

Mémoire présenté devant l'Université de Paris-Dauphine  
pour l'obtention du Certificat d'Actuaire de Paris-Dauphine  
et l'admission à l'Institut des Actuaire

le 25/01/2022

Par : Marie LEMARIÉ

Titre : Garantie emprunteur et répercussions des évolutions législatives et de la pandémie dans un cadre Solvabilité II

Confidentialité :  Non  Oui (Durée :  1 an  2 ans)

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

Membres présents du jury de l'Institut  
des Actuaire :

Membres présents du Jury du Certificat  
d'Actuaire de Paris-Dauphine :

Entreprise : **ADDACTIS France**  
Nom : ADDACTIS France weWork  
Signature : 4, rue Jules Lefebvre - 75009 Paris  
Tél. 01 56 89 07 70  
Siren 413 611 344 - NAF 7022 Z  
TVA Intracommunautaire FR53 413 611 344  
SAS au capital de 100 000 €

Directeur de Mémoire en entreprise :

Nom : Thibaut GILLIARD

Signature : 

*Autorisation de publication et de mise en ligne sur un site de diffusion de documents  
actuaires (après expiration de l'éventuel délai de confidentialité)*


Secrétariat :

Signature du responsable entreprise



Bibliothèque :

Signature du candidat





## Résumé

---

Depuis une dizaine d'années, une pluralité de réformes législatives a été adoptée afin d'augmenter la concurrence sur le marché de l'assurance emprunteur et réduire les marges réalisées. Cette volonté ne se tarit pas car les banques contrôlent toujours plus de 80% du marché.

Lors de l'épidémie de la COVID-19, plusieurs secteurs ont été profondément affectés. En particulier, la dynamique du marché immobilier semble avoir changé et la santé mentale de la population française a fortement été dégradée. Ces deux domaines sont des sous-jacents de l'assurance emprunteur. En effet, un bouleversement du marché immobilier affecte les prix de ce dernier et donc les montants empruntés. De plus, une dégradation de la santé mentale des individus peut avoir des répercussions sur la fréquence et la durée des arrêts de travail, affectant ainsi les flux de l'assureur en emprunteur. La question de l'ampleur de l'effet à moyen et à long terme de la crise sanitaire sur la rentabilité et la solvabilité de l'assureur se pose donc.

L'objectif de ce mémoire est de mesurer cet effet selon les évolutions futures possibles de la situation sanitaire et des réformes législatives. Pour répondre à cette problématique, un modèle ORSA sera établi dans le but de calibrer différents scénarios probables et d'apprécier la rentabilité et la solvabilité de l'assureur pour chacun d'entre eux. Le calibrage des scénarios se fera à l'aide d'études statistiques des transactions immobilières depuis 2016 et d'études quantitatives des différentes enquêtes psychologiques réalisées par le gouvernement.

---

*Mots-clés : Assurance emprunteur, Pandémie, Solvabilité 2, Risques psychosociaux, Immobilier, Modélisation.*

## Abstract

---

For the past ten years, several legislative reforms have been adopted in order to increase the competition in the credit insurance market and to reduce the margins. This intention is still present as the banks still control more than 80% of the market.

During the COVID-19 crisis, several sectors were deeply affected. In particular, the dynamics of the real estate market seem to have changed and the mental health of the French population has been significantly damaged. Both of these areas are underpinnings of the credit insurance. The question of the scope of the mid and long term effect of the sanitary crisis on the profitability and solvency of the credit insurer has therefore arisen.

The objective of this study is to measure this effect according to the potential future progress of the sanitary situation and of the legislative reforms. To answer this question, an ORSA model will be developed in order to calibrate several potential scenarios and to assess the profitability and solvency of the insurer for each of them.

---

*Keywords : Credit insurance ; Pandemic ; Solvency 2 ; Psychosocial risks ; Real estate ; Modeling.*

# Note de Synthèse

L'assurance emprunteur couvre les risques de décès, d'arrêt de travail et/ou de perte d'emploi dans le cadre d'un prêt bancaire. L'assureur rembourse alors totalement ou partiellement le montant du prêt. Ce produit est majoritairement vendu par les établissements bancaires qui imposent sa souscription pour l'accord du prêt. Depuis 2010, plusieurs lois ont été promulguées afin d'ouvrir ce marché à la concurrence et réduire les marges réalisées.

En parallèle, la crise sanitaire de 2020 a profondément impacté les sous-jacents de l'assurance emprunteur : le marché immobilier et la santé de la population. Les confinements successifs ont accru le besoin d'espace des ménages, les poussant à acheter des biens plus grands et plus éloignés des métropoles, bouleversant ainsi le marché immobilier. Mais l'effet des confinements ne s'arrête pas à cette modification de la dynamique d'achat. Ils ont également affecté la santé mentale de la population qui représente 1 arrêt de travail sur 5 (MALAKOFF HUMANIS, 2019). Cette dégradation constitue donc un enjeu important pour l'assurance emprunteur.

Les évolutions législatives, le changement de dynamique du marché immobilier et la détérioration de la santé mentale des individus influent sur l'assurance emprunteur. L'objectif de cette étude sera donc de mesurer la capacité de l'assureur à faire face à cette situation et ses conséquences. Il s'agira donc d'étudier les répercussions de la pandémie sur la rentabilité et la solvabilité de l'assureur. En effet, cette dernière est un enjeu capital pour l'assureur depuis la création de la directive Solvabilité 2.

Pour atteindre cet objectif, un modèle sera développé. Il permettra de projeter le compte de résultat et le SCR dans le cadre d'un ORSA. Ainsi, à chaque pas de projection, les flux de ce produit seront projetés jusqu'à extinction afin de permettre le calcul des Best Estimate nécessaires à la détermination du capital requis et des fonds propres économiques via le bilan Solvabilité 2. Plusieurs scénarios ORSA seront réalisés afin d'apprécier les répercussions sur l'assurance emprunteur selon les évolutions probables de la situation sanitaire. Deux indicateurs seront ainsi déduits à chaque pas de projection :

- Indicateur de rentabilité :  $\frac{\text{Résultat comptable}}{\text{SCR}}$ ,
- Ratio de solvabilité :  $\frac{\text{Fonds propres économiques}}{\text{SCR}}$ .

Dans un premier temps, nous analyserons les effets de la pandémie sur le marché immobilier et sur la santé mentale de la population. Ces études nous permettront ensuite de calibrer différents scénarios ORSA probables pour un portefeuille de contrats d'assurance emprunteur. Finalement, nous détaillerons les différents résultats obtenus avant de passer à la conclusion de l'étude.

## Présentation du modèle

Le schéma I résume le fonctionnement du modèle. Ce dernier a été implémenté grâce au logiciel Addactis<sup>®</sup> Modeling. Le modèle standard Addactis<sup>®</sup> CELER ne comprenant pas de segment emprunteur, celui-ci a complètement été modélisé pour les besoins de ce mémoire.

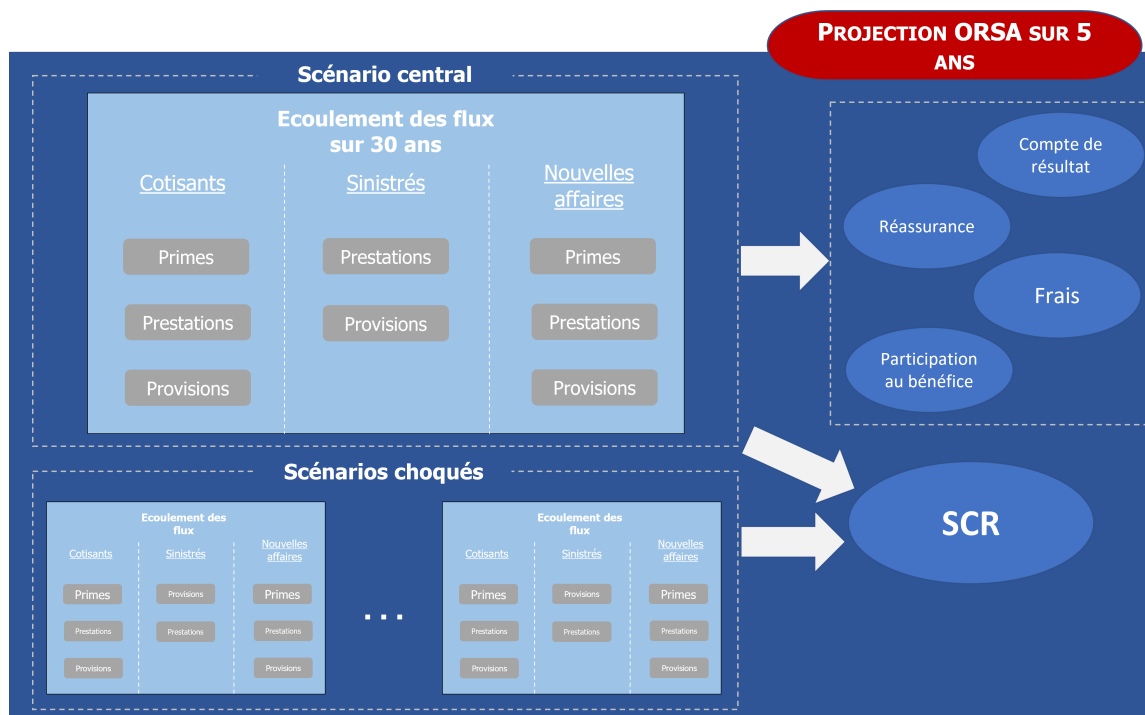


FIGURE 1 – Fonctionnement du modèle

Le modèle CELER intègre le calcul de la formule standard Solvabilité 2 et des projections ORSA. Ainsi, ce dernier calcule automatiquement les éléments de l'actif et de l'ALM. Le segment emprunteur décrit dans cette partie s'occupe uniquement des flux de passif et des calculs Solvabilité II associés. Pour chaque projection ORSA, le calcul du SCR du pilier I est reproduit en prenant en compte l'évolution de toutes les hypothèses. Notamment, la nouvelle production est prise en compte chaque année. Cette dernière se présente sous la forme d'un model point non agrégé, c'est-à-dire un portefeuille fictif de nouveaux contrats.

## Conséquences de la pandémie sur le marché immobilier

Les effets de la pandémie sur le marché immobilier ont pu être analysés en s'appuyant sur la base de données DVF (Demandes de Valeurs Foncières, ETALAB, 2021). Cette dernière est composée de toutes les transactions immobilières et de leurs caractéristiques (prix, surface, type de biens, adresse, etc.) depuis 2016.

Lors du premier confinement, l'arrêt de la quasi totalité de l'activité immobilière, et notamment l'interdiction des visites, a causé une forte chute du volume des ventes. Depuis, la tendance est à la hausse sans retour immédiat au niveau de ventes d'avant pandémie.

Un autre indicateur du marché immobilier affectant l'assurance emprunteur est le prix de l'immobilier. Nous analysons donc à présent l'évolution des prix au m<sup>2</sup> moyens mensuels représentée sur la figure 2. Les prix de l'immobilier semblent en forte hausse depuis le premier déconfinement. Ce phénomène s'explique par le rattrapage des ventes non réalisées lors du premier confinement. En 2021, cette hausse des prix semble ralentir (NOTAIRES DE FRANCE, 2021).

De plus, la pandémie semble avoir augmenté la volonté des individus à acquérir des biens plus spacieux ou avec un espace extérieur. Cette recherche d'espace pourrait se traduire par une augmentation des

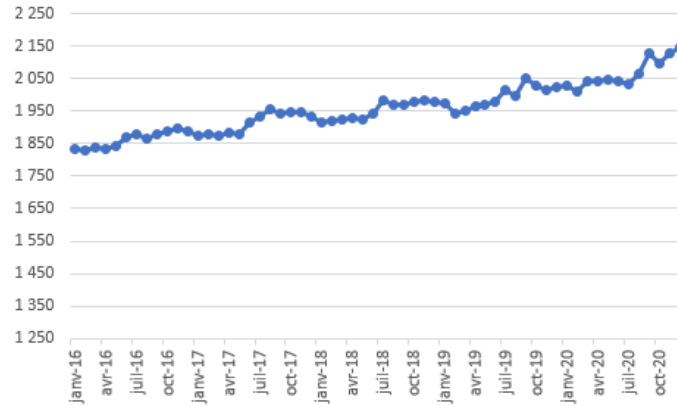


FIGURE 2 – Évolution des prix au m<sup>2</sup> moyens mensuels (en €)

ventes de maisons. Ces dernières étant en moyenne plus chères que les appartements (234k€ contre 148k€ dans notre base de données), les montants empruntés associés sont donc mécaniquement plus importants. Cette modification des critères des acheteurs touche par conséquent les portefeuilles de contrats d'assurance emprunteur. L'évolution de la part de maisons depuis 2016 est représentée en figure 3. Outre la saisonnalité apparente en été, on observe une forte hausse de la proportion des ventes de maisons fin 2020.

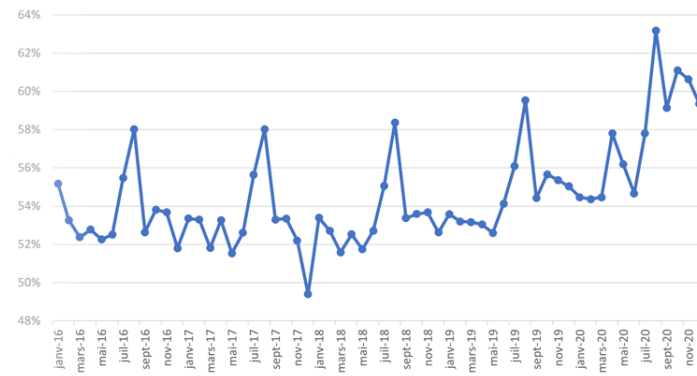


FIGURE 3 – Évolution de la part de maisons (en %)

Finalement, nous n'anticipons pas de hausse des taux d'intérêt dans cette étude. Les durées d'emprunts sont également supposées constantes sur les prochaines années (CSA, 2021). Les différents éléments abordés dans cette section nous permettront d'émettre des conjectures pour la construction de nos différents scénarios. Le marché immobilier influence les caractéristiques des contrats souscrits, ces éléments seront ainsi utiles au calibrage des nouvelles affaires du processus ORSA mis en place.

## Prise en compte des évolutions législatives

Nous sommes en présence d'un contexte législatif de plus en plus incitatif aux changements d'assurance. À ce titre, un gain de production chaque année se traduit par des sorties de portefeuilles plus importantes. Ainsi, dans cette étude, nous supposons que si le volume de souscriptions augmente de  $x\%$  par rapport à l'année précédente, alors les taux de chutes aussi. Cette hypothèse pourra mener à des travaux complémentaires de sensibilité.

## Répercussions sur la santé mentale des assurés

Les effets de la pandémie sur la santé mentale de la population ont pu être étudiés en s'appuyant sur l'étude CoviPrev réalisée par l'agence nationale de santé publique (SANTÉ PUBLIQUE FRANCE, 2021). Cette étude se compose d'une multitude d'enquêtes exécutées depuis le début du premier confinement. Le pourcentage de dépression au sein de la population a été mesuré à chaque enquête et peut être comparé avec le niveau de dépression d'avant pandémie mesuré par le baromètre 2017 de Santé Publique France (SPF).

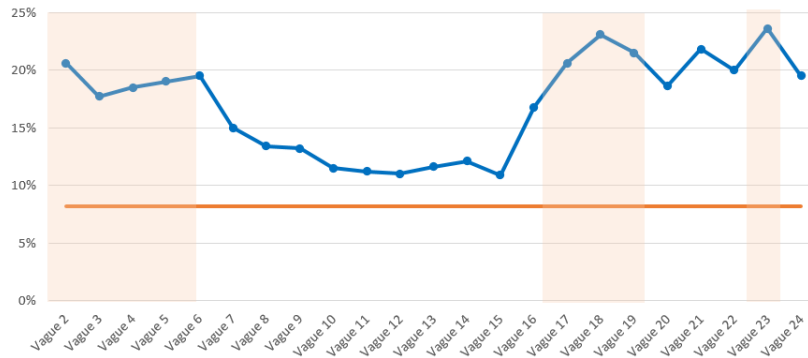


FIGURE 4 – Pourcentage de dépression chez les actifs par vague d'enquête

La population des actifs est celle qui nous intéresse dans cette étude car ces individus sont les seuls concernés par la garantie arrêt de travail. La figure 4 représente l'évolution du pourcentage de dépressions chez les actifs depuis le début de l'étude CoviPrev comparé au niveau d'avant pandémie. Les périodes de confinement sont représentées en orange. En comparaison, 8% des actifs étaient considérés comme en dépression en 2017 selon le baromètre de SPF.

L'été 2020 (vague 11 à 14) nous démontre que même dans le cas d'une amélioration forte de la situation (fin de l'état d'urgence sanitaire), des dommages durables sont causés sur la santé mentale de la population. En effet, durant cette période, on observe que 12% des actifs sont toujours considérés comme en dépression, soit 50% de plus qu'avant la pandémie.

## Scénarios calibrés

Ces différentes analyses nous permettent de calibrer plusieurs scénarios plausibles d'évolution des effets de la pandémie afin d'apprécier la rentabilité et la solvabilité de l'assurance dans chacun d'entre eux. Au moment de l'étude, le premier semestre de 2021 est déjà écoulé. Le calibrage de cette année se fait donc au plus réaliste suivant les observations de ce début d'année.

Trois scénarios sont construits :

- **Scénario central : dissipation immédiate des effets de la pandémie dès 2022.** Les tendances utilisées pour calibrer les montants empruntés et les volumes de souscriptions des nouvelles affaires sont donc celles d'avant la pandémie. La détérioration de la santé mentale des individus durant la pandémie est considérée comme une parenthèse et sans effet sur les arrêts de travail.
- **Scénario stressé n°1 : dissipation progressive des effets de la pandémie.** Nous effectuons un retour graduel aux tendances immobilières d'avant pandémie. De plus, nous supposons ici que la pandémie a un effet plus durable la santé mentale de la population. La fréquence des arrêts



de travail est donc fortement augmentée en 2021. Cet accroissement se dissipe graduellement au fur et à mesure des années.

- **Scénario stressé n°2 : durabilité des effets de la pandémie.** Les hypothèses sont calibrées en considérant que la pandémie perdure. Les volumes de souscriptions et les montants empruntés sont ainsi touchés tout au long de la projection. L'augmentation de la fréquence d'entrée en arrêt de travail appliquée en 2021 du scénario précédent est ici conservée sur toute la projection ORSA.

## Résultats

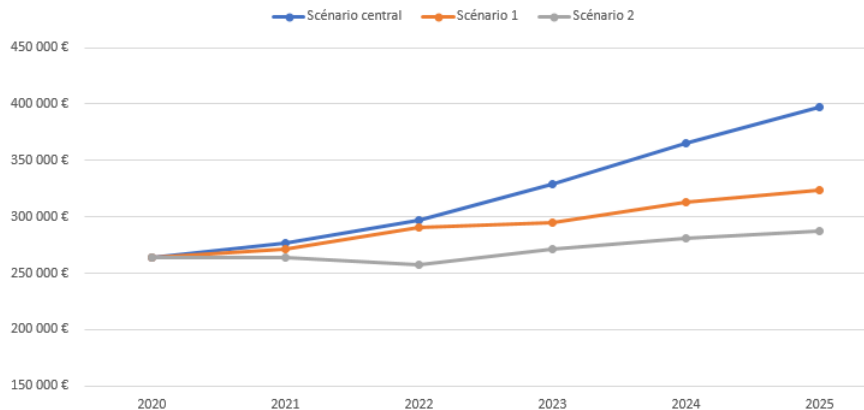


FIGURE 5 – Évolution du résultat comptable de chaque scénario

Le passage du scénario central au premier scénario stressé se fait par une baisse des taux de chutes, une dégradation de la sinistralité en arrêt de travail et une hausse des prix. Ces différents éléments sont à l'origine d'effets antagonistes pouvant causer des effets de compensation, entraînant une amélioration ou une dégradation du résultat. Le passage au deuxième scénario stressé se fait par une exacerbation de ces effets. Dans cette étude, nous observons notamment une dégradation du résultat comptable (figure 5). De plus, la détérioration de la sinistralité et des revenus de l'assureur est visible sur les ratios S/P de la garantie décès et de la garantie arrêt de travail (tableaux 1 et 2).

	2021	2022	2023	2024	2025
Scénario central	12,2%	10,6%	12,8%	17,1%	19,6%
Scénario 1	16,8%	17,6%	19,9%	25%	28%
Scénario 2	23,0%	22,2%	24,9%	31,8%	38,0%

TABLE 1 – Évolution du S/P relatif à la garantie AT pour chaque scénario

	2021	2022	2023	2024	2025
Scénario central	26%	25,9%	25,6%	25,4%	25,2%
Scénario 1	26%	25,9%	27,2%	28,4%	29,6%
Scénario 2	26%	27,8%	29,3%	30,6%	31,8%

TABLE 2 – Évolution du S/P relatif à la garantie décès pour chaque scénario

Ensuite, le SCR est en légère hausse d'un scénario à l'autre. En effet, l'impact sur les chocs S2 est marginal compte tenu de l'atténuation des matrices de corrélation. L'actif et la réassurance sont inchangés pour tous les scénarios, les SCR de marché et de défaut sont donc également globalement identiques.

De plus, les fonds propres économiques, définis comme la différence entre l'actif et le passif du bilan Solvabilité 2, sont dégradés d'un scénario à l'autre. En effet, l'actif augmente faiblement alors que le passif S2, correspondant au Best Estimate des engagements de l'assureur, croît plus fortement. Cet effet est immédiatement expliqué par l'augmentation de la sinistralité. Contrairement au SCR, l'impact est ici bien plus significatif car la totalité de l'augmentation du BE de passif vient diminuer les fonds propres économiques contrairement au SCR qui augmente en fonction du choc.

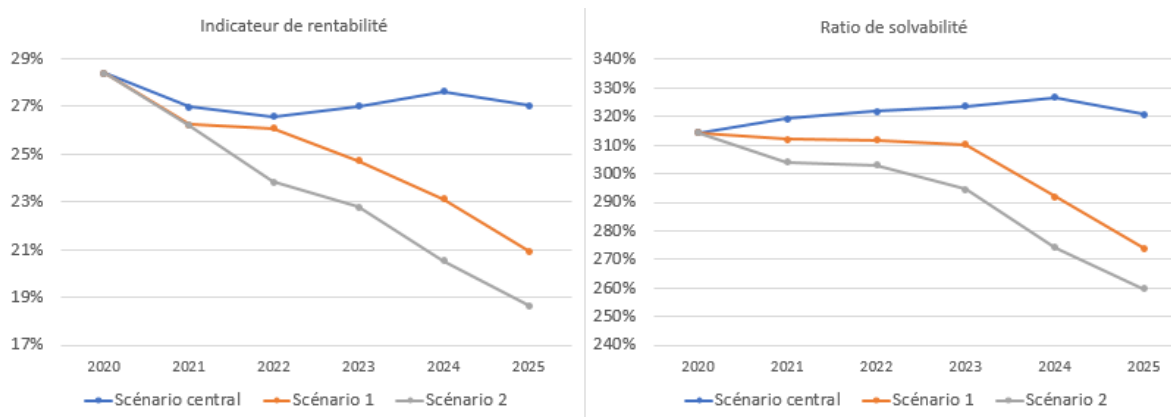


FIGURE 6 – Évolution des indicateurs retenus pour chaque scénario

Pour conclure, nous observons donc que les indicateurs retenus se détériorent. Cependant, l'assureur conserve une solvabilité et une rentabilité suffisantes pour continuer d'exercer son activité bien que ces dernières sont fortement dégradées en cas de durabilité plus ou moins forte des conséquences de la pandémie. Notamment, cet effet est expliqué par les fortes marges réalisées sur ce produit. Néanmoins, un assureur ne possède généralement pas un unique produit. Les résultats de l'assurance emprunteur sont probablement un moyen pour l'assureur de compenser les pertes sur des produits moins bénéficiaires. Il est donc important de piloter ce produit selon l'évolution de la situation et selon la stratégie de la compagnie, notamment via une adaptation de la politique de souscription.

Ainsi, des travaux d'approfondissement pourraient être menés afin d'explorer ces différentes pistes. De plus, de nouvelles pistes législatives ont été abordées en 2021. Notamment, la possibilité d'une résiliation infra-annuelle de l'assurance emprunteur est en discussion entre les différents acteurs du milieu (ACÉDO, 2021). Une étude complémentaire prenant en compte cette évolution serait pertinente. Finalement, l'actualisation de cette étude après avoir acquis suffisamment de recul sur la pandémie serait judicieuse également.

# Synthesis note

The credit insurance covers the risks of death, work stoppage and/or job loss in the context of a bank loan. Then, the insurer reimburses whole or part of the loan. This product is mostly sold by banks which require its subscription in order to grant the loan. Since 2010, several laws have been adopted to open this market to competition and reduce margins.

At the same time, the health crisis of 2020 has had a major impact on the underlying fundamentals of credit insurance : real estate market and population health. The successive confinements have increased households' need for space, pushing them to buy larger properties further away from the metropolises, thus disrupting the real estate market. But the effect of confinements does not only end with this alteration of the acquisition dynamics. They have also affected the population's mental health, which represents 1 out of 5 work stoppages (MALAKOFF HUMANIS, 2019). This deterioration is therefore an important issue for credit insurance.

The legislative developments, the shift in the real estate market's dynamics and the deterioration of individuals' mental health affect credit insurance. The aim of this study will thus be to measure the insurer's capacity to face this situation and its consequences. It will therefore be a matter of studying the pandemic's effects on the insurer's profitability and solvency. Indeed, the latter is a fundamental issue for the insurer since the creation of the Solvency 2 directive.

To achieve this purpose, a model will be developed. It will allow the projection of the income statement and the SCR in the perspective of an ORSA. Thus, at each projection step, the insurer's flows will be projected until extinction in order to allow the calculation of the Best Estimate necessary to determine the required capital. Several ORSA scenarios will be carried out in order to assess the consequences on the credit insurance according to the possible evolution of the sanitary context. Two indicators will be deduced at each projection step :

- Profitability indicator :  $\frac{\text{Accounting income}}{\text{SCR}}$ ,
- Solvency ratio :  $\frac{\text{Economic own funds}}{\text{SCR}}$ .

First, we will analyze the effects of the pandemic on the real estate market and on the population' mental health. These studies will then allow us to calibrate several potential ORSA scenarios for a portfolio of credit insurance contracts. Finally, we will detail the results obtained before moving on to the conclusion of the study.

## The model

The diagram 7 summarizes how the model works. The model was implemented using Addactis<sup>®</sup> Modeling software. As the Addactis<sup>®</sup> CELER standard formula does not include a borrower segment, it has been completely modeled for the purpose of this thesis.

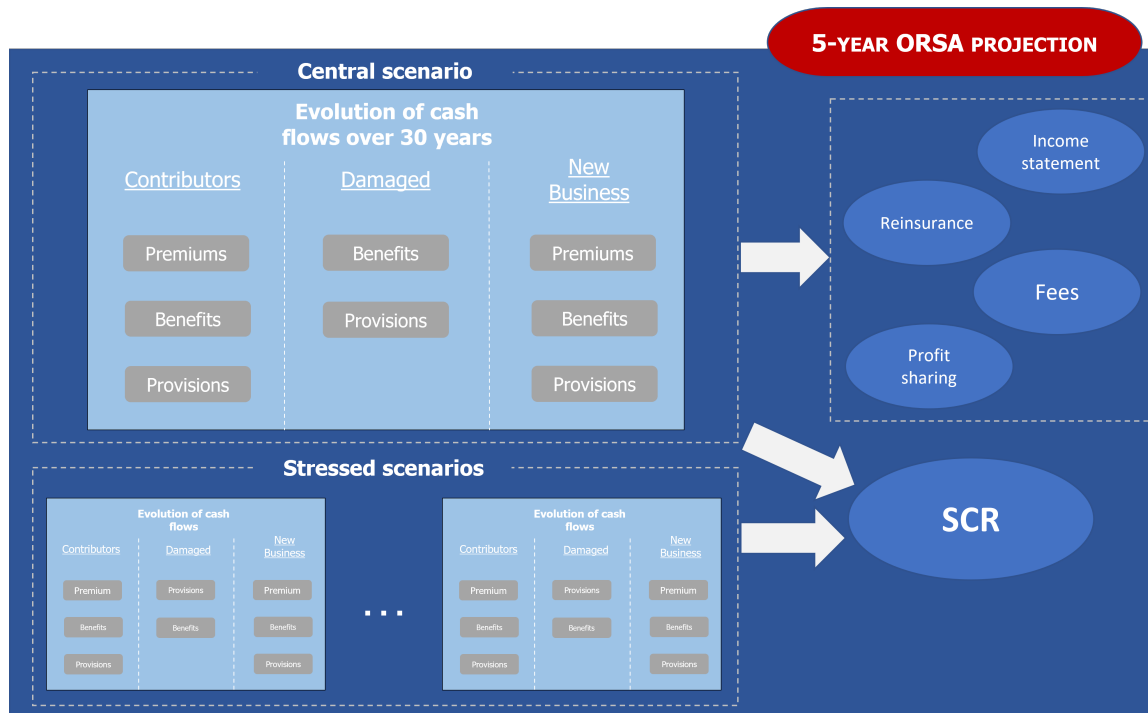


FIGURE 7 – How the model works

The CELER model integrates the calculation of the standard Solvency 2 formula and ORSA projections. Thus, it automatically calculates the assets and ALM elements. The credit insurance segment described in this section only deals with the liability cash flows and the associated Solvency II calculations. For each ORSA projection, the Pillar I SCR calculation is replicated taking into account the evolution of all assumptions. In particular, new production is taken into account each year. The latter is presented in the form of a non-aggregated model point, i.e. a fictional portfolio of new contracts.

## Effects of the pandemic on the real estate market

The pandemic's effects on the real estate market were analyzed using the DVF database. The latter is composed of all real estate transactions and their characteristics (price, floor space, type of property, address, etc.) since 2016.

During the first containment, the shutdown of almost all real estate activity, including the visit ban, caused a significant drop in sales volume. Since then, the trend has been upward with no immediate return to pre-pandemic sales levels.

Another indicator of the property market affecting credit insurance is the price. We therefore analyze the evolution of the average monthly prices per square meter shown in [8](#). Real estate prices seem to have increased sharply since the first deconfinement. This is due to the catching up of sales not made during the first containment. In 2021, this price increase appears to slow down (NOTAIRES DE FRANCE, [2021](#)).

Furthermore, the pandemic appears to have increased the desire of individuals to buy larger properties. This search for space could result in an increase of home sales. Because houses are more expensive on average than apartments (234k€ versus 148k€ in our database), the associated borrowed amounts are potentially greater. This change in buyer criteria consequently affects credit insurance portfolios. The

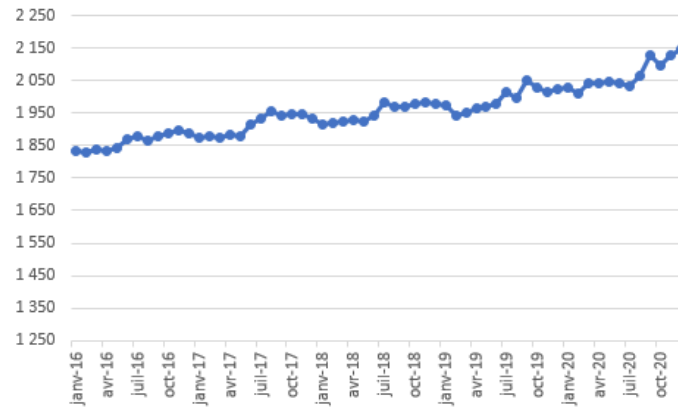


FIGURE 8 – Evolution of the average monthly prices per square meter (in €)

evolution of the proportion of homes since 2016 is shown in [9](#). Apart from the apparent seasonality in summer, there is a significant increase in the proportion of home sales in the end of 2020.

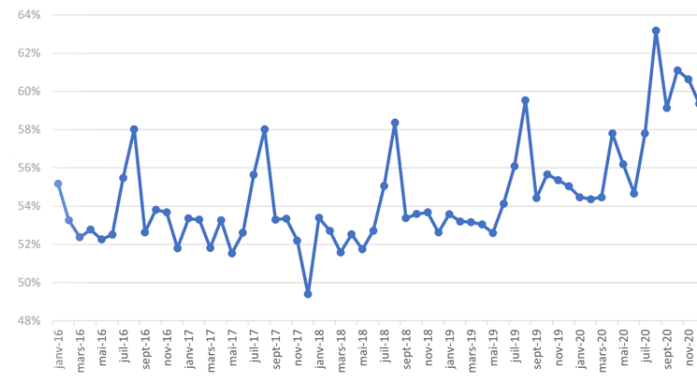


FIGURE 9 – Development of the proportion of houses (in %)

Finally, we do not expect interest rates to rise in this study. The duration of the loans is also assumed to be constant over the next few years (CSA, [2021](#)). The various elements discussed in this section will allow us to make assumptions in order to construct our scenarios. The real estate market influences the characteristics of the contracts taken out, and these elements will thus be useful for the calibration of new business in the ORSA process implemented.

## Consideration of legislative developments

The legislative environment is more and more encouraging for insurance changes. As a result, a gain in new business each year leads to greater portfolio exits. Thus, in this study, we assume that if the volume of subscriptions increases by  $x\%$ , then so will the drop rates. This assumption could lead to further sensitivity work.

## Impact on the mental health of insured persons

The effects of the pandemic on the mental health of the population were assessed using the CoviPrev study carried out by the national public health agency (SANTÉ PUBLIQUE FRANCE, [2021](#)). This study consists of a multitude of surveys carried out since the beginning of the first containment. The

percentage of depression in the population was measured at each survey and can be compared with the pre-pandemic level of depression captured by the 2017 Santé Publique France (SPF) barometer.

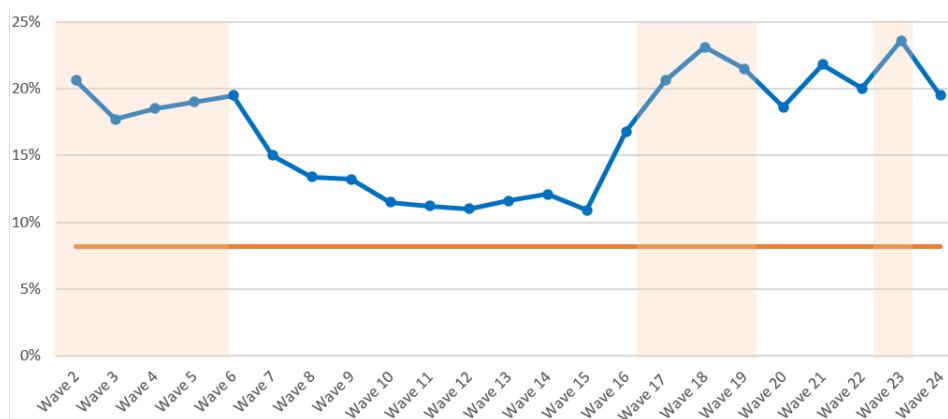


FIGURE 10 – Percentage of depression among working people by survey wave

The working population is the one of interest in this study because these individuals are the only ones concerned by the work stoppage guarantee. Figure 10 shows the evolution of the percentage of depressions in the working population since the beginning of the CoviPrev study. The periods of confinement are shown in orange. In comparison, 8 percent of the working population was considered depressed in 2017 according to the SPF barometer.

The 2020 summer (wave 11 to 14) shows us that even in the case of a strong improvement in the situation (end of the state of sanitary emergency), lasting damage is done to the mental health of the population. Indeed, during this period, we observe that 12% of the working population is still considered to be depressed, which is 50% higher than before the pandemic.

## Calibrated scenarios

These different analyses allow us to calibrate several potential scenarios of the development of the pandemic in order to assess the profitability and solvency of the insurer in each of them. At the moment of the study, the first half of 2021 has already elapsed. The calibration of this year is therefore done as realistically as possible according to the observations of the beginning of the year.

Three scenarios are built :

- **Central scenario : immediate dissipation of the effects of the pandemic by 2022.** Thus, the trends used to calibrate borrowed amounts and new business subscription volumes are the pre-pandemic ones. Mental health deterioration of individuals during the pandemic is considered a parenthesis and has no effect on work stoppages.
- **Stressed scenario n°1 : gradual dissipation of the effects of the pandemic .** We make a gradual return to pre-pandemic real estate trends. We also assume here that the pandemic has a more lasting effect on terminations. The frequency of the latter is therefore highly increased in 2021. This increase gradually dissipates as the years go by.
- **Stressed scenario n°2 : Sustainability of the effects of the pandemic.** The assumptions are calibrated assuming that the pandemic persists. The subscription volumes and the amounts borrowed are thus affected throughout the projection. The increase in the frequency of work stoppages applied in 2021 in the previous scenario is maintained throughout the ORSA projection.

## Results

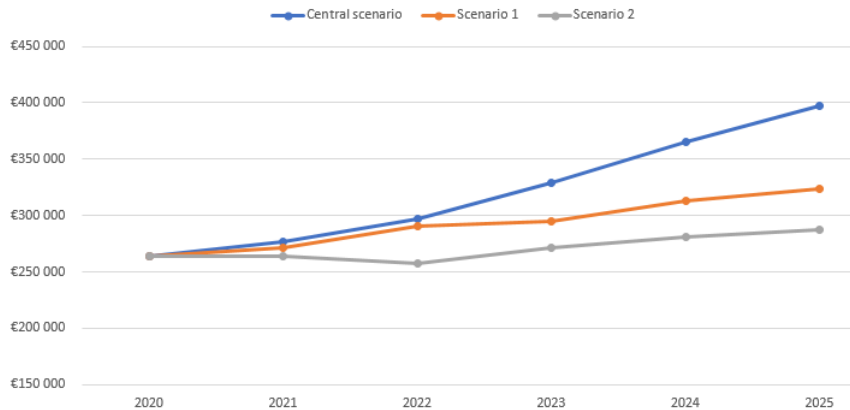


FIGURE 11 – Evolution of the accounting result of each scenario

The transition from the central scenario to the first stressed scenario is based on a decrease in the drop rate, a deterioration in the level of work stoppage claims and an increase in prices. These different elements are at the origin of antagonistic effects that can cause compensating reactions, leading to an improvement or a deterioration of the accounting result. The transition to the second stressed scenario is based on an intensification of these effects. In this study, we observe a deterioration of the accounting result (Figure 11). Also, the deterioration of the insurer's losses and income can be seen in the S/P ratios for death and disability guarantees (tables 3 and 4).

	2021	2022	2023	2024	2025
Central scenario	12,2%	10,6%	12,8%	17,1%	19,6%
Scenario 1	16,8%	17,6%	19,9%	25%	28%
Scenario 2	23,0%	22,2%	24,9%	31,8%	38,0%

TABLE 3 – Progress of the S/P relative to the AT guarantee for each scenario

	2021	2022	2023	2024	2025
Central scenario	26%	25,9%	25,6%	25,4%	25,2%
Scenario 1	26%	25,9%	27,2%	28,4%	29,6%
Scenario 2	26%	27,8%	29,3%	30,6%	31,8%

TABLE 4 – Progress of the S/P relative to the death guarantee for each scenario

Moreover, the SCR is consistent from one scenario to the next. Indeed, the level of the Best Estimate is different but the value of the S2 shocks is similar overall. The assets and reinsurance are unchanged for all scenarios, so the market and default SCRs are also globally identical.

Also, the economic own funds, defined as the difference between the assets and the liabilities of the Solvency 2 balance sheet, are degraded from one scenario to the other. Indeed, the assets are stable while the liabilities of S2, corresponding to the Best Estimate of the insurer's liabilities, increase. This effect is immediately explained by the growth of the claims experience.

To conclude, we observe that the indicators selected are getting worse. However, the insurer keeps a sufficient solvency and profitability level to continue its activity, even though these indicators are

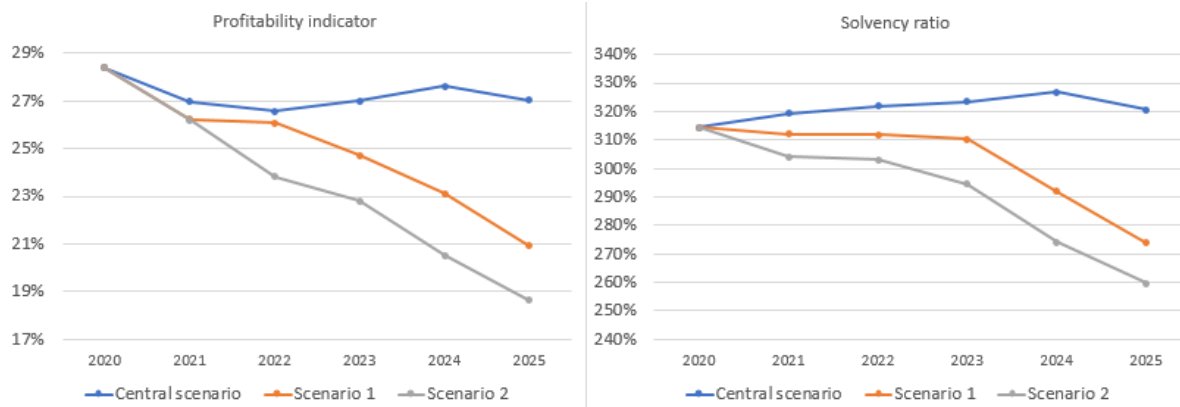


FIGURE 12 – Evolution of the indicators selected for each scenario

strongly degraded in case of a more or less intense durability of the pandemic consequences. In particular, this effect is explained by the high margins made on this product. Nevertheless, an insurer does not usually have a unique product. The results of credit insurance are probably a way for the insurer to balance the losses on less profitable products. It is therefore important to manage this product according to the progression of the situation, in particular by adapting the underwriting policy or the asset management.

Thus, further work could be carried out to explore these different options. In addition, new legislative initiatives have been discussed in 2021. In particular, the possibility of an infra-annual termination of the credit insurance is being debated between the different actors of the sector (ACÉDO, 2021). A complementary study taking into account this evolution would be relevant. Finally, updating this study after having acquired sufficient distance from the pandemic would also be judicious.



# Remerciements

J'adresse tout d'abord mes remerciements à Thibaut GILLIARD et Matthieu BARRAULT pour m'avoir accompagnée tout au long de la réalisation de ce mémoire. Je les remercie pour m'avoir fait confiance, pour leur expertise, leur investissement et leur soutien sans faille. Travailler à leur côté fut très enrichissant.

Je souhaiterais également témoigner toute ma reconnaissance à Eve ZURFLUH, Maxence BOCCIARELLI et Fabien VETILLARD pour leur aide précieuse, leur bienveillance et leur expertise qui ont grandement contribué à améliorer mon travail.

Merci également aux stagiaires et alternants d'Addactis, Bérengère, Samuel, Floriane et Cédric pour le soutien mutuel dont ils ont fait preuve même dans les périodes les plus délicates.

Je remercie également tous les membres de l'entité Addactis pour leur accueil chaleureux et leur mobilisation pour le bon déroulement de ce travail. Merci notamment à Bilal SADOU, Pierre CHATELAIN et Nabil RACHDI.

