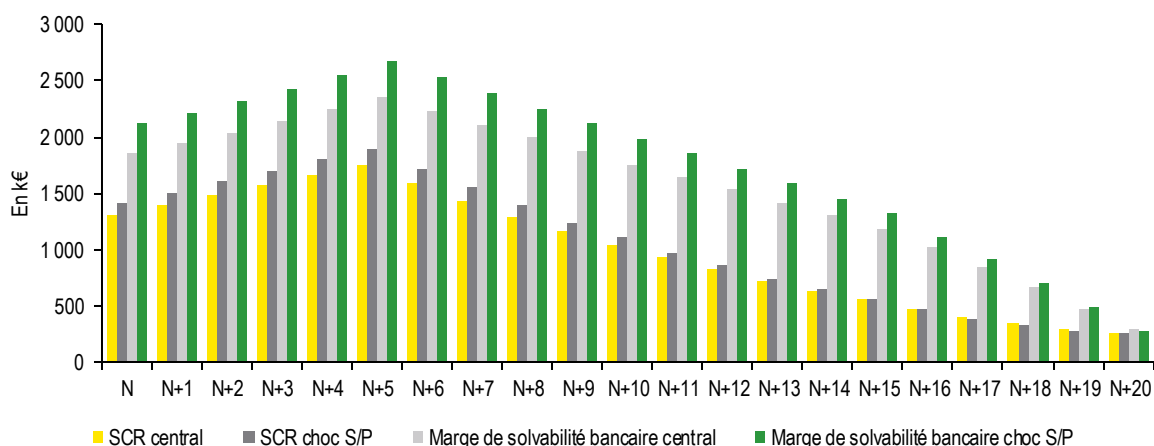
Sous ce choc extrême, les ratios de sur-couverture bancaire et assurantielle baissent tout en se situant au-dessus de 150 %. En effet, le ratio de sur-couverture en année N est de 239 % pour l'organisme d'assurance et 188 % pour l'organisme bancaire. La structure, quelle que soit l'agrément de l'organisme de cautionnement, reste de ce fait à des niveaux de solvabilité satisfaisant. De plus l'application d'un tel choc a un effet relativement symétrique sur le SCR et sur la marge de solvabilité bancaire.

**Figure 37 : Impact de la hausse de la sinistralité sur le BEL**



L'impact de ce choc sur le BEL se quantifie sur chaque année de projection à environ 15 %. Cet impact est relativement limité compte tenu d'un choc de 20 points de base sur le ratio de sinistres sur primes. Ce phénomène s'explique par l'absorption d'une partie des pertes par les recours.

**Figure 38 : Impact de la hausse de la sinistralité sur la marge de solvabilité**



De la même manière que sur le BEL, l'impact d'un choc de la sinistralité sur l'exigence de marge de solvabilité est compensée par les recours. Finalement ce choc ne dégrade pas la structure de manière à la mettre en péril dans la mesure où les recours couvrent en partie les pertes associées à une hausse de la sinistralité. Cet effet est notable autant sur l'exigence de marge bancaire qu'assurantielle.

### 7.1.3. Choc sur le taux de recouvrement

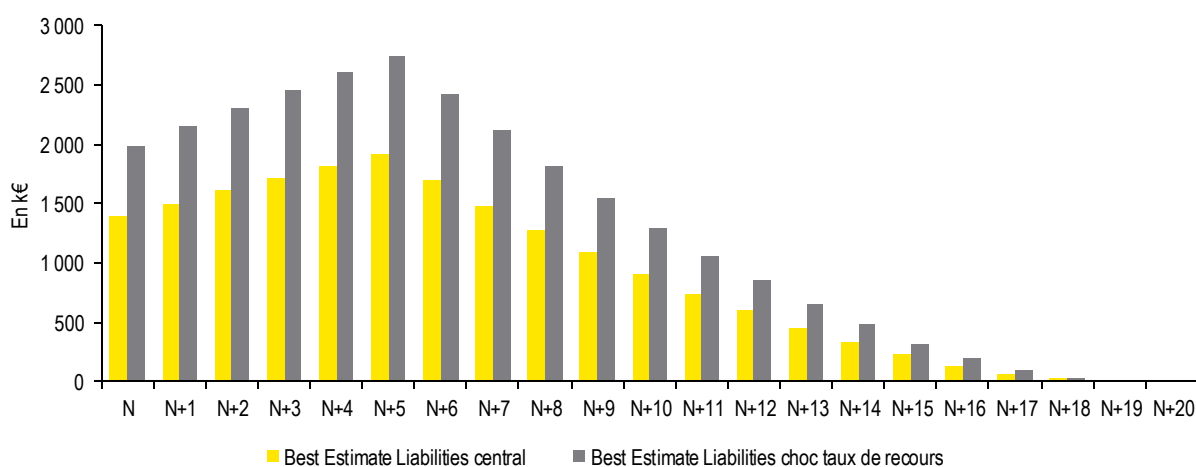
Les recours peuvent également baisser brutalement dans le cas d'une saisie d'un bien immobilier de mauvaise qualité ou plus généralement en cas d'incapacité de l'organisme à se faire rembourser par les assurés en situation de défaut. C'est pourquoi ce scénario a pour but d'analyser la chute du taux de recouvrement de 20 points de base. Ce scénario est d'autant plus intéressant qu'il a été noté précédemment que le choc de sinistralité avait un impact modéré en raison de l'atténuation des pertes par les recours. C'est pourquoi la mise en place d'un choc sur le taux de recours est pertinente.

**Tableau 31 : Ratios de sur-couverture avec un choc sur les recouvrements**

	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
SCR	278 %	293 %	308 %	322 %	336 %	350 %
SCR choqué	178 %	186 %	195 %	203 %	212 %	220 %
Marge de solvabilité bancaire	224 %	239 %	252 %	263 %	274 %	284 %
marge de solvabilité bancaire choquée	117 %	124 %	130 %	136 %	141 %	146 %

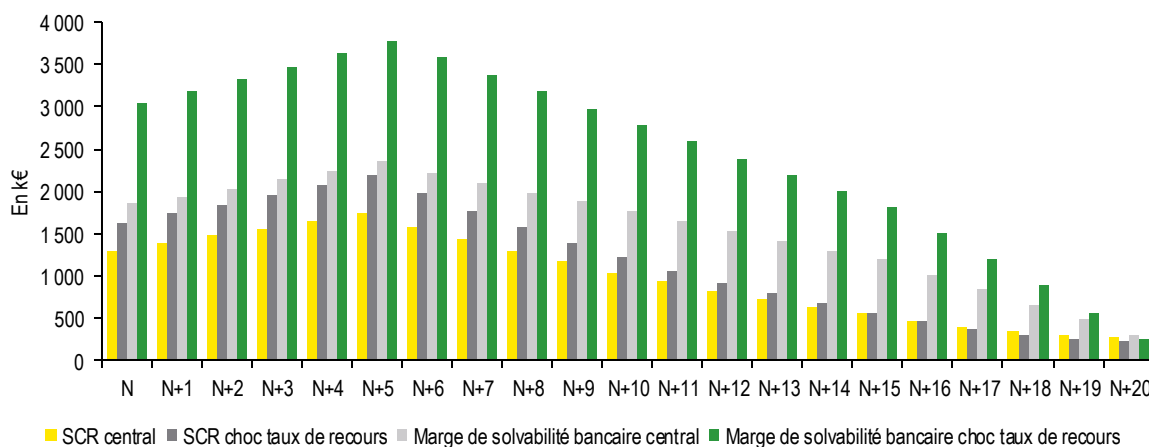
L'impact de ce choc sur le ratio de sur-couverture se quantifie à 100 points de base sur le ratio assurantiel et à 107 points de base sur le ratio bancaire. La structure sous réglementation assurantienne a des niveaux de solvabilité satisfaisant (au-delà de 150 %). L'organisme sous réglementation bancaire est toujours en excédent d'actif, toutefois le point le plus bas est de 117 %.

**Figure 39 : Impact de la baisse des recours sur le BEL**



L'impact sur le BEL en N est de 600 k€, soit 43 %. Il s'élève à 730 k€ en N+5, soit 43 % pour s'éteindre en N+20. Contrairement au choc sur le ratio de sinistres sur primes, dans ce cas, aucun effet d'absorption ne vient compenser le coût de l'impact.

**Figure 40 : Impact de la baisse des recours sur la marge de solvabilité**



L'impact est plus important pour la structure bancaire en raison de la chute brutale de la *loss given default*. Le RWA crédit en N explose de 1 200 k€ soit 77 % tandis que le SCR de primes et réserves augmente de 330 k€ soit 37 %.

### 7.1.4. Choc sur le taux de frais généraux

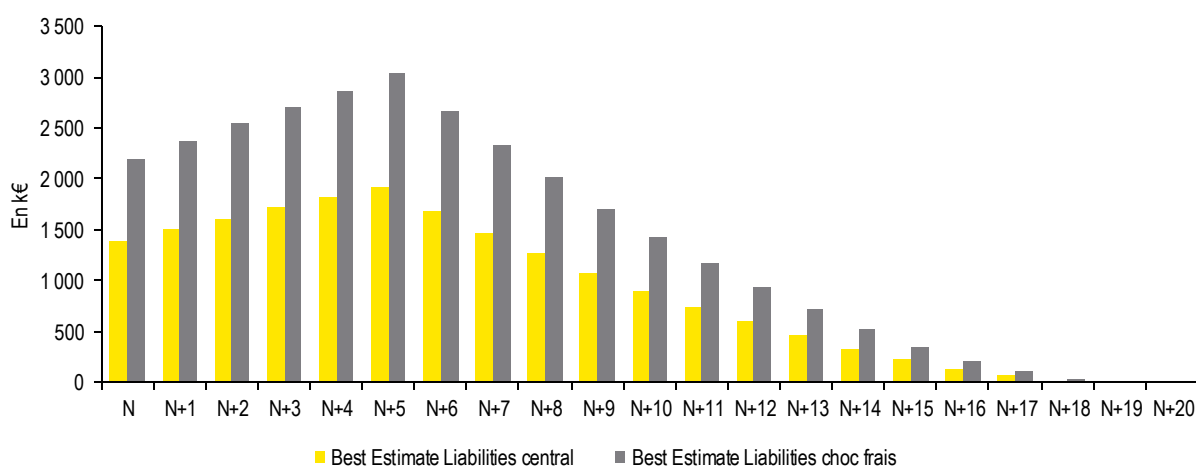
L'organisme de caution peut subir une hausse importante de ses frais notamment en cas de forte inflation, de mauvaise gestion, de survenance d'un conflit majeur ou d'un risque opérationnel. C'est pourquoi le scénario prend en compte une hausse des frais généraux de 20 points de base.