Merci à mon tuteur académique Quentin GUIBERT pour son investissement, sa flexibilité et sa patience. Je remercie également toute l'équipe pédagogique de Paris Dauphine pour la qualité de la formation dispensée.

Finalement, je tiens à témoigner toute ma gratitude à ma famille et à mes proches pour leur encouragement et leur soutien moral inestimable. Merci à Pierre pour ses relectures syntaxiques.



# Table des matières

<b>Résumé</b>	<b>3</b>
<b>Abstract</b>	<b>4</b>
<b>Note de Synthèse</b>	<b>5</b>
<b>Synthesis note</b>	<b>11</b>
<b>Remerciements</b>	<b>17</b>
<b>Table des matières</b>	<b>19</b>
<b>Introduction</b>	<b>21</b>
<b>1 Assurance Emprunteur</b>	<b>23</b>
1.1 Principales caractéristiques de l'assurance emprunteur	23
1.1.1 Caractéristiques d'un prêt bancaire	23
1.1.2 Caractère obligatoire	24
1.1.3 L'assurance emprunteur	25
1.1.4 Contrat de groupe ou contrat individuel	28
1.1.5 Provisionnement	28
1.2 Le contexte réglementaire de l'assurance emprunteur	31
1.2.1 Caractère obligatoire de l'assurance emprunteur	31
1.2.2 Les évolutions législatives	31
1.2.3 Marché français et enjeux	35
1.3 Cadre prudentiel Solvabilité II	39
1.3.1 De Solvabilité I à Solvabilité II	40
1.3.2 Principes de Solvabilité II	40
1.3.3 Les exigences quantitatives	41
1.3.4 Assurance emprunteur et chocs Solvabilité II	44
1.3.5 Les exigences qualitatives	45
1.4 Conclusion du chapitre	46
<b>2 Construction du modèle</b>	<b>47</b>
2.1 Présentation générale du modèle	47
2.2 Les données de portefeuille	49
2.3 Écoulement des flux entrants et sortants	50
2.3.1 Pour les individus sinistrés	50
2.3.2 Pour les individus cotisants	54

2.3.3	Commission versée aux apporteurs	63
2.4	Évaluation des éléments Solvabilité II	63
2.4.1	Best Estimate	63
2.4.2	SCR Life et Health SLT	64
2.5	Projection ORSA	67
2.5.1	Frais	68
2.5.2	Réassurance	69
2.5.3	Compte de résultat	69
<b>3</b>	<b>Conséquences de la pandémie et des évolutions législatives</b>	<b>73</b>
3.1	Étude du marché immobilier et répercussions sur l'assurance emprunteur	74
3.1.1	Présentation de la base de données immobilières	74
3.1.2	Étude des données et mesure des répercussions sur l'assurance emprunteur	75
3.2	Étude des risques psychologiques et répercussions sur l'assurance emprunteur	92
3.2.1	Les sources utilisées	93
3.2.2	Répercussions de la pandémie sur la garantie AT de l'assurance emprunteur	94
3.3	Calibrage des différents scénarios	100
3.3.1	Scénario central	101
3.3.2	Scénario stressé n°1	104
3.3.3	Scénario stressé n°2	108
3.4	Résultats et analyses des différents scénarios	109
3.4.1	Choix des métriques	110
3.4.2	Caractéristiques du portefeuille étudié	110
3.4.3	Évolution du résultat comptable	111
3.4.4	Évolution des fonds propres économiques	116
3.4.5	Évolution du SCR	117
3.4.6	Évolution des indicateurs de rentabilité et de solvabilité	117
3.5	Limites de l'étude et ouverture	119
3.5.1	Limites du modèle	119
3.5.2	Problématique de données	119
3.5.3	Ouverture	120
	<b>Conclusion</b>	<b>121</b>
	<b>Bibliographie</b>	<b>123</b>
	<b>A Projections des probabilités des différents états possibles d'un cotisant</b>	<b>127</b>
	<b>B Formules des mesures de précisions des modèles de séries temporelles</b>	<b>133</b>

# Introduction

Lors de l'attribution d'un prêt, l'établissement bancaire impose généralement la souscription d'un contrat d'assurance emprunteur. Ce produit garantit le remboursement total ou partiel du montant du prêt en cas de décès, d'arrêt de travail et/ou de perte d'emploi par l'assureur. Historiquement, le marché de l'assurance emprunteur était contrôlé par les banques, exerçant ainsi des marges conséquentes. Depuis une dizaine d'années, la volonté du législateur est de réduire ce quasi-monopole afin d'accroître la concurrence sur ce marché. Ce dernier est touché par les différentes réformes mises en place et la modification du comportement des assurés en découlant.

Cependant, l'avenir de l'assurance emprunteur ne dépend pas uniquement des évolutions législatives. Il dépend également de la dynamique de plusieurs sous-jacents comme le marché immobilier ou encore la santé des individus. L'épidémie de COVID-19 a profondément touché ces éléments. Tout d'abord, le gouvernement a été obligé de prendre des mesures fortes pour endiguer la transmission de cette maladie infectieuse. Notamment, différents confinements de la population ont été nécessaires. Ces derniers semblent avoir modifié les critères de recherche de biens des ménages. Une aspiration à quitter les métropoles en quête d'espace a vu le jour. De plus, la généralisation du télétravail a renforcé cette possibilité. Le marché immobilier semble donc avoir non seulement été bouleversé par l'inédit de la situation en 2020, mais il a également subi des répercussions durables de la pandémie.

De plus, l'inquiétude face à l'infection, les mesures gouvernementales et l'isolement ont eu un rôle de catalyseur des problèmes de santé mentale de la population française. Un arrêt sur 5 étant lié à des troubles mentaux (MALAKOFF HUMANIS, [2019](#)), les conséquences de la pandémie à moyen et à long terme sur la santé mentale des individus affectent donc la fréquence et la durée des arrêts de travail, et donc les prestations de l'assureur.

Les évolutions législatives, le changement de dynamique du marché immobilier et la dégradation de la santé mentale de la population touchent l'avenir de l'assurance emprunteur. Il sera donc question d'étudier la capacité de l'assureur à faire face à la situation actuelle et les conséquences qui en découlent. Par conséquent, ce mémoire a pour objectif d'étudier les répercussions de la crise sanitaire sur la rentabilité et la solvabilité d'un portefeuille de contrats d'assurance emprunteur.

La principale exigence réglementaire pour un assureur est Solvabilité 2. Cette norme définit le seuil minimum de richesse dont l'assureur doit disposer pour faire face à des risques pouvant lui causer une ruine. La solvabilité de l'assureur est sa capacité à couvrir ce besoin en capital. Les différents bouleversements des sous-jacents de l'assurance emprunteur évoqués et les évolutions législatives impliquent un besoin accru de contrôler la capacité de l'assureur à anticiper et à absorber les répercussions de ces événements.

Pour répondre à cette problématique, la création d'un modèle est nécessaire. Un modèle regroupant l'écoulement de flux, les calculs du pilier I de la réglementation Solvabilité 2 ainsi que l'ORSA sera donc mis en place. Après avoir défini le contexte, nous détaillerons le modèle réalisé. Nous établirons ensuite différents scénarios afin d'apprécier le niveau de rentabilité et de solvabilité de l'assureur dans chacun d'entre eux. Ces scénarios seront mis au regard l'un de l'autre afin de mesurer l'effet des futures dynamiques probables de la situation économique et sociale de la société française.

# Chapitre 1

## Présentation de l'assurance emprunteur et contexte

Le but de ce mémoire est l'étude des possibles évolutions futures du marché de l'emprunteur découlant des évolutions législatives et de la pandémie, ainsi que leurs répercussions sur la rentabilité et la solvabilité de l'assureur. Avant toute chose, il convient de définir ce qu'est l'assurance emprunteur, le cadre législatif actuel ainsi que la solvabilité de l'assureur.

Ainsi, dans ce chapitre, nous présentons tout d'abord différents rappels sur les caractéristiques des prêts bancaires et des assurances associées. Ensuite, nous présentons le contexte réglementaire actuel de l'assurance emprunteur. Finalement, afin d'étudier la solvabilité de l'assureur, un rappel du cadre prudentiel Solvabilité II sera explicité.

### 1.1 Principales caractéristiques de l'assurance emprunteur

#### 1.1.1 Caractéristiques d'un prêt bancaire

Un crédit bancaire est le fait pour un organisme de crédit, le plus souvent une banque, de prêter un certain montant à un emprunteur en échange d'un remboursement progressif de ce montant et du paiement d'intérêts. Les différentes caractéristiques d'un prêt sont donc les suivantes : capital initial (montant emprunté), durée de l'emprunt, taux d'intérêt, capital restant dû à chaque période, échéance et type de prêt.

##### 1.1.1.1 Catégories de prêts

On distingue trois catégories de prêts :

- Crédit immobilier : réalisé en vue d'acquérir une propriété d'habitation.
- Crédit à la consommation : réalisé en vue d'acquérir un bien de consommation comme une automobile ou encore du matériel informatique.
- Crédit professionnel : exclusivement réservé aux professionnels pour financer l'achat de matériel, de trésorerie ou d'immobilier.

##### 1.1.1.2 Échéance

Ce terme désigne la date à laquelle est effectué le paiement d'une partie du capital restant dû et des intérêts. Cette date est périodique, elle peut être mensuelle, trimestrielle, annuelle, etc. Le montant

payé est nommé « mensualité » en cas de périodicité mensuelle, « annuité » si elle est annuelle, et ainsi de suite.

Dans ce mémoire, seuls les crédits à périodicité mensuelle seront traités, étant donné que ce sont les plus répandus.

### 1.1.1.3 Type de prêts

Il existe trois principaux types de remboursement :

- In Fine : seuls les intérêts sont remboursés pendant la durée du prêt, le capital emprunté est quant à lui remboursé à la date de fin de prêt.
- À amortissements constants : un même montant de capital est remboursé par période. Le montant des intérêts, calculés sur la base du capital restant dû, sont donc décroissants. La mensualité payée par l'assuré est donc variable et décroissante.
- À annuités constantes : la mensualité est constante. Initialement, une part d'intérêt importante et une faible part de capital sont payées, puis au fil du temps, la tendance s'inverse.

Pour les besoins de ce mémoire, seul le crédit à annuités constantes sera traité.

### 1.1.1.4 Le remboursement anticipé

Le remboursement anticipé est le paiement du capital restant dû avant la date de fin de contrat. Il peut être total (intégralité du capital restant dû) ou partiel (une partie du capital restant dû). Cependant, l'organisme de crédit peut imposer un montant minimal de remboursement anticipé, ou encore une pénalité sous forme de pourcentage si l'emprunteur rembourse son prêt de façon anticipé. Cette dernière option est la plus courante.

Le plus souvent, l'emprunteur rembourse son prêt par anticipation lors de la vente du bien pour lequel il a emprunté, lors d'un rachat de crédit (par une autre banque) ou encore s'il voit ses capacités financières s'améliorer.

Le remboursement anticipé partiel permet, soit de réduire le montant des annuités en conservant la durée initiale de l'emprunt, soit de réduire la durée initiale du prêt en préservant le montant des annuités. Dans ce cas, les primes de l'assurance emprunteur peuvent également être revues.

## 1.1.2 Caractère obligatoire

Pour se protéger contre les risques du crédit, l'établissement prêteur peut utiliser différents mécanismes de garanties :

- L'hypothèque : elle porte sur un bien immobilier. En cas de non-remboursement, le créancier peut saisir le bien et le faire vendre.
- Caution : une personne physique ou morale s'engage à payer les mensualités du prêt en cas de défaillance de l'emprunteur.
- L'assurance emprunteur : garantit le remboursement total ou partiel du montant du prêt en cas de décès, perte d'autonomie, arrêt de travail et/ou de perte d'emploi.

Ces différentes garanties lui permettent de se protéger d'un non-remboursement de la totalité ou d'une partie du montant emprunté. La garantie la plus utilisée sur le marché est la garantie emprunteur puisqu'elle a un double intérêt :

- L'assurance neutralise le risque de non-remboursement du prêt pour les principaux facteurs de défaillance de l'emprunteur (incapacité, invalidité, décès, etc.). C'est donc une sécurité forte pour la banque.



- C'est également une sécurité pour l'emprunteur. En effet, il n'a pas à se soucier d'une quelconque perte de bien en cours de paiement en cas de sinistre. De plus, en cas de décès, il n'impose pas une dette à ses ayants droit.

La garantie emprunteur est aujourd'hui quasiment incontournable (DIRECTION DE L'INFORMATION LÉGALE ET ADMINISTRATIVE (PREMIER MINISTRE), 2020). Bien que non-obligatoire légalement, souscrire à une assurance emprunteur est systématiquement imposé par les banques afin d'obtenir un prêt immobilier ou professionnel. Elle est facultative mais vivement conseillée dans le cadre d'un prêt à la consommation.

### 1.1.3 L'assurance emprunteur

L'assurance emprunteur permet d'être assuré en cas de décès, d'invalidité, d'incapacité et/ou de perte d'emploi (ABE, 2020). À la réalisation de l'un de ces événements, l'assureur prend en charge la totalité ou une partie des mensualités du prêt. La banque définit les garanties nécessaires pour l'accord du prêt. L'emprunteur peut alors choisir entre l'assurance proposée par la banque, ou une assurance externe. De plus, ce dernier a l'opportunité de résilier son assurance à posteriori de la signature de l'offre de prêt.

#### 1.1.3.1 Les différents risques couverts

L'assurance emprunteur possède toujours à minima une garantie en cas de décès de l'assuré. Concernant la garantie Arrêt de Travail, elle est obligatoire ou facultative selon la nature du prêt.

#### La garantie Décès

Cette garantie est obligatoire et incluse dans tous les contrats d'assurance emprunteur. Elle prévoit, en cas de décès de l'assuré, le remboursement du capital restant dû à l'organisme de crédit. Le contrat d'assurance prend alors fin.

#### La garantie AT

La garantie AT couvre l'assuré dans l'impossibilité d'exercer une activité professionnelle. Elle comprend l'incapacité et l'invalidité. Elle est obligatoire pour un prêt immobilier dans le but d'acquérir une résidence principale. Dans tous les autres cas, elle est facultative.

L'incapacité (ITT = Incapacité Temporaire de Travail) désigne une inaptitude partielle ou totale temporaire d'exercer une activité professionnelle. Les sorties d'incapacité sont la guérison, la retraite, l'entrée en invalidité ou encore le décès. L'invalidité (IPT = Invalidité Permanente et Totale) quant à elle désigne une réduction permanente de la capacité de travail d'au moins 66 %. Cette fois-ci, les sorties sont la retraite ou le décès.

La garantie ITT/IPT peut prendre différentes formes :

- Remboursement des mensualités du prêt en cas d'ITT ou d'IPT,
- Remboursement des mensualités du prêt en cas d'ITT et remboursement du capital restant dû en cas d'IPT.

Le remboursement peut également être la différence entre le salaire perçu en activité et celui perçu en arrêt de travail. Ce mémoire se focalisera sur le remboursement des mensualités du prêt en cas d'ITT ou d'IPT.

## La garantie Perte d'Emploi Indemnisée

Cette garantie est facultative pour toutes les natures de prêt et permet de couvrir le risque de licenciement de l'emprunteur. Elle prévoit donc le remboursement des mensualités en cas de licenciement. Elle ne concerne que les salariés en CDI. Toutefois, elle ne comprend pas la démission, la rupture conventionnelle et le licenciement pour faute.

Cette garantie ne sera pas traitée dans ce mémoire, étant donné qu'elle est peu utilisée et très complexe (période de carence, de franchise, conditions de mise en jeu de la garantie, etc.).

### 1.1.3.2 Questionnaire de santé

Pour souscrire une assurance emprunteur, il est obligatoire de remplir un questionnaire médical qui aide l'assureur à apprécier le profil de santé de l'assuré et à estimer le risque de survenance d'un sinistre. Les questions concernent usuellement les différents points suivants :

- Habitudes de vie : fumeur ou non-fumeur, activité sportive, consommation d'alcool.
- Antécédents médicaux : hospitalisation, opération, etc.
- Situation médicale actuelle : diabète, maladie cardiaque, traitement médical, etc.
- Situation médicale future : hospitalisation à venir.

En complément de ce questionnaire, l'assureur peut demander un examen médical tel qu'un bilan sanguin ou des tests concernant les cases du questionnaire cochées. Grâce à ce questionnaire, l'assureur propose un tarif adapté à l'emprunteur. Il peut également refuser d'assurer l'individu s'il considère que les risques sont trop importants ou uniquement refuser de couvrir certaines pathologies et leurs conséquences.

L'assuré est tenu de répondre avec honnêteté et exactitude à ce questionnaire. En effet, en cas de sinistres, l'assureur analysera systématiquement les causes et les comparera aux déclarations de l'assuré. En cas de fausse déclaration (ou inexacte), des sanctions sont prévues. L'assureur peut réduire le montant de l'indemnisation, ne pas indemniser ou encore annuler le contrat.

### 1.1.3.3 Quotité

La quotité représente la répartition de la couverture, i.e. la part d'indemnisation qui sera due en cas de sinistre. Elle s'exprime en pourcentage. Par exemple, pour un prêt souscrit par un couple de quotités respectives 50/50, en cas de décès d'un des deux co-emprunteurs, l'assureur indemniserait l'organisme de crédit à hauteur de 50% du capital restant dû.

En cas d'emprunteur seul, elle est obligatoirement de 100%. Dans le cas de deux emprunteurs, la somme des quotités de chaque emprunteur doit être au minimum égale à 100%. Plusieurs configurations sont possibles :

- Conventiionnelle : 50/50, c'est le choix par défaut
- Avec décalage : par exemple 60/40. Ce décalage est réalisé pour adapter l'assurance à la situation personnelle des emprunteurs. En effet, l'un des deux pourrait présenter un risque plus élevé de maladie ou de décès.
- Maximale : 100/100. Cette configuration permet de bénéficier de la meilleure des protections, les mensualités étant prises en charge intégralement en cas de décès/IPT/ITT d'un des deux co-emprunteurs.

#### 1.1.3.4 Prime

La prime d'assurance dépend de l'âge de l'emprunteur, de sa santé et des garanties souscrites. Elle s'exprime comme un pourcentage du capital initial ou du capital restant dû. Le montant de la prime est donc soit constant soit décroissant.

L'organisme proposant l'assurance emprunteur segmente sa population selon ses caractéristiques en un certain nombre de segments. Pour chacun de ses segments, il détermine les caractéristiques moyennes des individus et un taux de prime qui sera appliqué à toutes les personnes dont les caractéristiques concordent avec ce segment. La prime est ensuite chargée de différentes composantes (gestion de sinistres, acquisition, administration, etc.).

De plus, un individu sinistré (en arrêt de travail ou ayant perdu son emploi) ne paye pas les primes d'assurance durant toute la période du sinistre.

#### 1.1.3.5 Limites et exclusions

##### Exclusions

Les contrats emprunteur peuvent inclure des clauses d'exclusions, c'est-à-dire des cas pour lesquels il n'y a pas d'indemnisation de la part de l'assureur. Il en existe deux types : générales (définies par le code des assurances) et particulières (définies par chaque assureur).

Les exclusions générales sont les suivantes :

- Conséquences de faits de guerre ou de terrorisme.
- Lorsque l'assuré provoque le risque afin de percevoir les indemnités de l'assurance.
- Le suicide lors de la première année d'assurance.
- Un risque non mentionné dans le questionnaire de santé.

De plus, les contrats emprunteurs ont très régulièrement des âges limites d'adhésion et de couverture selon les garanties. Par exemple, un assureur peut imposer un âge limite d'adhésion en garantie arrêt de travail de 60 ans et un âge limite de couverture de 67 ans. L'emprunteur peut dans ce cas souscrire la garantie arrêt de travail jusqu'à ses 60 ans, et la garantie portera jusqu'à ses 67 ans. C'est-à-dire que s'il tombe en arrêt de travail à 68 ans, aucune indemnisation n'aura lieu.

##### Délai de carence

Le délai de carence désigne la période durant laquelle l'assuré n'est pas encore couvert par les garanties du contrat. Ce délai débute à la souscription du contrat et les garanties n'y sont donc pas acquises. L'assuré paye tout de même ses cotisations durant cette période.

Pour l'assurance emprunteur, ce délai concerne généralement la garantie Perte d'Emploi Indemnisé, et plus rarement la garantie Décès. Ce délai a un double intérêt : baisse du montant de la prime et réduction de l'aléa moral et de l'antisélection.

L'antisélection est le fait que l'assuré a une meilleure connaissance de son risque que l'assureur. C'est un risque précontractuel. L'assuré peut alors agir à son avantage, au détriment de l'assureur. En effet, par exemple, si l'assuré sait qu'il perdra son emploi dans les mois suivants la souscription de l'assurance, celui-ci peut souscrire la garantie perte d'emploi indemnisée afin de se prémunir de cet événement. L'assureur, lui, ne le sait pas. Si cette information était connue de l'assureur, les termes du contrat changeraient. Le délai de carence, allant d'un mois à un an, permet de réduire ce risque.

L'aléa moral se produit lorsque l'individu, une fois assuré, envisage de prendre plus de risques parce qu'il ne sera plus le seul à en subir le coût. C'est ici un risque post-contractuel. Par exemple, l'emprunteur, assuré via une garantie perte d'emploi indemnisé, peut supporter des risques beaucoup plus importants lors de son activité professionnelle profitant du fait que l'assureur ne peut évaluer ces risques.

### **Délai de franchise**

Le délai de franchise désigne la période durant laquelle aucune indemnisation n'est versée à la suite d'un sinistre. Elle commence au moment où le sinistre est déclaré. À la suite de cette période, l'indemnisation commence. Autrement dit, la garantie est acquise, mais l'assuré n'a le droit à une indemnisation qu'une fois le délai de franchise écoulé.

Pour l'assurance emprunteur, ce délai concerne le plus souvent la garantie ITT et également la garantie perte d'emploi. La présence d'une franchise dans le contrat fait baisser le montant de la prime.

## **1.1.4 Contrat de groupe ou contrat individuel**

### **1.1.4.1 L'assurance groupe**

C'est l'assurance emprunteur proposée par la banque prêteuse au moment de la signature de l'offre de prêt. C'est un contrat collectif souscrit par la banque à l'intention de ses clients qui mutualise les risques entre tous les emprunteurs, i.e. les emprunteurs à bas risque compensent ceux à haut risque. En effet, ce sont des contrats très faiblement segmentés et homogènes. Proposer une assurance à l'ensemble des emprunteurs, quel que soit leur profil, est l'objectif principal de ces contrats.

Il y a très peu de segmentation, elle se fait uniquement via l'âge de l'assurée ainsi que son questionnaire de santé. Le dispositif de sélection médicale est également souple et peu segmentant.

Ces contrats de groupe offrent un gain de temps conséquent pour l'emprunteur. Celui-ci évite ainsi de rechercher une offre plus attractive et signe plutôt une offre « tout-en-un ». De plus, souscrire à l'assurance de la banque prêteuse donne un pouvoir supplémentaire de négociation du taux d'intérêt du prêt.

Cependant, la forte mutualisation implique un tarif moins avantageux pour les profils à bas risques, qui se voient attribuer la même cotisation que des profils à risques plus élevés.

### **1.1.4.2 L'assurance individuelle**

Née dans les années 90 comme alternative aux assurances de groupe, cette assurance, dite externe ou individuelle, est proposée par des assureurs ou des courtiers. Cette dernière est plus segmentée, et s'adapte au profil de chaque individu (âge, tabagisme, santé, profession, etc.).

Bien que le tarif des profils à haut risque soit plus élevé pour une assurance externe, elle offre tout de même une couverture plus flexible et sur-mesure.

Cependant, la recherche d'une offre intéressante peut parfois être très chronophage. De plus, les clauses de l'assurance externe choisie doivent être au moins équivalentes à celles proposées par la banque.

## **1.1.5 Provisionnement**

Pour un contrat d'assurance donné, la prime est constante ou décroissante. À contrario, le risque, lui, croît avec l'âge de l'assuré (risque de décès, risque d'arrêt de travail). Pour faire face à l'insuffisance

future des primes reçues par rapport au risque supporté, l'assureur constitue alors deux provisions : une pour la garantie décès du contrat, une pour la garantie AT si celle-ci est présente dans le contrat et de même pour la garantie perte d'emploi indemnisée. Les deux premières seront traitées durant ce mémoire.

Ces deux provisions se calculent comme la différence entre l'engagement de l'assureur et celui de l'assuré pour chacune des garanties. Elles sont donc calculées tête par tête. En assurance-vie, et donc ici pour la garantie décès, la provision se nomme Provision Mathématique (PM). En prévoyance, et donc ici pour la garantie AT, elle se nomme Provision pour Risque Croissant (PRC).

De plus, à chaque date d'inventaire, une proportion des sinistres survenus au cours de l'année peut être inconnue et/ou non encore payée. À ce titre, l'assureur constitue deux provisions : la Provision pour Sinistres À Payer (PSAP) pour faire face aux règlements des sinistres afférents à l'exercice et non encore effectués, et la Provision pour Sinistres Inconnus (IBNR - Incurred But Not Reported) pour les sinistres survenus durant l'exercice mais dont l'assureur n'a pas encore connaissance. Afin de simplifier la modélisation, cette dernière ne sera pas traitée dans ce mémoire.

### 1.1.5.1 Provision mathématique

Dans le cadre de la garantie décès, l'engagement de l'assureur en  $t$  se mesure comme le paiement du capital restant dû actualisé et pondéré par la probabilité de survie jusqu'en  $t$  et de décès en  $t$ . Soit

$$VAP_{DC}(assureur, t) = \sum_{i=1}^{n-t} CRD_{t+i} \times \frac{1}{(1+r)^{i+1}} \times q_{x+t+i} \times {}_i p_{x+t},$$

avec :

- $n$  la durée du prêt.
- $CRD_t$  le capital restant dû en  $t$ .
- $r$  le taux technique.
- $q_x$  la probabilité de décès entre les âges  $x$  et  $x + 1$ .
- ${}_i p_x$  la probabilité de survivre  $i$  années lorsqu'on a  $x$  ans.

Concernant l'engagement de l'assuré, il diffère selon la méthode de tarification choisie (sur le capital initial ou sur le CRD). Il correspond au paiement des cotisations actualisées et pondérées par la probabilité de survie. Les primes sont supposées payées à échoir. On a donc :

$$VAP_{DC}(assuré, t) = \sum_{i=1}^{n-t} \frac{1}{(1+r)^i} \times {}_i p_{x+t} \times \begin{cases} \text{Taux de primes}_{DC} \times CRD_{t+i} \\ \text{Taux de primes}_{DC} \times CI \end{cases},$$

avec :

- $\text{Taux de primes}_{DC}$  le taux de primes dépendant du mode de tarification retenu.
- $CI$  le capital initial emprunté.

La provision mathématique est donc le maximum entre 0 et la différence des engagements, soit

$$PM(t) = \max(VAP_{DC}(assureur, t) - VAP_{DC}(assuré, t); 0).$$

### 1.1.5.2 Provision pour risque croissant

Pour la garantie AT, l'assureur verse le montant de la mensualité du prêt à l'assuré s'il tombe en arrêt de travail (incapacité ou invalidité) et ce pour toute la durée de l'arrêt. Son engagement se mesure donc à l'aide de la probabilité d'incidence en arrêt de travail ainsi qu'avec la probabilité de maintien dans cet état. Par mesure de simplification, la probabilité de guérison ne sera pas prise en compte dans cette étude.

La probabilité d'incidence s'obtient à partir d'une table d'incidence dépendant de l'âge de l'assuré, table d'expérience réalisée par l'assureur sur son historique de contrat. Concernant la probabilité de maintien en arrêt de travail, il y a deux possibilités :

- Utilisation d'une table mixte mélangeant incapacité et invalidité. Le risque arrêt de travail est donc étudié dans sa globalité. C'est une table à deux dimensions, dépendant de l'âge d'entrée en arrêt de travail et de l'ancienneté dans cet état.
- Utilisation de deux tables distinctes de maintien en incapacité et en invalidité ainsi qu'une table de passage d'un état à l'autre.

Dans le cadre de ce mémoire, une table mixte sera utilisée dans un souci de simplification de la modélisation. L'engagement de l'assureur dépend de l'état de l'assuré en portefeuille. Ce dernier pouvant être en arrêt de travail et ne pas payer de prime, ou être cotisant.

Pour un cotisant, la formule de l'engagement de l'assureur à la date  $t$  s'écrit donc

$$VAP_{AT}(assureur, t) = \sum_{k=1}^m \frac{1}{(1+r)^{k+1}} \times {}_k p_{x+t} \times inc_{x+t+k} \times MAT(x+t+k) \times Mensualité,$$

avec :

- *Mensualité* la mensualité du prêt.
- $m$  le nombre d'années pour lesquelles l'assureur est sujet à payer une prestation à l'assuré, i.e. le nombre d'années avant la fin du prêt ou celui avant l'âge maximal de couverture en garantie AT

$$m = \min(n - t; x^{max} - x - t).$$

- $inc_x$  la probabilité d'entrer en arrêt de travail à l'âge  $x$ .
- $MAT(x)$  une fonction de calcul de maintien en arrêt de travail à l'âge  $x$

$$MAT(x) = \sum_{j=f}^{m \times 12 - 1} \frac{1}{(1+r)^j} \times {}_j L_x,$$

avec  ${}_j L_x$  la probabilité de maintien en arrêt de travail d'un individu entré à l'âge  $x$  pendant  $j$  mois et  $f$  la franchise en mois.

Pour un individu en arrêt de travail, l'engagement de l'assureur à la date  $t$  se calcule grâce à la formule

$$VAP_{AT}(assureur, t) = \sum_{k=indice}^{m \times 12} Mensualité \times \frac{1}{(1+r)^{k+1}} \times {}_k L_x^{anc},$$

avec :

- ${}_k L_x^{anc}$  la probabilité de maintien en arrêt de travail d'un individu entré en arrêt à l'âge  $x$ , d'ancienneté  $anc$  à la date  $t$ , et cela pendant  $k$  mois.
- $indice = \mathbf{1}_{anc \geq f} + \mathbf{1}_{f > anc} \times (f - anc)$  la variable qui permet de prendre en compte la franchise.

Concernant l'engagement de l'assuré, il est ici identique à celui de la garantie décès, à l'exception du taux de prime qui sera ici celui correspondant à la garantie AT. La PRC est donc le maximum entre 0 et la différence des engagements, soit

$$PRC(t) = \max(VAP_{AT}(assureur, t) - VAP_{AT}(assuré, t); 0).$$

### 1.1.5.3 Provision pour sinistres à payer

D'après le code des assurances, la provision pour sinistres à payer est 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 ». La PSAP est calculée exercice par exercice, dossier par dossier. La constitution de cette provision s'effectue après la déclaration du sinistre.

Dans ce mémoire, la PSAP sera calculée comme un pourcentage des prestations de l'exercice. De plus, pour une assurance emprunteur, les sinistres sont dédommagés très rapidement. En effet, en cas de décès comme en cas d'arrêt de travail, l'établissement prêteur souhaite toucher les mensualités du prêt en temps et en heure. Ainsi, les sinistres à payer sont supposés totalement réglés au cours de l'exercice suivant.

## 1.2 Le contexte réglementaire de l'assurance emprunteur

Maintenant que nous avons passé en revue un certain nombre de rappels sur l'assurance emprunteur, nous passons à l'explication des différentes évolutions législatives ainsi qu'à la description du marché actuel.

En effet, les différentes lois en vigueur concernent l'augmentation des possibilités pour l'assuré de résilier son assurance au profit d'une autre. Cette augmentation des opportunités de changement d'assurance affecte immédiatement l'assureur qui doit modifier ses lois de rachats en conséquence. Une liste exhaustive de ces différentes lois est donc nécessaire.

Finalement, la pandémie touche elle aussi ce marché. Entre effets sur le marché immobilier et effets sur les arrêts de travail, il est nécessaire de comprendre comment la pandémie touche le marché de l'emprunteur afin de se prémunir des risques qu'elle encourt.

### 1.2.1 Caractère obligatoire de l'assurance emprunteur

Comme dit précédemment, la garantie emprunteur a pour but de protéger l'organisme de crédit face au risque de défaut de l'emprunteur. Si l'emprunteur se retrouve en incapacité d'honorer ses engagements (décès, invalidité, ...), l'assureur prend le relais et rembourse le prêteur.

Bien que la garantie emprunteur ne soit pas obligatoire légalement, elle est systématiquement imposée par l'organisme de prêt. Sans assurance, les banques n'accordent pas de prêt. Par le passé, les banques contraignaient les emprunteurs à souscrire à leur contrat d'assurance emprunteur.

### 1.2.2 Les évolutions législatives

Malgré une interdiction de vente de produits groupés via la loi MURCEF en 2001 (ASSEMBLÉE NATIONALE, 2001), les organismes de crédit ont continué d'entretenir le mythe d'une assurance emprunteur indissociable de l'offre de prêt. Cette « fausse obligation » pour l'emprunteur d'adopter l'assurance de la banque limite le marché de l'assurance de prêt et permet également à la banque

de réaliser des marges conséquentes sur ces produits. C'est pourquoi nous aborderons les différents dispositifs législatifs entrés en vigueur depuis :

- La loi Lagarde (2010) : autorise la délégation d'assurance emprunteur à la souscription du prêt.
- La loi Hamon (2014) : autorise la délégation d'assurance emprunteur dans les 12 mois suivant la souscription du prêt.
- L'amendement Bourquin (2018) : autorise la délégation d'assurance emprunteur tous les ans, à la date d'anniversaire du prêt.

Nous aborderons également les articles non adoptés de la loi ASAP (Accélération et Simplification de l'Action Publique) sur les garanties emprunteurs.

### 1.2.2.1 Loi Lagarde

Entrée en vigueur le 1er juillet 2010, la loi Lagarde donne la possibilité de choisir son assurance emprunteur entre celle proposée par sa banque et les assurances individuelles proposées par les organismes d'assurance. Il n'y a donc plus d'obligation de souscrire à l'assurance de la banque. L'unique condition à cette délégation d'assurance est le principe d'équivalence des garanties entre le contrat de la banque et le nouveau.

L'objectif de cette loi est de créer de la concurrence et également de protéger l'emprunteur jusqu'alors contraint de choisir l'assurance de la banque. À terme, cette loi aspire à baisser les taux de primes des assurances emprunteur.

**Principe d'équivalence des garanties** Si le nouveau contrat choisi par l'emprunteur offre des garanties supérieures ou équivalentes aux garanties proposées par la banque, celle-ci est contrainte d'accepter la délégation d'assurance. Cependant, cette notion a vite été limitée par une absence de définition. Les banques ont alors joué sur cette notion floue et subjective afin de refuser le changement d'assurance.

Face à ce problème, le Comité Consultatif du Secteur Financier (CCSF) a émis une liste de 18 critères permettant de cadrer ce concept d'équivalence et de donner plus d'informations aux emprunteurs. Ainsi, la banque peut exiger jusqu'à 11 critères parmi 18 (et 4 autres parmi 8 pour la garantie chômage). De plus, elle a l'obligation d'informer l'emprunteur de ces critères pour faciliter sa recherche d'un autre contrat d'assurance via une fiche standardisée (CCSF, 2015).

La banque ne peut refuser une délégation d'assurance qu'en s'appuyant sur ces critères et ce dans un délai de 10 jours. Si la banque émet un refus non justifié ou ne répond pas dans le délai des 10 jours, elle s'expose à une amende de 3 000€.

Ces 18 critères se réfèrent aux garanties incapacité, invalidité, PTIA (Perte Totale et Irréversible d'Autonomie) et décès, en voici quelques exemples :

- Caractère indemnitaire ou forfaitaire de la garantie Incapacité/Invalidité.
- Durée de la franchise.
- Couverture de certaines pathologies.
- Maintien des garanties dans le monde entier.

### Principes de la loi

Les principes de la loi Lagarde se résument en 3 points :



- L'emprunteur peut choisir son assurance (celle de la banque ou une assurance déléguée) avant la signature du crédit sous la condition d'équivalence de garanties décrite précédemment.
- La banque peut refuser la délégation d'assurance en expliquant son refus uniquement avec les 18 critères CCSF, par écrit et dans un délai de 10 jours.
- La banque a interdiction de modifier les tarifs, taux et conditions de l'emprunt si l'emprunteur informe la banque de son souhait de recourir à une autre assurance. De même, elle a l'interdiction d'offrir un taux d'intérêt plus avantageux à celui qui souhaite déléguer son assurance pour le retenir.
- Une fiche standardisée est obligatoirement donnée à l'emprunteur.

### Limites

Bien que cette loi permette une baisse des prix, un problème temporel se pose très régulièrement. En effet, le délai qu'a l'emprunteur pour choisir une assurance externe se trouve être trop court pour permettre une recherche poussée. De plus, la délégation d'assurance implique de nombreuses démarches administratives, ce qui pousse très souvent l'emprunteur à choisir l'assurance de la banque pour le gain de temps qu'elle offre. Il suffit de signer l'offre « tout-en-un ». Les banques monopolisent ainsi toujours le marché de l'assurance emprunteur. Pour pallier à cela, le ministre Benoît Hamon a instauré une loi portant son nom dans le but d'augmenter la concurrence et donc de faire baisser les taux de primes.

#### 1.2.2.2 Loi Hamon

Adoptée le 17 mars 2014, la loi Hamon prévoit la possibilité de changer d'assurance emprunteur dans les 12 mois suivant la signature de l'offre de prêt. Tout comme pour la loi Lagarde, aucun frais supplémentaire ne peut être facturé à l'emprunteur si celui-ci décide de changer d'assurance. L'unique condition est également le principe d'équivalence des garanties.

Pour un emprunteur n'ayant pas eu le temps de déléguer son assurance emprunteur avant la signature du prêt, cette loi lui permet d'obtenir un délai supplémentaire de 12 mois. Il a jusqu'à 15 jours avant la fin des 12 mois pour faire parvenir sa demande de changement à l'assureur.

De la même façon que pour la loi Lagarde, la banque possède un délai de 10 jours pour refuser la demande de changement, et est tenue de fournir une fiche standardisée à l'emprunteur avec les critères CCSF retenus et ce avant la signature de l'offre de prêt.

#### 1.2.2.3 Amendement Bourquin

L'amendement Bourquin (ou loi Sapin 2) du 1er janvier 2018 permet aux emprunteurs de déléguer leur assurance emprunteur tous les ans. Ils pourront ainsi négocier de meilleur taux d'assurance chaque année et donc de réaliser encore plus d'économies qu'avec la loi Hamon.

De la même manière que pour les précédentes lois, le principe d'équivalence des garanties s'applique. De plus, un préavis de 2 mois avant la date d'anniversaire est nécessaire. La banque est quant à elle tenue de rappeler ce droit de résiliation annuelle.

### Date d'anniversaire

La date d'anniversaire du contrat d'assurance est :

- La date de signature de l'offre de prêt dans le cas d'une assurance de banque.

- La date d'effet du contrat d'assurance ou le 31 décembre de l'année en cours en cas d'assurance individuelle.

Cependant, cette date n'est pas toujours définie dans les contrats, notamment pour les contrats signés avant la promulgation de la loi Hamon.

## Objectif

Cet amendement a pour but d'accroître la concurrence sur ce marché, les banques ayant toujours un « quasi-monopole » du marché de l'assurance emprunteur. Ces différentes lois (Lagarde, Hamon, Sapin 2) améliorent la qualité des assurances emprunteurs : en faisant jouer la concurrence, l'emprunteur peut réaliser d'importantes économies.

Cela ne plaît pas aux banques qui réalisent jusqu'à 80% de marge sur ces produits d'assurance (D.L. BFM IMMO, 2019). Mais elles ne peuvent refuser ces délégations d'assurance qu'en cas de non-équivalence des garanties, ce refus devant être écrit et motivé. Cependant, certaines résistances ont été observées au sein des banques, menant à une menace du Sénat de séparation stricte de la vente des crédits et des assurances associées.

### 1.2.2.4 Loi ASAP

Malgré les différentes lois énoncées précédemment, le marché de l'assurance emprunteur est encore aujourd'hui détenu à pratiquement 90% par les banques. Premièrement, il semble y avoir un manque d'intérêt des Français pour l'assurance emprunteur que ce soit pour une question de facilité des démarches ou de non-communication du tarif de l'assurance par la banque. Pourtant, le coût de l'assurance représente une part importante du coût total de l'emprunt. En effet, les banques augmentent leurs marges d'assurance, afin de compenser la perte de marge sur les crédits immobiliers due à la baisse des taux.

Ensuite, les banques persistent à rendre la tâche de la délégation d'assurance difficile. Elles profitent du flou juridique autour de la notion de date d'anniversaire, ne répondent pas aux demandes des emprunteurs ou fournissent une réponse hors délais afin de gagner quelques années de primes. La banque refuse parfois la demande de délégation pour « manque de documents », dans le but encore une fois de jouer sur les délais. Dans certains cas, des bonus sont même offerts aux courtiers qui concrétisent un dossier avec assurance de groupe.

C'est pourquoi, à l'occasion de la loi ASAP (2020) visant une refonte du droit de la commande publique et de l'environnement, différents articles concernaient le droit à la résiliation de l'assurance emprunteur. Cependant, le Conseil Constitutionnel a finalement retiré les amendements concernant l'assurance emprunteur, considérés comme cavaliers législatifs. Autrement dit, ces articles seraient sans rapport avec le but premier du projet de loi initial.

Cette suppression s'est faite en deux temps. Premièrement, la possibilité de résiliation infra-annuelle a été supprimée du projet de loi. Cette clause a été remplacée par un lot de consolation : le devoir d'information annuelle. Mais ce dernier s'est vu supprimé à son tour au dernier moment. Cependant, il se pourrait que les différents éléments concernant l'assurance emprunteur soient finalement promulgués ultérieurement.

## Résiliation infra-annuelle

Dans un premier temps, un amendement concernant la possibilité de déléguer son assurance emprunteur à tout moment avait été déposé. Ceci aurait permis aux emprunteurs de pouvoir faire jouer la concurrence à tout instant, et d'avoir plus de facilités à résilier.

## Devoir d'information annuelle et sanctions

Après la non-adoption de l'amendement précédemment décrit, de nouveaux articles ont été adoptés (APRUZZESE, 2020) :

- Obligation d'information annuelle : chaque année, les assureurs/bancassureurs devront informer l'assuré de son droit de délégation annuelle.
- Mise à disposition de la date anniversaire sur tous les supports relatifs au prêt (contrat, échéancier, etc.).
- Obligation de refus explicites et explication de l'intégralité des motifs de refus : évite les manœuvres illégitimes de la part des banques.
- Sanctions en cas de non-respect : 3 000€ pour une personne physique et 15 000€ pour une personne morale.

## 1.2.3 Marché français et enjeux

### 1.2.3.1 Les caractéristiques du marché français

En 2019, selon une étude de la FFA ( FÉDÉRATION FRANÇAISE DE L'ASSURANCE, 2020), l'assurance emprunteur représente un chiffre d'affaires de 9,8Md€, soit une augmentation constante d'environ 23% depuis 2011 (Figure 1.1). En parallèle, le montant de l'encours des prêts accordés aux particuliers en France en 2019 s'élève à 1 280Md€ (BANQUE DE FRANCE, 2019). Ainsi, le coût de l'assurance emprunteur représente donc en moyenne 0,8% du montant du prêt.