**Tableau 32 : Ratios de sur-couverture avec choc sur les frais**

	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
SCR	278 %	293 %	308 %	322 %	336 %	350 %
SCR choqué	151 %	158 %	165 %	172 %	179 %	187 %
Marge de solvabilité bancaire	224 %	239 %	252 %	263 %	274 %	284 %
Marge de solvabilité bancaire choquée	181 %	190 %	199 %	206 %	213 %	220 %

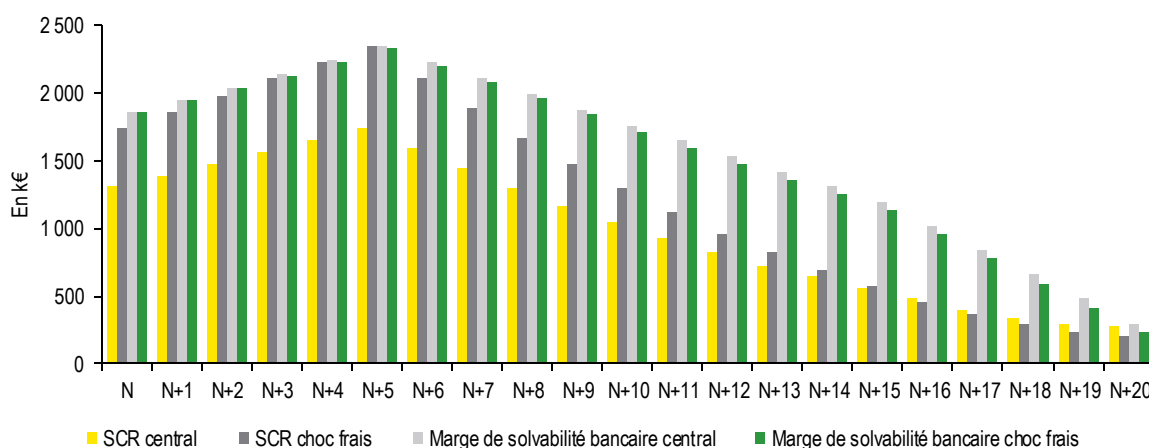
Le ratio de sur-couverture associé au SCR chute de 127 points de base en année N tandis que celui associé à la marge de solvabilité bancaire diminue de 43 points de base. Cette grande différence entre les deux cadres réglementaires s'explique essentiellement par la prise en compte des frais dans le BEL. Or le SCR de souscription et le SCR opérationnel sont calculés notamment à partir du BEL. De ce fait la répercussion est immédiate. De plus les frais généraux ne sont pas intégrés au produit net bancaire. Or l'exigence de marge bancaire associée au risque opérationnel est calibrée sur le produit net bancaire. Ainsi en environnement bancaire un tel choc n'aura d'effets que sur le montant des fonds propres disponibles pour financer l'exigence de marge.

**Figure 41 : Impact de la hausse des frais généraux sur le BEL**



La hausse des frais généraux a un impact plus fort sur le SCR que sur l'exigence de marge de solvabilité bancaire. Le SCR pâtit fortement de ce choc en raison de l'intégration des frais généraux dans le BEL. Etant donné que le BEL alimente le calcul du SCR de souscription, l'effet est direct. En revanche, l'exigence de marge de solvabilité bancaire prend en compte les frais uniquement dans le module associé au risque opérationnel. Or le calcul du risque opérationnel se base sur le produit net bancaire. Le produit net bancaire n'intègre pas les frais généraux, il prend uniquement en compte les frais d'acquisition et de gestion.

**Figure 42 : Impact de la hausse des frais généraux sur la marge de solvabilité**



### 7.1.5. Chocs combinés

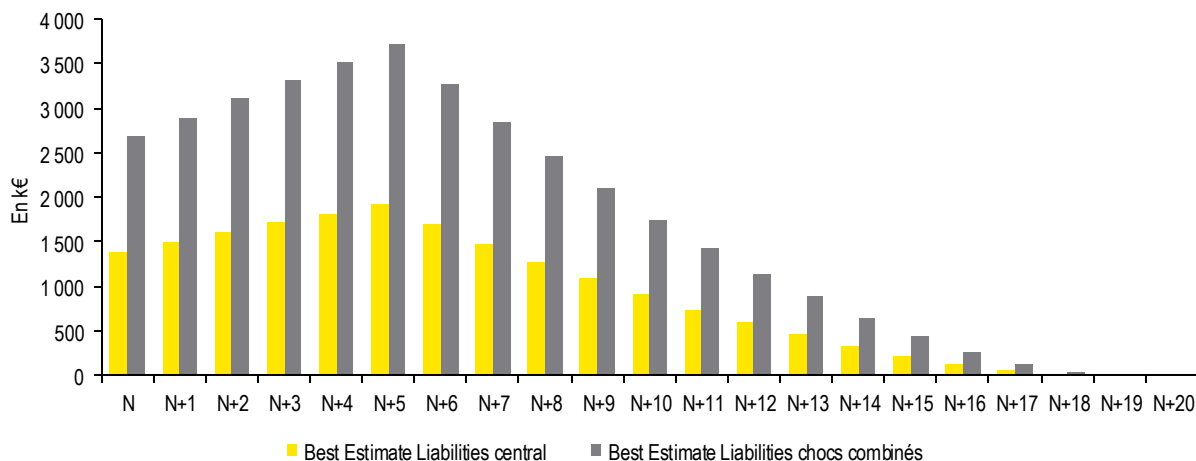
Finalement on met en place un scénario avec la combinaison des chocs de sinistralité (+15 points de base), les recouvrements (+15 points de base) et des frais généraux (+15 points de base).