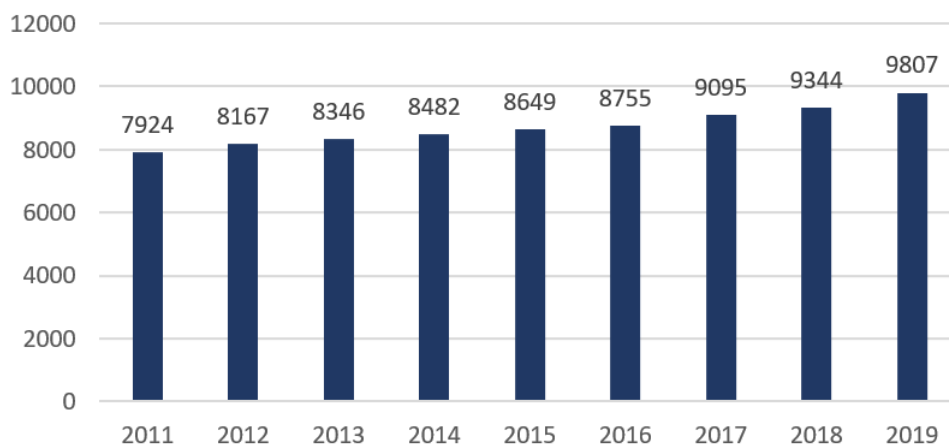


FIGURE 1.1 – Évolution des cotisations (M€)

Selon le type de prêt, les cotisations d'assurance sont réparties comme suit :

- 7 159M€ pour les prêts immobiliers,
- 686M€ pour les prêts professionnels,
- 1 962M€ pour les prêts à la consommation.

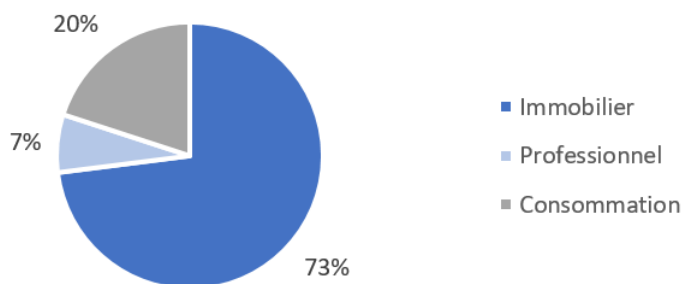


FIGURE 1.2 – Répartition des cotisations par type de prêt en 2019

Les cotisations liées aux prêts immobiliers représentent près de trois-quarts du chiffre d'affaires total de l'assurance emprunteur (Figure 1.2). En effet, ce type de prêt est prépondérant dans le marché des prêts bancaires. De plus, les sommes empruntées sont majoritairement bien plus élevées que pour un prêt à la consommation ou un prêt professionnel. Le taux de prime en assurance emprunteur dépendant du montant emprunté, la prépondérance des cotisations pour des prêts immobiliers est donc logique.

Selon le type de garanties, les cotisations d'assurance sont réparties comme suit :

- 7 024M€ pour la garantie décès,
- 2 614M€ pour la garantie arrêt de travail,
- 169M€ pour la garantie perte d'emploi indemnisé.

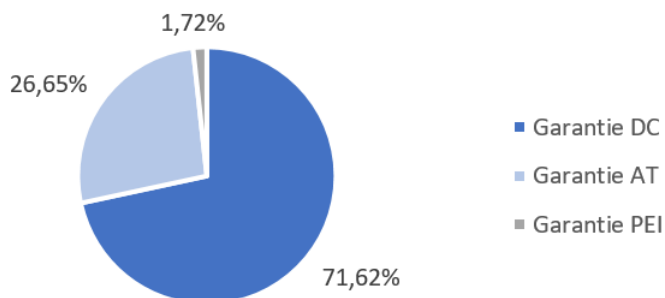


FIGURE 1.3 – Répartition des cotisations par type de garantie en 2019

La garantie décès étant obligatoire, elle est prépondérante avec près de trois quarts du montant des cotisations d'assurance emprunteur (Figure 1.3). La garantie arrêt de travail étant notamment régulièrement proposée dans les contrats de prêts immobiliers, elle représente environ 27% des cotisations. En parallèle, la garantie PEI n'est que très peu représentée avec moins de 2%.

Comme explicité au 1.2.2.1, depuis la loi Lagarde de 2010, l'assuré peut choisir une autre assurance que celle proposée par l'établissement bancaire. D'autres lois ont également renforcé les opportunités d'exercer ce droit (1.2.2.2 et 1.2.2.3). En 2019, 8675M€ de cotisations se rapportaient à un contrat de groupe bancaire, soit 88% du montant total, et 926M€ à des contrats d'assurance individuelle, soit 12% du total.

Ces chiffres mettent ainsi en lumière le quasi-monopole des banques sur ce marché en 2019. Il est également notable que depuis 2011, le pourcentage de délégation d'assurance est stable, comme le montre le graphique 1.4.

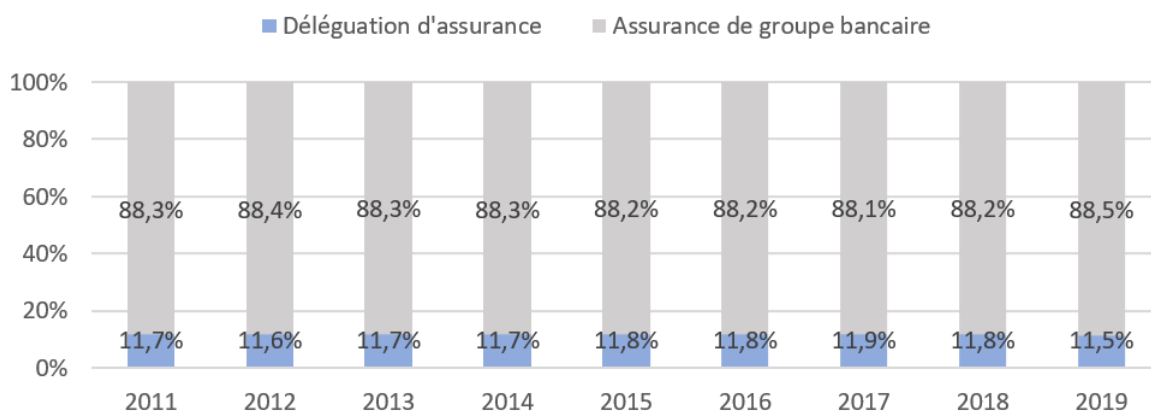


FIGURE 1.4 – Répartition des cotisations entre assurance de groupe et individuelle en 2019

D'après une étude du CCSF de 2020 (COMITÉ CONSULTATIF DU SECTEUR FINANCIER, 2020), environ 27% des délégations d'assurance se font via la loi Hamon et l'amendement Bourquin. La loi majoritairement utilisée est la Loi Lagarde, avec pratiquement trois quarts des volumes d'assurance individuelle 1.5.

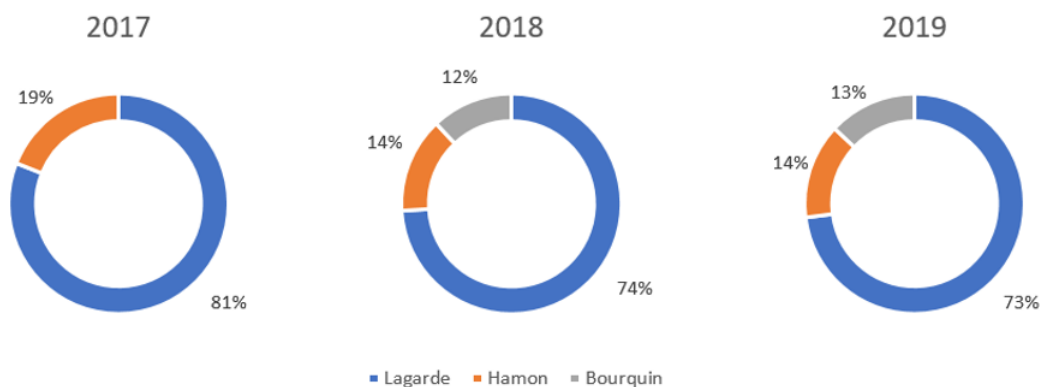


FIGURE 1.5 – Répartition des lois appelées lors de la délégation d'assurance

Selon la même étude, les tarifs en assurance emprunteur ont chuté. Pour les contrats de bancassureurs comme pour les contrats individuels, les tarifs ont connu une baisse allant de 10% à 40% pour des niveaux de garanties égaux voir renforcés.

Ainsi, le marché de l'assurance emprunteur se trouve être en grande évolution. Les tarifs, pour des garanties équivalentes, baissent (Figures 1.6 et 1.7). Cependant, malgré la législation en vigueur et 10 ans après la loi Lagarde, le quasi-monopole des banques reste stable. En effet, parallèlement à l'augmentation des opportunités de libre choix découlant de la loi Hamon et de l'amendement Bourquin, les banques ont développé des pratiques anticoncurrentielles de plus en plus poussées.

D'après une étude de Securimut en 2020 (SÉCURIMUT, 2021), 56% des demandes de substitution d'assurance n'ont pas reçu de réponses dans les délais légaux. Ce chiffre est en croissance par rapport à l'année précédente. De plus, seulement 41% des demandes donnent lieu à une réponse unique et complète. Bien qu'en amélioration de 3% par rapport à 2019, il y a toujours plus d'une personne sur deux qui n'obtient pas de réponse complète à sa demande.

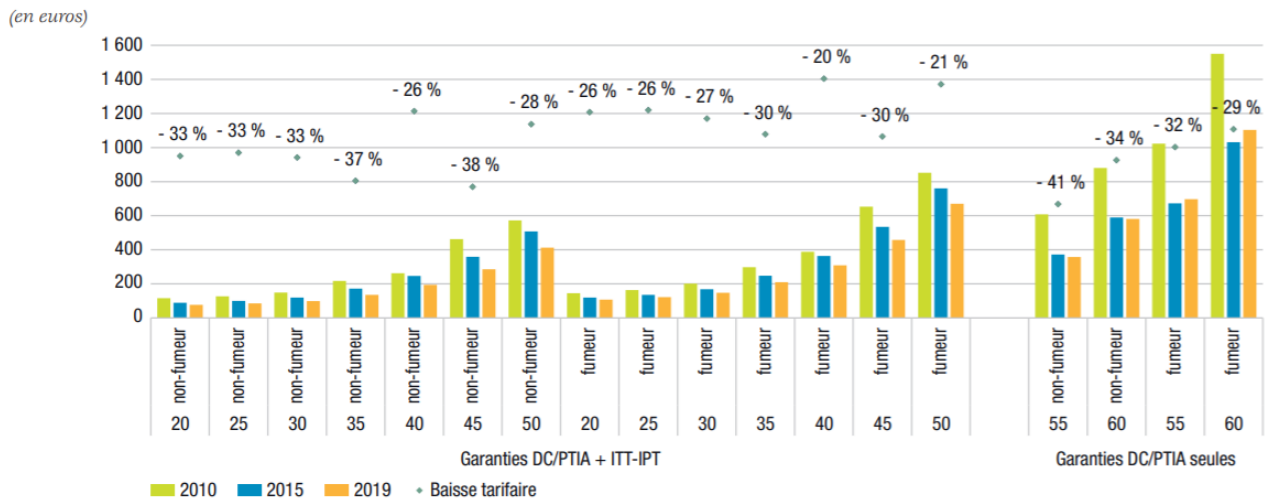


FIGURE 1.6 – Tarifs annuels des assurances externes par âge et par tabagisme

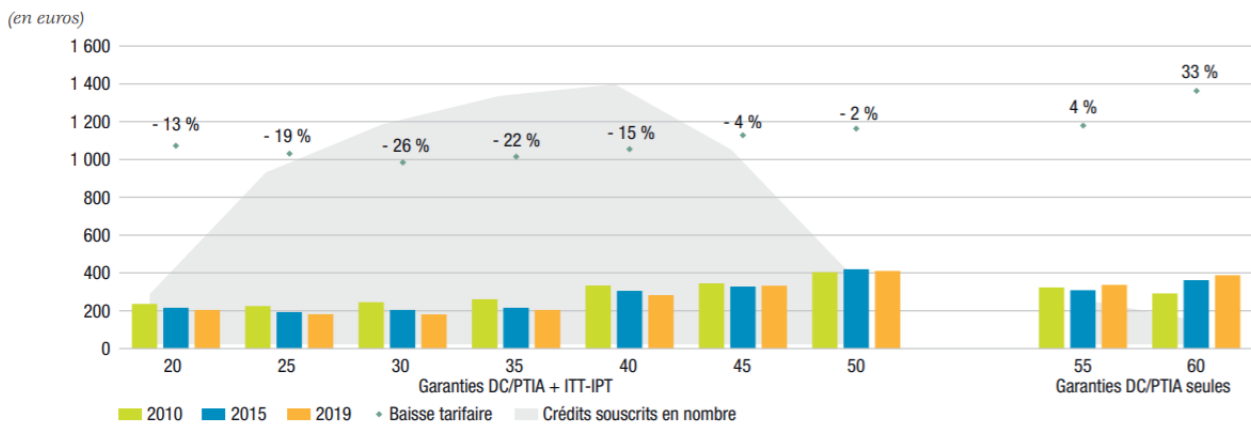


FIGURE 1.7 – Tarifs annuels des bancassureurs par âge

Ainsi, la résiliation infra-annuelle et le devoir d'information de l'assuré pourraient être un moyen ultime d'endiguer les pratiques dilatoires des établissements bancaires. Bien que retoqués, les différents points concernant l'assurance emprunteur de la loi ASAP (1.2.2.4) sont propices à être de nouveau proposés.

### 1.2.3.2 Un marché en mouvement

Le marché de l'emprunteur est donc enclin à de grands mouvements durant les prochaines années. D'une part, comme dit précédemment, les évolutions législatives passées, mais également probablement à venir, impliquent une augmentation des mouvements sur le marché entre assurances externes et bancassureurs.

La volonté du législateur de rompre le quasi-monopole des bancassureurs peut le pousser, dans un avenir proche, à permettre la résiliation infra-annuelle de l'assurance emprunteur pour les assurés. La délégation d'assurance est vouée à continuer d'évoluer. Les emprunteurs risquent de changer de plus en plus d'assurance. Pour l'assureur, cela signifie une augmentation des résiliations et ainsi des taux de chutes. Cependant, l'augmentation des résiliations peut également être une opportunité pour lui de gagner de nouveaux contrats. Il a donc un fort intérêt à piloter et à analyser ce produit.

Ensuite, pour rester compétitif, l'assureur sera poussé à baisser ses tarifs : soit par une baisse des marges, soit par une segmentation plus forte de la population. Ces différents éléments affecteront donc la rentabilité ainsi que la solvabilité de l'assureur. Ces différents points ont été étudiés pour la loi Sapin 2 dans le cadre d'un mémoire d'actuariat (SEUMEN, 2021).

D'autre part, l'arrivée du Covid-19 en 2020 a eu des conséquences lourdes sur l'économie. Ainsi, l'avenir concernant le comportement de ce marché reste incertain. Plusieurs éléments touchés par la pandémie se répercutent ensuite sur le marché de l'emprunteur.

Initialement, durant l'année 2020, les banques se montraient très réticentes et exigeantes pour octroyer un prêt. Le marché du crédit bancaire s'est vu ralentir. A présent, en sortie de crise, une ouverture plus large du marché du crédit est également probable, si les banques réduisent les exigences pour les primo-accédants. Avec cela, les conditions d'accès aux prêts se verront allégées : augmentation du pourcentage d'endettement maximal, accès aux ménages plus précaires, aux personnes à plus haut risque, etc. La probabilité pour l'assureur de faire face à une population aux profils plus risqués est donc plus importante que précédemment.

Ensuite, la tentation de l'après-Covid pourrait être une aspiration des ménages à quitter les grandes villes en quête d'une meilleure qualité de vie (DUPORT-LEVANTI, 2021). En étant confiné chez eux à de multiples reprises, les ménages ont eu une tendance à souhaiter vivre à la campagne quitte à augmenter leur temps de trajet pour rejoindre leur lieu de travail. La généralisation du télétravail vient également renforcer ces axes de réflexion. Un départ des ménages dans les campagnes pourrait pousser au rachat de leur crédit immobilier et donc au rachat de leur assurance emprunteur. De surcroît, les prix de l'immobilier a augmenté dans les campagnes suite à une augmentation de la demande d'achat, augmentant par conséquent les montants des crédits dans ces zones. Ces différents éléments touchent non seulement le marché de l'immobilier, mais également celui de l'assurance emprunteur.

Finalement, la crise du Covid a eu un effet majeur sur l'état de santé des individus (DARES, 2021). Pour les prêts déjà souscrits, la tarification de l'assurance emprunteur ne prévoyait pas ce type de risque et d'augmentation de la sinistralité. L'assureur peut se prémunir de ce risque en augmentant les tarifs ou en baissant les niveaux de garanties pour ses nouveaux contrats, il ne peut en revanche pas le faire pour son stock de contrats. Néanmoins, dans l'environnement concurrentiel dans lequel il se trouve, augmenter ses tarifs ou baisser les garanties semble être une manœuvre délicate si l'assureur souhaite rester compétitif.

### 1.3 Cadre prudentiel Solvabilité II

La solvabilité d'un individu est sa capacité de disposer de moyens financiers suffisants pour s'acquitter de ses dettes. Dans le domaine de l'assurance, le cycle de production est inversé (SÉNAT, 1998). En effet, le produit d'assurance est vendu avant même que son prix ne soit connu. La solvabilité de l'assureur est donc sa capacité à honorer ses engagements. Dans le cadre de ce mémoire, nous cherchons à évaluer la solvabilité de l'assureur dans différents scénarios probables. Ainsi, cette section sera consacrée aux différents rappels de la réglementation Solvabilité II.

Le cycle de production étant inversé, la gestion des risques est donc au coeur du secteur de l'assurance. L'assurance se trouvant être d'une importance capitale dans l'économie, de nombreuses règles ont donc vu le jour. Ces dernières permettant le contrôle de la solvabilité des assureurs, tout d'abord avec la réglementation Solvabilité I dans les années 70 puis avec Solvabilité II en 2016.

La solvabilité de l'assureur se mesure via sa richesse (fonds propres et actifs) et ses engagements. Ceux-ci se calculent via les provisions décrites précédemment. Grâce à ces éléments et dans les deux référentiels de solvabilité, il est question d'un seuil minimum de richesse à posséder pour l'assureur afin d'assurer la pérennité de son activité. Effectivement, malgré un calcul prudent des provisions d'assurance, elles sont parfois insuffisantes d'où le besoin de posséder une richesse supplémentaire pour absorber ces écarts. Cette directive est donc une sécurité pour l'assuré.

### 1.3.1 De Solvabilité I à Solvabilité II

Solvabilité I a été mise en place dans les années 70 puis révisée en 2020. Sous cette directive, le capital minimum requis (nommé Exigence de Marge de Solvabilité) est calculé en fonction des volumes de primes, de prestations et de provisions. Il tient compte de l'historique de l'assureur et non de son profil de risque. Notamment, le risque de marché n'était que très légèrement pris en compte. Effectivement, les calculs de Solvabilité I reposaient sur le passif du bilan alors que les risques de l'actif peuvent avoir de grosses conséquences, de même que le risque opérationnel.

De plus, le calcul de l'EMS étant fondé sur un pourcentage des provisions, le montant de l'EMS pouvait être insuffisant. Cependant, un calcul de provisions pertinent et au plus juste ainsi qu'une richesse supplémentaire pour absorber les pertes permettent de s'assurer de sa capacité à honorer ses engagements.

Par ailleurs, les assureurs ne sont pas incités à piloter et gérer leurs risques, le calcul étant le même, quel que soit le profil de risque.

Ces différentes lacunes ont conduit à la création de la directive Solvabilité 2. Le but étant, cette fois-ci, de déterminer un capital minimum requis conforme au profil de risque de l'assureur et de l'inciter à piloter ses risques.

Cette directive a également pour objectif d'harmoniser la marché européen, et de permettre une comparaison des pays européen via un cadre et un reporting commun.

### 1.3.2 Principes de Solvabilité II

Projet européen datant de 2001, la réforme Solvabilité II est entrée en vigueur en France en janvier 2016. Elle a différents objectifs :

- Renforcer et corriger Solvabilité I :
  - \* Prise en compte du profil de risque de l'assureur,
  - \* Exigence de richesse proportionnelle aux risques du passif et de l'actif,
  - \* Instauration d'exigences en matière de gouvernance des risques,
- Harmoniser le marché européen de l'assurance :
  - \* Meilleure compétitivité,
  - \* Mise en place d'un reporting européen unifié.

Contrairement à Solvabilité I qui était basée sur des règles de calcul, Solvabilité II s'appuie majoritairement sur des principes, et en complément, des règles de calcul sont présentes pour déterminer le capital minimum requis. On se place cette fois-ci dans un environnement en valeur de marché et en bilan économique, et non plus en valeur historique et bilan comptable.

Les différents principes de Solvabilité II s'articulent selon trois piliers :

- Pilier I : exigences quantitatives,



- Pilier II : exigences qualitatives, règles de gouvernance et de gestion des risques, mais également évaluation interne des risques et de la solvabilité (Own Risk and Solvency Assessment – ORSA).
- Pilier III : exigences en matière d’informations et de reporting.

### 1.3.3 Les exigences quantitatives

Les exigences quantitatives sont composées principalement du calcul économique des provisions techniques et du besoin en capital, et de l’élaboration d’un bilan prudentiel en valeur de marché.

#### 1.3.3.1 Best Estimate & Risk Margin

Les assureurs se doivent de constituer des provisions techniques au regard des engagements pris envers leurs assurés. Ces provisions, définies comme la somme du Best Estimate (BE) et de la marge pour risque (RM), doivent être prudentes, fiables et objectives.

Le Best Estimate est défini comme étant « la moyenne pondérée par leur probabilité des flux de trésorerie futurs, compte tenu de la valeur temporelle de l’argent (valeur actuelle attendue des flux de trésorerie futurs), estimée sur la base de la courbe des taux sans risque pertinents. Le calcul de la meilleure estimation est fondé sur des informations actualisées et crédibles et des hypothèses réalistes. Il fait appel à des méthodes actuarielles et statistiques adéquates, applicables, et pertinentes » (PARLEMENT EUROPÉEN ET CONSEIL DE L’UNION EUROPÉENNE, 2009).

En d’autres termes, le Best Estimate représente la valeur actuelle probable des flux de trésorerie de l’assureur en situation de run-off, i.e. pour les contrats déjà existants dans le portefeuille sans prise en compte de possibles nouvelles affaires. La courbe de taux sans risque utilisée est celle fournie chaque mois par l’EIOPA. Ces calculs sont effectués en brut de réassurance, puis en part cédée. Cette dernière est insérée au bilan actif. La différence de ces deux éléments représente le BE net de réassurance.

Les flux entrants sont notamment les primes et les créances reçues, les flux sortants pouvant par exemple être les prestations et les dépenses liées aux engagements d’assurance (frais de gestions, etc.).

La marge pour risque représente un montant de réserve supplémentaire calculée de telle sorte que le montant total des réserves (Best Estimate + Marge pour risque) corresponde à ce qu’exigerait un tiers pour faire face aux engagements existants, d’un point de vue économique. Par conséquent, elle est calculée comme le coût annuel généré par la détention des capitaux requis futurs (SCR), et ce, jusqu’à la liquidation du passif. Autrement dit, elle représente le coût d’immobilisation des fonds propres d’un montant égal au besoin en capital. Elle vaut donc :

$$RM = CoC \times \sum_{t \geq 0} \frac{SCR_{RU}(t)}{(1 + r_{t+1})^{t+1}}$$

Avec :

- $CoC = 6\%$  le facteur du coût du capital.
- $SCR_{RU}(t)$  le capital de solvabilité requis de l’entreprise à la date  $t$ .
- $r_t$  le taux d’actualisation à la date  $t$  de la courbe des taux sans risque de l’EIOPA.

Le  $SCR_{RU}$  est le capital de solvabilité requis qui tiens compte des éléments suivants :

- Les risques de souscription vie, non-vie et santé.
- Les risques de marché non évitables.

- Le risque opérationnel.
- L’ajustement relatif à la capacité d’absorption des provisions techniques.

### 1.3.3.2 Solvency Capital Required (SCR)

Le SCR est le capital requis pour assurer la solvabilité de l’assureur, compte tenu de son profil de risque et de son organisation. Il correspond au montant minimum de capital économique que doit détenir l’entreprise d’assurance pour éviter la ruine à horizon un an avec une probabilité de 99,5% (soit en moyenne une fois tous les 200 ans). Il est calculé au minimum une fois par an.

Le SCR est évalué soit par la formule standard, soit par un modèle interne. Ce dernier est mis en place par la compagnie d’assurance pour refléter les risques spécifiques de l’assureur. Il doit être approuvé par l’ACPR (Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution).

Dans le cadre de ce mémoire, nous utiliserons la formule standard qui est évaluée à l’aide de paramètres communs au niveau européen. Le SCR se compose donc de trois éléments : le BSCR, le SCR opérationnel ainsi que l’ajustement. De plus, c’est un calcul dit modulaire.

La directive catégorise les risques en 6 modules :

- Module « Vie », il reflète le risque découlant des engagements d’assurance-vie, en fonction des risques couverts.
- Module « Non-vie », il reflète le risque découlant des engagements d’assurance non-vie, en fonction des périls couverts.
- Module « Santé », il différencie les risques santé dont les techniques sont proches de celles utilisées en Vie, de ceux dont ce n’est pas le cas. Les chocs sont quasiment tous identiques à ceux des modules Vie et Non-vie.
- Module « Marché », il reflète les risques de variations du niveau ou de la volatilité des prix de marché des instruments financiers.
- Module « Défaut des contreparties », c’est le risque qu’un tiers ne respecte pas ses engagements financiers vis-à-vis de l’assureur. Pour le domaine de l’assurance, les contreparties en question sont principalement des réassureurs ou des banquiers.
- Module « Risque d’actifs intangibles », c’est le risque de baisse des valeurs des actifs incorporels que l’organisme d’assurance possède.

Chacun de ces modules est composé d’un certain nombre de sous-modules élémentaires. Ces différents éléments sont présentés sur la figure [1.8](#).

### Le BSCR

Le Basic SCR est obtenu par l’agrégation des six modules de risques présentés précédemment. Il prend en considération la corrélation entre les différents modules via des matrices de corrélation fournies par l’EIOPA.

$$BSCR = \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{i,j} \times SCR_i \times SCR_j} + SCR_{actifs\ intangibles}$$

Avec :

- $Corr_{i,j}$  la corrélation entre les modules  $i$  et  $j$ .

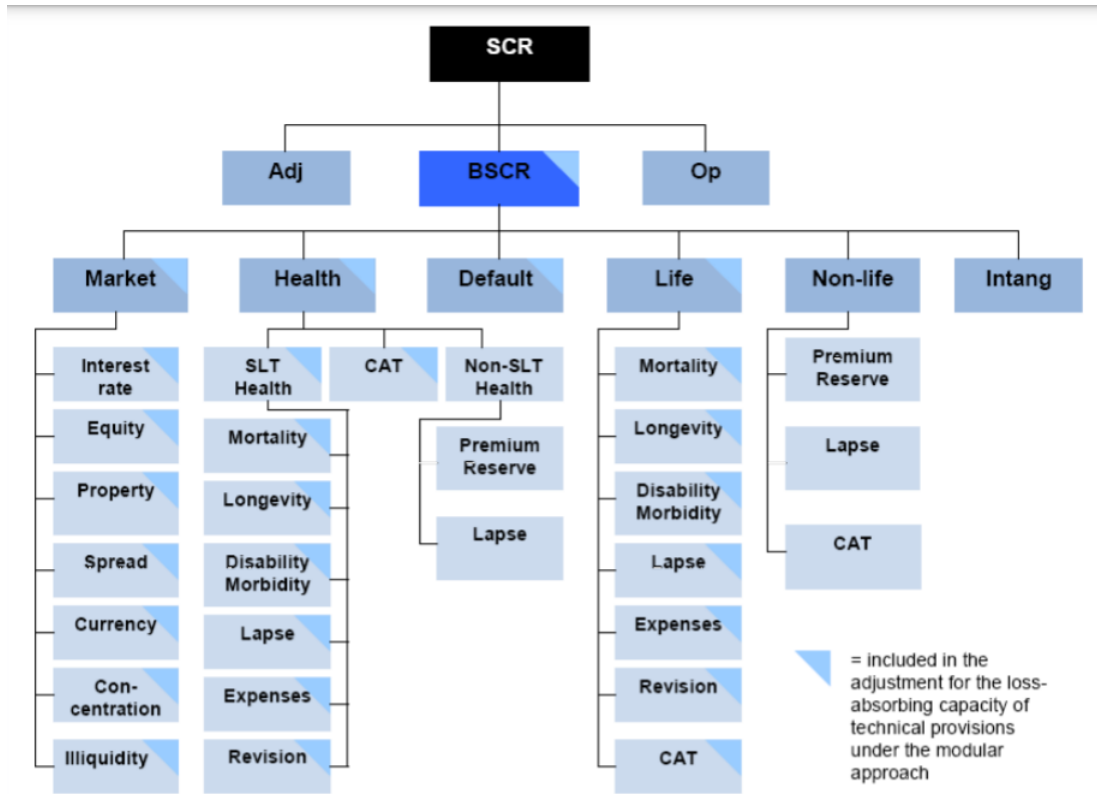


FIGURE 1.8 – Décomposition modulaire du SCR

- $SCR_i$  et  $SCR_j$  les SCR associés aux modules  $i$  et  $j$ .
- $SCR_{actifs\ intangibles}$  le SCR associé au module «Risque d’actifs intangibles».

Pour obtenir le SCR de chacun des modules, les sous-modules élémentaires de chaque catégorie de risque doivent être également agrégés suivant une matrice de corrélation fournie par l’EIOPA.

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

Avec :

- $Corr_{i,j}$  la corrélation entre les sous-modules  $i$  et  $j$ .
- $SCR_i$  et  $SCR_j$  les SCR élémentaires associés aux sous-modules  $i$  et  $j$ .

Les SCR élémentaires représentent la variation du Best Estimate de passif à la suite de l’application d’un choc spécifique à chaque sous-module, et défini par l’EIOPA. La différence entre le BE choqué et le BE initial représente le SCR. Le SCR est donc l’impact négatif sur les fonds propres découlant du choc appliqué, c’est-à-dire le montant nécessaire à l’absorption de cette perte.

### L’ajustement

Le BSCR représente la perte brute observée par l’organisme. Cependant, elle peut être atténuée par deux effets. Premièrement, l’assureur peut transférer une partie de sa perte aux assurés notamment

grâce au mécanisme de participation aux bénéfices. Les provisions techniques ont donc une capacité d'absorption des pertes. Également, en cas de pertes, les impôts payés par l'assureur sont moins importants que ceux comptabilisés au bilan initial. Ces deux effets sont quantifiés dans le module « Adj » qui sera soustrait au BSCR.

### Le risque opérationnel

Enfin, le calcul du SCR final tient également compte du risque opérationnel de l'organisme d'assurance. Selon la directive, il correspond au « risque de perte résultant de procédures internes, de membres du personnel ou de systèmes inadéquats ou défaillants, ou d'événements extérieurs ». Ce risque est calculé dans le module « Op ». Le SCR final peut donc être obtenu grâce à la formule

$$SCR_{final} = BSCR + Adj + SCR_{Op}.$$

#### 1.3.3.3 Minimum Capital Requirement

Le MCR est le niveau de richesse minimal dont l'entreprise d'assurance doit disposer afin de ne pas courir un risque inacceptable en poursuivant son activité. En dessous de ce seuil, l'intervention de l'autorité de contrôle est systématique. Le MCR ne doit pas être inférieur à 25% du SCR ni supérieur à 45% de ce dernier. Il doit être calculé de manière simple et claire, de sorte que le calcul soit auditable. C'est une fonction linéaire calibrée sur une valeur de VaR en utilisant une probabilité de 85%. Soit

$$MCR = \min(\max(MCR_{linéaire}; 25\% \times SCR); 45\% \times SCR)$$

où  $MCR_{linéaire} = \sum_s a_s \times TP_s + b_s \times P_s$  avec  $a_s$  et  $b_s$  les facteurs de risques appliqués respectivement aux provisions techniques et aux primes selon le segment d'activité  $s$ .

#### 1.3.4 Assurance emprunteur et chocs Solvabilité II

Dans la mesure où l'assurance emprunteur couvre plusieurs risques, elle est répartie selon différentes LoB (Line of Business). Il est donc nécessaire de projeter les flux liés aux différentes LoB séparément. Les flux en questions sont :

- les primes,
- les prestations,
- les frais (de gestion, d'administration, d'acquisition, etc.),
- les commissions variables et fixes.

**La garantie Décès** est rattachée au module Vie. Dans le cadre Solvabilité II, seuls les chocs défavorables sont appliqués lors du calcul du SCR. Les chocs de mortalité, de rachat, de frais et de catastrophe s'appliquent donc à cette garantie.

En revanche, le choc de longévité n'est pas appliqué car il est bénéfique à l'assureur. Effectivement, une hausse de la longévité augmenterait l'engagement des assurés (ils paieraient plus longtemps des primes) et baisserait l'engagement de l'assureur (le paiement de la prestations serait différé et donc réduit). De plus, le choc de révision n'est pas appliqué car les taux de prêt sont fixes pour toute la durée du prêt. Finalement, le choc de morbidité sera traité avec la garantie Arrêt de Travail.

**La garantie Arrêt de Travail** est rattachée au module Santé SLT dans le cadre de notre étude, i.e. avec l'utilisation d'une table mixte. En effet, l'utilisation de cette dernière nous amène à du long terme et est donc assimilable au module Vie. Dans ce cas, l'application des chocs de morbidité, de rachats, de frais et de catastrophe est pertinente.

En revanche, dans le cas où les garanties ITT et IPT sont séparées, l'incapacité est rattachée au module Santé NSLT et l'invalidité au module Santé SLT. En effet, la table de maintien en incapacité est établie sur du court terme (36 mois) contrairement à la table de maintien en invalidité qui est établie sur du long terme. Ainsi, la garantie ITT est assimilable au module Non-Vie et la garantie IPT au module Vie.

**La garantie Perte d'Emploi Indemnisée**, non traitée dans le cadre de notre étude, est rattachée au module Non-Vie.

### 1.3.5 Les exigences qualitatives

Ce pilier est composé des règles de gouvernance et de gestion des risques, mais également de l'évaluation interne des risques et de la solvabilité (Own Risk and Solvency Assessment – ORSA).

#### 1.3.5.1 Gouvernance

La réglementation Solvabilité II renforce la gouvernance et la gestion des risques des assureurs. Un système de gouvernance efficace doit être mis en place, ainsi qu'une répartition des responsabilités claire.

Les règles de gouvernance et de gestions des risques sont les suivantes :

- Tout établissement doit être dirigé par deux personnes à minima,
- Documentation de manière appropriée des décisions prises au niveau du conseil d'administration et du directeur général,
- Mise en place d'une politique de rémunération pour ne pas que ces dernières menacent l'entreprise.
- Intégration des fonctions suivantes :
  - \* Gestion des risques,
  - \* Fonction actuarielle : coordonne le calcul des provisions techniques, apprécie la quantité et qualité des données et émet un avis sur la politique globale de souscription et de réassurance,
  - \* Fonction conformité : veille au respect de l'application des dispositions législatives, réglementaires et administratives, et du risque de non-application,
  - \* Audit interne : évalue l'adéquation et l'efficacité du contrôle interne ainsi que les autres éléments du système de gouvernance. Elle est objective et indépendante des autres fonctions.

De plus, la qualité des données utilisées représente un grand enjeu, qui doit ainsi faire l'objet de gouvernance et de contrôle. Les données doivent être pertinentes, exhaustives et exactes.

#### 1.3.5.2 ORSA

L'ORSA est un processus interne au cœur du pilotage de l'activité des compagnies d'assurance en fonction de leurs risques. Il permet d'appréhender et maîtriser les risques, mais également d'évaluer la solvabilité de la société d'assurance de façon prospective. La production future est donc prise en compte ici. L'ORSA est composé de trois étapes : « l'évaluation du besoin global de solvabilité (BGS), l'évaluation du respect permanent des obligations réglementaires [...] et l'évaluation de l'écart entre le profil de risque de l'entreprise et les hypothèses qui sous-tendent le capital de solvabilité requis ».

Par la suite, un rapport ORSA est rédigé à chaque réalisation du processus. Ce rapport est fourni d'une part au conseil pour accompagner la prise de décision stratégique, et d'une autre part à l'autorité de contrôle. Les différents choix et hypothèses du processus doivent être soigneusement justifiés dans ce rapport.

Le besoin global de solvabilité ne possède pas de définition précise. Il a pour but d'évaluer un niveau de capital requis de manière prospective en tenant compte des nouveaux risques, de la nouvelle production, du profil de risque de la société d'assurance ainsi que de sa stratégie. L'idée sera de cartographier les risques de l'assureur pour déterminer des scénarios « adverses » et d'étudier l'effet de ces derniers sur la solvabilité de la compagnie d'assurance. Les risques spécifiques non-quantifiables de l'entreprise peuvent ici être pris en compte, contrairement au pilier I. Le BGS n'est donc pas nécessairement égal au SCR du pilier I.

En cas de choc trop important, l'entreprise peut allouer un capital permettant de couvrir ce risque ou bien adapter sa stratégie pour le maîtriser.

Une des possibilités de calcul du BGS est la reproduction du calcul du SCR sur un horizon de projection défini en prenant compte de la nouvelle production chaque année. L'intérêt de cette méthode est d'observer la capacité de couverture du SCR par la compagnie d'assurance durant les prochaines années.

C'est dans ce cadre ORSA que nous cherchons à calibrer des scénarios futurs nous permettant d'anticiper les déformations de marché affectant l'assurance emprunteur. Dans ce mémoire, le calcul du BGS effectué est la reproduction des calculs Pilier I en prenant en compte la nouvelle production chaque année.

## 1.4 Conclusion du chapitre

Comme expliqué en section [1.2.3.2](#), le marché de l'assurance emprunteur connaît actuellement beaucoup de mouvements. La pandémie a affecté le marché de l'immobilier, le marché du crédit mais également l'état de santé des individus. Ces différents éléments touchent implicitement le marché de l'emprunteur. De plus, les évolutions législatives passées et à venir affectent ce dernier.

Nécessairement, la question de l'effet de ces changements sur la solvabilité et la rentabilité de l'assureur se pose. Par exemple, une durée en arrêt de travail qui augmente, c'est une durée de paiement de prestations qui croît également. Ainsi, l'engagement de l'assureur est croissant. Le but de ce mémoire est d'étudier comment ces changements affectent l'assureur.

Le but de ce mémoire est ainsi d'émettre des hypothèses pour construire des scénarios futurs probables permettant d'évaluer l'effet de situations adverses sur la rentabilité et la solvabilité de l'assureur.

Pour calculer ces différents indicateurs, il est nécessaire de projeter le portefeuille emprunteur de l'assureur dans un cadre Solvabilité II. Le chapitre suivant présente donc l'étape de modélisation qui découle de cette problématique.

## Chapitre 2

# Construction du modèle

Afin de mesurer les effets des évolutions législatives et de la pandémie sur l'assurance emprunteur, nous utilisons des indicateurs de solvabilité et de rentabilité définis par la suite. Dans le cadre de l'ORSA, la projection du compte de résultat et du BGS est nécessaire au calcul des différents indicateurs. Ainsi, un modèle a été implémenté spécifiquement pour les besoins de ce mémoire. Nous détaillons son fonctionnement dans cette partie.

Dans un premier temps, la méthode d'écoulement des cash-flows (primes et prestations) et de calcul des provisions est détaillée. Ensuite, nous présenterons les méthodes de projection des frais, des flux de réassurance ainsi que du compte de résultat. Finalement, le calcul du Best Estimate et du SCR sera développé. Ces derniers sont déterminés dans le cadre de la formule standard de Solvabilité II.

### 2.1 Présentation générale du modèle

Premièrement, différentes hypothèses sont posées afin d'encadrer et de simplifier le processus de modélisation :

- La table de mortalité utilisée est la table réglementaire TH-TF 00-02.
- La table d'incidence en arrêt de travail utilisée fournit un taux d'entrée en AT selon l'âge entier de l'individu.
- La table de taux de rachat utilisée procure un taux de résiliation d'assurance en fonction de l'ancienneté du prêt.
- Dans le cadre de ce mémoire, la table de maintien en arrêt de travail utilisée est une table mixte invalidité/incapacité. Effectivement, la prestation étant la même que l'individu soit en incapacité ou en invalidité, ce choix est cohérent. C'est une table à deux dimensions : en colonne, l'ancienneté en mois et en ligne, l'âge d'entrée en arrêt de travail.
- Le pas de projection des différents cash-flows est annuel. Cependant, les prestations associées à un individu en arrêt de travail sont calculées mensuellement et sommées sur l'année.
- Une fois sorti d'un état d'arrêt de travail, l'assuré ne peut y revenir.
- Lorsqu'un individu est en arrêt de travail, il ne paye pas de primes.
- Ainsi, par hypothèse, un individu sinistré ne résilie pas son prêt. En effet, ce dernier ne payant pas de primes d'assurance durant cette période ni les mensualités de son prêt, il n'a aucun intérêt à résilier son assurance et/ou à racheter son prêt.
- Pour prendre en compte la sélection médicale, on applique un abattement de 50% sur la table de mortalité. En effet, la sélection médicale étant forte pour un emprunt, le risque de décès d'une personne souscrivant un prêt est plus bas que la population générale.

- Un individu en arrêt de travail a plus de chance de décéder qu'un individu valide. Ainsi, on aggrave la table de mortalité (précédemment abbatue de 50%) d'un facteur 3. Ce facteur a été déterminé via un retour d'expérience des collaborateurs du cabinet. De plus, les taux de décès sont supposés constants sur l'année et la table est mensualisée puisque la projection des cash-flows d'un assuré en arrêt est calculée mensuellement.
- La Provision pour Sinistres à Payer (PSAP) se calcule comme un pourcentage des prestations de l'année d'exercice. De plus, ces sinistres à payer sont supposés liquidés l'année suivante.
- La Provision pour Primes Non Acquises (PPNA) et les Primes Acquises Non Émises (PANE) sont négligées dans ce mémoire. En effet, les primes d'assurance de l'année d'exercice sont payées immédiatement au sein de cet exercice comptable, en même temps que les mensualités du prêt pour la majorité des contrats.
- Les IBNR (Incurred But Not Reported) sont également négligés. En effet, les décès et les arrêts de travail sont très rapidement déclarés. La part de sinistres survenus dans l'année mais déclarés la suivante est donc marginale.
- Pour un contrat d'assurance emprunteur, l'assureur est engagé sur toute la durée du contrat. Par conséquent, les flux doivent être projetés jusqu'à extinction de ces derniers. L'horizon de projection est ainsi fixé à 30 ans afin d'intégrer tous les flux futurs des contrats.
- L'arrêt de travail survient par hypothèse en milieu d'année. Pour un assuré cotisant, le décès survient en fin d'année. Pour un assuré en arrêt de travail, il survient en fin de mois.
- La durée de franchise est la même pour tous les contrats. Sa valeur est déterminée en entrée du modèle et n'excède pas 6 mois.
- L'âge minimum d'entrée en arrêt de travail est 20 ans.
- L'âge maximum en arrêt de travail est 67 ans. Il y a donc  $(67 - 20) \times 12 = 564$  colonnes dans la table mixte.
- Le prêt est supposé à annuité constante, ainsi la mensualité est constante.
- La prime est divisée en deux parties, une composante pour la garantie décès et une autre pour la garantie arrêt de travail

Le schéma [2.1](#) résume le fonctionnement du modèle. Ce dernier a été implémenté grâce au logiciel Addactis<sup>®</sup> Modeling. Le modèle standard Addactis<sup>®</sup> CELER ne comprenant pas de segment emprunteur, celui-ci a complètement été modélisé pour les besoins de ce mémoire. Le modèle CELER intègre le calcul de la formule standard Solvabilité 2 et des projections ORSA. Ainsi, ce dernier calcule automatiquement les éléments de l'actif et de l'ALM. Le segment emprunteur décrit dans cette partie s'occupe uniquement des flux de passif et des calculs Solvabilité II associés.

Pour chaque projection ORSA, le calcul du SCR du pilier I est reproduit en prenant en compte l'évolution de toutes les hypothèses. Notamment, la nouvelle production est prise en compte chaque année. Cette dernière se présente sous la forme d'un model point non agrégé, c'est-à-dire un portefeuille fictif de nouveaux contrats. La construction de ce dernier sera plus amplement décrite dans la suite de ce mémoire.

Ainsi, l'écoulement des flux de chaque contrat jusqu'à extinction est nécessaire et est effectué tête par tête. Le calcul est segmenté de deux manières différentes :

1. Les flux des garanties décès et arrêt de travail seront déterminés séparément. Ceux de la garantie arrêt de travail seront nuls si le contrat ne possède pas de telle garantie.  
En effet, ces deux garanties étant sur deux LoB différentes, comme défini en section [1.3.4](#), il convient d'écouler leurs flux de manière distincte afin de calculer le SCR Life d'un côté et le SCR Health SLT de l'autre.
2. Chaque état d'individus en portefeuille (cotisant, sinistré) sera traité séparément de l'autre.



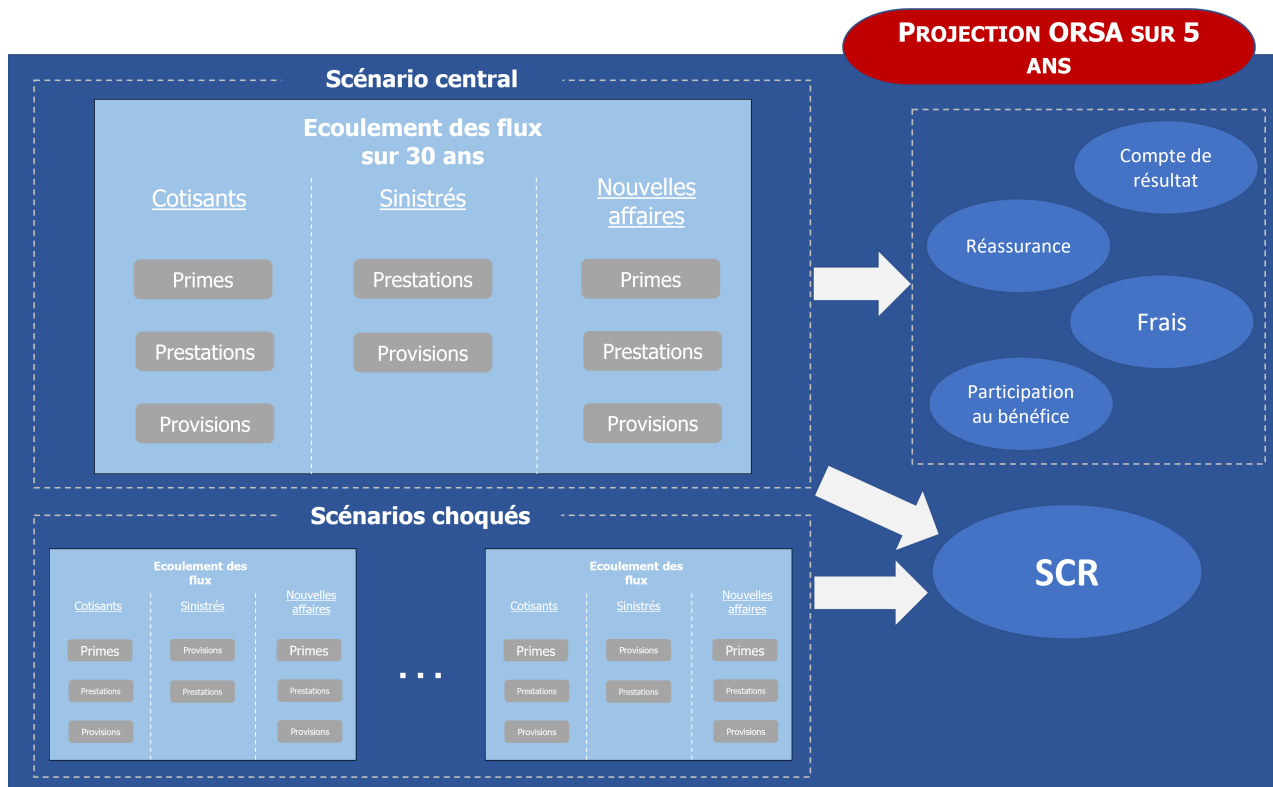


FIGURE 2.1 – Fonctionnement du modèle

Cette distinction est notamment due aux différentes hypothèses du modèle définies précédemment. En effet, les individus sinistrés ont une méthode de calcul d'écoulement des flux plus épurée et légère du fait de l'existence de seulement deux états. Les séparer des cotisants allège et optimise ainsi le temps d'exécution du modèle.

## 2.2 Les données de portefeuille

Le portefeuille que nous utilisons dans ce mémoire est tiré de données construites à partir d'un portefeuille emprunteur déjà existant. Ces données ont été anonymisées. Chaque ligne du portefeuille correspond à un assuré. Dans le cas d'un prêt à plus d'un emprunteur, une ligne par co-emprunteur est présente dans le portefeuille. Les caractéristiques des assurés du portefeuille sont :

- Le sexe.
- Le capital initial total emprunté.
- La quotité de l'assuré.
- La date de naissance.
- Les dates de début et de fin de prêt.
- L'année de souscription à l'assurance emprunteur.
- La mensualité totale du prêt.
- La présence d'une garantie AT dans le contrat.
- Les taux d'intérêt du prêt, de primes (un taux de prime par garantie).
- Le type de prime : sur le capital initial ou sur le capital restant dû.
- L'état de l'assuré : cotisant ou en arrêt de travail.
- S'il est en arrêt, la date de ce dernier et l'ancienneté de l'assuré dans cet état en mois.

La courbe des taux est fournie par l'EIOPA. Les tables de maintien en AT et d'incidence ont été fournies par le cabinet. La table mixte a été construite par regroupement des trois lois réglementaires (de maintien en incapacité, de passage en invalidité et de maintien en invalidité) en pondérant les lois de maintien par la répartition incapables/invalides. La table de taux de résiliation retenue a été reprise des travaux de Yannick PERUS dans le cadre de son mémoire (PERUS, 2020).

## 2.3 Écoulement des flux entrants et sortants

### 2.3.1 Pour les individus sinistrés

Nous développons tout d'abord les méthodes d'écoulement des flux des individus du portefeuille en arrêt de travail sur un horizon de 30 ans. Dans cette partie, les calculs sont explicités pour une tête et pour une année de projection donnée  $P$ .

#### 2.3.1.1 Probabilités des différents états

Comme expliqué précédemment, les assurés sinistrés ont deux états possibles : soit l'arrêt de travail, soit le décès. Les tables utilisées dans cette section sont la table mixte incapacité/invalidité (Table 2.1) et la table de mortalité mensualisée aggravée (2.2).

	Ancienneté en arrêt de travail (en mois)			
Age	0	1	...	564
20	$L_{20,0}$	$L_{20,1}$	...	$L_{20,564}$
21	$L_{21,0}$	$L_{21,1}$	...	$L_{21,564}$
			⋮	
67	$L_{67,0}$	$L_{67,1}$	...	$L_{67,564}$

TABLE 2.1 – Table de maintien en arrêt de travail

Âge (en mois)	Nombre de personnes en vie à cet âge
0	100 000
	⋮
i	$l_i^a$
	⋮
$12 \times 112$	0

TABLE 2.2 – Table de mortalité aggravée

Cette table procure, pour chaque couple (âge, ancienneté), le nombre de personnes entrées en arrêt à cette âge et toujours dans cet état à cette ancienneté. Ainsi, la probabilité pour un individu entré en arrêt à l'âge  $x_e$  et d'ancienneté  $anc$  d'être encore dans cet état dans  $p$  mois est

$$P_{x_e, anc}(AT \text{ en } p) = \frac{L_{x_e, anc+p}}{L_{x_e, anc}}.$$

De plus, sa probabilité de décès dans  $p$  mois se calcule comme la probabilité d'être en arrêt de travail jusqu'en  $p - 1$  et d'en sortir pendant le  $p^{\text{ème}}$  mois, soit

$$P_{x_e, x, anc}(DC \text{ en } p) = \frac{L_{x_e, anc+p-1}}{L_{x_e, anc}} \times \left( 1 - \frac{l_{x \times 12+p}^a}{l_{x \times 12+p-1}^a} \right),$$

avec  $x$  l'âge de l'individu en début d'année.

Le schéma 2.2 résume les différentes transitions d'état possibles avec  $m_{x,anc}$  le taux de maintien en arrêt de travail pour un individu d'âge d'entrée  $x$  et d'ancienneté en arrêt de  $anc$  mois. Ce dernier s'exprime comme  $\frac{L_{x, anc+p}}{L_{x, anc}}$  avec  $p$  la période durant laquelle l'assuré est maintenu en arrêt.

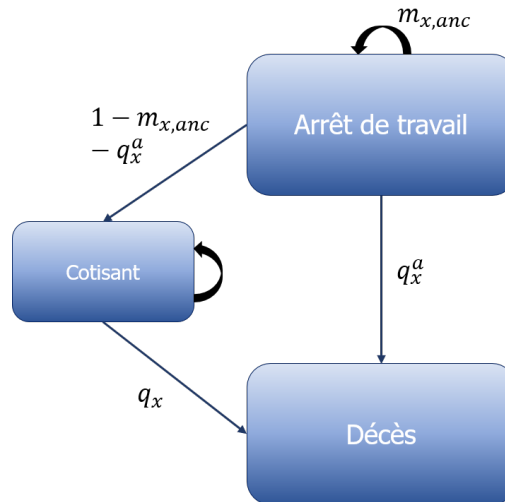


FIGURE 2.2 – Transitions d'état d'un assuré en arrêt de travail

### 2.3.1.2 Projection des prestations de la garantie AT

La prestation payée par l'assureur est égale à la mensualité du prêt pondérée par la quotité de l'assuré si ce dernier est toujours en arrêt de travail. Dans cette partie, la mensualité sera toujours pondérée par la quotité de l'assuré. Cette information ne sera pas précisée de nouveau afin d'alléger la lecture. Ainsi, les prestations de l'année sont égales à la somme sur 12 mois des mensualités du prêt pondérées par la probabilité de maintien en arrêt de travail jusqu'au mois en question.

De plus, si le prêt se termine en cours d'année ou bien que l'âge maximum de couverture est atteint, la prestation est alors pondérée par un pourcentage représentant la part effective du contrat dans le mois. La franchise doit également être prise en compte. Si l'assuré a une ancienneté en arrêt inférieure à la durée de franchise, alors il ne reçoit pas de prestations tant qu'il n'a pas atteint la fin de la période de franchise.

La figure 2.3 schématise les prestations probables servies avec :

- $Mens$  la mensualité du prêt.
- $Quot$  la quotité de l'assuré.
- $anc(P)$  l'ancienneté en AT de l'assuré lors de la projection  $P$ .
- $L_{x,anc}$  le nombre de personnes entrées en arrêt à l'âge  $x$  et toujours dans cet état au bout de  $anc$  mois.
- $f$  la franchise en mois. Ainsi,  $\mathbf{1}_{anc(P) > f}$  renvoie 0 si l'ancienneté du sinistre est inférieure ou égale à la durée de franchise. Par conséquent, il n'y aura pas de prestation. Dans le cas contraire, elle est égale à 1.

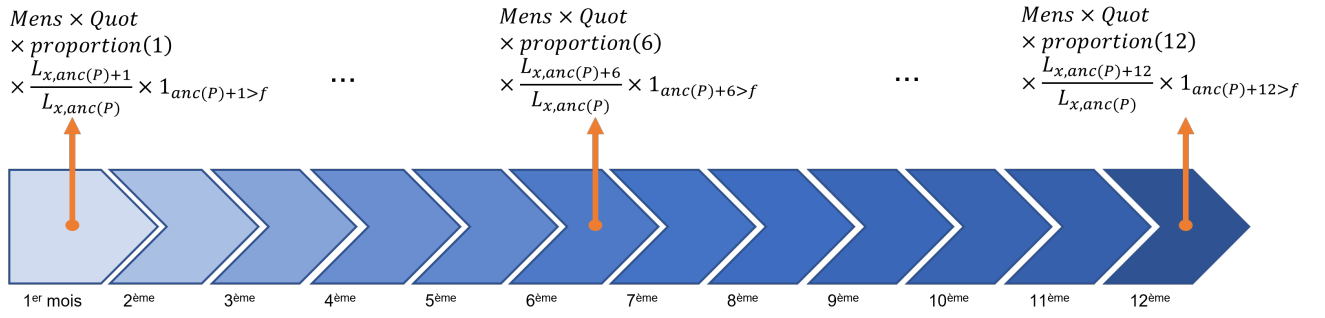


FIGURE 2.3 – Chronologie des prestations de l'année

—  $proportion(k)$  la part effective du contrat dans le mois  $k$  de la projection  $P$ , soit

$$proportion(k) = \max(0, \min(1, Duree\_couv\_AT(P-1) - k)),$$

avec  $Duree\_couv\_AT(P)$  le nombre de mois effectifs restant de la garantie AT à la fin de l'année  $P$ , soit

$$Duree\_couv\_AT(P) = \min(\text{Nombre de jours d'ici la fin du prêt}, \\ \text{Nombre de jours d'ici l'âge max de couverture AT})/30.4375,$$

avec 30.4375 le nombre de jour moyen dans un mois.

Ainsi, la valeur des prestations de l'année  $P$  est

$$Prestations_{AT}(P) = \sum_{k=1}^{12} \left( Quot \times Mens \times \frac{L_{x,anc(P)+k}}{L_{x,anc(P)}} \times proportion(k) \times \mathbf{1}_{anc(P)+k > f} \right).$$

### 2.3.1.3 Projection des prestations de la garantie DC

La prestation payée par l'assureur en cas de décès de l'assuré est égale au Capital Restant Dû (CRD) au moment du décès pondéré par la quotité de l'assuré.

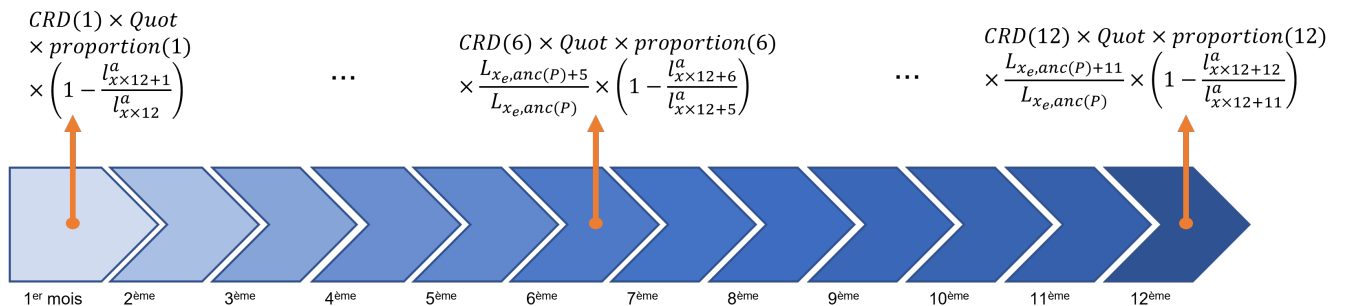


FIGURE 2.4 – Chronologie des prestations de l'année

De la même manière que pour la garantie AT, la figure 2.4 schématise les prestations de l'année pour la garantie DC avec  $CRD(k)$  le capital restant dû à la fin du mois  $k$  de la projection  $P$ ,  $x_e$  l'âge d'entrée en arrêt et  $x$  l'âge de l'individu en début de  $P$ . Pour la garantie décès, il n'y a pas de franchise.

Ainsi, la valeur des prestations de l'année  $P$  est

$$Prestations_{DC}(P) = \sum_{k=1}^{12} \left( Quot \times CRD(k) \times \frac{L_{x_e,anc(P)+k-1}}{L_{x_e,anc(P)}} \times \left( 1 - \frac{l_{x \times 12+k}^a}{l_{x \times 12+k-1}^a} \right) \times proportion(k) \right).$$

**Rappel de calcul du CRD :** Dans cette partie, nous recherchons le capital restant dû à la fin de chaque mois effectif du contrat. Chaque mois, l'assuré rembourse une part du capital initial ainsi qu'une part d'intérêts. Les paramètres nécessaires au calcul sont : la durée du prêt en mois ( $nb$ ), la mensualité du prêt ( $mens$ ), le taux d'intérêt mensuel ( $tx_{mens}$ ) et le capital initial ( $C$ ). En entrée du modèle, nous possédons cependant le taux d'intérêt annuel du prêt (noté  $tx$ ). Pour obtenir le taux d'intérêt mensuel, nous effectuons le calcul  $tx_{mens} = (1 + tx)^{\frac{1}{12}} - 1$ .

TABLE 2.3 – Tableau d'amortissement d'un prêt à mensualité constante

Mois	CRD en début de période	Mensualité	Part d'intérêts	Part du capital remboursé	CRD en fin de période
$j$			$I(j)$	$A(j)$	$CRD(j)$
1	$C$	$Mens$	$C \times tx_{mens}$	$Mens - I(1)$	$C - A(1)$
			$\vdots$		
$j$	$CRD(j-1)$	$Mens$	$CRD(j-1) \times tx_{mens}$	$Mens - I(j)$	$CRD(j-1) - A(j)$
			$\vdots$		
$nb$	$CRD(nb-1)$	$Mens$	$CRD(nb-1) \times tx_{mens}$	$Mens - I(nb)$	0

Grâce au tableau d'amortissement [2.3](#), le CRD mensuel peut se résumer en une formule récursive, soit

$$CRD(j) = CRD(j-1) \times (1 + tx_{mens}) - Mens,$$

avec  $CRD(0) = C$  et  $CRD(nb) = 0$ .

#### 2.3.1.4 Projection des provisions

**Provision pour Sinistres À Payer :** Telle que définie précédemment (Section [1.1.5.3](#)), la provision pour sinistres à payer est égale à un pourcentage ( $tx_{PSAP}$ ) des prestations totales de l'exercice. Chaque année, une part des prestations est ainsi placée en PSAP avant d'être liquidée l'année suivante. Par conséquent, nous avons la formule suivante pour l'année  $P$

$$\begin{cases} Prestations_{apres\ PSAP}(P) & = Prestations(P) \times (1 - tx_{PSAP}) + PSAP(P-1) \\ PSAP(P) & = Prestations(P) \times tx_{PSAP} \end{cases}$$

avec  $PSAP(0) = Prestations(0) = 0$ .

**Provision pour Risque Croissant :** Cette provision a déjà été introduite dans la partie [1.1.5.2](#). Elle est définie comme la valeur actuelle probable des flux futurs. L'assuré en arrêt de travail ne payant

de primes, la PRC est uniquement égale à l'engagement de l'assureur, c'est à dire la valeur actuelle probable des prestations AT futures. Par conséquent, nous avons

$$\begin{aligned} PRC(P) &= VAP_{AT}(assureur, P) \\ &= \sum_{k=1}^{\lfloor Duree\_cov\_AT \rfloor + 1} \left( Prestations_{AT\ futures}(k) \times \frac{1}{(1 + r_{mens})^{k+1}} \right), \end{aligned}$$

avec  $Prestations_{AT\ futures}(k) = Quot \times Mens \times \frac{L_{x, anc(P)+k}}{L_{x, anc(P)}} \times \mathbf{1}_{anc(P)+k > f}$ .

**Provision Mathématique :** Cette provision a déjà été introduite dans la partie [1.1.5.1](#). De même, elle est définie comme la valeur actuelle probable des flux futurs. L'assuré en arrêt de travail ne payant pas de primes, la PM est aussi égale à l'engagement de l'assureur, c'est à dire la valeur actuelle probable des prestations DC futures. Par conséquent, pour l'année de projection  $P$ ,

$$\begin{aligned} PM(P) &= VAP_{DC}(assureur, P) \\ &= \sum_{k=1}^{\lfloor Duree\_cov\_AT \rfloor + 1} \left( Prestations_{DC\ futures}(k) \times \frac{1}{(1 + r_{mens})^{k+1}} \right), \end{aligned}$$

avec  $Prestations_{DC\ futures}(k) = Quot \times CRD(k) \times \frac{L_{x, anc(P)+k-1}}{L_{x, anc(P)}} \times \left(1 - \frac{l_{x \times 12 + k}^a}{l_{x \times 12 + k - 1}^a}\right)$ .

### 2.3.2 Pour les individus cotisants

Nous développons maintenant les méthodes d'écoulement des flux pour les assurés cotisants sur un même horizon de projection que les sinistrés. De même, les calculs sont explicités pour une tête et pour une année de projection donnée  $P$ . Dans cette partie, la mensualité, le capital initial et le CRD seront toujours pondérés par la quotité de l'assuré. Cette information ne sera pas précisée de nouveau afin d'alléger la lecture.

#### 2.3.2.1 Probabilités des différents états

Les assurés ont quatre états possibles : cotisant, arrêt de travail, décès et rachat/résiliation.

Le schéma [2.5](#) représente les différentes transitions inter-états possibles avec :

- $q_x$  la probabilité de décès entre les âges  $x$  et  $x + 1$ .
- $q_{x_m}$  la probabilité de décès tirée de la table de mortalité aggravée entre les âges en mois  $x_m$  et  $x_m + 1$ .
- $m_{x_e, anc}$  la probabilité de maintien en arrêt de travail pour une période avec une ancienneté  $anc$  et un âge d'entrée en AT  $x_e$ .
- $inc_x$  le taux d'incidence en AT à l'âge  $x$ .
- $r_{anc\_pret}$  le taux de résiliation/rachat pour l'ancienneté du prêt  $anc\_pret$  du cotisant.

Dans la suite de ce mémoire, les probabilités des différents états seront notées :

- $P_v(P)$  la probabilité d'être valide à la fin de l'année  $P$ .
- $P_R(P)$  la probabilité d'avoir résilié l'assurance en  $P$ .
- $P_{DC}(P)$  la probabilité d'être décédé en  $P$ .
- $P_{AT}(P)$  la probabilité d'être en arrêt de travail à la fin de l'année  $P$ .

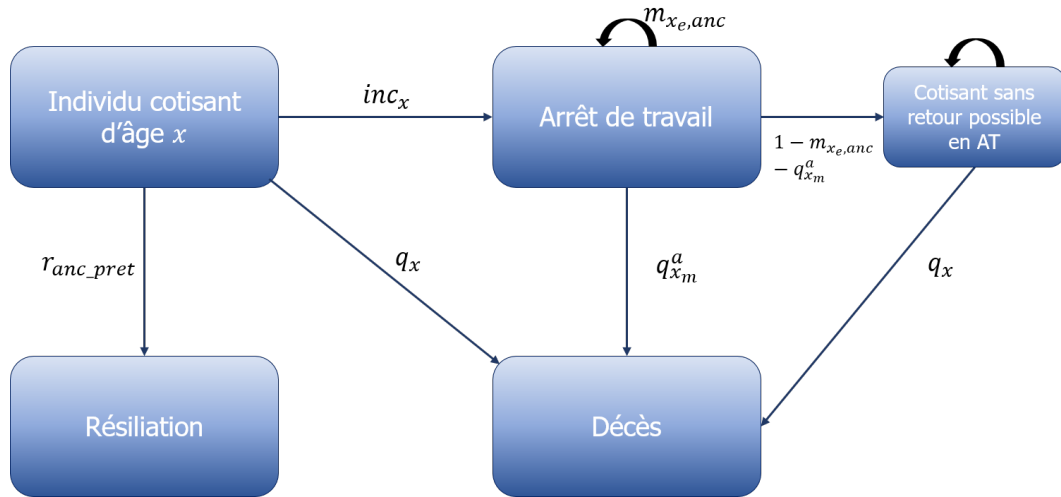


FIGURE 2.5 – Transitions d'état d'un assuré cotisant

Concernant les **probabilités de rachat et de validité**, elles peuvent s'exprimer aisément comme

$$P_R(P) = \begin{cases} 0 & \text{si } P = 0 \\ P_v(P-1) \times r_{anc\_pret}(P) & \text{sinon,} \end{cases}$$

$$P_v(P) = \begin{cases} 1 & \text{si } P = 0 \\ 1 - P_R(P) - P_{AT}(P) - P_{DC}(P) & \text{sinon,} \end{cases}$$

avec  $anc\_pret(P)$  l'ancienneté du prêt lors de l'année de projection  $P$ .

Les probabilités d'arrêt de travail et de décès sont, quant à elles, plus complexes. En effet, le taux de maintien en arrêt de travail dépend de l'ancienneté en arrêt ainsi que de l'âge d'entrée dans cet état. Ainsi, pour les deux probabilités faisant intervenir ce taux, une méthode de calcul spécifique doit être mise en place.

TABLE 2.4 – Probabilité d'être en arrêt de travail en  $P$

Projection d'entrée en AT	1	2	...	$P-1$	$P$
Méthode	Probabilité de tomber en arrêt en projection 1 et d'y rester $P-1$ années.	Probabilité de tomber en arrêt en projection 2 et d'y rester $P-2$ années.	...	Probabilité de tomber en arrêt en projection $P-1$ et d'y rester une année.	Probabilité de tomber en arrêt en projection $P$ et d'y rester jusqu'à la fin de l'année.
Formule	$inc_{x+1} \times \frac{L_{x+1, 6+(p-1) \times 12}}{L_{x+1, 0}}$	$P_v(1) \times inc_{x+2} \times \frac{L_{x+2, 6+(p-2) \times 12}}{L_{x+2, 0}}$	...	$P_v(P-2) \times inc_{x+P-1} \times \frac{L_{x+P-1, 6+12}}{L_{x+P-1, 0}}$	$P_v(P-1) \times inc_{x+P} \times \frac{L_{x+P, 6}}{L_{x+P, 0}}$

Premièrement, la **probabilité d'être en arrêt de travail** à la fin de  $P$  est égale à la somme des probabilités des différents scénarios possibles conduisant à cet état. Le nombre de scénarios possibles

est de  $P$ . Le scénario  $j$  correspond à la probabilité d'être cotisant jusqu'en  $j - 1$ , de tomber en arrêt en milieu d'année  $j$ , d'être maintenu les 6 derniers mois de  $j$  et finalement d'être maintenu dans cet état durant  $P - j$  années. Le tableau 2.4 présente cette méthodologie. Nous le nommerons  $Tab\_Proba\_AT$ .

En pratique, nous construisons ce tableau en  $P$  à partir de celui de la projection précédente. Pour cela, le tableau précédent est recopié. Ensuite, une année de maintien est ajoutée à chaque colonne, i.e. nous multiplions par la probabilité de maintien en arrêt durant un an correspondante aux caractéristiques de la colonne en question (âge d'entrée et ancienneté). Finalement, la dernière colonne est ajoutée. Cette dernière correspond à la probabilité de tomber en arrêt en milieu de projection courante et d'y rester 6 mois.

Ensuite, **la probabilité de décès** dans l'année dépend de l'état de l'assuré, c'est donc la somme des probabilités des différentes possibilités :

- dans le cas où il est en arrêt de travail, sa probabilité de décès se calcule mois par mois grâce aux tables de maintien et de mortalité agravée.
- dans le cas où il est cotisant, elle se calcule annuellement grâce à la table de mortalité.

Dans un premier temps, détaillons le cas où l'individu est cotisant en début de projection  $P$ . Sa probabilité de décès est donc la probabilité d'être cotisant en  $P - 1$  multipliée par le taux de décès correspondant à l'âge de l'assuré en début d'année de projection  $P$  (noté  $x$ ), soit

$$P_{DC, cot}(P) = P_v(P - 1) \times q_x.$$

À présent, développons le cas où l'individu est en arrêt de travail. Schématiquement, la probabilité de décès en  $P$  est égale à la probabilité d'être en arrêt de travail en fin de projection précédente multipliée par la somme sur l'année des probabilités de décès tirées de la table mixte. La probabilité d'être en arrêt en fin d'année précédente est tirée du tableau  $Tab\_Proba\_AT$  (2.4) précédemment défini. Ainsi, le tableau 2.5 (nommé  $Tab\_Proba\_DC$ ) peut être construit avec

$$\text{Somme}_{DC}(x_e, x, anc) = \sum_{k=1}^{12} \left[ \frac{L_{x_e, anc+k-1}}{L_{x_e, anc}} \times \left( 1 - \frac{l_{x \times 12+k}^a}{l_{x \times 12+k-1}^a} \right) \right],$$

où la fonction  $\text{Somme}_{DC}$  correspond à la somme des probabilité de décès de l'assuré en arrêt de travail durant l'année.

Projection d'entrée en AT	1	2	...	$P - 1$
Méthode	Probabilité d'être en AT en $P - 1$ multipliée par celle de mourir durant $P$			
Formule	$Tab\_Proba\_AT(1, P - 1)$ $\times \text{Somme}_{DC}(x_e, x, anc)$  avec $x_e = x + 1$ et $anc = 12 \times ((P - 1) - 0.5)$	$Tab\_Proba\_AT(2, P - 1)$ $\times \text{Somme}_{DC}(x_e, x, anc)$  avec $x_e = x + 2$ et $anc = 12 \times ((P - 1) - 1.5)$	...	$Tab\_Proba\_AT(P - 1, P - 1)$ $\times \text{Somme}_{DC}(x_e, x, anc)$  avec $x_e = x + P - 1$ et $anc = 6$

TABLE 2.5 – Probabilité de décéder en  $P$  en étant en arrêt de travail en  $P - 1$



Par sommation des colonnes du tableau 2.5 avec  $P_{DC, cot}(P)$ , nous obtenons la probabilité que l'assuré soit décédé lors de l'année  $P$ .

### 2.3.2.2 Projection des primes d'assurance

Par soucis de simplification de modélisation, nous considérons que les primes d'assurance sont payées annuellement, et ce en début d'exercice comptable.

Ensuite, la prime peut s'exprimer comme un pourcentage du capital initial ou du CRD. Soit  $Type\_prime$  la variable définissant le type de prime du contrat :

- $Type\_prime = 1$  si la prime est basée sur le capital initial,
- $Type\_prime = 2$  si elle est basée sur le CRD.

Ainsi, la prime d'assurance s'exprime grâce à la formule

$$Prime(P) = P_v(P-1) \times Quot \times proportion_{an}(P) \times \begin{cases} tx_{prime} \times Capital\ Initial & \text{si } Type\_prime = 1, \\ tx_{prime} \times CRD_{annuel}(P-1) & \text{si } Type\_prime = 2, \end{cases}$$

avec

- $tx_{prime}$  le taux de prime du contrat dont la valeur dépend du type de primes.
- $proportion_{an}(P)$  la proportion effective du contrat dans l'année  $P$ .
- $CRD_{annuel}(k)$  le capital restant dû à la fin de l'année  $k$  tel que

$$CRD_{annuel}(k) = CRD_{annuel}(k-1) \times (1 + tx_{annuel}) - Annuite$$

où  $tx$  est le taux d'intérêt annuel du prêt,  $Annuite = Mens \times \frac{tx}{tx_{mens}}$  et  $CRD_{annuel}(0) = Capital\ Initial$ .

En effet, la prime est payée si l'individu est cotisant en début d'année, d'où l'intervention de la probabilité de validité en fin d'année de projection précédente. De plus, en fin de contrat, celui-ci ne fini que très rarement à la même date que la fin de l'exercice comptable. La variable  $proportion_{an}(P)$  calcule donc la proportion du contrat dans l'année. Si ce dernier se termine après le 31 décembre, cette variable est égale à 1.

### 2.3.2.3 Projection des prestations de la garantie AT

Pour un individu cotisant, la prestation payée par l'assureur est la mensualité du prêt si l'assuré est en arrêt de travail sur une partie ou la totalité de l'année  $P$ . Ainsi, il y a deux possibilités : soit l'individu tombe en arrêt de travail en milieu d'année de projection  $P$ , soit ce dernier est déjà tombé en arrêt de travail et est toujours maintenu dans cet état jusqu'en  $P$ .

Premièrement, si l'individu d'âge  $x$  tombe en arrêt de travail durant l'année, la prestation concerne au maximum les 6 derniers mois. De plus, l'existence d'une franchise ( $f$ ) baisse également le nombre de mois de prestations à régler. Les prestations sont donc

$$Presta_{incidence}(P) = inc_{x+P} \times Quot \times Mens \times \sum_{i=1}^6 \left( \mathbf{1}_{i>f} \times \frac{L_{x+P,i}}{L_{x+P,0}} \times proportion(i) \right),$$

avec  $inc_x$  le taux d'incidence en arrêt à l'âge  $x$ .

Ensuite, si l'individu est déjà en arrêt de travail en début d'année, alors la prestation concerne les 12 mois de l'exercice. L'utilisation du tableau  $Tab\_Proba\_AT$  (2.4) est ainsi nécessaire afin d'obtenir les différentes possibilités d'arrêt lors des années de projections précédentes. À ces probabilités, nous pouvons ajouter la somme des mensualités du prêt pondérées par la probabilité de maintien.

De la même manière que précédemment, la construction du tableau (2.6) (nommé  $Tab\_Presta\_AT(colonne)$ ) est requise avec

$$\text{Somme\_P}_{AT}(x_e, anc) = \sum_{k=1}^{12} \left[ \frac{L_{x_e, anc+k}}{L_{x_e, anc}} \times proportion(k) \times Mens \times Quot \right].$$

TABLE 2.6 – Prestations de la garantie AT de l'année  $P$

Projection d'entrée en AT	1	2	...	$P - 1$
Méthode	Probabilité d'être en AT en $P - 1$ multipliée par les prestations de l'année $P$ si l'assuré est maintenu dans cet état			
Formule	$Tab\_Proba\_AT(1, P - 1)$ $\times \text{Somme\_P}_{AT}(x_e, anc)$ avec $x_e = x + 1$ et $anc = 12 \times ((P - 1) - 0.5)$	$Tab\_Proba\_AT(2, P - 1)$ $\times \text{Somme\_P}_{AT}(x_e, anc)$ avec $x_e = x + 2$ et $anc = 12 \times ((P - 1) - 1.5)$	...	$Tab\_Proba\_AT(P - 1, P - 1)$ $\times \text{Somme\_P}_{AT}(x_e, anc)$ avec $x_e = x + P - 1$ et $anc = 6$

La franchise n'est pas prise en compte dans ce tableau. En effet, par hypothèse, cette dernière est inférieure ou égale à 6 mois et l'individu tombe en arrêt de travail en milieu d'année. Ainsi, si ce dernier est sinistré en début d'année de projection, il a déjà au minimum 6 mois d'ancienneté dans cet état.

La prestation est donc

$$Prestations_{AT}(P) = Presta_{incidence}(P) + \sum_{i=1}^{P-1} Tab\_Presta\_AT(i)$$

#### 2.3.2.4 Projection des prestations de la garantie DC

La prestation de la garantie décès est différente selon l'état de l'individu. En effet, il y a trois possibilités :

- L'individu est en arrêt de travail en début d'année. La prestation (notée  $Presta_{DC\ en\ AT}$ ) se calcule alors comme la somme sur 12 mois des probabilités de décès pondérées par le CRD associé au mois en question.
- L'individu est valide en début d'année. Il peut donc :
  - soit débiter un arrêt de travail en milieu d'année. La prestation (notée  $Presta_{DC\ incidence}$ ) sera ainsi la somme sur les 6 derniers mois des probabilités de décès, tirées de la table mixte et multipliées au CRD du mois en question.

- soit rester cotisant et décéder selon la table de mortalité. La prestation (notée  $Presta_{DC\ Cot}$ ) sera alors le capital restant dû annuel multiplié par la probabilité de décès en étant cotisant en année  $P$ .

Le schéma 2.6 résume le fonctionnement de ces différents cas (avec  $m_i$  le taux de maintien en arrêt de travail durant  $i$  mois, qui dépend de l'ancienneté et de l'âge d'entrée en AT et  $q_x^a$  le taux de décès aggravé entre les âges - en mois -  $x$  et  $x + 1$  où  $x$  est l'âge en mois en début de projection  $P$ ). Chaque point final d'un chemin représente une possibilité de prestation. La probabilité de survenance de cette dernière s'obtient par multiplication des valeurs des points composant le chemin pour atteindre le dernier.

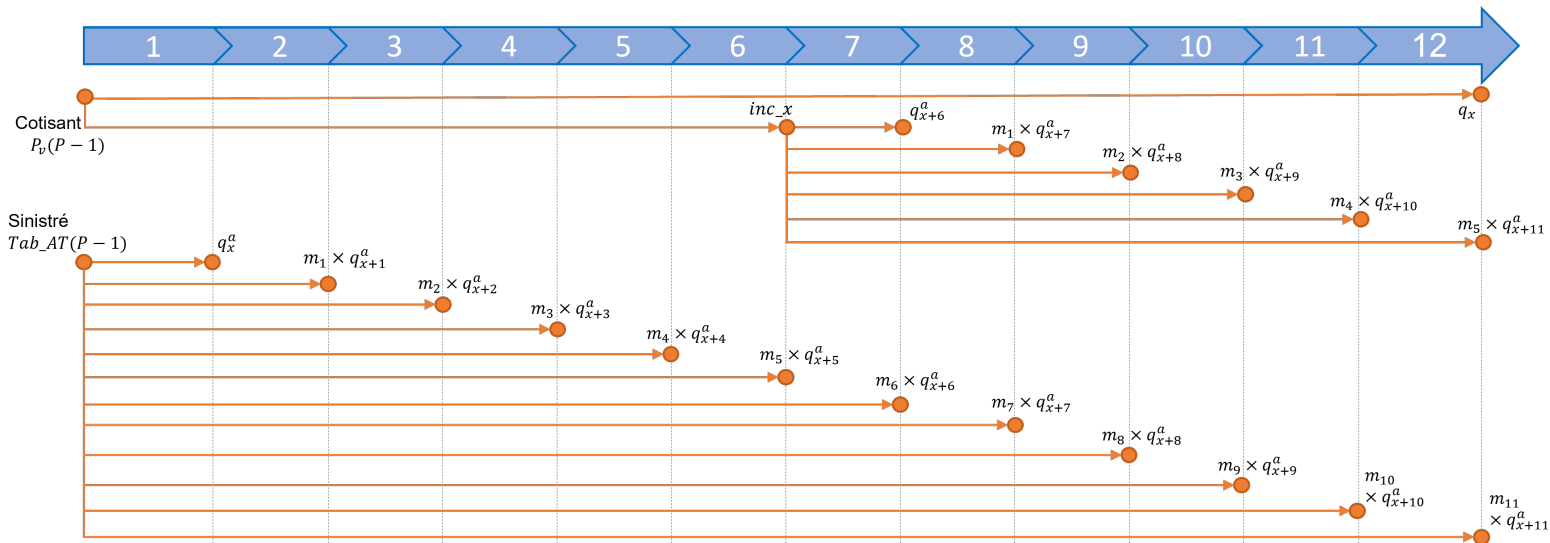


FIGURE 2.6 – Probabilités de prestations de la garantie DC

Nous procéderons au cas par cas. Dans un premier temps, étudions le cas où l'assuré est cotisant en début d'année et qu'il ne tombe pas en arrêt de travail durant celle-ci. Pour cette situation, la prestation est égale au CRD de fin d'année. La probabilité qu'un tel évènement ait lieu correspond à la probabilité que l'assuré soit valide en fin de projection  $P - 1$  et qu'il décède en  $P$ . Posons  $x$  l'âge en année de l'assuré en début d'année  $P$ . De plus, la proportion effective du contrat lors de cet exercice doit être prise en compte dans le calcul grâce à la variable  $proportion_{an}(P)$ . On a alors

$$Presta_{DC\ Cot}(P) = proportion_{an}(P) \times CRD_{annuel}(P) \times Quot \times P_v(P - 1) \times q_{x+P},$$

avec  $q_x$  le taux de mortalité entre les âges  $x$  et  $x + 1$  tiré de la table de mortalité.

Dans un second temps, nous considérons le cas où l'assuré est cotisant et tombe en arrêt de travail en  $P$ . Ainsi, la prestation correspond à la somme, sur les 6 derniers mois de l'année, des probabilités de décès tirées de la table mixte multipliées par le CRD mensuel correspondant. Ici, c'est la proportion effective du contrat dans le mois qui est prise en compte dans le calcul. Ainsi, la prestation associée à cette situation est

$$Presta_{DC\ incidence}(P) = P_v(P - 1) \times inc_{x+P} \times Quot \times \sum_{i=1}^6 CRD(i) \times proportion(i) \times \frac{L_{x+P,i-1}}{L_{x+P,0}} \times \left(1 - \frac{l_{x \times 12 + 6 + i}^a}{l_{x \times 12 + 6 + i - 1}^a}\right).$$

Finalement, développons le cas où l'assuré est sinistré en début d'année. Tout d'abord, la probabilité d'être dans cette situation s'obtient grâce au tableau 2.4 de la projection précédente. Dans ce tableau, le détail des possibilités d'entrer en arrêt lors des projections précédentes nous est donné. À chacune de ces colonnes, nous pouvons ajouter la prestation correspondante, à savoir la somme sur 12 mois des CRD mensuels pondérés par la probabilité de décès correspondante à ce mois, i.e. la probabilité d'être maintenu en arrêt jusqu'au mois précédent et d'en sortir ensuite. Le tableau 2.7 (nommé  $Tab\_Presta\_DC$ ) est donc construit avec

$$\begin{aligned} & \text{Somme\_P}_{DC}(x_e, x, anc) \\ &= \sum_{k=1}^{12} \left[ \frac{L_{x_e, anc+k-1}}{L_{x_e, anc}} \times \left( 1 - \frac{l_{x \times 12+k}^a}{l_{x \times 12+k-1}^a} \right) \times Quot \times CRD(k) \times proportion(k) \right]. \end{aligned}$$

TABLE 2.7 – Probabilité de décéder en  $P$  en étant en arrêt de travail en  $P - 1$ 

Projection	1	2	...	$P - 1$
Méthode	Probabilité d'être en AT en $P - 1$ multiplié par les prestations de l'année $P$			
Formule	Tab_AT(1, $P - 1$ ) × Somme_P <sub>DC</sub> ( $x_e, x, anc$ ) avec $x_e = x + 1$ et $anc = 12 \times ((P - 1) - 0.5)$	Tab_AT(2, $P - 1$ ) × Somme_P <sub>DC</sub> ( $x_e, x, anc$ ) avec $x_e = x + 2$ et $anc = 12 \times ((P - 1) - 1.5)$	...	Tab_AT( $P - 1, P - 1$ ) × Somme_P <sub>DC</sub> ( $x_e, x, anc$ ) avec $x_e = x + P - 1$ et $anc = 6$

La valeur des prestations de la garantie décès est donc égale à

$$Prestations_{DC}(P) = Presta_{DC\ Cot}(P) + Presta_{DC\ incidence}(P) + Presta_{DC\ en\ AT}(P),$$

avec  $Presta_{DC\ en\ AT}(P) = \sum_{i=1}^{P-1} Tab\_Presta\_DC(i)$ .