**Tableau 33 : Ratios de sur-couverture avec chocs combinés**

	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
SCR	278 %	285 %	292 %	298 %	305 %	311 %
SCR choqué	100 %	104 %	108 %	112 %	117 %	122 %
Marge de solvabilité bancaire	226 %	235 %	242 %	249 %	255 %	260 %
Marge de solvabilité bancaire choquée	92 %	96 %	99 %	102 %	105 %	108 %

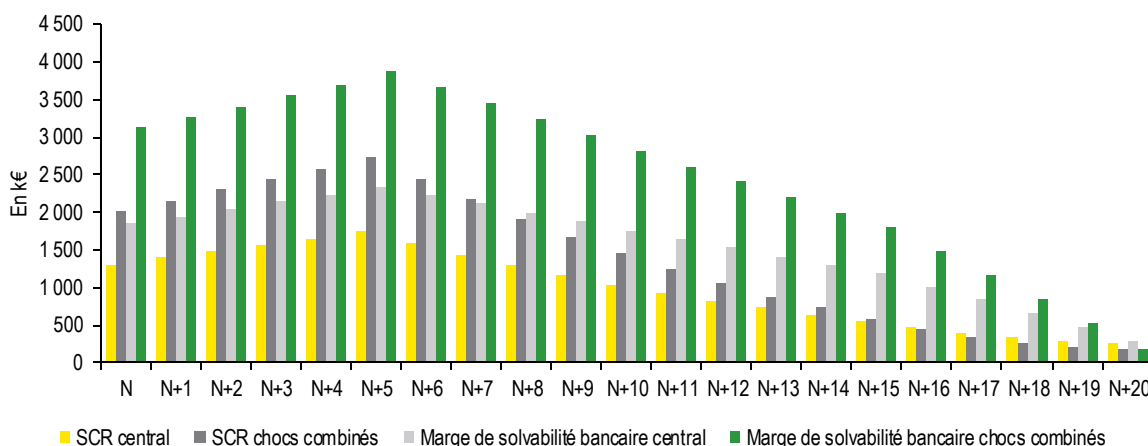
En N, le ratio de sur-couverture du SCR baisse de 178 points de base pour être à 100 %. La baisse du ratio de sur-couverture bancaire est de 135 points de base et atteint 89 %. Sous ce scénario extrême, la structure sous agrément assurance est en meilleure situation de solvabilité qu'en agrément bancaire. Toutefois les ratios de sur-couverture sont faibles et une recapitalisation doit être menée.

**Figure 43 : Impact des chocs combinés sur le BEL**



Le BEL subit fortement les trois chocs. Ce constat est tout à fait cohérent dans la mesure où le BEL se calcule directement à partir entre autres des sinistres, des recours et des frais généraux.

**Figure 44 : Impact des chocs combinés sur la marge de solvabilité**



L'impact de ces chocs sur l'exigence de marge de solvabilité touche aussi bien la structure bancaire qu'assurantielle. En cohérence avec ce qui a été constaté précédemment, l'exigence de marge de solvabilité dans le cadre bancaire est toutefois plus forte en raison des divergences méthodologiques

## 7.2. Autres éléments

### 7.2.1. RAC Ratio

- **Présentation du RAC Ratio**

Les compagnies d'assurance ainsi que les banques font l'objet d'un *rating* annuel par les agences de notations. Cette notation a vocation à fournir à l'ensemble des parties prenantes de l'entreprise (actionnaires, clients, partenaires, instances de régulation et de contrôle, direction) une vision sur la solidité financière de la structure. Une note avantageuse auprès des agences de notation facilite l'accès au financement, renforce le sentiment de sécurité parmi les clients, améliore les possibilités de partenariats, rassure le régulateur et contribue à démontrer la capacité de la direction à pérenniser l'activité de l'entreprise. C'est pourquoi l'avis des agences de notation constitue un élément essentiel du pilotage d'une compagnie d'assurance ou d'une banque et doit être intégré dans cette étude. L'agence de notation Standard & Poor's a mis en place un indicateur de solvabilité des organismes bancaires, il s'agit du *RAC ratio* ou *Risk-Adjusted Capital ratio*. Cet indicateur se base sur les caractéristiques techniques et financières de la structure et l'application de facteurs risque. Dans le cadre de l'étude de la résistance de la structure aux chocs, il paraît intéressant de mettre en œuvre cet indicateur. Le détail de la méthodologie de calcul du *RAC ratio* est défini dans STANDARD&POOR'S [2010].

Le *RAC Ratio* se définit comme le rapport entre le *Risk-Weighted Assets* basé sur les facteurs de risques de Standard&Poor's et le *Total Adjusted Capital*.

$$RAC\ RATIO_i = \frac{TAC_i}{RWA\ S\&P_i}$$

Le TAC correspond aux fonds propres disponibles pour financer l'exigence de marge.

Le *Risk-Weighted Assets* développé par Standard&Poor's se fonde sur les mêmes modules de risques que ceux défini dans le cadre de Bâle II, à savoir le risque de crédit, le risque de marché et le risque opérationnel. Le RWA de chaque module se base sur différents facteurs de risques. Les facteurs de risques ou *risk factor* portent sur l'ensemble des caractéristiques de la structure et permettent de calculer le *Risk Weighted Capital*. Ils portent sur des critères financiers tels que la pondération des obligations, des actions mais aussi sur des critères techniques.

$$RWA_{S\&P_i} = RWA \text{ credit risk} + RWA \text{ market risk} + RWA \text{ operational risk}$$

Dans le cadre de cette étude, on utilise le *concentration factor* associé à l'activité d'assurance s'élevant à 117 %, un taux de pondération des actions de 688 % (actions non listées de catégorie 1), un taux de pondération des obligations de 3 % (obligations d'Etat noté AA- et au-delà), un taux de pondération des capitaux sous risques liés à la clientèle de détail de 19 % (assimilable à l'hypothèque sur la résidence principale), un taux de pondération pour le risque opérationnel de 150 %.

Le *RAC Ratio* développé par Standard&Poor's se compare au Ratio Bâle II obtenu par le rapport entre les fonds propres et le RWA obtenu par application des facteurs de risques et l'approche IRBF pour le risque de crédit associé à la clientèle de détail.

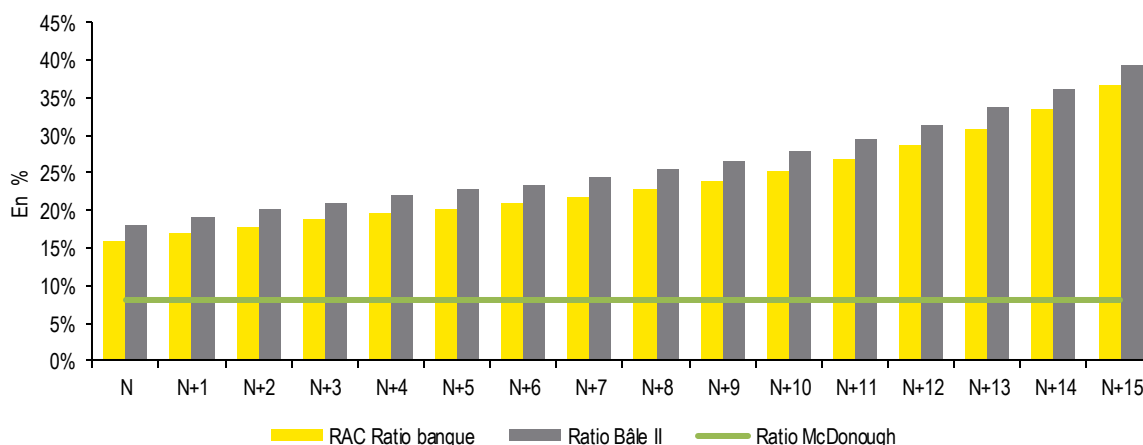
$$\text{Ratio Bâle II}_i = \frac{\text{Fonds propres}_i}{\text{RWA Bâle II}_i}$$

Un autre indice de comparaison est le ratio McDonough, ratio qui définit le seuil minimal acceptable de fonds propres par rapport au RWA. Dans le cadre de Bâle II, il s'élève à 8 %.

- **Application du *RAC Ratio***

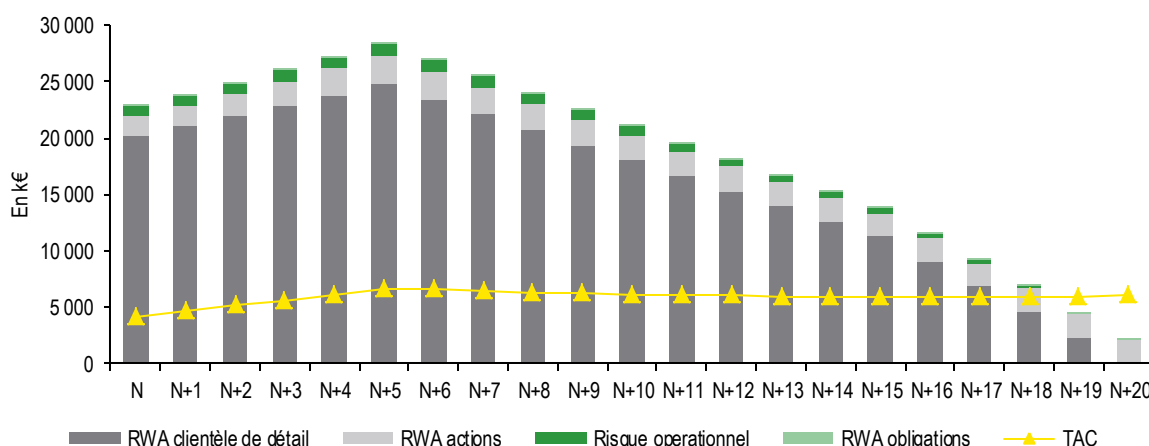
Le *RAC Ratio* en année N atteint 16 %. Il ne cesse de croître pour atteindre 37 % en N+15. Le Ratio Bâle II effectif est de 18 % en N pour atteindre 39 % en N+15. Le *RAC Ratio* est plus faible que le Ratio Bâle II ce qui montre que les critères de Standard&Poor's sont plus contraignants que les spécifications décrites dans Bâle II.