### 2.3.2.5 Projection de la PRC

**Valeur actuelle probable des engagements de l'assureur** De même que pour les prestations AT, la VAP de l'assureur est décomposée en deux parties : une pour le cas où l'assuré est cotisant en début d'année, une autre s'il est en arrêt de travail.

Premièrement, prenons le cas où l'assuré est cotisant. Dans la section 1.1.5.2, cette partie de la VAP a déjà été introduite. À la probabilité d'être toujours valide à la fin de l'année de projection précédente, on multiplie par la somme des prestations futures probables actualisées.

Chaque année  $i$ , jusqu'à la fin de son contrat ou jusqu'à l'âge de couverture maximal, l'assuré peut tomber en arrêt de travail avec une probabilité de  $inc_{x_i}$  où  $x_i$  est son âge en  $i$ . En revanche, la probabilité que l'assuré tombe en arrêt dans  $i$  années est qu'il soit valide jusqu'en  $i - 1$  puis qu'il y tombe via la probabilité d'incidence précédemment décrite. Nous aurons donc besoin de projeter, sur le nombre d'années du contrat, les probabilités de validité de l'assuré, ce qui se trouve être une tâche complexe au vu des différents états possibles, et de leur interdépendance, définis en section 2.3.2.1. Les probabilités projetées des différents états s'écriront par la suite :  $P_{v\ prov}(k)$ ,  $P_{R\ prov}(k)$ ,  $P_{DC\ prov}(k)$  et  $P_{AT\ prov}(k)$  avec  $k$  l'année future. Ces dernières seront définies en annexe. Le schéma 2.7 résume ces flux futurs probables avec  $x$  l'âge de l'assuré durant l'année  $P$ .

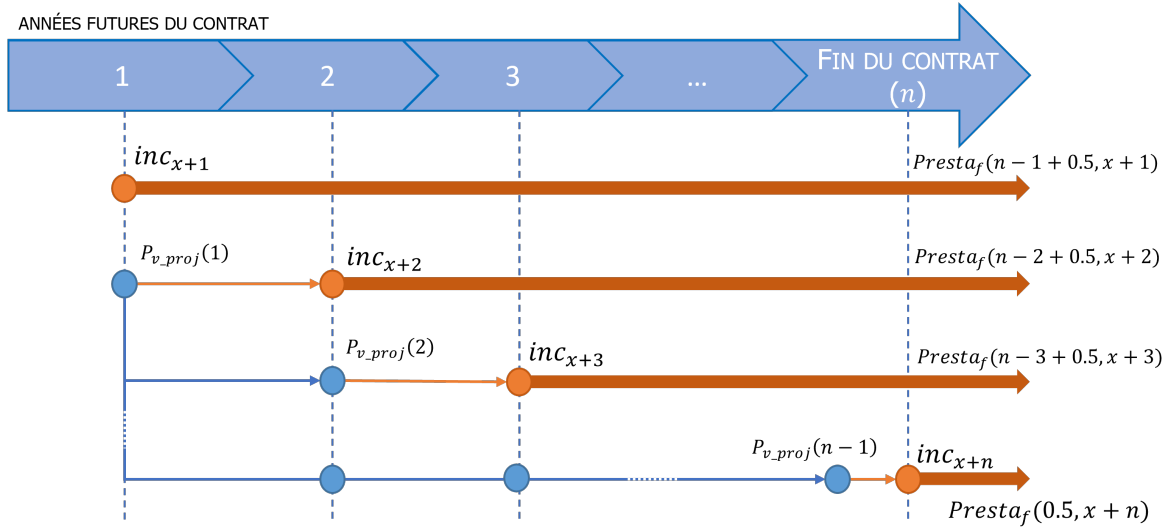


FIGURE 2.7 – Flux futurs probables de la garantie AT si l'assuré est cotisant

Une fois en arrêt de travail, chaque mois, la prestation à payer sera la mensualité du prêt si l'assuré est toujours en arrêt de travail. Le calcul des prestations futures de l'assuré en arrêt de travail se fait via la fonction

$$Presta_f(n, x_e) = \sum_{i=1}^{n \times 12} \left[ \frac{Mens \times Quot}{(1+r)^i} \times \frac{L_{x_e, i}}{L_{x_e, 0}} \times proportion(i) \right],$$

avec  $n$  le nombre d'années pour lesquelles les prestations seront versées,  $x_e$  l'âge d'entrée en arrêt de travail et  $L_{x, anc}$  le nombre de personnes entrées en arrêt à l'âge  $x_e$  et d'ancienneté  $anc$  tiré de la table mixte de maintien en arrêt. Adaptée à notre modélisation, la formule de la VAP assureur pour un individu cotisant au début de  $P$  s'écrit ainsi

$$VAP_{AT, cot}(assureur, P) = P_v(P) \times \sum_{k=1}^n \left[ \frac{1}{(1+r)^{k+1}} \times P_{v, prov}(k) \times inc_{x+k} \times Presta_f(n-k+0.5, x+i) \right].$$

Passons maintenant au cas où l'assuré est en arrêt de travail en début d'année  $P$ . Tout d'abord, la probabilité que ce dernier soit en arrêt de travail est récupérée dans le tableau  $Tab\_Proba\_AT$  (2.4) de la projection précédente. Dans chacune des colonnes de ce tableau, l'ancienneté ( $anc$ ) et l'âge d'entrée ( $x_e$ ) sont différents. Ainsi, on multiplie chaque colonne par

$$\sum_{i=1}^{n \times 12} \frac{L_{x_e, anc+i}}{L_{x_e, anc}} \times \frac{Mens \times Quot}{(1+r)^i} \times proportion(i),$$

avec  $anc$  et  $x_e$  l'ancienneté et l'âge d'entrée en arrêt correspondant à chacune d'entre elles.

En sommant chaque colonne préalablement multipliée par la formule décrite, nous obtenons la VAP de l'engagement de l'assureur pour un assuré sinistré en début d'année (notée  $VAP_{AT, sin}(assureur, P)$ ). Ainsi, la VAP des engagements de l'assureur s'écrit

$$VAP_{AT}(P) = VAP_{AT, cot}(assureur, P) + VAP_{AT, sin}(assureur, P).$$

**Valeur actuelle probable des engagements de l'assuré** Les flux futurs probables de l'assuré sont les primes d'assurance qu'il doit payer au titre de la garantie AT, à condition qu'il soit encore cotisant. Ainsi, pour chaque année du contrat, la probabilité d'être valide en début d'année de projection est projetée. On multiplie cette dernière par la prime d'assurance qui est soit en fonction du capital restant dû soit en fonction du capital initial. La VAP des engagements de l'assuré s'écrit donc

$$VAP_{AT}(assuré, P) = Tx\_primes_{AT} \times \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+r)^i} \times P_{v\_proj}(i-1) \times \begin{cases} Capital\ initial & si\ Type\_prime = 1, \\ CRD_{annuel}(i) & si\ Type\_prime = 2. \end{cases}$$

### 2.3.2.6 Projection de la PM

**Valeur actuelle probable des engagements de l'assureur** De même que pour la garantie AT, la VAP des engagements de l'assureur pour la garantie DC se divise en deux parties : une pour le cas où l'assuré est cotisant en début d'année  $P$  et une autre pour le cas où il est sinistré.

Dans un premier temps, nous détaillons le cas où l'assuré est cotisant en début d'année. Dans la section [1.1.5.1](#), la VAP assureur a déjà été introduite. À la probabilité d'être valide, on multiplie par la somme des prestations futures probables actualisées.

Chaque année, jusqu'à la fin de son contrat ou jusqu'à l'âge de couverture maximal, l'assuré peut tomber en arrêt de travail ou bien rester valide. Cette partie de la VAP est donc également séparée en deux parties :

- Chaque année  $i$ , si l'assuré reste cotisant, alors sa probabilité de décès est tirée de la table de mortalité. Le flux futur probable est donc la probabilité d'être cotisant jusqu'en  $i-1$  et de décéder en  $i$  pondéré par le capital restant dû en fin de  $i$ , soit

$$VAP_{DC\_cot\_morta}(assureur, P) = P_v(P) \times \sum_{i=1}^n P_{v\_proj}(i-1) \times q_{x+i} \times Quot \times CRD(i)$$

- Une autre possibilité est le passage en arrêt de travail de l'assuré. Si ce dernier devient sinistré, alors sa probabilité de décès sera tirée de la table de mortalité aggravée. Le fonctionnement de cette partie de la VAP est le même que celui décrit par le schéma [2.7](#). En revanche, la fonction  $Presta_f$  est définie différemment ici.

Une fois en arrêt, chaque mois, la prestation probable à payer est le CRD mensuel si l'assuré décède lors de ce mois. La fonction est donc ici renommée et définie comme

$$Presta_{f,DC}(n, x, x_e) = \sum_{i=1}^{n \times 12} \left[ \frac{CRD(i) \times Quot}{(1+r_{mens})^i} \times \frac{L_{x_e, i-1}}{L_{x_e, 0}} \times \left( 1 - \frac{l_{x \times 12 + i}^a}{l_{x \times 12 + i - 1}^a} \right) \times proportion(i) \right],$$

avec  $n$  le nombre d'année d'ici la fin du contrat et  $x_e$  l'âge d'entrée en arrêt de travail considéré. Ainsi, cette partie de la VAP est donc calculée via la formule

$$\begin{aligned} VAP_{DC\_cot\_inc}(assureur, P) &= P_v(P) \\ &\times \sum_{k=1}^n \left[ \frac{1}{(1+r)^{k+1}} \times P_{v\_prov}(k) \times inc_{x+k} \times Presta_{f,DC}(n-k+0.5, x, x+i) \right], \end{aligned}$$

avec  $x$  l'âge en  $P$ .

Passons maintenant au cas où l'assuré est en arrêt de travail en début d'année  $P$ . Tout d'abord, la probabilité que ce dernier soit en arrêt de travail est récupérée dans le tableau 2.3 de la projection précédente. Soit la formule

$$\sum_{i=1}^{n \times 12} \frac{L_{x_e, anc+i-1}}{L_{x_e, anc}} \times \left(1 - \frac{l_{x \times 12+i}^a}{l_{x \times 12+i-1}^a}\right) \times \frac{CRD(i) \times Quot}{(1 + r_{mens})^i} \times proportion(i).$$

En sommant ensuite chaque colonne, préalablement multipliée par la formule décrite avec  $anc$  et  $x_e$  l'ancienneté et l'âge d'entrée correspondants, on obtient la VAP de l'engagement de l'assureur si l'assuré est sinistré en début d'année (notée  $VAP_{DC, sin}(assureur, P)$ ). Ainsi, la VAP des engagements de l'assureur s'écrit

$$\begin{aligned} VAP_{DC}(P) &= VAP_{DC\_cot\_inc}(assureur, P) \\ &+ VAP_{DC\_cot\_morta}(assureur, P) \\ &+ VAP_{DC, sin}(assureur, P). \end{aligned}$$

**Valeur actuelle probable des engagements de l'assuré** Le calcul de la VAP des assurés pour la garantie DC est le même que pour la garantie AT à l'exception du taux de primes qui est maintenant celui de la garantie DC du contrat.

### 2.3.2.7 Projection des PSAP

Le calcul des PSAP est le même que pour les assurés sinistrés.

### 2.3.3 Commission versée aux apporteurs

Dans le cadre de l'assurance emprunteur, la banque est l'entité qui apporte des contrats à l'assureur. En effet, sans l'établissement bancaire qui prête aux individus, l'assurance emprunteur n'existerait pas et l'assureur n'aurait pas une telle activité. Une commission est ainsi reversée aux apporteurs de contrats, i.e. aux banques. Cette commission représente une part du chiffre d'affaires de l'assureur. Le taux de commission se trouve dans une fourchette de 66% à 90% du résultat. Ces taux sont fixés à partir d'un benchmark interne Addactis®.

Ainsi, il est nécessaire de tenir compte de ces flux sortants futurs à verser, notamment dans les provisions Best Estimate. Pour cela, nous calculons un résultat technique projeté simplifié dans notre modèle de projection sur 30 ans. Ces derniers nous permettent d'estimer les résultats générés jusqu'à extinction des flux puis les commissions versées aux apporteurs. Le calcul de la commission consiste en l'application d'un taux, considéré comme contractuel, sur le résultat technique à chaque année de projection.

Par simplification, nous avons fait le choix de ne pas considérer le résultat financier étant donné le faible impact de celui-ci par rapport au résultat technique du cadre de l'assurance emprunteur. Il s'agit d'une limite de notre modèle, ayant un faible effet sur les résultats, mais de fortes conséquences sur la modélisation puisque cela évite de devoir projeter les résultats financiers en risque neutre sur 30 ans.

## 2.4 Évaluation des éléments Solvabilité II

### 2.4.1 Best Estimate

Comme énoncé en section [1.3.3.1](#), le Best Estimate est la somme des flux futurs probables actualisés de passif. Le tableau d'écoulement des flux [\(2.10\)](#) calculé à chaque année de projection ORSA  $H$  nous

fourni une partie de l'information nécessaire au calcul du Best Estimate. Ce dernier se décompose comme suit :

- BE de sinistres : dans le cadre de l'assurance emprunteur, sa valeur est globalement la somme des flux futurs probables actualisés des individus sinistrés du portefeuille. Les flux en question sont les prestations de la garantie correspondante.
- BE de primes : ici, sa valeur est la somme des flux futurs probables actualisés des individus cotisants du portefeuille. Les flux futurs sont ici la différence entre les prestations et les primes futures probables actualisées de la garantie correspondante.
- BE de frais : sa valeur est la somme des frais futures probables actualisés des individus du portefeuille.
- BE Apporteur : sa valeur est la somme des flux de commissions futures actualisés.

La valeur du BE correspondante est ainsi la somme des partie du BE précédemment décrite, soit

$$\begin{aligned}
 BE(H) &= BE\_sinistres(H) + BE\_primes(H) + BE\_Apporteur(H) \\
 &+ BE\_frais(H) \\
 &= \sum_{i=1}^{30} \left[ \frac{Presta\_sin(i)}{(1+r_i)^i} + \frac{Presta\_cot(i) - Primes(i)}{(1+r_i)^i} + \frac{Frais(i)}{(1+r_i)^i} + \frac{Commissions(i)}{(1+r_i)^i} \right]
 \end{aligned}$$

avec :

- *Commissions* les commissions apporteurs.
- *Presta\_sin* et *Presta\_cot* les prestations des assurés respectivement en arrêt de travail et cotisants du portefeuille.
- *Primes* les primes d'assurance reçues.
- $r_i$  le taux d'actualisation issu de la courbe des taux zéro-coupon sans risque fournie par l'EIOPA.

Le BE Apporteur est également calculé pour les différents chocs de souscription de la formule standard. Cette partie du BE permet notamment d'absorber les pertes potentielles engendrées par le choc appliqué. En effet, dans une situation choquée, la dégradation de la sinistralité entraîne une baisse des profits futurs sur l'écoulement du produit, et donc mécaniquement une baisse des commissions reversées.

## 2.4.2 SCR Life et Health SLT

Dans cette partie, nous détaillons les chocs décrits en section [1.3.4](#). Le choc de rachat et le choc de frais étant communs aux deux garanties, ils ne seront décrits qu'une unique fois. Premièrement, un scénario non-choqué est réalisé afin d'obtenir le BE standard. Les hypothèses et/ou les calculs seront ensuite modifiés afin d'obtenir les BE choqués en vu de calculer le capital requis.

### 2.4.2.1 Calcul des chocs Life

**Choc de mortalité :** Par définition (COMMISSION EUROPÉENNE, [2014](#), Article 137), le choc de mortalité « est égal à la perte de fonds propres de base résultant de la hausse soudaine permanente de 15% des taux de mortalité utilisés pour le calcul des provisions techniques ».

Ainsi, ce choc correspond à une augmentation des taux de mortalité de 15% pour chaque âge. Dans notre modèle, deux tables sont utilisées pour les taux de mortalité : la table de mortalité abattue et la table de mortalité aggravée. Il convient donc de choquer ces deux tables.



Ces deux tables sont choquées de la même manière grâce à la formule

$$q_x^{choc} = q_x \times (1 + 15\%)$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} l_0^{choc} &= l_0, \\ l_{x+1}^{choc} &= l_x^{choc} \times (1 - q_x^{choc}). \end{cases}$$

**Choc de rachat :** Par définition (COMMISSION EUROPÉENNE, 2014, Article 142), le choc de rachat est « égal à la plus élevée des exigences de capital suivantes :

- l'exigence de capital pour risque de hausse permanente des taux de cessation,
- l'exigence de capital pour risque de baisse permanente des taux de cessation,
- l'exigence de capital pour risque de cessation de masse. »

Les deux premiers points correspondent à un choc relatif de hausse ou de baisse. Dans le scénario de hausse des taux de chutes, c'est une augmentation de 50% des taux. Ces derniers ne doivent en revanche pas dépasser 100%. Pour le deuxième point, c'est une baisse de 50% des taux dans la limite d'une diminution totale de 20bp. Ainsi, la table est choquée dans chacun des cas grâce aux formules

$$r_{choc}^{hausse} = \min(100\%, c \times (1 + 50\%)),$$

$$r_{choc}^{baisse} = \max(r - 20\%, c \times (1 - 50\%)),$$

avec  $c$  le taux de chute initial tiré de la table de taux de chute. On applique ces formules à chacun des taux de cette dernière.

Le dernier point, quant à lui, est un choc direct. Il correspond au remplacement du taux de chute lors de la première année par un taux de 40%. Il n'est plus récupéré dans la table.

**Choc de frais :** Par définition (COMMISSION EUROPÉENNE, 2014, Article 140), le choc de frais est égal à « la perte de fonds propres de base résultant de la conjugaison des modifications soudaines permanentes suivantes :

- une augmentation de 10% du montant des dépenses prises en considération dans le calcul des provisions techniques,
- une augmentation d'un point de pourcentage du taux d'inflation des dépenses (exprimé en pourcentage) utilisé pour le calcul des provisions techniques. »

#### 2.4.2.2 Calcul des chocs Health SLT

**Choc de morbidité :** Par définition (COMMISSION EUROPÉENNE, 2014, Article 156), le choc de morbidité est égal à « à la perte de fonds propres de base résultant de la conjugaison des modifications soudaines permanentes suivantes :

1. une augmentation de 35% des taux de morbidité concernant les 12 mois à venir,
2. une augmentation de 25% des taux de morbidité concernant les années qui suivent les 12 mois à venir,
3. une diminution de 20% des taux de rétablissement lorsqu'ils sont inférieurs à 50 %,
4. une augmentation de 20% des taux de maintien lorsqu'ils sont inférieurs ou égaux à 50 %. »

Les deux premiers points consistent à choquer les taux d'incidence en arrêt de travail selon l'année de projection courante. Lors du calcul de l'écoulement des flux, on a donc un taux d'incidence choqué à 35% lors de la première année de projection, et à 25% ensuite.

Pour rappel, le seul motif de sortie d'arrêt de travail est le décès. Ainsi, le troisième cas défini précédemment ne se présente pas.

Le dernier point consiste à choquer la table de maintien en arrêt de travail. Cette dernière est tout d'abord annualisée, puis choquée selon la formule suivante pour les taux de maintiens vérifiant la condition. Finalement, la table est mensualisée à nouveau en conservant l'effet de chute observé sur la table non choquée lors des premiers mois.

$$\begin{cases} L_{x,0}^{choc} & = L_{x,0}, \\ L_{x,anc+1}^{choc} & = L_{x,anc}^{choc} \times m_{x,anc} \times (1 + 20\%). \end{cases}$$

### 2.4.2.3 Agrégation des sous-modules

Une fois les BE choqués calculés, les SCR des sous-modules sont calculés comme la différence du BE choqué du sous-module et du BE central, soit

$$SCR_{sous\ module} = BE_{choqué} - BE_{central}.$$

Nous pouvons à présent agréger ces résultats pour obtenir les SCR des modules Vie et Santé. Le SCR du module Vie se calcule de la manière suivante, soit

$$SCR_{Life} = \sqrt{\sum_{r,c} CorrLife_{r,c} \times Life_r \times Life_c},$$

avec  $Life_r$  et  $Life_c$  des sous-modules Vie et  $CorrLife_{r,c}$  le coefficient de corrélation entre ces deux sous-modules. La matrice de corrélation de la formule standard utilisée pour ce module (COMMISSION EUROPÉENNE, 2014, Article 136) est la suivante. Les cases colorées en bleu sont celles qui interviennent dans nos calculs.

TABLE 2.8 – Matrice de corrélation Vie

	Mortalité	Longévité	Morbidité	Cessation	Dépenses	Révision	CAT
Mortalité	1						
Longévité	-0.25	1					
Morbidité	0.25	0	1				
Cessation	0	0.25	0	1			
Dépenses	0.25	0.25	0.5	0.5	1		
Révision	0	0.25	0	0	0.5	1	
CAT	0.25	0	0.25	0.25	0.25	0	1

Le SCR du module Santé SLT se calcule de la manière suivante, soit

$$SCR_{Health\ SLT} = \sqrt{\sum_{r,c} CorrSLT_{r,c} \times SLT_r \times SLT_c},$$

avec  $SLT_r$  et  $SLT_c$  des sous-modules Vie et  $CorrSLT_{r,c}$  le coefficient de cor relation entre ces deux sous-modules. La matrice de cor relation de la formule standard utilisée pour ce module (COMMISSION EUROPÉENNE, 2014, Article 151) est la suivante. Les cases colorées en bleu sont celles qui interviennent dans nos calculs.

TABLE 2.9 – Matrice de corrélation SLT

	Mortalité	Longévité	Morbidité	Dépenses	Révision	Cessation
Mortalité	1					
Longévité	-0.25	1				
Morbidité	0.25	0	1			
Dépenses	0.25	0.25	0.5	1		
Révision	0	0.25	0	0.5	1	
Cessation	0	0.25	0	0.5	0	1

## 2.5 Projection ORSA

Nous avons défini le fonctionnement du sous-modèle permettant l'écoulement des différents flux. À présent, nous pouvons passer au détail du modèle ORSA. À chaque année de projection ORSA  $H$ , le modèle exécute le sous-modèle d'écoulement des flux. Les inputs du modèle sont actualisés :

- Ajout de  $H$  années à l'âge, à l'ancienneté du prêt et à celle du sinistre.
- Mise à jour des probabilités des différents états : l'état de l'assuré en stock n'est plus certain, il peut avoir évolué durant ces  $H$  années.

À chaque pas de projection ORSA, un portefeuille hypothétique est ajouté afin de représenter les affaires nouvelles que l'assureur peut souscrire chaque année. La construction de ces portefeuilles sera détaillée dans le chapitre suivant.

En sortie de sous-modèle, un tableau par flux entrants ou sortants est disponible. Ces tableaux regroupent les flux des différents contrats par année de souscription : prestations AT, prestation DC, primes AT, primes DC, PSAP AT et PSAP DC. Deux autres tableaux similaires regroupant le calcul des provisions (PM et PRC) à chaque année de projection du sous-modèle sont définis. Le tableau [2.10](#) est une représentation du format de ces tableaux.

TABLE 2.10 – Sortie du sous-modèle - Écoulement des flux

Année de souscription	0	1	...	45
$Souscription\_min$	$Flux(0)$	$Flux(1)$		$Flux(45)$
$Souscription\_min + 1$	$Flux(0)$	$Flux(1)$		$Flux(45)$
			⋮	
2020 + $Num\_Proj\_ORSA$	$Flux(0)$	$Flux(1)$	...	$Flux(45)$

Grâce à ces tableaux, nous pouvons résumer, pour chaque projection ORSA, le montant total des flux entrants et sortants. Pour faciliter la lecture, nous ajouterons «  $(H, j)$  » au nom des flux. Par exemple, «  $Prime\_AT(H, j)$  » représente le montant des primes (i.e. la somme sur les lignes du tableau  $Prime\_AT$ ) au titre de la garantie AT de l'année d'écoulement de flux  $j$  (i.e. la colonne  $j$ ) pour la projection ORSA  $H$ . On obtient ainsi le tableau récapitulatif [2.11](#).

TABLE 2.11 – Sortie du modèle - Récapitulatif des projections ORSA

Flux \ Projection	0	1	...	5
PM	PM(0,0)	PM(1,0)		PM(5,0)
PRC	PRC(0,0)	PRC(1,0)	...	PRC(5,0)
Prestations AT	0	Prestations_AT(0,1)		Prestations_AT(4,1)
Prestations DC	0	Prestations_DC(0,1)		Prestations_DC(4,1)
PSAP AT	0	PSAP_AT(0,1)		PSAP_AT(4,1)
PSAP DC	0	PSAP_DC(0,1)		PSAP_DC(4,1)
Primes AT	Valeur donnée en entrée	Primes_AT(0,1)		Primes_AT(4,1)
Primes DC	Valeur donnée en entrée	Primes_DC(0,1)		Primes_DC(4,1)

Pour chaque année de projection ORSA  $H$ , les provisions (PM et PRC) sont égales à la somme actualisée et probabilisée des flux futurs. Les prestations et les primes correspondent aux flux de l'année. Ainsi, la valeur des provisions mathématiques et des provisions pour risque croissant est calculée en projection 0 du sous-modèle. En revanche, pour tous les autres flux, on récupère la valeur de la projection 1 du sous-modèle de la projection  $H - 1$ . En effet, le new business ajouté en  $H$  ne génère pas de prestations et de primes en  $H$ , il est donc nécessaire d'aller chercher le montant de prestations calculé sans ce nouveau portefeuille.

Nous pouvons à présent calculer les frais ainsi que les flux de réassurance et les commissions apporteur de chaque projection ORSA afin d'établir les comptes de résultat dans chacune de ces projections. Pour chaque année, les commissions apporteur sont calculées comme un pourcentage du résultat de l'année précédente.

### 2.5.1 Frais

L'assurance emprunteur comprend trois postes de frais. Ces derniers sont :

- Les frais d'acquisition : ils correspondent aux frais occasionnés par la conclusion des contrats. Par exemple, ils comprennent les frais d'ouverture des dossiers ou encore les frais de publicité.
- Les frais d'administration : ce sont les frais de gestion annuelle des contrats. Par exemple, ils comprennent les frais de personnel ou encore les frais d'encaissement des primes.
- Les frais de gestions de sinistres : c'est à dire les frais occasionnés par le traitement des sinistres, comme leur évaluation ou encore leur règlement.

Chacun de ces éléments est évalué deux fois : pour la garantie AT et pour la garantie DC. En effet, ces deux garanties ne faisant pas partie de la même LoB, il convient de les traiter séparément.

Les frais d'administration et d'acquisition sont calculés de la même manière. Nous appliquons un taux de frais aux primes de la garantie correspondante. Ces taux sont obtenus grâce à une chronique annuelle

de taux de frais donnée en input du modèle. Cette dernière nous donne un taux par année de projection ORSA.

Les frais de gestion de sinistres sont calculés comme un pourcentage des prestations et des provisions de la garantie correspondante. Ce pourcentage est obtenu grâce à une chronique similaire à celle des frais sur primes et donnée en input du modèle.

### 2.5.2 Réassurance

Dans le cadre de ce mémoire, uniquement des traités en Quote-Part seront utilisés afin de simplifier la modélisation. Ce type de traité consiste à céder un même pourcentage des primes et des prestations d'une branche. Ce taux est fixé par le traité établi. Chaque traité est associé à l'année de souscription à laquelle il se rapporte et à un taux de commission reversé au réassureur. Ainsi, un contrat d'assurance souscrit lors de cette année aura une part de ses cotisations et de ses prestations cédées.

Les sorties du sous-modèle à chaque projection ORSA étant le récapitulatif des différents éléments nécessaires (provisions, prestations et primes) pour chaque année de souscription (Tableau 2.11), nous pouvons aisément calculer nos flux cédés. Un traité peut s'appliquer à plusieurs années, il sera ainsi renseigné sur le même nombre de lignes que d'années de souscription concernées. Ainsi, pour chaque année de souscription du portefeuille, s'il existe un traité la concernant, on calcule les éléments suivants pour chacune des garanties :

- Cotisations cédées : elles sont calculées comme le taux de quote part des cotisations acquises brutes au titre de la garantie considérée.
- Commissions de réassurance : elles sont calculées comme un taux de commission appliqué aux cotisations acquises brutes au titre de la garantie considérée.
- Prestations cédées : On applique le taux de quote part aux prestations brutes de la garantie considérée.
- Provisions cédées : On applique le taux de quote part aux provisions brutes de la garantie considérée (PM pour la garantie DC et PRC pour la garantie AT augmentée des PSAP).

### 2.5.3 Compte de résultat

Nous avons à présent tous les éléments pour construire les deux comptes de résultat technique :

- Compte de résultat technique « Vie » pour la garantie DC,
- Compte de résultat technique « Non-Vie » pour la garantie AT.

Les tableaux 2.12 et 2.13 représente respectivement la modélisation des comptes de résultat technique Vie et Non-Vie.

TABLE 2.12 – Exemple de compte de résultat technique Vie

Poste	Formule	Valeur
E1 Cotisations Acquisées Brutes	$\text{Primes\_DC}(P)$	150
E5 Charges des Prestations Brutes	$E5a + E5b$	20
E5a Prestations et Frais Payés Bruts	$\text{Prestations\_DC}(P) + \text{Frais de gestion sur prestations } (P)$	15
E5b Charges des provisions pour prestations à payer brutes	$\text{PSAP\_DC}(P) - \text{PSAP\_DC}(P - 1)$	5
E6 Charge des provisions d'assurance vie	$\text{PM}(P) - \text{PM}(P - 1)$	85
E8 Frais d'acquisition et d'administration Bruts	$E8a + E8b$	10
E8a Frais d'acquisition bruts	$\text{Primes\_DC}(P) \times \text{taux\_frais\_acquisition}$	3
E8b Frais d'administration bruts	$\text{Primes\_DC}(P) \times \text{taux\_frais\_administration}$	7
E8c Commissions	$\text{Commissions\_Apporteurs}(P)$	5
EC1 Cotisations Cédées	$\text{Primes\_C\_DC}(P)$	20
EC5 Charges des Prestations Cédées	$\text{EC5a} + \text{EC5b}$	4
EC5a Prestations et Frais payés cédés	$\text{Prestations\_C\_DC}(P)$	3
EC5b Charges de provisions pour prestations à payer cédées	$\text{PSAP\_C\_DC}(P) - \text{PSAP\_C\_DC}(P - 1)$	1
EC6 Charges des Provisions d'Assurance Vie et Autres Provisions Techniques Cédées	$\text{PM\_C}(P) - \text{PM\_C}(P - 1)$	19
EC8 Frais cédés	EC8a	6
EC8a Commissions de réassurance	$\text{Commissions\_Reass\_DC}(P)$	6
Resultat net technique vie	$E1 - E5 - E6 - E7 - E8 - (\text{EC1} - \text{EC5} - \text{EC6} - \text{EC7} - \text{EC8})$	45

TABLE 2.13 – Exemple de compte de résultat technique Non-Vie

Poste	Formule	Valeur
D1 Cotisations Acquisées Brutes	$\text{Primes\_AT}(P)$	150
D4 Charges Sinistres	$D4a + D4b$	20
D4a Prestations et Frais Payés Bruts	$\text{Prestations\_AT}(P) + \text{Frais de gestion sur prestations}(P)$	15
D4b Variation Provisions Brutes	$\text{PSAP\_AT}(P) - \text{PSAP\_DAT}(P - 1)$	5
D5 Charge Autres provisions Techniques	$D5a$	80
D5a Variation Autres Provisions Techniques	$\text{PRC}(P) - \text{PRC}(P - 1)$	80
D7 Frais d'acquisition et d'administration Bruts	$D7a + D7b$	10
D7a Frais d'acquisition bruts	$\text{Primes\_AT}(P) \times \text{taux\_frais\_acquisition}$	3
D7b Frais d'administration bruts	$\text{Primes\_AT}(P) \times \text{taux\_frais\_administration}$	7
D7c Commissions	$\text{Commissions\_Apporteurs}(P)$	5
DC1 Cotisations Cédées	$\text{Primes\_C\_AT}(P)$	20
DC4 Charges Sinistres Cédées	$DC4a + DC4b$	4
DC4a Prestations et Frais payés cédés	$\text{Prestations\_C\_AT}(P)$	3
DC4b Variation Provisions Cédées	$\text{PSAP\_C\_AT}(P) - \text{PSAP\_C\_AT}(P - 1)$	1
DC5 Charges des Provisions d'Assurance Vie et Autres Provisions Techniques Cédées	$\text{PRC\_C}(P) - \text{PRC\_C}(P - 1)$	19
DC8 Frais cédés	$DC8a$	6
DC8a Commissions de réassurance	$\text{Commissions\_Reass\_AT}(P)$	6
Resultat net technique vie	$D1 - D4 - D5 - D6 - D7 - D9 - (DC1 - DC4 - DC5 - DC6 - DC7 - DC9)$	50





## Chapitre 3

# Conséquences de la pandémie et des évolutions législatives sur l'assurance emprunteur

Au début de l'année 2020, l'épidémie de la COVID-19 a heurté la France de plein fouet. De nombreux domaines ont été frappés : la santé, l'économie, l'immobilier, le chômage, etc. Dans ce chapitre, nous voulons capter les différents effets sur la situation économique et sociale actuelle ayant des conséquences sur l'assurance emprunteur. Les principaux domaines affectant l'assurance emprunteur sont : le marché de l'immobilier, le marché du crédit, la santé et la mortalité des individus et finalement la concurrence sur le marché de l'assurance emprunteur, soutenue par les évolutions législatives successives. En effet, la pandémie n'est pas le seul événement récent qui touche l'assurance emprunteur. Les évolutions législatives passées et à venir l'affectent également. Le but de ce mémoire est, suite à l'observation et l'analyse de certaines conséquences de la pandémie, notamment immobiliers, psychologiques ou sur les lois de rachats, d'en déduire des hypothèses d'évolutions dans un cadre ORSA sur 5 ans, pour en apprécier l'effet sur la rentabilité et la solvabilité de l'assureur.

Dans un premier temps, nous traitons les répercussions de la pandémie sur le marché immobilier. Ce dernier étant un sous-jacent affectant le business de l'assurance emprunteur, son analyse est essentielle. Ensuite, nous étudions les répercussions sur les arrêts de travail. Notamment, la pandémie a catalysé les problèmes de santé mentale des français. Les mesures restrictives, l'isolement, le chômage partiel, l'inquiétude face à l'infection... sont autant de facteurs dégradant la santé mentale des individus se répercutant donc sur les arrêts de travail. L'analyse d'études sur le sujet nous permettra d'affiner nos paramètres prospectifs sur 5 ans, en particulier sur la sinistralité en AT et décès. Finalement, nous souhaitons prendre en compte l'effet des évolutions législatives récentes, en ajustant les lois de rachat utilisées dans les calculs.

Ces différentes études nous permettront ensuite de calibrer différents scénarios ORSA probables pour un portefeuille de contrats d'assurance emprunteur afin d'apprécier les effets de la pandémie sur la rentabilité et la solvabilité de l'assureur. Un scénario central statu quo ainsi que deux scénarios dégradés par les effets de la pandémie seront calibrés afin de mesurer cet effet.

### 3.1 Étude du marché immobilier et répercussions sur l'assurance emprunteur

L'objectif de cette section est d'étudier l'évolution de différents indicateurs du marché immobilier à la suite de la pandémie, afin d'en mesurer les répercussions sur les hypothèses du modèle de calculs.

La question de l'exode urbain se pose également (BENKIMOUN, 2020). En effet, les confinements et l'essor du télétravail semblent avoir eu un effet sur le besoin d'espace et de confort intérieur et extérieur des individus. Ces derniers tendent donc à privilégier davantage l'achat de maisons ce qui entraîne également une augmentation de la demande dans ces zones périphériques, et donc des prix. L'objectif est alors de mesurer les conséquences de ce changement sur le paramétrage des capitaux empruntés, en amont des calculs de notre modèle assurance emprunteur.

Ces analyses permettent d'en déduire différentes tendances, que nous utiliserons pour calibrer les hypothèses sur nos portefeuilles prospectifs, aussi bien en central que sur des scénarios de stress.

#### 3.1.1 Présentation de la base de données immobilières

Afin d'étudier les répercussions de la pandémie sur le marché immobilier, nous nous appuyons sur la base de données en open data DVF (Demandes de Valeurs Foncières, ETALAB, 2021) produite par la direction générale des finances publiques. Ces données correspondent aux transactions immobilières réalisées lors des 5 dernières années, depuis 2016, sur tout le territoire métropolitain et les DOM-TOM à l'exception de l'Alsace, de la Moselle et de Mayotte.

Comme toute base de données, il est nécessaire de la traiter (doublons, valeurs aberrantes, etc.) avant de l'étudier. Par conséquent, dans cette section, nous présentons tout d'abord les données brutes ainsi que les variables auxquelles nous nous intéressons. Ensuite, nous détaillerons le pré-traitement des données.

##### 3.1.1.1 Les données brutes

La base de données nous procure un fichier par année sous la forme d'un fichier CSV. Dans chaque fichier, nous trouvons les transactions immobilières de l'année. Chaque ligne concerne un bien et présente ses caractéristiques. Ces dernières sont les suivantes :

- **Numéro de transaction** : lorsqu'une vente concerne plusieurs biens immobiliers, une ligne est enregistrée par bien avec le même numéro de transaction. Ce numéro correspond donc à l'identifiant unique de la vente.
- **Date de signature de l'acte de vente.**
- **Nature de la transaction** : vente classique, vente de terrain à bâtir, adjudication, etc.
- **Valeur foncière** : montant de la vente net de frais de notaire et de frais d'agence.
- **Adresse** : adresse du bien décomposée en plusieurs colonnes (numéro de voie, code postal, ville, etc.).
- **Code INSEE.**
- **Nombre de lots** : nombre de biens de la transaction.
- **Type de biens** : dépendance, appartement, maison ou local industriel.
- **Surface du bâtiment** : surface du bien mesurée au sol, entre les murs.
- **Nature de la culture** : concerne les terrains à bâtir, précise l'utilisation du terrains (bois, carrières, vergers, etc.).
- **Surface cadastrale** : surface du terrain hors bâtiment.

Certaines variables non expliquées sur le site officiel, et présentes dans la base de données initiale

(ancien code commune, ancien code département, etc.), sont par conséquent écartées de notre étude.

### 3.1.1.2 Pré-traitement

Premièrement, nous cherchons principalement à étudier l'évolution des prix et des volumes de ventes des biens correspondant à des lieux de résidence. Ainsi, nous conserverons uniquement les ventes concernant des appartements et des maisons. Par conséquent, la variable « Nature de la culture » est écartée de l'étude. Des adresses, nous ne conservons que le nom de la commune, le code postal, le numéro de département et le code INSEE.

De plus, comme expliqué précédemment, certaines transactions sont composées de plusieurs biens. Une ligne par bien est renseignée avec le même identifiant. En revanche, le prix de chacune de ces lignes est le prix total de la transaction et non le prix de chacun des biens. Pour corriger ce problème, nous agrégeons les données par numéro de transaction. Pour chaque numéro de transaction, nous sommes les surfaces. Le type de bien conservé est celui correspondant à celui de la majorité des biens du lot.

Pour étudier l'évolution des prix, nous avons la possibilité de calculer les prix au m<sup>2</sup>. Ce dernier est calculé comme le quotient de la valeur foncière à la surface du bâtiment. La surface cadastrale est exclue du calcul. En effet, le prix au m<sup>2</sup> du bâtiment est différent de celui du terrain du bien, or nous n'avons pas la donnée permettant de séparer chaque valeur foncière selon la partie relative au bâtiment et celle relative au terrain. Ainsi, il existera un biais dans nos calculs. Les prix au m<sup>2</sup> des biens avec terrains seront donc surestimés. En revanche, comme nous cherchons à étudier la tendance et non la valeur exacte des prix, ce biais ne sera pas bloquant pour l'étude.

Nous étudierons uniquement l'évolution du marché en France métropolitaine. Nous écartons ainsi les DOM-TOM de l'étude.

Finalement, certaines valeurs aberrantes se trouvent dans les données. Des prix au m<sup>2</sup> ou des valeurs foncières inférieurs à 1€ ou encore des prix au m<sup>2</sup> à plus de 100 000€. Ces éléments peuvent par exemple venir d'un manque d'information sur la transaction (surface mise par défaut à 1m<sup>2</sup>, bien vendu pour 1€ symbolique, etc.). Nous avons donc fait le choix arbitraire de retirer les lignes avec :

- un prix au m<sup>2</sup> supérieur à 40 000€. En effet, le prix au m<sup>2</sup> moyen le plus élevé pouvant être rencontré en France se trouve en moyenne à 11 k€ au m<sup>2</sup> (Ile de France). Cette mesure étant une moyenne, nous prenons donc une valeur plus élevée.
- un prix au m<sup>2</sup> inférieur à 200€.
- une valeur foncière inférieure à 1 000€. Le prix au m<sup>2</sup> le moins cher étant supposé à 200€, et nous pouvons également supposer que les surfaces des biens résidentiels excèdent au moins les 5m<sup>2</sup>, toute valeur foncière inférieure à 1 000€ est considérée comme valeur aberrante et est supprimée de la base de données.

### 3.1.2 Étude des données et mesure des répercussions sur l'assurance emprunteur

Les données sont traitées et étudiées avec le langage R (R CORE TEAM, 2021). Pour chaque mois et chaque année, nous calculons le prix au m<sup>2</sup> moyen, la valeur foncière moyenne, la surface moyenne et le nombre de ventes. Nous obtenons ainsi différentes séries de données dépendant du temps. Nous utilisons donc la théorie des séries temporelles (CHATFIELD, 1989) pour modéliser et prédire l'évolution des différents indicateurs retenus.

### 3.1.2.1 Rappel sur les séries temporelles

#### DÉFINITION

Une série temporelle  $(X_t)_t$  est une série de données indexée par le temps. L'objectif principal de l'étude d'une telle série est de prédire ses réalisations futures grâce aux valeurs observées passées de cette série. Contrairement à des modèles GLM, nous cherchons ici à modéliser l'évolution de la variable via une dépendance temporelle et non via la dépendance à d'autres variables.