**Figure 45 : Ratios RAC et Bâle II**



Bien que le *RAC Ratio* soit plus faible que le Ratio Bâle II, il se situe au-dessus du ratio McDonough de 8 % ce qui montre une solvabilité confortable de la structure mise en place.

**Figure 46 : Total-Adjusted Capital et modules du RWA**



Conformément aux modules de risques calculés dans le cadre de Solvabilité II et Bâle II, l'exigence de marge de solvabilité associée au risque lié à la clientèle de détail est le plus important.

### 7.2.2. Marge de solvabilité sous solvabilité I

En dernier lieu, il apparaît pertinent de présenter les résultats de solvabilité en norme Solvabilité I. La marge de solvabilité pour les activités d'assurance non-vie telle que définie à travers la norme Solvabilité I se quantifie à partir du montant des primes émises ou acquises et de la charge de sinistres. Cette norme introduit des coefficients de solvabilité applicables sur les primes et les sinistres en distinguant différents seuils de matérialité.

$$BMS S1_i = \text{Max} \left( BMS S1_{i-1} \times \text{Min} \left( 100 \% ; \frac{PSAP_i}{PSAP_{i-1}} \right) ; BMS \text{ de sinistres}_i ; BMS \text{ de primes}_i \right)$$

Le besoin de marge de solvabilité associé aux primes s'obtient à partir d'un coefficient applicable aux primes. Ce coefficient est de 18 % pour les primes en dessous du seuil de 61 300 k€ et de 16 % au-delà de ce seuil.

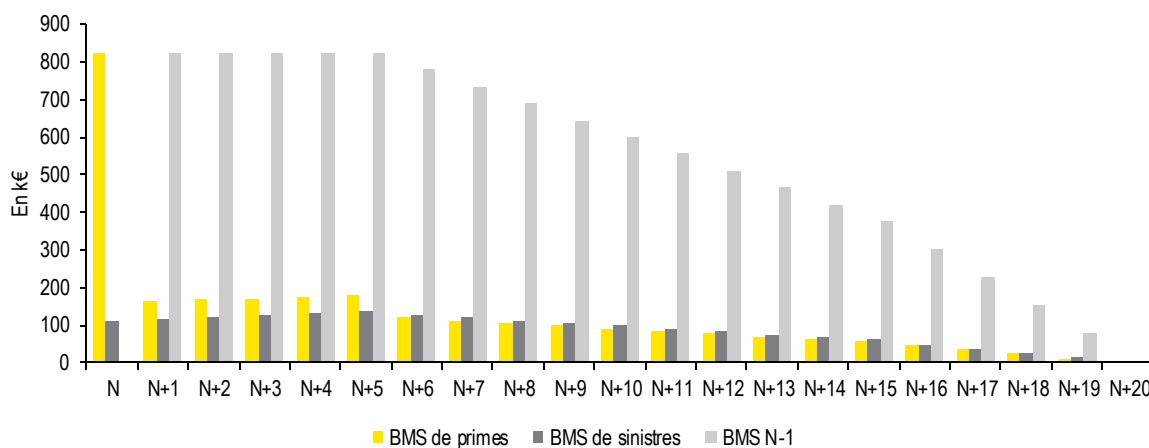
$$BMS \text{ de primes}_i = 18 \% \times \text{Min}[61\,300 \text{ k€}; \text{Max}(\text{Primes émises}; \text{Primes Acquisés})] + 16 \% \times \text{Max}[\text{Max}(\text{Primes émises}; \text{Primes Acquisés}) - 61\,300 \text{ k€}; 0]$$

Le besoin de marge de solvabilité rattaché aux sinistres est calculé à partir d'un coefficient appliqué à la charge de sinistres. Ce coefficient s'élève à 26 % pour la charge de sinistres en dessous du seuil de 42 900 k€ et de 23 % au-dessus de ce seuil.

$$\begin{aligned} BMS \text{ de sinistres}_i &= 26 \% \times \text{Min}[42\,900 \text{ k€}; \text{Charge de sinistres}] + 23 \% \\ &\times \text{Max}[\text{Charge de sinistres} - 42\,900 \text{ k€}; 0] \end{aligned}$$