Une série temporelle peut se décomposer en trois parties. Premièrement, la tendance désigne l'évolution au cours du temps indépendamment des fluctuations saisonnières. En d'autres termes, elle correspond au comportement global de la série. Ensuite, la saisonnalité désigne les variations saisonnières pures, c'est-à-dire la composante périodique de la série. Et finalement, une fois la tendance et la saisonnalité supprimées, seul reste le résidu de la série temporelle. Les deux premiers éléments sont déterministes contrairement au résidu qui est quant à lui aléatoire.

L'étude d'une série temporelle s'effectue en deux temps : évaluation des composantes déterministes et modélisation de la composante aléatoire. Le package *stats* du langage R (R CORE TEAM, 2021) permet d'évaluer les composantes déterministes à l'aide de la fonction *decompose* ou de la fonction *stl*. Avant de définir les modèles utilisés, nous allons tout d'abord rappeler la définition de stationnarité nécessaire pour la suite.

**Définition 3.1.** Un processus aléatoire  $(X_t)_t$  est stationnaire s'il est d'espérance constante

$$E[X_t] = \mu \quad \forall t,$$

et si les covariances sont stables par translation dans le temps, c'est-à-dire, pour tout  $h$

$$Cov(X_t, X_{t+h}) = \sigma(h) \quad \forall t,$$

avec  $\sigma(h)$  une fonction ne dépendant que de la variable  $h$  et non du temps.

En d'autres termes, une série temporelle stationnaire est une série dont les propriétés ne dépendent pas du moment où la série est observée. Ainsi, les séries temporelles avec des tendances, ou avec une saisonnalité, ne sont pas stationnaires. Une méthode permettant d'obtenir une série stationnaire est la différenciation. Le principe est le suivant : nous soustrayons l'observation précédente de l'observation actuelle. Cependant, une structure temporelle peut encore exister, notamment dans le cas d'une tendance non linéaire. Ainsi, nous répétons le processus de différenciation plusieurs fois jusqu'à ce que toute dépendance temporelle ait été éliminée. La saisonnalité peut également être éliminée par un processus de différenciation. Par exemple, une saisonnalité annuelle sur une série temporelle mensuelle peut être filtrée par une différenciation d'ordre 12. Nous pouvons à présent ajuster un modèle à la série obtenue via des processus d'auto-régression ou de moyennes mobiles. L'objectif de la modélisation est d'obtenir un résidu dit "bruit blanc", c'est à dire ne contenant plus aucune dépendance temporelle.

#### MODÈLE ET PRÉDICTION

Définissons tout d'abord les différents modèles classiques possibles. L'hypothèse centrale est que la valeur de la série à l'instant  $t$  dépend de ses valeurs aux instants passés. De plus, pour avoir un modèle au plus juste et valable, la stationnarité de la série étudiée est nécessaire.

**Modèle AR :** Dans un modèle autorégressif, nous modélisons la variable  $X_t$  en utilisant une combinaison linéaire des valeurs passées de la variable. Le terme « autorégression » indique qu'il s'agit d'une régression de la variable contre elle-même. Ainsi, un modèle autorégressif d'ordre  $p$  peut s'écrire

$$y_t = c + \phi_1 y_{t-1} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \epsilon_t,$$

avec  $\epsilon_t$  un bruit blanc et  $(\phi_i)_i$  les paramètres du modèle.

**Modèle MA :** Contrairement à un modèle AR, un modèle de moyenne mobile (ou Moving Average) utilise une combinaison linéaires des bruits blancs passés. Ainsi, un modèle de moyenne mobile d'ordre  $q$  peut s'écrire

$$y_t = c + \epsilon_t + \theta_1 \epsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \epsilon_{t-q},$$

avec  $(\theta_i)_i$  les paramètres du modèle.

**Modèle ARIMA :** Ce type de modèle sera utilisé lors de nos études. Si nous combinons la différenciation avec l'autorégression et un modèle de moyenne mobile, nous obtenons un modèle ARIMA, ARIMA étant l'acronyme de *AutoRegressive Integrated Moving Average*. Ce processus ne nécessite pas de série stationnaire, il effectue la différenciation nécessaire à rendre la série stationnaire, d'où le terme *Integrated* qui signifie l'opposé d'une différenciation. Un processus ARIMA d'ordre  $(p, h, q)$  s'écrit

$$\Delta^h y_t = c + \phi_1 \Delta^h y_{t-1} + \dots + \phi_p \Delta^h y_{t-p} + \theta_1 \epsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \epsilon_{t-q} + \epsilon_t,$$

avec  $\Delta^h y_t = y_t - y_{t-h}$ .

Le calibrage des valeurs de  $p$ ,  $h$  et  $q$  peut s'avérer délicat. Cependant, la fonction *auto.arima* du package *forecast* (HYNDMAN et al., 2021) le fait automatiquement. Cette fonction effectue une recherche de modèle et renvoie le meilleur modèle selon les critères d'AIC et de BIC. La fonction *Arima* de R estime ensuite les paramètres  $\phi$ ,  $\epsilon$  et  $c$ .

La fonction *auto.arima* utilise une variante de l'algorithme de Hyndman-Khandakar. Ce dernier combine des tests de stationnarité, la minimisation de l'AIC et du MLE pour obtenir le modèle le mieux ajusté à la série possible. L'AICc (critère d'information d'Akaike - Akaike Information Criterion) est une mesure de qualité de modèle statistiques. Il utilise le maximum de vraisemblance (MLE - Maximum Likelihood Estimation). L'AIC est un compromis entre le nombre de paramètres et la perte d'information résultante. En effet, l'ajout d'un paramètre entraîne une meilleure description de la série par le modèle. Ce gain d'information est parfois minime comparé à la complexité d'ajout d'un paramètre au modèle, l'AIC pénalise cela.

Les étapes de l'algorithme de la fonction *auto.arima* sont donc les suivants :

1. Le nombre de différenciation ( $h$ ) optimal est déterminée en utilisant un test KPSS. Ce test vise à savoir si la série résultant de la différenciation est stationnaire.
2. Les valeurs de  $p$  et  $q$  sont ensuite déterminées. L'algorithme ne considère pas toutes les combinaisons possibles mais réalise une recherche dite « stepwise » :
  - (a) Quatre modèle sont testés : ARIMA(0,  $h$ , 0), ARIMA(2,  $h$ , 2), ARIMA(1,  $h$ , 0) et ARIMA(0,  $h$ , 1),
  - (b) Le modèle avec l'AIC la plus faible est choisi,
  - (c) Des variations de ce modèle sont considérées (variation de  $p$  et  $q$  de  $\pm 1$ , inclusion d'une constante). Le modèle avec l'AIC la plus faible est choisi.
  - (d) L'étape (c) est répétée jusqu'à ce qu'aucun AIC plus faible ne soit trouvé.

Une fois le modèle calibré, nous pouvons à présent effectuer nos prévisions futures via les étapes suivantes :

- On isole le terme  $y_t$  du côté gauche de l'équation.
- On remplace  $t$  par  $T + H$  avec  $T$  le dernier temps d'observation et  $H$  la date de prédiction future désirée.
- On remplace les observations futures (entre  $T$  et  $T + H - 1$ ) par leurs prédictions, les bruits blancs futurs par 0 et les observations et erreurs passées par leurs valeurs.

La fonction *forecast* du package homonyme de R effectue ce calcul automatiquement pour la période de temps souhaitée.

**Modèle SARIMA :** Un tel modèle est construit en incluant des termes saisonniers supplémentaires dans les modèles ARIMA que nous venons de définir. On l'écrit  $SARIMA(p, h, q)(P, H, Q)_m$  avec  $m$  le nombre d'observations par an. La partie saisonnière du modèle s'exprime de manière similaire aux composantes non saisonnières. Les termes saisonniers supplémentaires sont simplement multipliés par les termes non saisonniers. En pratique, les fonctions *auto.arima*, *Arima* et *forecast* sont également utilisées. Ce modèle sera également utilisé lors de notre étude.

### ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE PRÉDICTION

Différentes métriques peuvent être utilisés pour mesurer la précision d'un modèle ou d'une prédiction. La fonction *accuracy* du package *forecast* (HYNDMAN et al., 2021) retourne la gamme de mesures de précision suivante :

- **ME** (Mean Error) : moyenne des résidus du modèle. Ici, les résidus sont définis comme la différence entre la valeur observée et la valeur prédite/mesurée.
- **RMSE** (Root Mean Square Error) : utile à la comparaison de différents modèles prédictifs sur un même ensemble de données. Cette mesure calcule l'amplitude des résidus.
- **MAE** (Mean Absolute Error) : ampleur moyenne des valeurs absolues des résidus sans tenir compte de leur direction.
- **MPE** (Mean Percentage Error) : moyenne des résidus en pourcentage.
- **MAPE** (Mean Absolute Percentage Error) : moyenne des écarts en valeur absolue par rapport aux valeurs observées. Elle ne peut s'appliquer que sur des valeurs strictement positives.
- **MASE** (Mean Absolute Scaled Error) : elle est indépendante de l'échelle des données.
- **ACF1** (Autocorrelation of errors at lag 1) : Il s'agit d'une mesure de l'influence de la valeur actuelle sur les valeurs précédentes.

Toutes ces métriques sont à minimiser en valeur absolue. Leur calcul mathématique est défini en annexe. Une méthode pour vérifier la qualité du modèle sur une série  $(X_t)_t$  avec  $t \in [0; T]$  est d'entraîner le modèle sur  $[0; k]$  avec  $0 \leq k \leq T$ , de prédire les valeurs de l'intervalle  $[k + 1; T]$  et de mesurer leurs précisions à l'aide des mesures définies précédemment.

#### 3.1.2.2 Effet sur les volumes de ventes

Compte tenu du caractère inédit de cette crise sanitaire, un ralentissement du marché immobilier a pu être constaté durant l'année 2020. En effet, la fragilisation de la situation financière des ménages (chômage partiel, licenciement économique, auto-entrepreneur, etc.) et le climat incertain de l'économie du pays a rendu frileux les acquéreurs. De plus, les conditions d'octroi de prêt se sont durcies. Dans la majorité des établissements bancaires, l'apport est devenu systématique, le respect de la règle d'endettement maximal de 33% a été fortement encouragé et l'attention portée sur la stabilité du secteur professionnel de l'individu a augmenté. De plus, les visites immobilières étaient interdites lors du

premier confinement (17 mars au 11 mai 2020).

Par conséquent, le nombre de ventes immobilières en 2020 semblent avoir connu une chute. Un volume de ventes en baisse touche donc l'assurance emprunteur puisque moins de contrats d'assurance emprunteur seront signés. Nous cherchons donc à capter cet effet dans nos données afin de comprendre l'effet de la pandémie sur le nombre de ventes afin de pouvoir émettre des hypothèses réalistes sur l'évolution de ce volume après 2020.

Premièrement, nous calculons donc le nombre de transactions immobilières en France par mois et depuis 2016. Nous obtenons ainsi l'évolution représentée sur la figure 3.1.

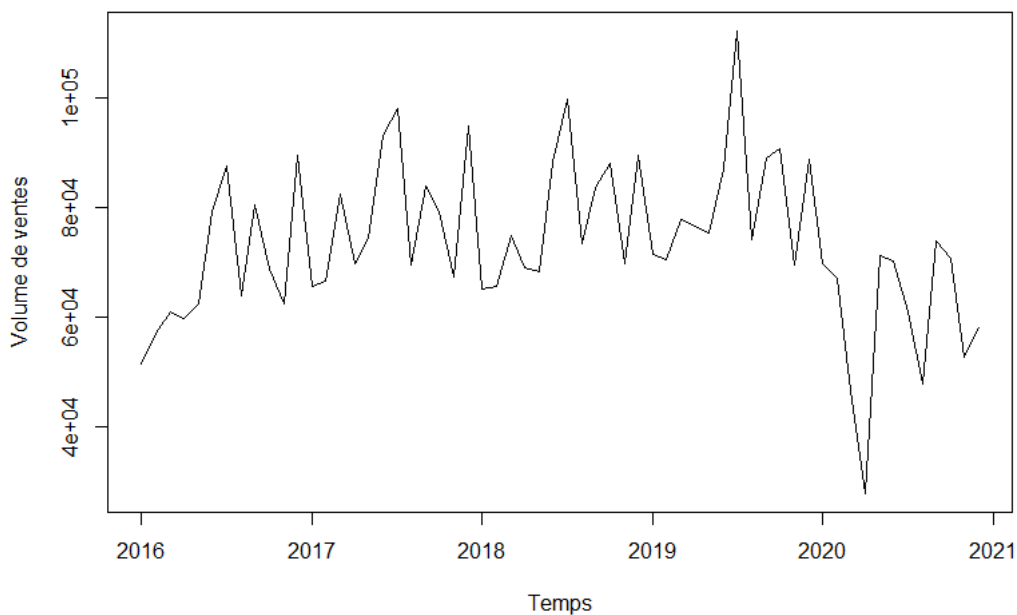


FIGURE 3.1 – Évolution du nombre de transactions immobilières depuis 2016 en France métropolitaine

Lors du premier confinement (du 17 mars au 11 mai 2020), particulièrement strict, on observe une forte chute du volume de ventes. Cette dernière s'explique par l'arrêt de la quasi totalité de l'activité immobilière. En effet, l'interdiction des visites et des rendez-vous chez les professionnels du droit, le caractère inédit de la période ainsi que les impossibilités de déménagement ont causé une chute drastique des ventes. On observe effectivement un passage d'environ 67 000 ventes en février 2020 à 28 000 en avril 2020, soit une baisse de 58% en deux mois. Or, les ventes avaient augmenté de 8% entre février et avril 2019.

On observe ensuite un rattrapage des ventes non réalisées lors du confinement du mois de mai 2020, avec 71 000 ventes, soit une augmentation de 156% en un mois. Concernant le deuxième semestre de 2020, la courbe semble reprendre la même tendance que celle qu'elle avait avant la pandémie. Afin de mesurer les conséquences de la pandémie, nous réalisons un modèle de séries temporelles sur la série allant de janvier 2016 à décembre 2019. L'objectif est d'utiliser ce modèle pour prédire l'évolution des transactions immobilières en 2020 dans le cas où la situation sanitaire exceptionnelle n'aurait pas eu lieu.

La fonction *auto.arima* nous retourne un modèle SARIMA(0, 1, 2)(0, 1, 0)<sub>12</sub>. En traçant les valeurs brutes et les valeurs obtenues par le modèle, nous obtenons la figure 3.2. Les valeurs des mesures de précisions se trouvent sur le tableau 3.1.

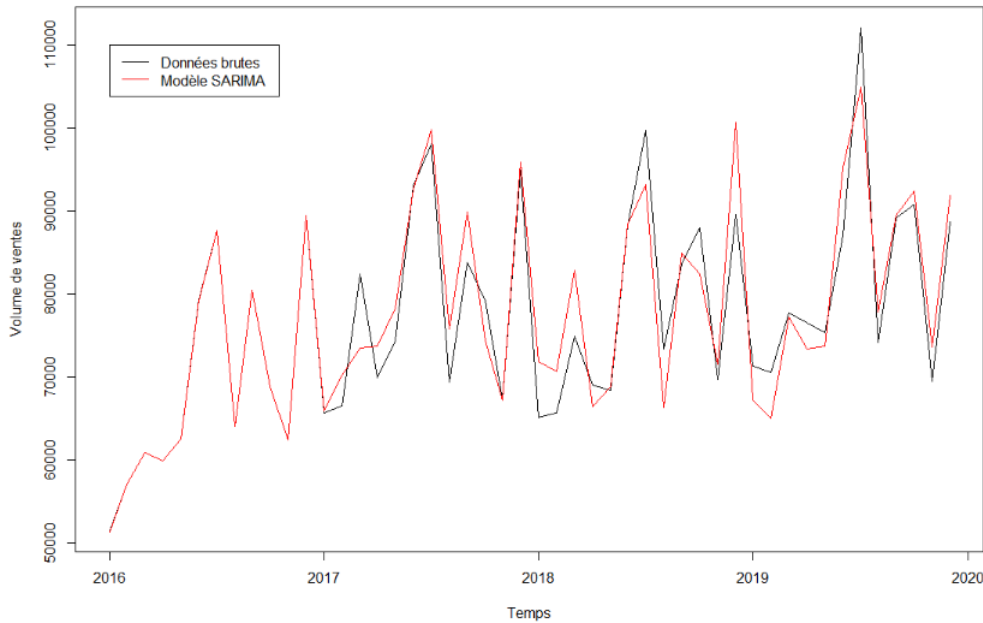


FIGURE 3.2 – Ajustement du modèle aux données brutes

ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE	MASE	ACF1
-495.27	4174.13	2920.203	-0.76	3.71	0.49	-0.04

TABLE 3.1 – Mesures de précision du modèle en figure 3.2

On peut noter que visuellement, le modèle semble suivre les évolutions de la courbe. Néanmoins, des écarts prononcés sont visibles sur certaines zones de la courbe, expliquant les fortes valeurs des mesures ME, RMSE et MAE. Une valeur de MASE de 1 signifie que le modèle prédit les observations suivantes uniquement en se basant sur la dernière observation, donc que la précision est médiocre. Une MASE à 50% signifie que la précision est 2 fois meilleure. À défaut de pouvoir obtenir un modèle plus précis, nous nous satisfaisons de celui-ci.

Une autre méthode pour évaluer la qualité d'un modèle de série temporelle est de réaliser un test de Ljung-Box sur les résidus du modèle. Ce dernier teste si les résidus sont des bruits blancs, c'est-à-dire dont la structure ne dépend pas du temps. La fonction `Box.test(fit$residuals, type = "Ljung")` du package `stats` de R réalise ce test avec `fit$residuals` les résidus du modèle. Pour notre modèle, on obtient une p-value de 0.76, ce qui nous amène à ne pas rejeter l'hypothèse d'indépendance temporelle des résidus. Nous pouvons en conclure que ce sont des bruits blancs et que le modèle a capté toute la dynamique temporelle des données.

Nous pouvons à présent passer à la prédiction hors pandémie. Sur la figure 3.3, nous avons tracé cette dernière ainsi que la tendance réelle du volume de ventes sur la période d'observation. Ces tendances sont obtenues à l'aide de la fonction `stl()` qui prend en entrée une série temporelle et en ressort la tendance, la saisonnalité et le bruit résiduel de cette dernière.

On voit nettement la divergence entre la prédiction hors pandémie et l'évolution réelle observée. On peut discuter la tendance réelle calculée. En effet, la chute liée au premier confinement fait largement décroître la tendance. Cependant, comme expliqué précédemment, cette baisse est ponctuelle. En revanche, on peut noter qu'après cette chute brève, la tendance repart à la hausse. Cette dernière



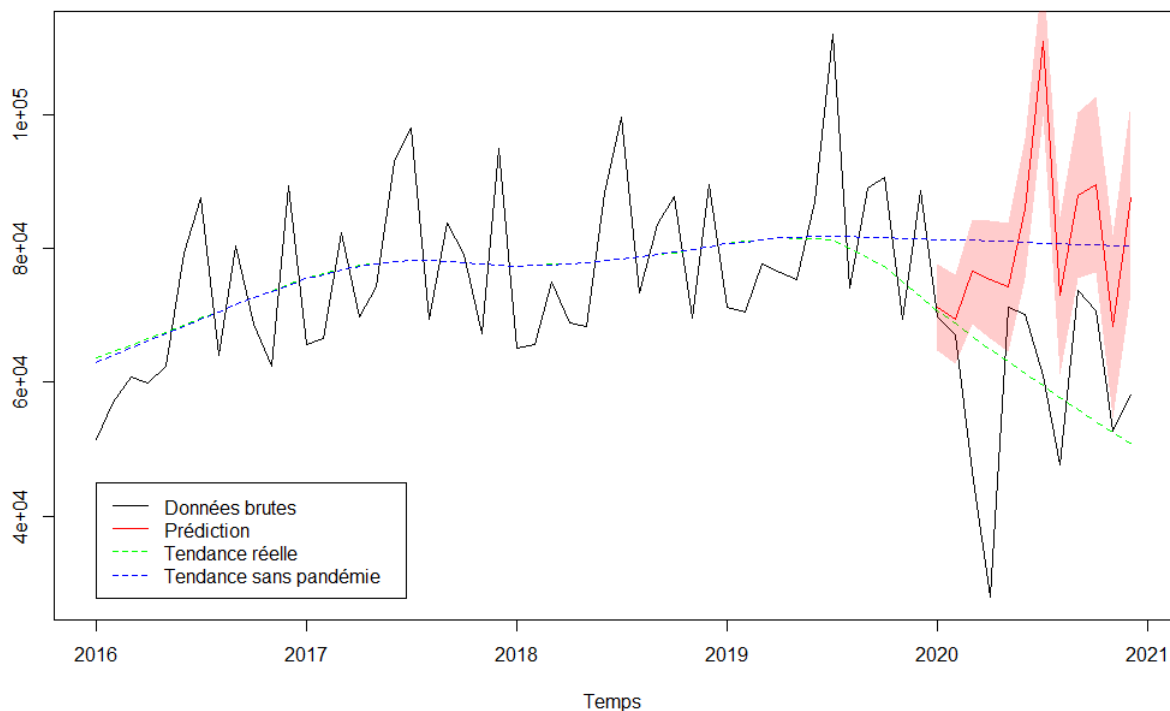


FIGURE 3.3 – Prédiction hors pandémie du volume de transactions immobilières (niveau de confiance 95%)

semble être plus accentuée que la tendance des années 2016 à 2019.

La FNAIM (Fédération Nationale de l'Immobilier) a récemment publié une étude sur le marché de l'immobilier début 2021. Nous avons ainsi accès à un recul supplémentaire sur la situation. Le nombre de ventes mensuelles a augmenté durant les 3 premiers mois de 2021. Lors de ces derniers, le nombre de transactions immobilières a été supérieur aux trois premiers mois de l'année 2019, considérée comme une année record.

Ainsi, deux scénarios semblent possibles :

- Retour au niveau de ventes d'avant pandémie courant 2021 et à une tendance similaire, c'est à dire en légère hausse de 10% (obtenue par la réalisation d'une courbe de tendance linéaire sur la période 2016-2019 sur Excel).
- Cette augmentation sur les premiers mois de 2021 peut être ponctuelle, au vu de la volatilité des données brutes. Ainsi, une possibilité serait la conservation de la tendance observée du deuxième semestre de 2020.

Dans le premier cas, la reprise du niveau et de la tendance passée consiste en une légère hausse des nouvelles affaires de l'assureur chaque année. En effet, notre étude se place au 31/12/2020. Ainsi, la baisse du nombre de souscriptions due à la pandémie et à la chute des ventes immobilières a déjà été vécue par l'assureur. Dans ce mémoire, nous nous intéressons aux années 2021 à 2025, il s'agit donc d'émettre l'hypothèse que le volume de contrats souscrits chaque année est légèrement supérieur à celui de l'année précédente. Pour l'année 2021, on se base sur l'évolution réellement observée sur le premier semestre déjà passé.

Dans le deuxième cas, nous pouvons faire évoluer le nombre de contrats souscrits en 2020 selon la

tendance du semestre 2 de cette même année. Ce cas correspond à une augmentation plus forte et progressive que le premier cas mais en partant d'un volume plus faible en 2020 lié à la crise. Cette tendance semble croissante, avec une pente plus importante que celle de l'avant pandémie. Nous pouvons mesurer son coefficient directeur et l'appliquer au nombre de ventes de 2020.

Les pics de saisonnalité habituellement observés ne se sont pas produits en 2020 compte tenu de l'inédit de la situation et de son effet ponctuel. Nous prenons néanmoins en compte cette saisonnalité dans la modélisation des années futures du cadre ORSA.

L'objectif est de mesurer les conséquences d'une évolution du nombre de contrats d'assurance emprunteur souscrits sur la rentabilité et la solvabilité de l'assureur. Néanmoins, ce n'est pas le seul angle à mesurer. En effet, une augmentation du nombre de transactions immobilières est liée à l'évolution des prix sur le marché. La partie suivante consistera à mesurer l'évolution des prix de l'immobilier, et par conséquent des montants empruntés.

### 3.1.2.3 Effet sur l'évolution des montants de prêts

Un autre indicateur du marché de l'immobilier affectant celui de l'assurance emprunteur est le prix des biens. En effet, une hausse des prix de l'immobilier implique une augmentation des montants empruntés. L'objectif est donc de coupler l'évolution des prix à l'effet volume que nous avons précédemment étudié.

Les montants empruntés sont immédiatement reliés aux valeurs foncières des biens. Dans cette étude, nous supposons que l'évolution moyenne des apports est constante. Effectivement, l'épargne des ménages semble avoir été affectée à la suite de la pandémie, les apports pourraient donc également évoluer selon la crise. Cependant, par manque de données sur le sujet, nous émettons l'hypothèse selon laquelle l'évolution des montants empruntés est la même que celle des prix de l'immobilier.

Observons tout d'abord les valeurs foncières moyennes mensuelles des biens achetés de 2016 à 2020. Ces valeurs sont représentées sur la figure [3.4](#).

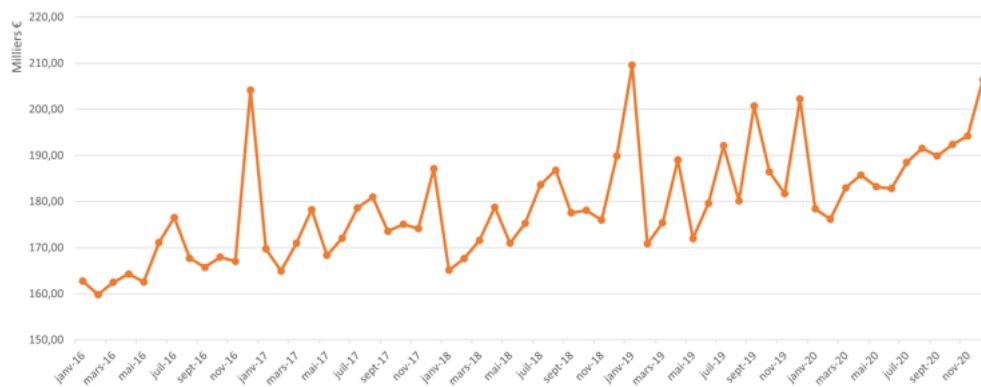


FIGURE 3.4 – Valeur foncière moyenne mensuelle de 2016 à 2020

Théoriquement, le marché de l'immobilier est un marché saisonnier. Les prix n'évoluent pas de la même manière selon la période de l'année. En effet, le passage de l'hiver au printemps influence le moral des individus et leurs envies d'avancer dans leurs projets. De plus, signer un compromis de vente au printemps permet aux familles de déménager durant l'été et de favoriser de bonnes conditions de rentrées scolaires pour les enfants. En revanche, vendre un bien durant l'hiver, notamment si ce dernier possède un espace extérieur, n'est pas optimal. Ainsi, les prix sont au plus bas durant les trimestres 1 et 4 de l'année et au plus haut durant les trimestres intermédiaires.

Ainsi, les pics systématiques que nous retrouvons en hiver chaque année sont non expliqués. De plus le dôme qui devrait être observé en milieu d'année est ici remplacé par une forte volatilité. Nous avons donc cherché à comprendre l'origine de ces variations. Il semble que ces dernières ont pour origine la volatilité de la variation de la superficie moyenne des biens vendus. Pour illustrer cela, l'évolution de la superficie moyenne des biens vendus est tracée sur la même figure que les valeurs foncières moyennes mensuelles (en figure 3.5).

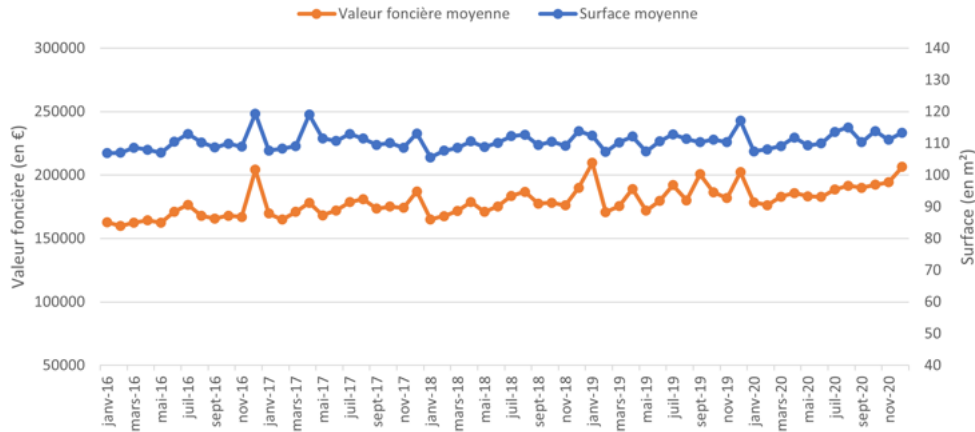


FIGURE 3.5 – Valeur foncière et surface moyenne

On observe une forte similarité entre ces deux indicateurs. En effet, les pics de la courbe de la surface moyenne sont quasiment identiques à celle de la valeur foncière moyenne. L'augmentation de la surface moyenne semble causer une augmentation du prix moyen des biens. Pour palier à ce problème, nous retirons la volatilité de la surface à la courbe des prix. Une manière de réaliser cela est d'étudier les prix au m<sup>2</sup>. Le but est d'étudier la tendance d'évolution des prix au m<sup>2</sup> afin de l'appliquer aux montants des prêts du New Business dans le but de mesurer les répercussions de cette dernière sur la rentabilité et la solvabilité de l'assureur.

Ainsi, nous traçons la courbe d'évolution des prix au m<sup>2</sup> moyens mensuels en figure 3.6. On observe ici l'évolution théorique attendue expliquée précédemment. Au deuxième semestre de 2020, on peut noter une rupture de pentes. À ce moment, l'augmentation des prix s'accélère. Une manière d'observer ce phénomène est de réaliser une prédiction sur 2020 à l'aide des données de 2016 à 2019, comme nous avons pu le faire précédemment pour les nombres de ventes.

Grâce à la fonction *auto.arima*, on obtient un modèle SARIMA(1, 0, 0)(0, 1, 1)<sub>12</sub> avec drift. Le drift est par définition la constante ajoutée à chaque  $X_t$ ,  $\forall t$ , avec  $X_t$  la valeur de notre modèle à chaque temps  $t$ . Nous obtenons les résultat de la figure 3.7 et les mesures de précisions associées en table 3.2.

ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE	MASE	ACF1
1.32	10.59	6.58	0.07	0.34	0.15	-0.01

TABLE 3.2 – Mesures de précision du modèle en figure 3.7

Le modèle semble mieux s'ajuster à la courbe que le modèle des volumes de transactions immobilières. Ici, la MASE est égale à 15%, ce qui est 3 fois mieux que le précédent modèle réalisé. Cette différence de précision s'explique par la différence de volatilité des deux modèles. En effet, les volumes de ventes présentent un fort bruit. Au contraire, les prix au m<sup>2</sup> démontrent une saisonnalité nette, sans forte volatilité apparente. Le test de Ljung-Box donne une p-value d'une valeur de 0.93, les résidus sont donc

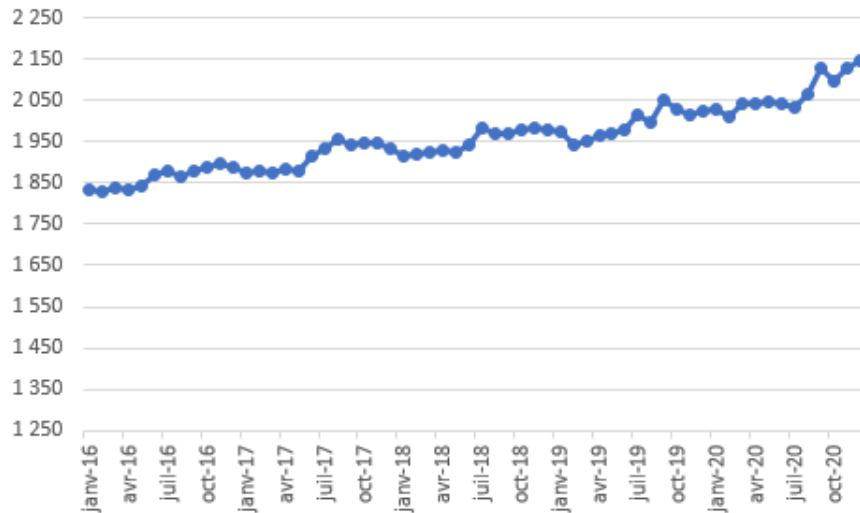
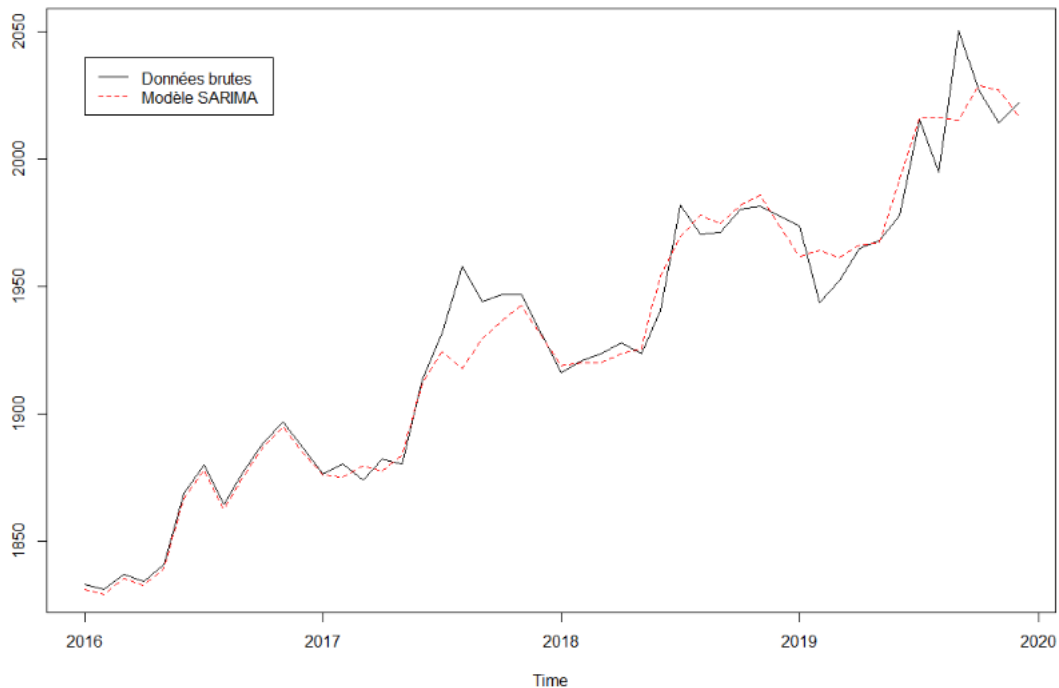
FIGURE 3.6 – Evolution des prix au m<sup>2</sup> moyens (en €)

FIGURE 3.7 – Ajustement du modèle sur les données de 2016 à 2019

ici aussi considérés comme des bruits blancs et le modèle est donc validé. Nous pouvons donc passer à la prévision sur 2020. Nous obtenons la courbe en figure [3.8](#)

Nous pouvons observer sur la figure [3.8](#) que les prix ont tout d'abord baissé lors de l'été 2020. Cette baisse est probablement causée par l'affaiblissement du nombre de signatures de promesses de ventes lors du premier confinement, causant une baisse de la demande et donc une baisse des prix. Le décalage de trois mois entre la cause et la conséquence est dû au délai entre la promesse de vente et l'acte de vente. En effet, la date de vente renseignée dans les données est celle de la signature de l'acte de vente. Par conséquent, l'effet visible en juillet 2020 a en réalité eu lieu en avril 2020 environ.

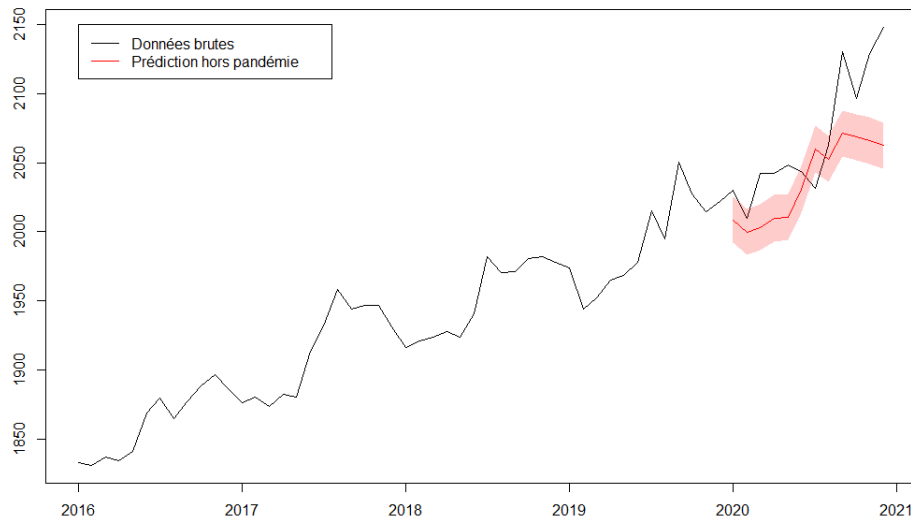


FIGURE 3.8 – Prédiction de l'évolution pour un scénario sans pandémie (niveau de confiance 95%)

Nous pouvons ensuite remarquer un rattrapage post-confinement. En effet, l'augmentation de la demande en sortie de confinement a impliqué une hausse des prix visible sur le dernier trimestre de 2020. L'étude de la FNAIM confirme la conservation de cette accélération des prix début 2021.

Les prix de l'immobilier semblent donc en forte hausse depuis le premier déconfinement. Plusieurs scénarios sont possibles :

- Premièrement, une conservation de la tendance réelle du deuxième semestre de 2020 peut être étudiée.
- Cependant, comme le passé l'a démontré avec les bulles immobilières des années 80 et des années 2000, une accélération de la hausse est souvent suivie par un krach du marché immobilier. La bulle des années 2000 semblait notamment déjà faire de la résistance. Les prix immobiliers ne cessent d'augmenter depuis une dizaine d'années. Un scénario envisageable serait la survenue d'un krach immobilier lors des 5 prochaines années. En effet, un tel événement affecte l'assurance emprunteur : baisse drastique du nombre de nouvelles souscriptions et décroissance des montants empruntés.
- Finalement, un "retour à la normale" peut également être envisagé, c'est à dire un retour à la tendance observée entre 2016 et 2019.

#### 3.1.2.4 Départ des métropoles

La pandémie semble avoir augmenté la volonté des individus à chercher plus de confort pour leur résidence principale. De plus, il semble également qu'un exode des métropoles vers les villes « moyennes » ait lieu. En effet, ces villes offriraient, contrairement aux métropoles, une proximité avec la nature plus importante tout en conservant la proximité avec les commerces et les services.

Ces deux effets de la pandémie pourraient s'observer via une séparation des données : maisons ou appartements. En effet, la recherche d'espace et de confort pourrait se traduire par une augmentation des ventes de maisons. De plus, les métropoles étant composées majoritairement d'appartements, capter un mouvement des appartements vers les maisons pourrait également permettre de mesurer l'exode urbain évoqué.

Nous séparons ainsi la base de données des transactions immobilières en deux : une base relative aux

ventes de maisons, une autre pour les appartements. La valeur foncière moyenne depuis 2016 pour les maisons est de 234 000€ et de 148 000€ pour les appartements. Ainsi, si les individus se tournent vers des achats de maisons plutôt que vers des appartements, les souscriptions d'assurance emprunteur futures seront associées à des prêts de valeur croissante.

Premièrement, nous étudierons l'évolution du nombre de ventes de maisons et d'appartements. Ensuite, nous mesurerons l'évolution des prix au m<sup>2</sup> dans chacune de ces deux catégories de biens. Ces études nous permettront de séparer le New Business en deux catégories et de faire évoluer le volume et les montants empruntés de ces dernières.

### PART DE MAISONS ET D'APPARTEMENTS

Dans un premier temps, nous calculons dans chacune des deux bases l'évolution du nombre mensuel de transactions de 2016 à 2020. Ensuite, nous déterminons le pourcentage de ventes correspondant à des maisons. Nous obtenons la courbe représentée en figure 3.9.

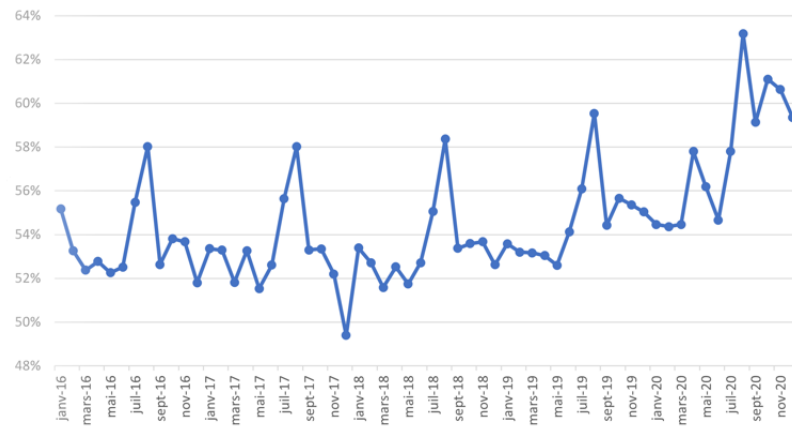


FIGURE 3.9 – Part de ventes de maisons (en %)

Outre la saisonnalité apparente en été, on observe une forte hausse de la proportion des ventes de maisons en 2020. En effet, on passe d'un niveau à environ 54% début 2020 à 60% fin 2020. Nous allons donc étudier les différentes possibilités d'évolution de cette proportion.

Premièrement, nous avons modélisé l'évolution de la courbe 3.9 à l'aide d'un modèle SARIMA(0, 1, 2)(0, 1, 0)<sub>12</sub> (choisi grâce à la fonction *auto.arima*). Ce modèle nous a permis d'obtenir la prédiction sur 5 ans représentée en figure 3.10.

Cette prédiction peut néanmoins être discutée. La croissance observée lors de la prédiction apparaît très forte comparée à l'historique. Ceci est dû à l'augmentation soudaine de la part de maisons sur le deuxième semestre de l'année 2020. En effet, la rupture de pente au deuxième semestre de 2020 cause une augmentation jusqu'à 100% de maisons lors de la prédiction. Ceci n'est pas réaliste. Dans la suite, nous considérerons plutôt que la part des maisons vendues se stabilise pendant une certaine durée à 60% avant de décroître et de se stabiliser à son niveau d'avant pandémie (54%), i.e. on considère que le pic a déjà été atteint. Nous jugeons cette tendance temporaire car il est probable que cette volonté de confort accrue soit effacée à mesure que la crise sanitaire se dissipe.