**Figure 47 : Besoin de marge de solvabilité sous Solvabilité I**



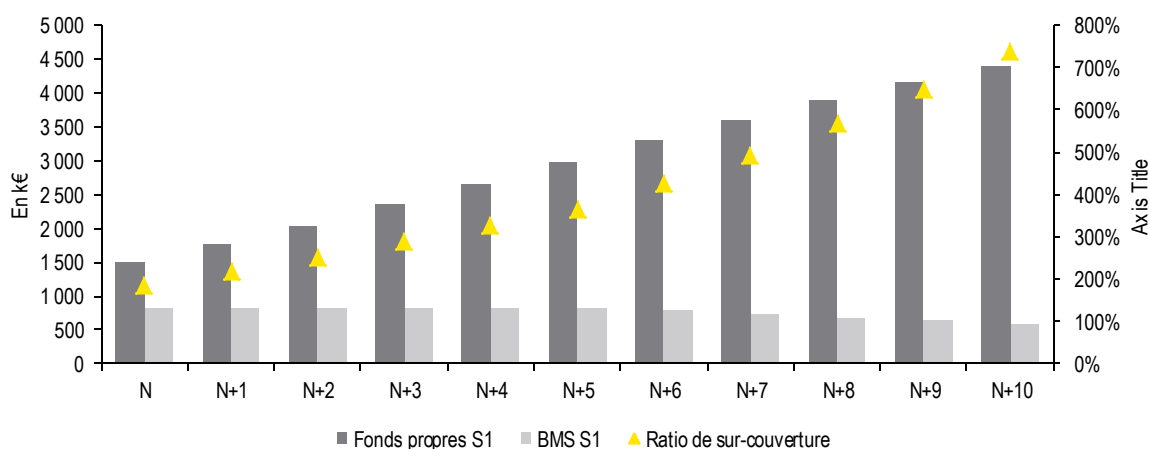
En année N, le besoin de marge de solvabilité associé aux primes est élevé du fait de l'intégration des primes du stock. Il chute à partir de N+1 pour s'éteindre en N+20, année lors de laquelle on ne comptabilise plus de primes acquises.

Parallèlement à ce phénomène, le besoin de marge de solvabilité associé à l'année précédente reste constant de N+1 à N+5 dans la mesure où les PSAP augmentent et où le besoin de marge de solvabilité de l'année initial N est fort. Il commence à décroître à partir de N+6, année lors de laquelle les PSAP diminuent du fait de l'effet volume lié à la baisse des contrats gérés en portefeuille.

Le ratio de sur-couverture de marge de solvabilité liée à la norme Solvabilité I se définit comme le rapport entre les fonds propres disponibles et le besoin de marge de solvabilité.

$$\text{Ratio surcouverture } S1_i = \frac{\text{Fonds propres}_i}{\text{BMS } S1_i}$$

**Figure 48 : Ratios de sur-couverture sous Solvabilité I**



Le ratio de sur-couverture de la marge de solvabilité sous Solvabilité I s'élève à 182 % en N et ne cesse de croître pour atteindre 733 % en N+10. La croissance forte de ce ratio s'explique par deux

phénomènes lisibles sur la représentation graphique. Le premier effet est la hausse importante des fonds propres. Cette hausse s'explique par l'incorporation chaque année du résultat dans les fonds propres. Le deuxième effet est la légère baisse de l'exigence de marge de solvabilité à partir de N+6. Cet indicateur montre que sous la norme Solvabilité I, la structure est également largement solvable.

### **7.3. Conclusion des analyses complémentaires**

Dans l'étape d'analyse de la solvabilité de la structure face à certains chocs pessimistes, nous avons constaté que dans le cadre assurantiel, l'organisme de caution est solvable sous tous les scénarios bien que sous le scénario des chocs combinés, le ratio de sur-couverture soit exactement à 100 %. Dans le cadre bancaire, l'organisme de caution absorbe moins bien les chocs excepté le choc sur les frais généraux et montre une solvabilité plus dégradée notamment sur l'application des chocs combinés. Cette analyse confirme que le cadre réglementaire assurantiel est plus confortable pour l'organisme de caution dans la mesure où les indicateurs de solvabilité sont plus favorables.

Le calcul du *RAC Ratio* a permis de mettre en exergue la correcte solvabilité de la structure sous les contraintes d'une agence de notation. Il a été noté que la structure dépasse largement le seuil de 8 % et affiche une puissante robustesse. La mise en place des calculs liés à Solvabilité I montre également que la structure dispose d'une solvabilité satisfaisante.

## Conclusion

Dans le contexte actuel de taux d'emprunts immobiliers significativement faibles, il y a fort à parier que les emprunts immobiliers vont croître de manière significative et par suite les garanties caution vont connaître un développement important. Ces produits de protection contre les impayés sont commercialisés à la fois par des banques et des compagnies d'assurance. Or les banques et les compagnies d'assurance traitent sous deux cadres réglementaires différents. C'est pourquoi un arbitrage réglementaire peut être exercé par les organismes de caution. Il apparaît donc essentiel de comparer l'impact de la mise en œuvre des différents cadres réglementaires.

La présentation des cadres réglementaires bancaires et assurantiels a permis de révéler des points de convergences entre ces normes. En effet, les deux cadres sont organisés en trois piliers, ils laissent la possibilité d'utiliser une méthodologie standardisée ou avancée pour le calcul de l'exigence de marge de solvabilité et la valorisation de l'actif se fait en juste valeur. En revanche, des divergences existent. L'architecture des risques s'organise en trois blocs en norme bancaire tandis qu'elle est plus fine en norme assurantielle. L'objectif du cadre bancaire est de prévenir le risque systémique et d'illiquidité tandis que le cadre assurantiel cherche à protéger au mieux les assurés des risques pour lesquels ils se sont couverts. La norme bancaire n'intègre pas de vision globale de la gestion des risques alors que le cadre assurantiel prend en compte une vision macro de la structure en intégrant des effets de diversification.

La modélisation de la solvabilité des organismes de caution a été menée à travers différentes étapes successives en passant par la détermination des hypothèses structurantes, la construction des comptes de résultat, la construction d'une grille de score pour atterrir sur les bilans économiques projetés et une analyse de la solvabilité. L'étude de la solvabilité d'organismes de caution sous agrément bancaire et assurantiel a montré que Solvabilité II fournit un cadre plus confortable. En effet, le ratio de sur-couverture de l'exigence de marge de solvabilité par les fonds propres est plus élevé dans le cadre assurantiel sur l'ensemble des années de projection. De plus, la mise en place de scénarios pessimistes dans lesquels la situation des sinistres, des recours et des frais généraux sont dégradés montre que la structure assurantielle est globalement plus robuste sauf dans le cas du choc sur les frais généraux. Des études annexes telles que le calcul du *RAC Ratio* et du ratio de sur-couverture de l'exigence de marge de solvabilité par les fonds propres sous la réglementation Solvabilité I ont également confirmé la solidité de la structure. L'avantage comparatif de la norme Solvabilité II tient en partie à la méthodologie de valorisation de l'exigence réglementaire de marge de solvabilité associée au risque de défaut du cautionné. En effet dans le cadre assurantiel, il s'agit de déterminer un coefficient de volatilité applicable aux primes et aux réserves tandis que dans le cadre bancaire, la quantification du risque se fait par le biais d'une pondération des capitaux sous risques à partir de la probabilité de défaut du portefeuille, de la perte en cas de défaut et d'un paramètre de corrélation. En complément, le renforcement des contraintes réglementaires sur les banques à travers le cadre Bâle III conforte l'idée selon laquelle il est plus avantageux pour un organisme de cautionnement de fonctionner sous agrément assurantiel. En effet, sous la réglementation Bale III, le ratio de sur-couverture du RWA par les fonds propres tendra vers 10,5 % à horizon 2019.

Dans la mise en œuvre du modèle de construction et de comparaison des comptes de résultat et bilans bancaires et assurantiels, plusieurs limites ont été notées et différents axes d'amélioration et d'affinage du modèle ont été détectés. Le premier axe d'amélioration consiste à modéliser plus finement les actifs en projetant la valeur marché des produits et titres détenus à l'actif. Le second consiste à construire des taux de sinistralité à une maille plus fine telle que l'année d'ancienneté du contrat. Le troisième axe se caractérise par l'affinage du taux de recours par année d'ancienneté du sinistre. Quatrièmement, des garanties caution proposant le remboursement de la prime unique à la fin de la période de couverture en cas de non-défaut ne cessent de se développer. Introduire un tel

paramètre dans le modèle permettrait d'avoir une vision du gain ou des pertes potentiels de ces nouveaux produits.

Au regard des résultats, dans le cadre de l'activité caution il est plus favorable pour une structure financière de naviguer sous pavillon assurantiel. De nouvelles voies d'exploration pourraient être l'étude de la solvabilité d'un organisme de caution dans le cadre d'un modèle interne à la fois en norme Solvabilité II mais aussi Bâle III. Cette étude pourrait conforter l'avantage de la norme assurantielle et fournir de nouvelles méthodologies de modélisation des garanties caution.

## Bibliographie

- ACPR [2014] « Préparation à Solvabilité II : Enseignements de l'exercice 2013 de remise d'états prudentiels Solvabilité II »
- CERLES A. [2008] « Le cautionnement et la banque », 2ème édition, Revue Banque Edition
- COMMISSION BANCAIRE [2000] « Instruction n°2000-11 »
- COMMISSION EUROPEENNE [2011] « Implementing Measures Solvency II »
- DUMONTIER P. & DUPRE D. [2005], « Pilotage bancaire : les normes IAS et la réglementation Bâle II », Revue Banque
- GATZERT N. & WESKER H. [2011] « A comparative Assessment of Basell/III and Solvency II », Chair for Insurance Economics, Friedrich-Alexander-University of Erlangen-Nuremberg
- HURLIN C. [2003] « Econométrie des variables quantitatives », Université d'Orléans
- KOVAR J-P. & LASSERRE CAPDEVILLE J. [2012] « Droit de la régulation bancaire », Revue Banque Edition
- PARTRAT C., LECOEUR E., NISIPASU E., NESSI J-M. et REIZ O. [2007] « Provisionnement technique en assurance non-vie – Perspectives actuarielles modernes », Economica
- PERROT P [2011] « Optimisation des ressources des contrats automobile première catégorie à leur date d'échéance », Mémoire d'actuariat
- RAKOTOMALA R. [2014] « Pratique de la régression logistique », Régression logistique binaire et polytomique, Université Lumière Lyon 2
- RONCALLI T. [2009] « La gestion des Risques Financiers », 2ème édition, Economica
- SARDI A [2012] « Pratique de la comptabilité bancaire aux normes IFRS », Afges
- STANDARD & POOR'S [2010] « Bank Capital Methodology And Assumptions »
- TENENHAUS M « La régression logistique », Groupe HEC