De plus, nous pouvons également supposer que cette idée de confort ne se dissipe pas complètement dans les esprits des individus mais qu'elle est plutôt conservée en partie dans la société. Ainsi, nous

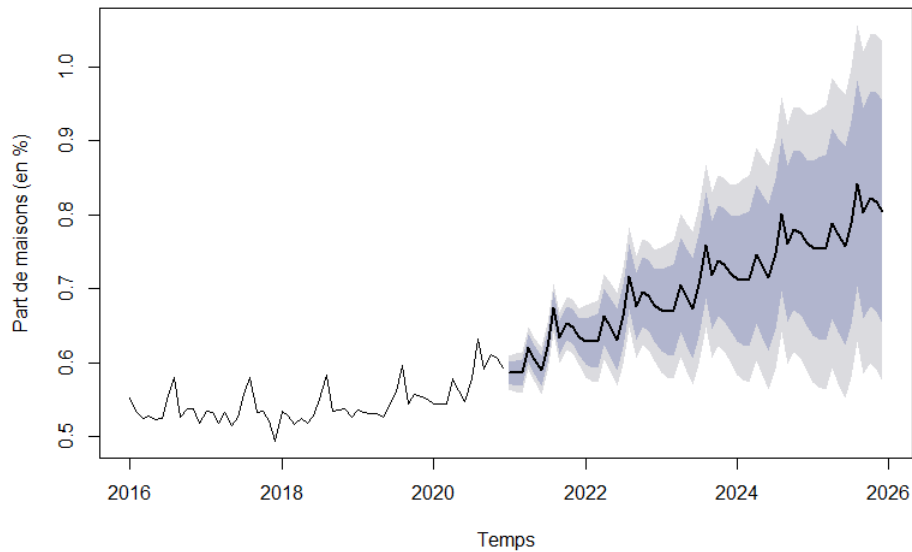


FIGURE 3.10 – Prédiction de l'évolution de la proportion des ventes relatives à des maisons

pourrions, après le plateau à 60%, faire décroître la part des maisons vendues jusqu'à un plateau inférieur à 60%, mais tout de même plus élevé que celui d'avant la pandémie. Dans ce cas, nous émettons donc l'hypothèse que la modification du comportement des acheteurs est durable.

Une approche similaire mais en nombre a été réalisée. Le nombre d'appartements et celui de maisons ont été modélisés de manière indépendante afin d'en déduire la part de maisons. Cependant, ce type d'étude ne contourne pas le problème rencontré lors de la modélisation immédiate de cette dernière. Nous conservons donc l'étude originelle.

### ÉTUDE DES PRIX SELON LE TYPE DE BIENS

Après avoir séparé notre New Business en deux catégories, il convient d'étudier l'évolution des prix dans ces dernières. En effet, si les prix n'évoluent pas de la même manière, nous appliquerons une évolution des montants empruntés différente dans chacune.

Pour chaque catégorie, nous étudions l'évolution du prix au m<sup>2</sup>. Pour les comparer entre elles, nous calculons pour chacune le taux d'évolution chaque mois par rapport à janvier 2016. Nous obtenons donc les courbes de la figure [3.11](#).

On observe que l'évolution des prix semble similaire dans les deux catégories. Afin de confirmer cette observation graphique, nous effectuons une régression linéaire par courbe et réalisons un test statistique comparant les pentes de ces dernières.

**Régression linéaire :** Une régression linéaire est un modèle qui cherche à établir une relation entre une grandeur et une ou plusieurs autres grandeurs. Dans notre cas, nous cherchons à établir un lien entre le pourcentage d'évolution et le temps. Le relation est donc

$$Y_t = a \times t + b + \epsilon_t,$$

avec  $t$  le temps,  $Y_t$  le taux d'évolution en  $t$ ,  $a$  et  $b$  deux constantes et  $\epsilon_t$  le terme correspondant à l'erreur de la régression. La fonction `lm` du package `stats` de R permet de réaliser une régression linéaire et ainsi

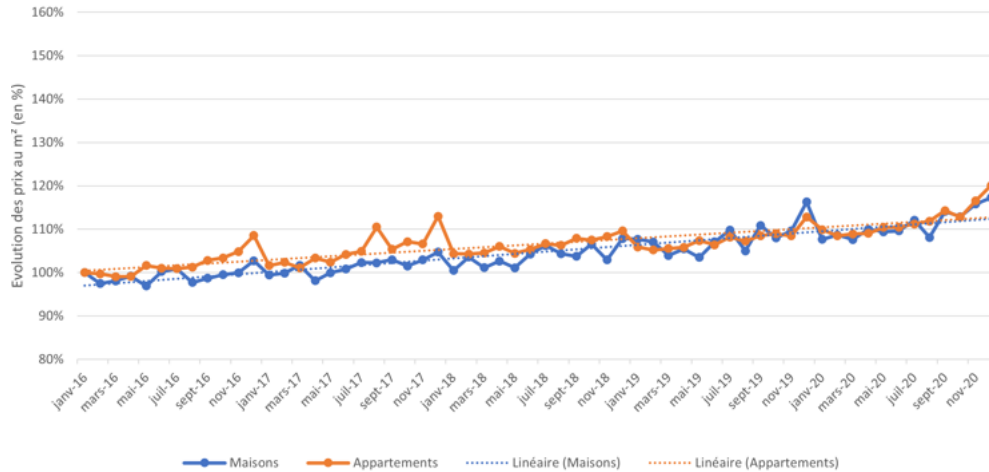


FIGURE 3.11 – Comparaison de l'évolution des prix des maisons et des appartements

d'estimer les paramètres  $a$  et  $b$ . Nous appliquons cette fonction à nos deux courbes. Nous obtenons ainsi les deux droites présentes sur la figure [3.12](#)

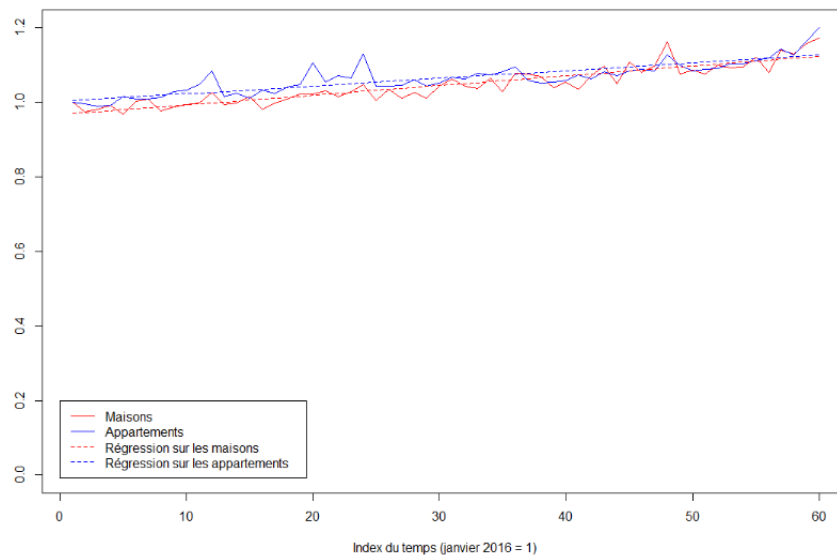


FIGURE 3.12 – Régressions linéaires sur les courbes d'évolutions des prix de chaque type de biens

La fonction *summary* appliquée au résultat de la régression permet d'obtenir plusieurs informations pertinentes sur cette dernière. Les éléments suivants permettent notamment d'évaluer la qualité de la régression :

- Le  $R^2$  ajusté doit être au plus proche de 1.
- La p-value du coefficient  $a$  doit être inférieure à 0,05.
- Les résidus doivent suivre une loi normale centrée en 0. Cette condition peut être vérifiée en observant l'histogramme des résidus. Ce dernier doit avoir l'allure d'une loi normale et être centré en 0.
- Les résidus doivent être homogènes, c'est à dire que leur variance doit être indépendante du temps. Cette condition peut être vérifiée par un graphique « Residuals vs Fitted Plot ».

Pour chacune de nos courbes, nous avons vérifié les conditions citées ci-dessus. Les p-values sont bien



inférieures à 0,05. Nous obtenons des histogrammes (figure 3.14) et des « Residuals vs Fitted Plot » (figure 3.13) qui sont cohérents avec les conditions énoncées.

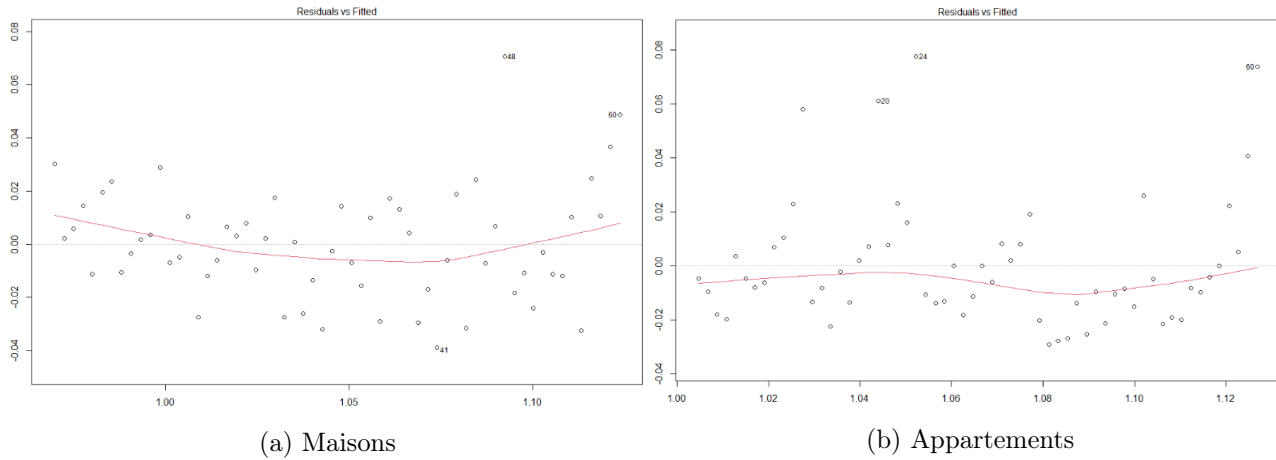


FIGURE 3.13 – Résidus VS Fitted Plot sur les régressions des évolutions des types de biens

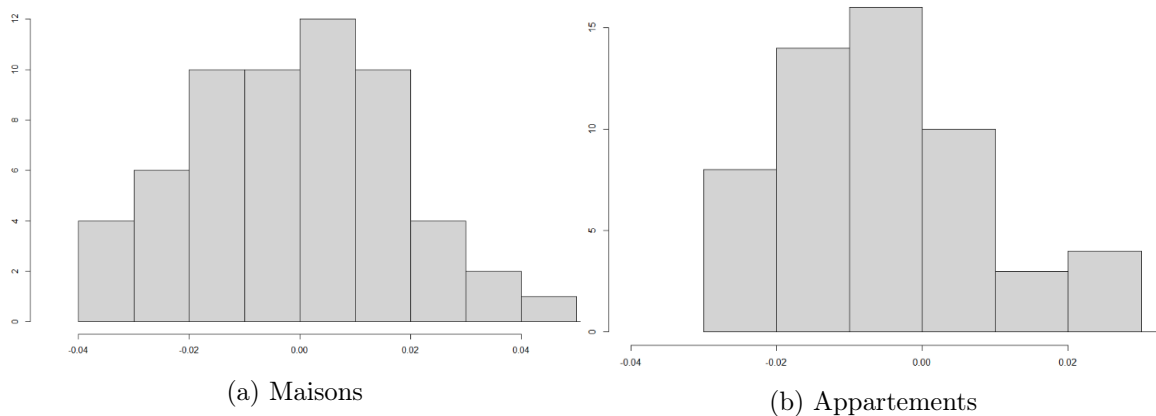


FIGURE 3.14 – Histogrammes des résidus des régressions

**Test statistique de différence des pentes :** On compare les coefficients  $a$  des régressions par un test de Student. Cette comparaison n'est possible que si les variances résiduelles des deux séries ne sont pas significativement différentes.

La première étape consiste alors à réaliser un test de Snedecor sur les variances résiduelles des deux séries (notées  $s_{r,1}$  et  $s_{r,2}$ ). On vérifie que la valeur du F-test (calculée comme le quotient de la variance résiduelle la plus forte avec la plus faible) est inférieure ou égale au F de la table de Fisher-Snedecor pour  $(n_1 - 2, n_2 - 1)$  degrés de liberté et au risque de 5%, avec  $n_1$  et  $n_2$  les nombres d'observations associés à chaque série.

Si le test de Snedecor est vérifié, on peut alors calculer la variance résiduelle commune comme

$$s_r = \frac{s_{r,1} + s_{r,2}}{n_1 + n_2 - 4}.$$

La valeur du T-test du test de Student peut alors être calculé grâce à la formule

$$T\text{-test} = \frac{|a_1 - a_2|}{\sqrt{s_r \times \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^{n_1} (x_1 - x_1^m)^2} + \frac{1}{\sum_{i=1}^{n_2} (x_2 - x_2^m)^2} \right)}}$$

avec  $x_1 = x_2$  le nombre de mois depuis janvier 2016 (janvier 2016 équivaut à 1, février 2016 à 2, etc.) et  $x_1^m = x_2^m$  la moyenne de ces variables.

Si la valeur du T-test est incluse dans l'intervalle de confiance à  $(n_1 + n_2 - 2)$  degrés de libertés, alors on en conclut qu'il n'y a pas de différence significative entre les pentes des deux régressions. Les résultats de ces différentes étapes sont résumés dans le tableau [3.3](#).

TABLE 3.3 – Résumé du test de différence des pentes des régressions

	Maisons	Appartements
Nombre d'observations	$n_1 = 60$	$n_2 = 60$
Variance des résidus	$s_{r,1} = 0.00044$	$s_{r,2} = 0.0055$
$\sum_{i=1}^{60} (x_i - x_i^m)^2$	17 995	17 995
F-test	0,8049	
Test de Snedecor	Vérifié	
$s_r$	$8.55 \times 10^{-6}$	
T-test	0.574	
Intervalle de confiance	[-3.1738, 3.1738]	

En conclusion, nous obtenons donc qu'il n'y a pas de différence significative entre les évolutions des prix au m<sup>2</sup> des maisons et des appartements. L'année 2020 étant particulière, nous avons réalisée la même étude de pentes sur cette année uniquement. Nous obtenons les régressions de la figure [3.15](#). Un test statistique de différence de pente similaire a été réalisé. Nous obtenons également une absence de différence significative entre les évolutions des prix au m<sup>2</sup> des maisons et des appartements en 2020. Nous ferons donc évoluer les montants empruntés des deux sous-catégories de la même manière.

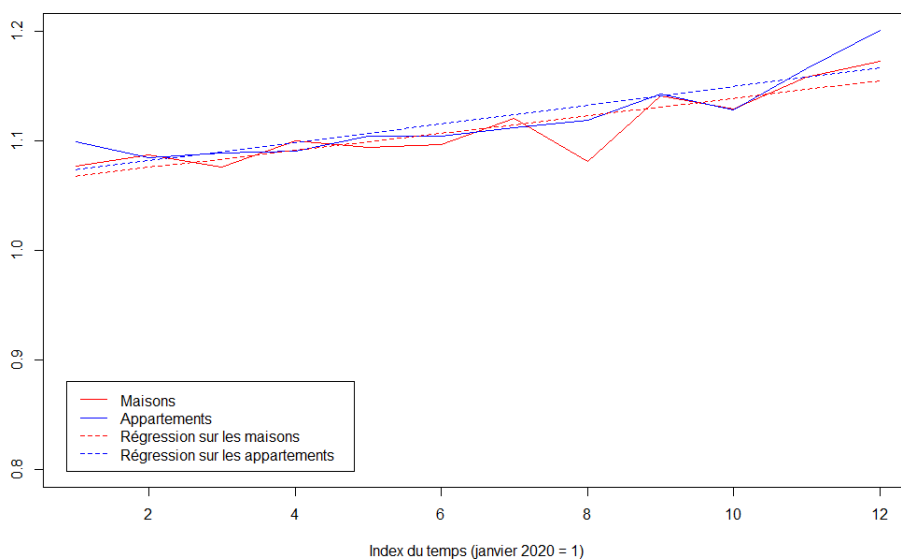


FIGURE 3.15 – Courbes d'évolutions des prix de chaque type de biens en 2020

### 3.1.2.5 Évolution des taux d'emprunts

Finalement, nous nous intéressons également à l'évolution des taux d'emprunts immobiliers. Ces derniers représentent une composante majeure des prêts immobiliers. Notamment, ils sont utiles aux calculs de mensualité et de capital restant dû. Ces deux éléments correspondent aux prestations même de l'assureur des emprunteurs. Ainsi, l'étude des taux d'intérêts de prêts bancaires est nécessaire.

L'Observatoire Crédit Logement (ou CSA) propose une analyse de l'évolution d'indicateurs moyens sur des échantillons comparables et à même structure de marché. Notamment, il propose une courbe des taux des crédits immobiliers aux particuliers (figure 3.16) allant de l'année 2000 à juillet 2021 (CSA, 2021).

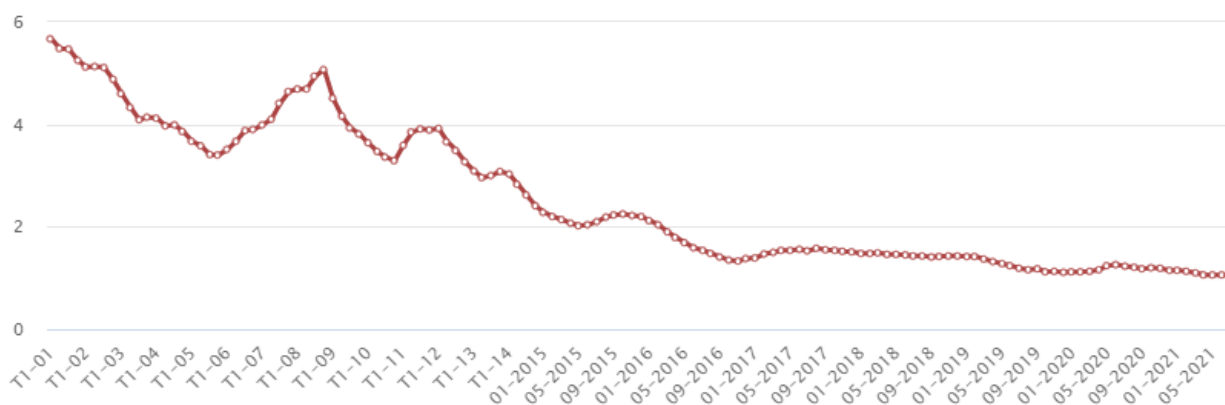


FIGURE 3.16 – Taux des crédits immobiliers aux particuliers (en %)

Les taux sont actuellement au plus bas (1.05 en juillet 2021). Cette baisse des taux s'explique par la baisse des taux directeurs de la Banque Centrale Européenne (BCE), notamment le taux de refinancement. Ce dernier est le taux d'intérêt auquel les banques empruntent leur liquidité à la banque centrale. Les banques fixent ensuite leur propre taux d'intérêts au dessus du taux de refinancement afin de réaliser des bénéfices. Les taux d'intérêts des crédits immobiliers sont ainsi liés au taux de refinancement. Depuis mars 2016, ce dernier s'élève à 0%.

Sur la figure 3.16, depuis 2009, les taux semblent suivre une tendance logarithmique. Nous traçons une courbe de tendance sur cette période à l'aide d'Excel (figure 3.17).

La courbe de tendance s'ajuste visuellement correctement aux données. Dans ce mémoire, nous n'anticipons pas une remontée significative à 5 ans des taux. Nous supposons donc une stabilisation des taux à 1%.

### 3.1.2.6 Conclusion de la section

La pandémie semble avoir donc eu un impact significatif sur la dynamique du marché immobilier. D'une part, le volume de transactions a été impacté à la baisse lors du confinement puis à la hausse durant le déconfinement. Depuis, cet indicateur du marché immobilier semble toujours bouleversé. D'une autre part, un changement de la dynamique comportementale d'achat des ménages a également été observé. En effet, la part de maison parmi les ventes totales semble avoir augmenté significativement.

Finalement, le couplage de ces deux indicateurs semble affecter les prix de l'immobilier qui ont connu une accélération significative. Nous avons démontré le bouleversement du marché immobilier et de ses

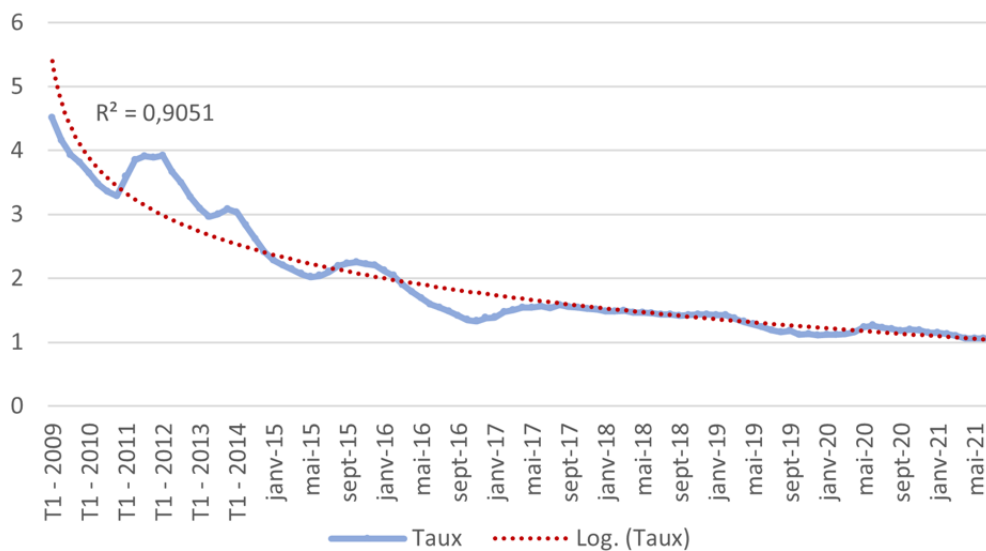


FIGURE 3.17 – Tendence logarithmique sur les données de la figure 3.16 de 2009 à juillet 2020

différents indicateurs, il sera donc important de prendre en compte de telles répercussions pandémiques dans notre étude.

### 3.2 Étude des risques psychologiques et répercussions sur l'assurance emprunteur

L'objectif de cette section est d'évaluer l'évolution de la santé mentale des individus, pour en répercuter les conséquences sur l'assurance emprunteur. En effet, les mesures restrictives prises par le gouvernement, les confinements et la perturbation des conditions de vie des individus ont eu des conséquences relativement fortes sur la santé mentale des français.

Si la santé mentale de la population, qui est la cause d'un arrêt sur 5 en moyenne, se détériore, nous anticipons donc une hausse de l'incidence et du maintien en arrêt de travail. Par exemple, l'augmentation des dépressions implique un accroissement des prises en charge thérapeutiques et donc des arrêts de travail. De plus, un travailleur sur 10 a vécu une détérioration de ses conditions de travail (DARES, 2021) : augmentation du rythme, baisse des effectifs, manque de moyens pour effectuer ses tâches dans de bonnes conditions, etc. Notamment, les professionnels de santé, les cadres et les travailleurs de l'enseignement ont d'avantage subit cette dégradation.

Ainsi, cet effet de la pandémie touche l'assurance emprunteur au travers de la hausse du risque porté par la garantie « arrêt de travail ». Une augmentation du nombre d'arrêts ou de leur durée moyenne, impliquera une hausse des prestations versées, et donc des engagements de l'assureur.

Dans cette section, nous étudions donc cet aspect au travers de différentes études et analyses sur la santé mentale de la population française, comme CoviPrev par Santé publique France (SPF) et une étude de la DREES (Direction de la Recherche, des Etudes, de l'Evaluation et des Statistiques). L'objectif de cette analyse sera d'en déduire les principaux effets sur le calibrage des scénarios ORSA, détaillés dans la sous-partie dédiée.

### 3.2.1 Les sources utilisées

#### 3.2.1.1 CoviPrev

Santé publique France, aussi connue sous le nom d'Agence nationale de santé publique, est un établissement sous la tutelle du ministère chargé de la santé. Depuis le 23 mars 2020, soit le début du premier confinement, SPF a réalisé une enquête sur l'évolution de la santé mentale de la population française tout au long de l'épidémie (SANTÉ PUBLIQUE FRANCE, 2021).

Cette enquête a été répétée de façon régulière depuis le premier confinement jusqu'à mai 2021. L'enquête consiste à remplir un questionnaire en ligne. L'échantillonnage est fait par quotas (âge, sexe, région, profession, etc.) représentatifs de la population française 2016 sur 2 000 personnes de 18 ou plus résidant en France métropolitaine.

Le questionnaire comporte différents modules, dont un spécifiquement sur la santé mentale. Nous nous focalisons sur ce volet pour cet étude. Notamment, 4 indicateurs sont étudiés : l'anxiété, la dépression, les problèmes du sommeil et les pensées suicidaires.

L'anxiété et la dépression ont été mesurées par l'échelle HAD (Hospitality Anxiety and Depression scale). Cette dernière est un instrument mesurant les troubles anxieux et dépressifs via un questionnaire à réponses cotées de 0 à 3. Pour chacun de ces deux indicateurs, on obtient un score entre 0 et 21. Un score supérieur à 10 signifie que l'individu présente des symptômes certains de l'état en question. L'enquête CoviPrev fournit le pourcentage d'individus présentant un score supérieur à 10 sur l'échelle HAD pour la dépression et pour l'anxiété.

Concernant les troubles du sommeil, la question « Diriez-vous qu'au cours des 8 derniers jours, vous avez eu des problèmes de sommeil... ? ». L'enquête CoviPrev fournit le pourcentage d'individus ayant répondu « un peu » ou « beaucoup » à cette question.

Les mesures de l'évolution des pensées suicidaires n'ont débuté qu'en février 2021. La question posée était « Au cours des 12 derniers mois, avez-vous déjà pensé à vous suicider ? ». L'enquête CoviPrev fournit le pourcentage d'individus ayant répondu « Oui » à cette question.

Pour tous ces indicateurs, nous disposons de leur évolution selon les profils sociodémographiques (sexe, âge, profession, situation financière, antécédents de troubles psychologiques, etc.) et selon les conditions de vie des individus liées à l'épidémie (condition de travail, soutien moral ou affectif, symptôme de la COVID-19, etc.).

Les données sont cependant sujettes à un biais de déclaration. Ce biais correspond au phénomène selon lequel l'individu peut mentir ou déformer la réalité lorsqu'il est interrogé dans une étude.

Cette étude peut être confrontée avec le baromètre 2017 de SPF, hors pandémie, afin d'avoir une base de comparaison pour mesurer les répercussions de la pandémie sur les différents déterminants de la santé mentale de la population française (SANTÉ PUBLIQUE FRANCE, 2017). Ce baromètre se base sur une enquête similaire à celle de CoviPrev. En revanche, l'échantillonnage est différent. 25 319 personnes âgées de 18 à 85 ont été tirées aléatoirement par numéro de téléphone pour un entretien téléphonique.

#### 3.2.1.2 EHIS et EpiCov

La DREES, en association avec l'INSERM (Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale), a mené une enquête également sur l'état de santé de la population française (DRESS ET INSERM,

2021). Cette enquête se nomme EpiCov, elle est également réalisée par questionnaire. Elle s'est déroulée en 3 vagues : mai 2020, novembre 2020 et juillet 2021. En revanche, nous n'avons à notre disposition que les résultats de la vague de mai 2020. Cette enquête concerne toutes les personnes âgées de plus de 15 ans en 2020, en France métropolitaine et dans les DOM-TOM, à l'exception des résidents d'EHPAD ou de prisons. Au total, 371 000 individus ont été interrogés par tirage aléatoire.

Un des volets du questionnaire EpiCov concerne la santé mentale des individus, c'est-à-dire les symptômes dépressifs, la consommation de médicaments contre l'anxiété et/ou la dépression et les pensées suicidaires. Plusieurs phrases déclaratives sur les 15 derniers jours sont présentes dans ce questionnaire, l'individu peut alors choisir parmi les réponses suivantes : « jamais », « plusieurs jours », « plus de la moitié des jours » et « presque tous les jours ».

La dépression a été évaluée à l'aide du PHQ-8 (Personal Health Questionnaire). Huit questions sont posées à l'individu et un score est tiré des réponses de ce dernier. Un score supérieur à 10 signifie une dépression majeure (AMPQ, 2017) et un score supérieur à 20 signifie une dépression majeure sévère, caractérisée par une intensité supérieure (HAS SANTÉ, 2017). Dans EpiCov, nous pouvons lire le pourcentage d'individus interrogés présentant un score supérieur à 10.

La question posée concernant les pensées suicidaires est « Au cours des quinze derniers jours, à quelle fréquence avez vous pensé qu'il vaudrait mieux mourir ou envisagé de vous faire du mal d'une manière ou d'une autre ? ». Les réponses possibles sont les mêmes que celles énoncées précédemment. EpiCov nous donne le pourcentage d'individus par réponse.

Cette étude peut être comparée avec l'étude EHIS (European Health Interview Survey) de 2019 (INSEE, 2019). Cette dernière offre un module complet sur les déterminants de la santé mentale des français sur la même zone géographique, avec le même questionnaire et quasiment le même échantillonnage. Cette étude nous permet de comparer la période de pandémie avec la période d'avant la pandémie et de mesurer l'effet de cette dernière sur la santé mentale de la population.

### 3.2.2 Répercussions de la pandémie sur la garantie AT de l'assurance emprunteur

Afin d'évaluer les conséquences de la détérioration de la santé mentale de la population française, nous utiliserons l'étude CoviPrev de Santé Publique France. En effet, cette dernière nous permet d'avoir une maille d'observation plus fine. En effet, 24 enquêtes ont été réalisées depuis le 23 mars 2020 contrairement à EpiCov qui a réalisé uniquement 3 enquêtes sur la même période dont une seule avec des données disponibles. CoviPrev nous permet ainsi d'étudier plus en détails l'évolution de la santé mentale des individus durant la pandémie.

De plus, l'échantillonnage de l'enquête de SPF a été construit pour représenter la population française majeure de la manière la plus précise possible contrairement à EpiCov et son échantillonnage par tirage au sort téléphonique. Les résultats de CoviPrev sont donc représentatifs de l'évolution réelle de la santé mentale de la population française. EpiCov est beaucoup moins fiable, car elle présente un biais d'échantillonnage. La sélection aléatoire des individus ne permet pas de conclure pour l'ensemble de la population.

Du fait de la sélection médicale, de la nécessité d'avoir une activité professionnelle et des limites d'âge, la population des emprunteurs n'est pas la même que la population générale. En moyenne, les emprunteurs sont relativement jeunes et exercent une activité professionnelle. Une répartition de l'évolution des différents indicateurs de santé mentale est disponible dans l'étude CoviPrev. Cinq tranches d'âges sont étudiées : 18 à 24 ans, 25 à 34 ans, 35 à 49 ans, 50 à 64 ans et plus de 65 ans.

En figure 3.18, nous avons calculé la part des individus de notre portefeuille de contrats d'assurance emprunteur dans chaque tranche d'âge. Les classes 25-34 ans et 35-49 ans sont majoritairement représentées dans nos données.

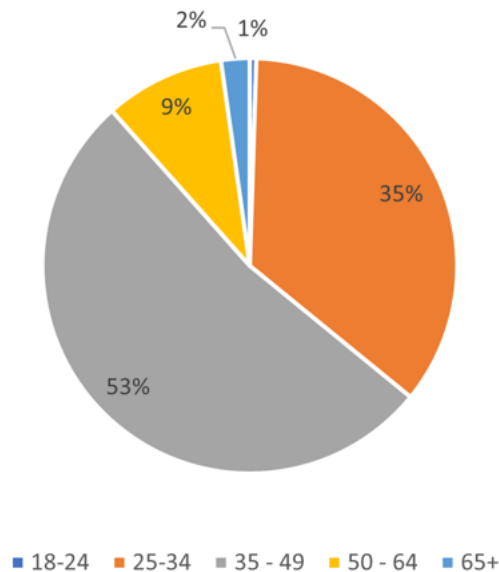


FIGURE 3.18 – Part des individus du portefeuille dans chaque tranche d'âge

Le tableau 3.4 répertorie les différents vagues d'enquêtes et les mesures du gouvernement en vigueur au moment de ces dernières.

### 3.2.2.1 Conséquences sur la santé mentale

La dépression ne désigne pas une tristesse passagère, mais une maladie psychique (AMELI, 2020). Elle est caractérisée par des troubles de l'humeur, une vision pessimiste. D'une durée supérieure à deux semaines, elle affecte de manière conséquente la vie quotidienne de l'individu (troubles du sommeil, troubles de l'appétit, isolement, etc.).

Cette maladie ne peut pas toujours être soignée par la seule volonté de l'individu. Elle nécessite très souvent des soins pour éviter des complications sévères ou des récidives. Perte d'emploi, conflit familial, traumatisme et addiction sont quelques exemples de causes favorisant la survenue d'une dépression. Evidemment, il existe d'innombrables situations et événements de la vie favorisant l'apparition d'une dépression. Une personne sur 5 a vécu ou vivra un épisode de dépression au cours de sa vie (INSERM, 2017).

Les figures 3.19 et 3.20 représentent l'évolution des indicateurs de dépression et d'anxiété par tranche d'âge de la population obtenu dans l'étude CoviPrev. Les zones colorées correspondent aux périodes de confinement.

On observe que les tranches d'âges 25-34 et 35-49 font partie des tranches d'âges pour lesquelles l'anxiété et la dépression sont les plus présentes. Afin d'alléger notre étude, nous étudions uniquement ces deux tranches. Nous nous focaliserons sur la dépression. En effet, l'objectif de cette étude est d'étudier les conséquences de la dégradation de la santé mentale de la population sur l'assurance emprunteur, se traduisant par une augmentation de la sinistralité en arrêt de travail. Toutefois, les arrêts de travail

TABLE 3.4 – Vague d'enquêtes et mesures gouvernementales en vigueur

Vague	Date	Mesures	Vaccination
1	23 - 25 mars	Confinement	
2	30 mars - 1e avr.		
3	14 - 16 avr.		
4	20 - 22 avr.		
5	28 - 30 avr.		
6	4 - 6 mai		
7	12-15 mai	Déconfinement 1 <sup>ère</sup> phase	
8	18 - 20 mai		
9	27 - 29 mai		
10	8 - 10 juin	Déconfinement 2 <sup>ème</sup> phase	
11	22 - 24 juin		
12	6 - 8 juillet		
	10 juillet	Fin de l'état d'urgence sanitaire	
13	20 - 22 juillet	Port du masque obligatoire dans tous les lieux clos	
14	24 - 26 août		
15	21 - 23 sept.		
16	19 - 21 oct.	Rétablissement de l'état d'urgence et début du couvre-feu de 21h à 6h	
17	4 - 6 nov.	Confinement	
18	23 - 25 nov.		
19	14 - 16 déc.		
20	18 - 20 janv.	Couvre-feu de 18h à 6h	Soignants et personnes de plus de 75 ans
21	15 - 17 fév.		
22	15 - 17 mars	Couvre-feu de 19h à 6h	Personnes de plus de 65 ans
23	21 - 23 avr.	Confinement	Personnes de plus de 50 ans ou à risque
24	17 - 19 mai	Couvre-feu de 21 h à 6h	
	20 juin	Levée du couvre-feu	Personnes de plus de 18 ans

sont davantage liés à l'évolution de la dépression qu'à celle de l'anxiété. Nous nous concentrons donc sur l'indicateur de dépression.

Pour les deux tranches d'âge étudiées, nous traçons la figure 3.21 représentant l'évolution du pourcentage d'individu présentant un cas certain de dépression d'après l'échelle HAD. De plus, nous traçons sur cette même figure l'évolution de cet indicateur pour les individus de la population ayant une activité professionnelle.

L'étude CoviPrev ne fournit pas un détail de l'évolution de la dépression au sein de la population d'actifs par tranches d'âge ni par sexe. Conscients de cette limite, nous nous baserons ici sur la courbe des actifs et nous généraliserons les observations au portefeuille étudié. En effet, les actifs sont les assurés concernés par la garantie arrêt de travail de l'assurance de prêt.

On observe que le pourcentage d'individus en dépression est plus élevé lors des périodes de confinement. À contrario, l'état mental des individus s'est amélioré durant l'été 2020. Ce rétablissement semble s'expliquer par la levée progressive du confinement et la fin de l'état d'urgence sanitaire. Dès l'apparition



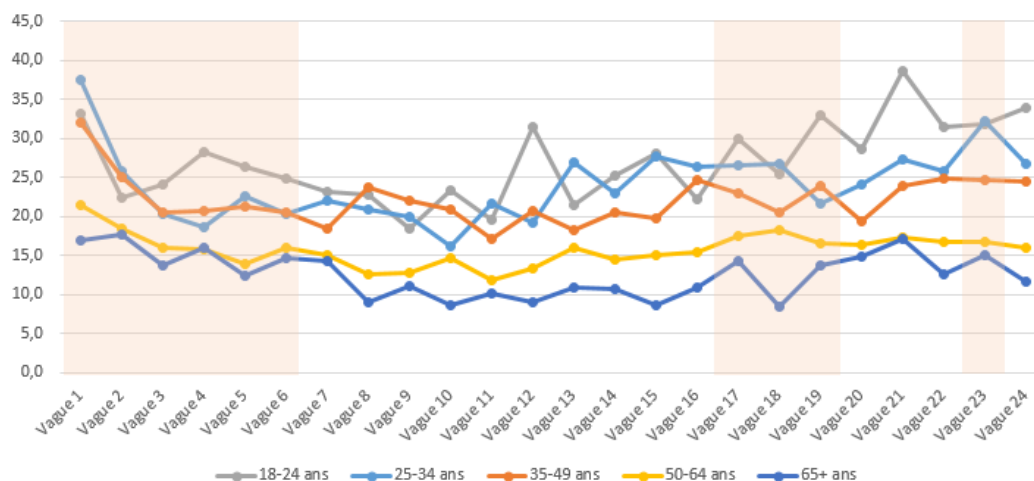


FIGURE 3.19 – Pourcentage d'individus présentant un score supérieur à 10 sur l'échelle d'anxiété HAD

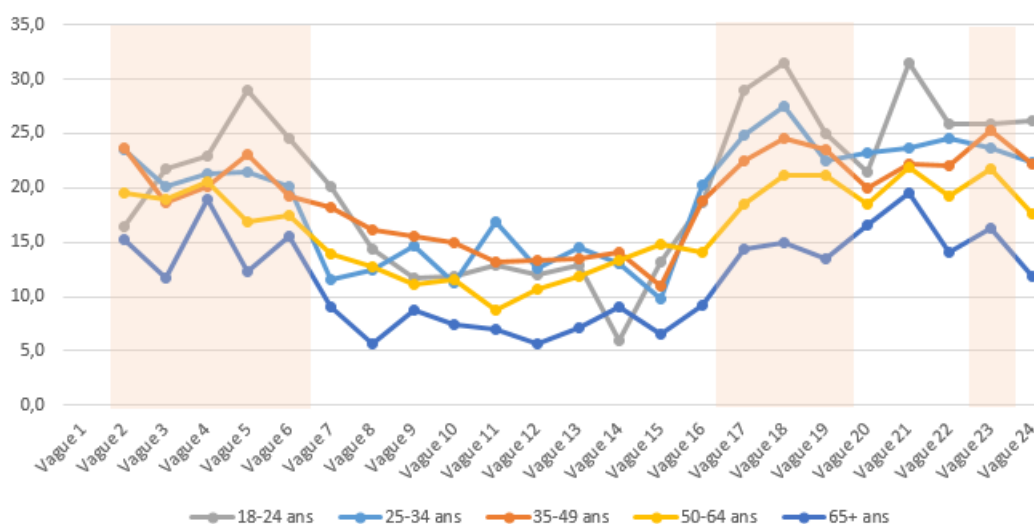


FIGURE 3.20 – Pourcentage d'individus présentant un score supérieur à 10 sur l'échelle de dépression HAD

du couvre-feu, l'état psychologique de cette population se détériore à nouveau jusqu'à atteindre un stade similaire que le premier confinement lors des confinements de novembre et d'avril. On observe un maintien à un niveau élevé de dépression durant la période intermédiaire.

Nous pouvons également comparer l'évolution de la dépression chez les actifs à la période d'avant pandémie. Le baromètre 2017 de SPF nous permet d'obtenir cette information. Bien que l'échantillonnage soit différent, les résultats du baromètre peuvent nous donner un ordre d'idées sur l'effet général de la pandémie. L'information disponible est le taux de prévalence d'EDC (Episodes Dépressifs Caractérisés) parmi les actifs occupés en 2017. L'EDC est mesurée à l'aide d'un questionnaire développé par l'OMS. Il permet d'évaluer la présence d'un EDC au cours des 12 derniers mois. Ce dernier est caractérisé par :

- Au moins un symptôme principal parmi :
  - Période de tristesse d'au moins deux semaines consécutives sans espoir,
  - Période de pertes d'intérêt pour la plupart des choses d'au moins deux semaines consécutives.
- Au moins trois symptômes secondaires parmi :

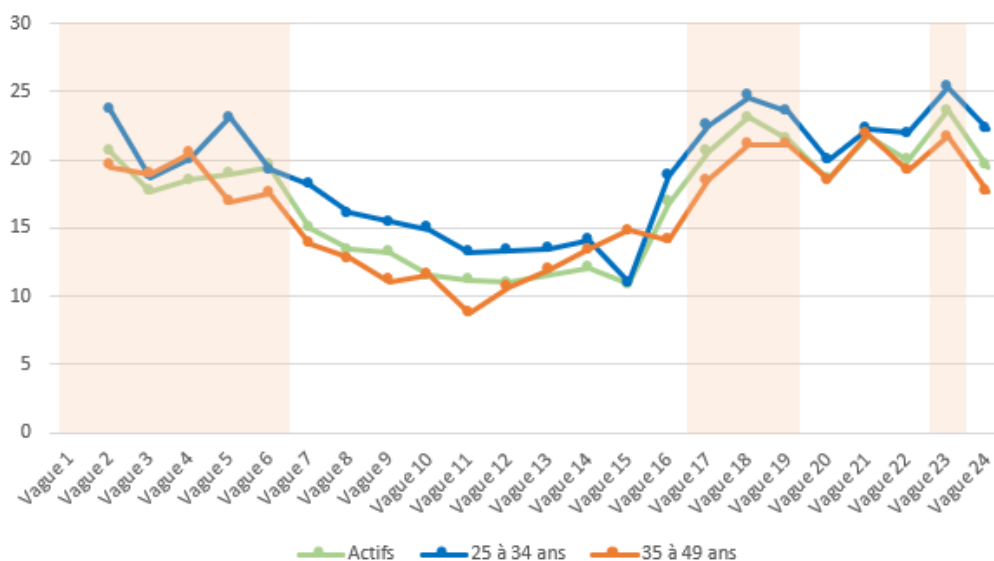


FIGURE 3.21 – Pourcentage de dépression chez les actifs et les tranches d'âges considérées

- Sensation d'épuisement,
- Perte ou gain de 5kg,
- Difficultés à dormir,
- Difficultés de concentration,
- Culpabilité excessive ou inappropriée,
- Présence de pensées à la mort.
- Avec un retentissement sur les activités habituelles.

En 2017, nous obtenons une prévalence de l'EDC dans les 12 derniers mois de 8,2%. La nature des questions du baromètre 2017 et celles de l'échelle HAD étant similaires, nous pouvons aisément comparer les résultats des deux enquêtes. Avec une moyenne de 17% de dépressions des actifs lors de la période d'étude de CoviPrev, le pourcentage de dépressions semble avoir plus que doublé depuis 2017. Nous pouvons également noter que lors de l'été 2020, où la situation était la plus favorable, le taux de dépression était à environ 12%, soit 1.5 fois plus haut que l'avant pandémie. La crise sanitaire a donc eu de réelles répercussions sur la santé mentale des individus.

En l'absence d'éléments probants sur la variabilité saisonnière de la dépression et de son évolution sur une période plus ancienne, nous considérons que la différence entre le niveau de dépression durant la période estivale de 2020 et la baromètre 2017 est uniquement due à la pandémie. Il existe donc un biais que nous ne pouvons quantifier.

Cet effet est aussi fortement visible sur l'évolution des pensées suicidaires au sein de la population. La figure 3.22 montre l'évolution du pourcentage d'individus ayant eu des pensées suicidaires lors des 12 mois précédant chaque enquête.

De même, nous pouvons comparer cet indicateur avec le baromètre 2017 de la population active. Dans ce dernier, les individus devaient répondre à la question « Au cours des 12 derniers mois, avez-vous pensé à vous suicider ? », soit la même question que CoviPrev. En 2017, 3,8% des actifs ont répondu « Oui » à cette question. En 2021, 9,5% des actifs répondent désormais positivement à la question, soit 2.5 fois plus qu'en 2017. Cet indicateur démontre la dégradation de la santé mentale des individus à cause de la crise sanitaire.

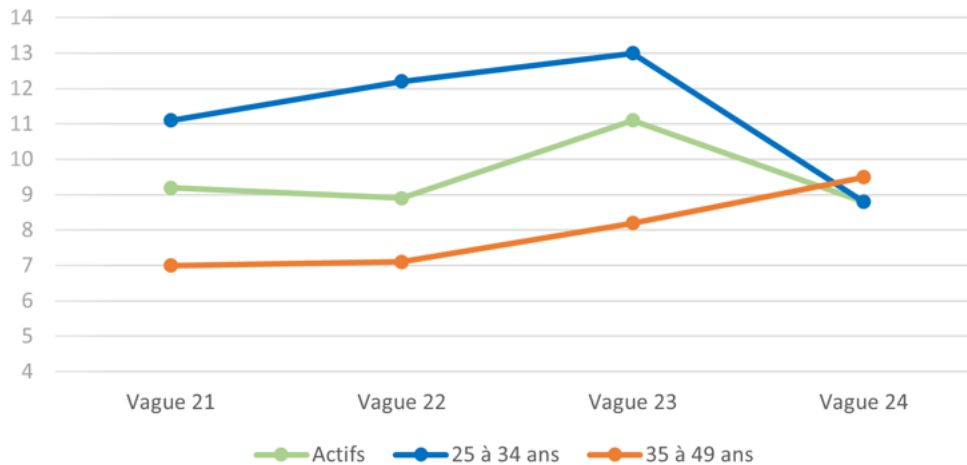


FIGURE 3.22 – Pourcentage d’individus ayant eu des pensées suicidaires

Pour la dépression et les pensées suicidaires, une amélioration semble apparaître lors de la dernière vague d’enquête, en mai 2021. La sortie du confinement et l’avancée de la vaccination semblent reconforter la population que nous étudions. En revanche, nous pouvons tout de même émettre l’hypothèse que les dépressions ne retourneront pas à un niveau d’avant pandémie dans les années suivantes. En effet, ce type de trouble mental nécessite des traitements psychothérapeutiques bien conduits afin d’être complètement soigné et d’éviter des épisodes de récives. Les individus mettent ainsi un certain temps avant de se remettre d’un tel épisode, leur santé physique et mentale peut également être fragilisée.

Ces différents éléments peuvent être comparés à l’étude EpiCov. En mai 2020, EpiCov révèle que 13,7% des 25-34 ans et 12,9% des 35-44 ans présentent un syndrome dépressif. C’est 1,5 fois plus élevé que les résultats de EHIS en 2019. Cette observation concrétise les résultats de CoviPrev. En revanche, concernant les pensées suicidaires, EpiCov semble faire apparaître une baisse des pensées de mort et/ou auto-agressives entre 2019 et mai 2020. Cette différence avec l’étude CoviPrev peut s’expliquer par :

- La différence de date. L’étude EpiCov a été réalisée en mai 2020 et les enquêtes CoviPrev sur les pensées suicidaires de février à mai 2021.
- L’échantillonnage. En effet, l’échantillonnage aléatoire et non représentatif de la population française d’EpiCov peut biaiser les résultats.

Finalement, malgré l’utilité évidente de ces études pour observer les répercussions de la pandémie sur la santé mentale, il est important de conserver une certaine prudence sur l’étude quantitative de ces résultats dans l’attente d’une confirmation de ces effets par d’autres études scientifiques. En effet, nous généralisons ces résultats au portefeuille assuré étudié, cette dernière n’est cependant pas obligatoirement automatique et nécessite un suivi plus approfondi.

### 3.2.2.2 Effet sur l’assurance emprunteur

Une détérioration de l’état de santé mentale de la population des emprunteurs signifie un effet sur la sinistralité en arrêt de travail. Nous étudions donc à présent le lien entre la santé mentale des individus et les arrêts de travail liés à cette dernière. La garantie « arrêt de travail » de l’assurance emprunteur est effectivement liée à la fréquence et à la durée des arrêts. Nous cherchons donc à prendre en compte les répercussions de la pandémie sur ces deux indicateurs pour anticiper l’effet sur la rentabilité et la solvabilité de l’assureur.

D’après l’étude absentéisme 2019 de Malakoff Humanis (MALAKOFF HUMANIS, 2019), 18% des arrêts

concernaient les troubles psychologiques avant la pandémie, soit pratiquement 1 arrêt sur 5. Ces arrêts correspondent majoritairement à des arrêts longs (plus de 30 jours). La pandémie a eu des conséquences sur la santé mentale, comme expliqué précédemment. Des profils déjà fragilisés ont été aggravés et de nouveaux cas ont vu le jour. La plateforme Covid Ecoute a annoncé que 2/3 de ses téléconsultations concernaient des individus n'ayant jamais effectué de consultations psychologiques. Ainsi, nous pouvons supposer deux choses :

- Le nombre d'arrêts maladies pour dépressions ou troubles psychologiques augmente. Malgré une amélioration de la crise sanitaire en été 2021, le niveau de dépression dans la population est supérieur à l'avant pandémie et est présumé rester à un niveau supérieur durant plusieurs années. Nous émettons l'hypothèse que le nombre d'arrêts liés à des troubles psychologiques évoluent de la même manière que le nombre de dépressions.
- La durée des arrêts maladies liés à ce type de trouble augmente également. En effet, l'aggravation de la santé mentale des individus déjà fragilisés avant la pandémie implique un temps de traitement et de rétablissement plus conséquent. Par conséquent, les arrêts de travail seraient prolongés.

Une augmentation des taux d'incidence ou des taux de maintien touchent l'assurance emprunteur. De telles augmentations conduisent à une augmentation des prestations versées par l'assureur. Si ces effets persistent, l'assureur pourra alors décider de piloter son risque afin de réduire ses prestations de différentes manières :

- Renforcement de la sélection médicale,
- Augmentation des tarifs.

Nous pourrions ainsi choquer dans un premier temps nos tables d'incidence et de maintien en arrêt de travail afin de mesurer l'effet de l'augmentation de la sinistralité. Le nombre de décès étant en baisse grâce à la vaccination et l'effet d'une surmortalité des grands âges étant marginal compte tenu des âges présents dans notre portefeuille, nous ne réaliserons pas d'impact sur les différentes tables de mortalité.

### 3.3 Calibrage des différents scénarios

Dans cette section, les hypothèses des différents scénarios ORSA seront calibrées. L'objectif étant de mesurer les conséquences de la pandémie sur la rentabilité et la solvabilité de l'assureur en emprunteur, nous commencerons par construire un scénario central optimiste. À l'écriture de ce mémoire, le premier semestre de 2021 est déjà écoulé et nous pouvons donc en observer l'évolution. De plus, le stock de contrats d'assurance souscrits et associés à des prêts signés en 2020 a été touché par la pandémie. Ainsi, le scénario central est un scénario prenant en compte les effets de la pandémie sur 2021, suivant les observations de ce début d'année. Pour les autres années ORSA (2022 à 2025), nous supposons un retour direct aux tendances d'avant pandémie.

Ensuite, un premier scénario stressé sera construit. Dans ce scénario, nous supposons que la pandémie a des effets plus étalés dans le temps. De plus, nous pouvons présumer que le marché immobilier, fortement touché, ne retournera pas à des tendances d'avant pandémie immédiatement en sortie de crise. Ainsi, ce scénario consistera à un retour plus ou moins progressif aux tendances d'avant pandémie.

Finalement, un scénario davantage stressé sera implémenté. Dans ce dernier, nous supposons que la pandémie devient pérenne. Une apparition de variants résistants aux différents vaccins pourrait effectivement causer cet effet. Ainsi, ce scénario consistera à la conservation des tendances observées durant la crise sanitaire.

Pour tous les scénarios, aucune révision tarifaire ne sera appliquée. En effet, plusieurs années de latence sont nécessaires avant que l'assureur ne réalise une telle étude.

### 3.3.1 Scénario central

Comme expliqué précédemment, ce scénario correspond à un retour immédiat, dès 2022, aux tendances observées avant la crise sanitaire. En d'autres termes, il n'y a pas d'effet durable de la pandémie à moyen et à long terme. La réalisation d'un tel scénario nous permet de mesurer les conséquences de la pandémie sur la rentabilité et la solvabilité de l'assureur, notamment en le comparant aux deux scénarios stressés que nous expliciterons dans la suite.

Les mouvements du marché immobilier affectent le marché de l'assurance emprunteur. Nous supposons que l'évolution des nouvelles affaires de notre assureur suit celle des différents indicateurs du marché immobilier. Nous calibrons donc les éléments suivants dans nos nouvelles affaires :

- Le nombre de souscriptions,
- La part de maisons et d'appartements,
- Les montants empruntés,
- Les taux d'intérêts des emprunts,
- Les durées des emprunts.

L'année 2021 est calibrée différemment des autres années de projection ORSA. De plus, les taux de chutes sont également touchés. En effet, une variation du nombre de nouvelles souscriptions suppose implicitement un mouvement des taux de chutes. Par exemple, les évolutions législatives suggèrent qu'une hausse des souscriptions d'un côté signifie une perte de contrats de l'autre, et donc une augmentation des taux de chutes.

Quant à l'évolution de la santé mentale des individus, les hypothèses touchées du modèle sont les taux d'incidence et de maintien en arrêt de travail. Dans ce scénario, aucune modification de ces taux ne sera réalisée. En effet, nous supposons ici que la pandémie n'a pas d'effet à moyen et à long terme sur la population française, la dépression au sein des actifs est donc supposée de retour à son niveau d'avant crise sanitaire.

Nous présentons donc le calibrage des différents éléments cités précédemment. Chaque année ORSA, un portefeuille tête par tête est renseigné. Chaque année d'ORSA H, le portefeuille de souscription correspondant à l'année H-1 est dupliqué pour créer le New Business en H. Les années de naissance, de début et de fin de prêt sont décalées d'un an afin de répliquer les caractéristiques des assurés et de leur prêt.

#### NOMBRE DE SOUSCRIPTIONS

Premièrement, nous calibrons le volume de souscriptions de l'année 2021 de notre scénario ORSA. L'observatoire Crédit Logement annonce une augmentation des ventes de 1% entre juillet 2020 et juillet 2021 (CSA, 2021). Nous supposons que l'évolution de décembre 2020 à décembre 2021 est similaire et appliquons cette valeur au portefeuille de souscriptions 2020.

Les années suivantes reprennent l'évolution croissante d'avant pandémie observée sur la figure 3.3 de la section 3.1.2.2. Cette croissance est estimée à 10% par an. Cette valeur est obtenue à l'aide de la fonction *Pente* de Excel appliquée sur la tendance réelle.

Les caractéristiques des individus étant conservées, augmenter le volume de souscription chaque année équivaut à augmenter le montant emprunté du même pourcentage. Nous appliquons donc une

augmentation des capitaux initiaux de 1% en 2021, puis de 10% sur les années suivantes.

### TAUX DE CHUTES

Pour rappel, les taux de chutes incluent les sorties pour rachat de prêt ainsi que pour résiliation d'assurance au profit d'un autre assureur. Comme explicité dans le chapitre 1, nous sommes en présence d'un contexte législatif de plus en plus incitatif à la délégation d'assurance (ACÉDO, 2021).

L'éventuelle loi sur la résiliation infra-annuelle (RIA) engendrerait une érosion du stock de contrats de l'assureur, se traduisant par une majoration des chutes. Ce type d'effet est complexe à calibrer. En effet, anticiper le niveau de chute du portefeuille à la suite de cette réforme s'avère être délicat du fait de l'hétérogénéité des comportements des assurés selon leur profil de risques, lié à l'évaluation par l'assuré d'une opportunité de couverture à moindre coût auprès de la concurrence. Une perte de « bons » profils (c'est-à-dire des plus rentables) serait alors possible pour l'assureur.

Cependant, cette réforme représenterait également une opportunité de gagner de nouveaux contrats par des souscriptions issues de résiliations infra-annuelles sur des durées de couverture restantes en moyenne plus faibles que celles issues de nouveaux prêts, atténuant ainsi l'effet d'érosion du stock. Nous pouvons ainsi supposer que la majoration des chutes serait plus ou moins compensée par le surplus de nouvelles souscriptions entre RIA « entrante » et « sortante ».

De manière prudentielle, nous supposons que les taux de chutes et le volume de souscription suivent une dynamique d'évolution similaire. Ainsi, une augmentation du volume de nouveaux contrats s'accompagne d'une hausse des taux de résiliation. Ainsi, dans notre étude, les effets de la résiliation infra-annuelle sur le portefeuille se traduiraient par une relative diminution des contrats couverts.

Des travaux de sensibilité ont été effectués sur le scénario ORSA central et ont mis en lumière une forte sensibilité des résultats à cette hypothèse (tableaux 3.5 et 3.6). Il sera donc très important pour l'assureur de mettre en place les indicateurs de suivi adaptés afin de piloter le suivi de cette réforme.

Projection \ Sensibilité	1	5
Central	319.6%	340.4%
Augmentation de 50%	319.3% (-0.3%)	320.9% (-19.5%)
Diminution de 50%	319.8% (+0.2%)	346.1% (+5.7%)

TABLE 3.5 – Sensibilité sur les taux de chutes - Ratio de solvabilité

Projection \ Sensibilité	1	5
Central	26.97%	27.95%
Augmentation de 50%	26.98% (+0.01%)	27.03% (-0.92%)
Diminution de 50%	26.96% (-0.02%)	28.02% (+0.07%)

TABLE 3.6 – Sensibilité sur les taux de chutes - Rentabilité

### PART DE MAISONS ET D'APPARTEMENTS

En 2020, la part de maisons dans les transactions immobilières a augmenté (figure 3.9). Dans ce scénario, nous supposons que dès 2021, un retour immédiat à la proportion maisons/appartements d'avant historique s'opère. En effet, l'hypothèse de disparition rapide des effets de la pandémie tend à

justifier la conjecture énoncée. Le besoin d'espace est donc ici un effet du premier confinement et se dissipe complètement dès 2021.

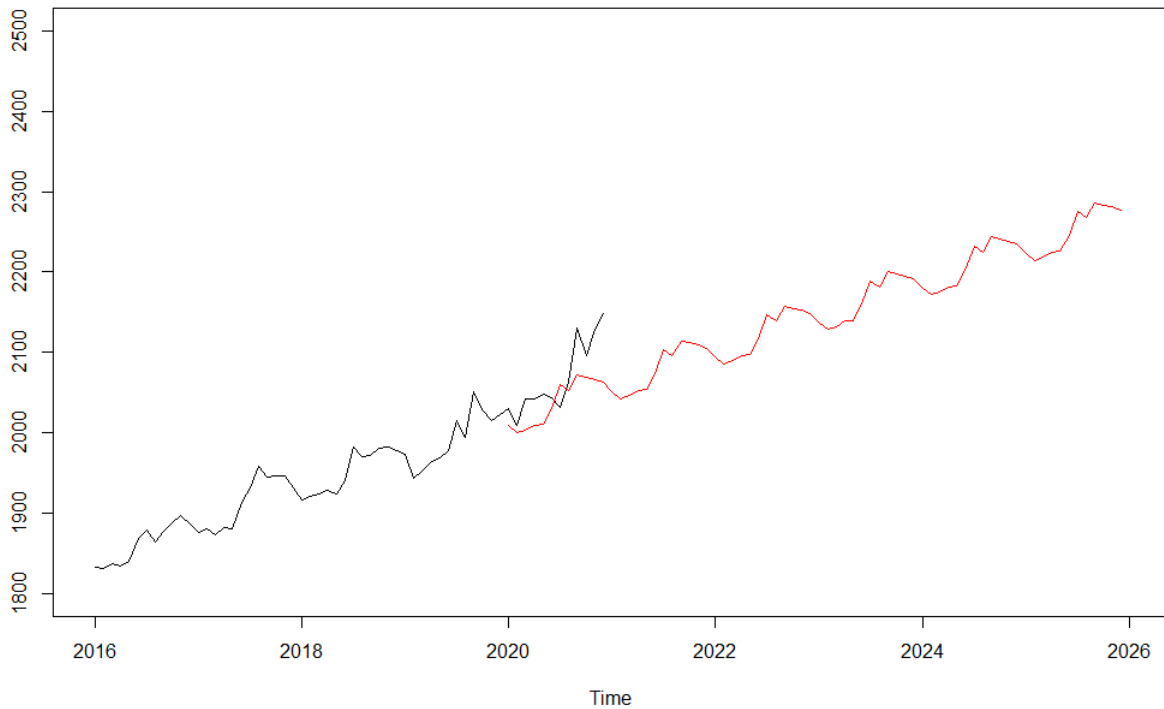
Sur la figure 3.9, la part de maisons de 2016 à 2019 semble constante. Nous prenons donc une part de prêts associés à des maisons constante à 54% pour les années 2021 à 2025. Ainsi, le type de biens change pour une partie des individus entre 2020 et 2021. En effet, 58% des contrats étaient associés à des maisons en 2020. Ainsi, 4% des lignes du portefeuille changent de type de biens. Le montant moyen est de 234 000€ pour une maison et de 148 000€ pour un appartement. Ainsi, on opère une augmentation du capital emprunté de 58% si on passe d'un appartement à une maison et une baisse de 37% dans le cas contraire.

La passage d'un type de bien à un autre s'effectue de la manière suivante :

- Séparation des contrats selon leur localisation. En effet, nous possédons le code postal de chaque contrat de notre portefeuille. Une base de données reliant les codes postaux au nombre d'habitants associé nous permet de définir si le bien se trouve en métropole ou en province (OPENDATASOFT, 2015). Cette base nous permet d'identifier les codes postaux se référant à des villes de plus de 200 000 habitants. Les biens se situant dans ces villes sont classifiés en « métropole » et les autres en « province ». Nous effectuons cette séparation du fait de la différence d'échelle de prix des appartements et maisons qui pourrait fausser la méthodologie que nous expliquons ensuite.
- Pour chacune des deux catégories, nous classons les montants empruntés par ordre décroissant.
- La part de maisons et d'appartements et son évolution dans chacune de ces subdivisions est calculée, en cohérence avec les hypothèses du scénario et la répartition totale attendue. En effet, en métropole, la part d'appartement est beaucoup plus haute qu'en province.
- Si  $x\%$  de maisons est attendu dans une catégorie, les  $x\%$  premières lignes sont affectées à des maisons, le reste à des appartements. Nous supposons donc que les montants les plus élevés sont reliés à des maisons. Cette hypothèse est cohérente avec la séparation métropole/province appliquée. Si une ligne change de type de biens, le coefficient explicité précédemment est appliqué au montant de cette dernière.

### MONTANT EMPRUNTÉ

Dans ce scénario, nous nous basons sur la prédiction « sans pandémie » réalisée dans la section précédente. Comme explicité précédemment, les prix des maisons et des appartements évoluent de la même manière. Nous supposons que les capitaux empruntés varient comme les prix de l'immobilier. Ainsi, nous utilisons le modèle de prédiction sans pandémie réalisé en 3.1.2.3. Une prédiction sur 5 ans est réalisée en figure 3.23. À l'aide des valeurs obtenues, nous calculons pour chaque année ORSA l'évolution de décembre N à décembre N+1, ce qui nous donne 2% en moyenne. Nous appliquons donc une augmentation des capitaux empruntés de 2% chaque année de 2021 à 2025.

FIGURE 3.23 – Prédiction des prix au m<sup>2</sup> sans pandémie (en €)

### TAUX ET DURÉE D'EMPRUNTS

Dans ce mémoire, la question de l'évolution des taux n'est pas traitée. Les taux et les durées d'emprunts sont supposés constants. En effet, l'Observatoire Crédit Logement a publié l'évolution de ces deux indicateurs mois après mois depuis plus d'une dizaine d'années (CSA, 2021). Ces deux éléments semblent se stabiliser, nous ne les ferons donc pas varier dans tous nos scénarios.

### RÉCAPITULATIF

Le tableau 3.7 présente un récapitulatif du calibrage réalisé.

	Volume	Montant emprunté	Part de maisons	Taux	Durée
New Business N+1	Augmentation de 1% par rapport à 2020	Augmentation de 2% par an	54% de maisons	Constant	Constante
New Business N+2					
New Business N+3					
New Business N+4					
New Business N+5					
	Augmentation de 10% par an				

TABLE 3.7 – Calibrage des affaires nouvelles ORSA du scénario central

### 3.3.2 Scénario stressé n°1

Dans ce scénario, nous considérons que la pandémie a des effets à plus long terme se dissipant au cours du scénario ORSA. Contrairement au scénario central, le retour aux tendances d'avant pandémie se fait de manière plus progressive. De plus, le scénario central considèrerait la détérioration de la santé mentale des actifs durant la parenthèse pandémique sans effet une fois la crise sanitaire dissipée. Dans ce scénario, nous considérons cette fois-ci que cette dernière a affecté significativement la santé mentale des actifs et donc les fréquences d'entrée en arrêt de travail. Toutefois, cet effet d'augmentation de



l'incidence en arrêt est supposé se dissiper également à mesure que la pandémie se tarit, i.e. le nombre de dépression retourne progressivement à son niveau d'avant crise sanitaire.

Nous présentons tout d'abord le calibrage des portefeuilles de nouvelles affaires et des taux de résiliation selon les hypothèses d'évolution du marché immobilier en cohérence avec ce premier scénario stressé. Ensuite, nous décrivons l'impact réalisé sur les taux relatifs à l'arrêt de travail.

### 3.3.2.1 Construction du New Business (NB)

#### NOMBRE DE SOUSCRIPTIONS

Le calibrage du volume de souscriptions en 2021 est le même que pour le scénario central dû à notre connaissance de l'évolution des ventes sur le premier semestre de 2021 grâce à l'Observatoire Crédit Logement. Ensuite, une dissipation progressive des effets de la pandémie pourrait se traduire par une augmentation graduelle des nombres de ventes immobilières. Les individus retrouvent donc leur pouvoir d'achat, une visibilité sur l'avenir, une stabilité d'emploi et des possibilités de mouvement (visites immobilières, rendez-vous chez le notaire, la banque, déménagement, etc.), les ventes peuvent donc ici rapidement retourner à leur tendance d'avant pandémie à mesure que la dissipation de la crise sanitaire se confirme.

L'évolution du nombre de souscriptions est ici aussi supposée similaire à celle du nombre de ventes immobilières. Ainsi, chaque année ORSA, l'augmentation du volume de souscriptions est définie à :

- 1% pour 2021,
- 5% pour 2022,
- 8% pour 2023,
- 10% pour 2024 et 2025.

Comme pour le scénario central, ces évolutions seront appliquées sur les montants de l'année de souscription précédente.

#### PART DE MAISONS ET D'APPARTEMENTS

En 2021, la crise sanitaire est toujours très présente, le télétravail également. Ainsi, nous pouvons supposer une certaine continuité de l'accroissement du besoin d'espace et de confort de la population. Ensuite, ce besoin devrait se tarir à mesure de la dissipation de la pandémie. En revanche, nous pouvons supposer qu'après cette période de pandémie, le nombre de ventes de maison serait tout de même plus fort qu'avant la crise sanitaire car la modification de comportement des acheteurs deviendrait une norme sociétale ancrée.

Le calibrage de l'année 2021 peut se faire à l'aide de la prédiction réalisée en section [3.1.2.4](#). La figure [3.24](#) présente la prédiction de la part de maisons sur l'année 2021. En moyenne, la part de maisons est de 62% sur 2021. Ainsi, nous appliquerons cette proportion au New Business de 2021 selon la méthodologie énoncée précédemment.

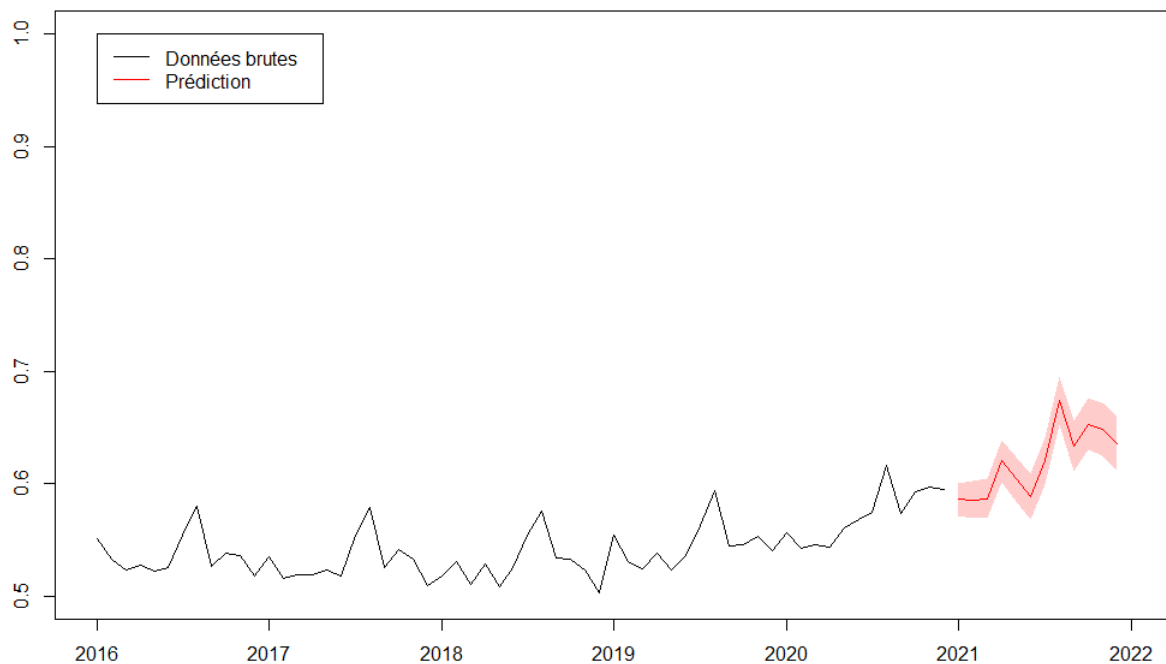


FIGURE 3.24 – Prédiction de la part de maisons en 2021

Ensuite, une baisse progressive de la part de maisons sera appliquée. En pratique, nous augmenterons de 1% la proportion d'appartements chaque année. En dernière année d'ORSA, le pourcentage de contrats relatifs à des maisons sera donc de 58%, taux plus élevé qu'avant la pandémie (54%).

### MONTANT EMPRUNTÉ

Le deuxième semestre de 2020 peut être vu comme un « rattrapage » des ventes. Les transactions ayant considérablement baissé lors du premier confinement, l'augmentation des prix a repris de l'élan en sortie de confinement, notamment à cause du rattrapage des ventes non réalisées. Il est donc naturel d'observer une accélération forte des prix lors de ce semestre. Nous pouvons supposer que cette accélération s'amenuise courant 2021 mais reste tout de même supérieure à la tendance d'avant pandémie. En effet, deux autres confinements se sont succédés ainsi qu'une pluralité de mesures gouvernementales. Le « rattrapage » des ventes peut donc être présumé étalé dans le temps. Ainsi, la valeur d'augmentation des prix retenue n'est pas celle mesurée lors du second semestre de 2020. Nous pouvons par exemple prendre l'évolution des prix entre décembre 2019 et décembre 2020 (6%), permettant ainsi d'avoir une augmentation moins forte.

Maintenant que l'année 2021 est calibrée, nous pouvons aisément calibrer les autres années. L'idée est de réaliser une dissipation de cet effet jusqu'à un retour à la tendance d'avant pandémie (i.e. 2%). Une interpolation linéaire est réalisée entre les années 2021 et 2025 (soit entre 6% et 2%).

### RÉCAPITULATIF

Le tableau 3.8 récapitule les différents calibrages évoqués. De même que pour le scénario central, si le volume augmente de  $x\%$ , les taux de chutes également. Les taux et durées de prêts sont également constants.

	Volume	Montant emprunté	Appt/maisons	Taux	Durée
New Business N+1	Augmentation de 1% par rapport à 2020	Evolution de 6%	38% d'appartements	Constant	Constante
New Business N+2	Augmentation de 5%	Augmentation de 5,18%	Augmentation de la part des appartements de 1 pt par an		
New Business N+3	Augmentation de 8%	Augmentation de 4,12%			
New Business N+4	Augmentation de 10% par an	Augmentation de 3,06%			
New Business N+5		Augmentation de 2%			

TABLE 3.8 – Calibrage des affaires nouvelles ORSA du scénario stressé n°1

### 3.3.2.2 Conséquences sur les taux relatifs à l'arrêt de travail

Comme évoqué en section 3.2.2, la pandémie a eu de fortes répercussions sur la santé mentale des individus. Notamment, une forte dégradation de cette dernière a été mesurée notamment sur le pourcentage de dépressions chez les actifs. La figure 3.25 rappelle l'évolution du pourcentage de dépressions chez les actifs depuis le début de la crise sanitaire mesurée par l'enquête CoviPrev. De plus, en 2017, 8% des actifs sont considérés comme en dépression d'après le baromètre 2017 de SPF.

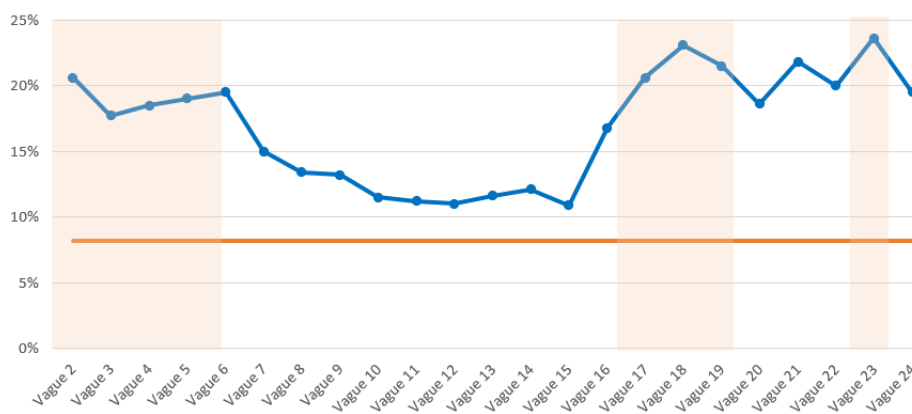


FIGURE 3.25 – Évolution du pourcentage de dépressions chez les actifs - CoviPrev

L'été 2020 (vague 11 à 14) nous démontre que même dans le cas d'une amélioration de la situation, les dommages mentaux sont causés et le niveau de dépressions est toujours supérieur à l'avant pandémie. En effet, durant cette période, la situation sanitaire n'a cessé de s'améliorer, jusqu'à la fin même de l'état d'urgence sanitaire. Cependant, en moyenne, 12,2% des actifs sont toujours considérés comme en dépression, soit 50% de plus qu'avant la pandémie (figure 3.25). Nous pouvons donc supposer que même si la crise sanitaire se dissipe, le niveau de dépression ne retournera pas instantanément à une hauteur similaire à 2017. Notamment, à la suite de l'été 2020, l'épidémie a connu plusieurs regains et les mesures gouvernementales se sont multipliées. Nous pouvons donc supposer que le pourcentage de dépression chez les actifs se dissipera de manière progressive et non directe.

En pratique, nous supposons que le nombre d'arrêts pour trouble de la santé mentale évolue comme le pourcentage de dépressions chez les actifs. Pour rappel, 1 arrêt sur 5 concerne la santé mentale. Ainsi, en 2021, nous augmentons un cinquième de la table d'incidence en arrêt de travail de 50% (soit 9.8% sur la table entière). Le niveau de dépressions en 2021, soit en sortie de crise via l'augmentation de la vaccination, est admis égal à celui de l'été 2020 étant donné la similarité de la situation.

Dans une optique de dissipation graduelle de la pandémie, le niveau de dépression est également présumé baisser progressivement. Les pourcentages suivants sont donc appliqués :

- En 2022 : 40% sur un cinquième, soit 7.8% sur la table entière,
- En 2023 : 30% sur un cinquième, soit 5.8% sur la table entière,
- En 2024 : 20% sur un cinquième, soit 3.8% sur la table entière,
- En 2025 : 10% sur un cinquième, soit 1.8% sur la table entière.

Ensuite, nous pouvons supposer que les individus qui ont subi la crise sanitaire alors qu'ils étaient déjà en arrêt pour troubles mentaux ont eu plus de difficultés à se soigner. Une augmentation d'un cinquième des taux de maintien en arrêt pour ces individus pourrait ainsi être envisagée. Cependant, par manque d'informations probantes sur cet effet, de données sur la durée moyenne d'un arrêt pour dépression avant la pandémie et au vu de la complexité de mise en place d'un tel choc, nous écartons cet effet de notre étude. De plus, ce dernier ne serait appliqué que sur les sinistrés du stock initial de contrat. Or, ces individus ne concernent que 2% du stock, l'effet est donc marginal.

### 3.3.3 Scénario stressé n°2

Dans ce scénario, nous considérons que la pandémie perdure notamment à cause de nouveaux variants plus résistants. Ainsi, la crise sanitaire devient durable, de même pour ses effets. Les conséquences sur la santé mentale des individus ne se dissipe donc pas et le marché immobilier ne retourne pas à son fonctionnement d'avant pandémie. Nous présentons tout d'abord le calibrage du New Business de ce scénario puis le calibrage des taux d'incidence en arrêt de travail.

Le calibrage de l'année 2021 sera le même que pour le scénario précédent. En effet, cette année était considérée comme toujours en pleine crise sanitaire. Nous récupérons donc les mêmes hypothèses pour ce scénario. Nous ne présenterons donc que le calibrage des 4 dernières années dans cette partie.

#### 3.3.3.1 Construction du New Business

##### NOMBRE DE SOUSCRIPTIONS

La pandémie étant durable, nous pouvons présumer que la situation économique des ménages ne retrouve pas son état d'avant pandémie pour chacun d'entre eux. Notamment, les secteurs du tourisme, de la restauration ou de la culture étant touchés, les ménages dont les revenus dépendent de ces secteurs ne retrouvent donc probablement pas leur pouvoir d'achat ni une stabilité suffisamment forte pour réaliser un achat immobilier. D'un autre côté, la population a pu épargner davantage en 2020 du fait du chômage partiel et de la baisse des dépenses liée au confinement. Ainsi, nous supposons que l'augmentation des souscriptions chaque année est de plus en plus forte mais ne retrouve pas son niveau d'avant pandémie. Les valeurs suivantes d'évolution chaque année par rapport à la précédente sont calibrées à dire d'expert, en lien avec le business plan de l'assureur :

- 2% pour 2022,
- 3% pour 2023,
- 4% pour 2024,
- et 5% pour 2025.

##### PART DE MAISONS ET D'APPARTEMENTS

Dans le cas où la crise sanitaire perdure, nous pouvons raisonnablement émettre l'hypothèse que le télétravail se généralisera de plus en plus, que de nouveaux confinements et/ou couvre feu pourront être mis en place. Ainsi, il devient naturel d'émettre la conjecture d'une conservation du besoin accru d'espace et de confort des individus. Ainsi, la part de maisons en 2021 est supposée conservée sur toute la durée de projection ORSA pour ce scénario.

**MONTANT EMPRUNTÉ**

En 2021, les 6% d'augmentation conjugués sont une conséquence directe du rattrapage des ventes à la suite du premier confinement. Il est donc raisonnable de supposer que cette tendance va s'apaiser même si la pandémie perdure. Cependant, la hausse de la demande de maisons implique une hausse des prix en province. En effet, les métropoles étant majoritairement composées d'appartements, une hausse des ventes de maisons implique en majorité une augmentation des ventes en province. Le marché immobilier devient alors plus tendu sur l'ensemble du territoire métropolitain en dehors des métropoles. Dans les métropoles, il est naturel de supposer que le marché restera tendu et que les prix ne baisseront donc pas mais garderont leur tendance d'avant pandémie. Sur tout le territoire métropolitain, nous présumons donc que les prix augmenteront plus fortement qu'avant la pandémie en moyenne.

Ainsi, nous supposons que la tendance forte de 2021 se dissipe progressivement jusqu'à arriver à un niveau supérieur à la tendance d'avant pandémie. Nous prendrons les valeurs de l'augmentation des montants empruntés d'une année sur l'autre suivantes :

- 5,4% en 2022,
- 4,6% en 2023,
- 3,8% en 2024,
- et 3% en 2025.

Ces valeurs ont été obtenues par interpolation linéaire entre 6% et 3%.

**RÉCAPITULATIF**

Le tableau 3.9 récapitule les différents calibrages du New Business de ce scénario. De même que pour les précédents scénarios, si le volume augmente de  $x\%$ , les taux de chutes aussi. Les taux d'emprunts et durées sont constants également.

	Volume	Montant emprunté	Appt/maisons	Taux	Durée
New Business N+1	Augmentation de 1% (CSA - de août à août) par rapport à 2020	Evolution de 6,24% (même que 2020)	38% d'appartements	Constant	Constante
New Business N+2	Augmentation de 2%	Augmentation de 5,4%			
New Business N+3	Augmentation de 3%	Augmentation de 4,6%			
New Business N+4	Augmentation de 4%	Augmentation de 3,8%			
New Business N+5	Augmentation de 5%	Augmentation de 3%			

TABLE 3.9 – Calibrage des affaires nouvelles ORSA du scénario stressé n°2

**3.3.3.2 Répercussions sur la table d'incidence en arrêt de travail**

Une durabilité de la pandémie implique une fatigue émotionnelle et mentale des individus. Si la pandémie perdure, alors les mesures gouvernementales pour endiguer la pandémie (confinement, vaccination, etc.) peuvent essouffler la population. La santé mentale générale de cette dernière se dégrade donc contrairement au scénario précédent. Ainsi, nous supposons que le choc de 50% sur un cinquième de la table d'incidence est conservé sur toute la durée de projection et ne se dissipe pas.

**3.4 Résultats et analyses des différents scénarios**

Dans cette section, les résultats obtenus ont été modifiés dans un souci d'anonymisation des données. Les ordres de grandeur ont donc été changés mais les évolutions en tendance et en proportion ont été conservées.

### 3.4.1 Choix des métriques

#### 3.4.1.1 Indicateur de rentabilité

L'objectif d'un indicateur de rentabilité est de mesurer la valeur apportée par le portefeuille par rapport au coût en capital engendré. Pour un investisseur, le coût en capital ne correspond pas tout à fait au SCR. En effet, les profits futurs du portefeuille sont à prendre en compte et n'ont pas besoin d'être investis. Un indicateur pertinent à calculer à chaque projection ORSA serait

$$\frac{\text{Résultat de l'exercice } P}{\max(\text{SCR}(P) - \text{VIF}(P), 0)},$$

avec :

- SCR le capital requis,
- et VIF la Value in Force, c'est à dire la valeur actuelle des profits futurs issus de l'« in force » (c'est à dire le portefeuille acquis, le stock sans le New Business). En d'autres termes, elle correspond à l'actualisation des profits futurs réalisés par l'assureur. En pratique, nous l'obtenons à chaque année d'ORSA par l'actualisation des résultats calculés sur 30 ans dans le sous-modèle.

Cependant, dans le cas de l'assurance emprunteur, les marges sont tellement importantes que la rentabilité tend vers l'infini avec ce type d'indicateur. Ainsi, nous comparerons les rentabilités de nos différents scénarios via un indicateur plus classique, soit

$$\frac{\text{Résultat de l'exercice } P}{\text{SCR}(P)}.$$

#### 3.4.1.2 Indicateur de solvabilité

L'objectif d'un indicateur de solvabilité est de mesurer la capacité de l'assureur à honorer ses engagements. C'est donc un ratio entre les fonds propres économiques et le SCR. Les fonds propres économiques représentent la différence entre l'actif et le passif du bilan Solvabilité 2. L'actif du bilan S2 est comptabilisé en valeur de marché et non en valeur historique comme le bilan social. Le passif est lui calculé en vision Best Estimate. L'indicateur utilisé est donc le ratio de solvabilité défini de la manière suivante

$$\frac{\text{Fonds propres économiques en } P}{\text{SCR}(P)}.$$

### 3.4.2 Caractéristiques du portefeuille étudié

Le portefeuille utilisé est un portefeuille réduit de 1400 contrats reproduisant les caractéristiques du portefeuille initial. Les caractéristiques de ces contrats sont :

- L'âge moyen de 40 ans,
- La durée moyenne d'emprunt de 19 ans,
- 46% de femmes sont présentes dans le portefeuille,
- Le taux d'intérêt moyen de 1.19%.
- Le capital moyen emprunté de 180 000€.

Ensuite, deux éléments ont dû être calculés pour les besoins du modèle via les formules suivantes :

- La mensualité du prêt :

$$\text{Mens} = \frac{C \times t}{12 \times (1 - (1 + (t/12))^{-n})},$$

avec  $t$  le taux d'intérêt,  $n$  le nombre d'échéances et  $C$  le capital emprunté.

— Le CRD au 31/12/2020 :

$$CRD = C \times (1 + t_m)^d + Mens \times \frac{1 - (1 + t_m)^d}{t_m},$$

avec  $t_m$  le taux mensuel d'intérêt et  $d$  le nombre de mois écoulés depuis le début du prêt jusqu'au 31/12/2020.

### 3.4.3 Évolution du résultat comptable

La figure 3.26 présente le résultat comptable net de réassurance de chaque année ORSA. Nous observons une baisse de ce résultat d'un scénario à l'autre. Pour comprendre plus profondément les origines de cette dégradation, nous détaillons les deux postes les plus importants de ce résultat : le poste Vie (correspondant à la garantie décès) et le poste Non-Vie (correspondant à la garantie arrêt de travail). La réassurance ne sera pas détaillée car celle-ci ne modifie pas drastiquement les tendances observées étant donné qu'un seul traité en quote-part est appliqué. En d'autres termes, un même pourcentage de prestations, de frais, de cotisations et de provisions est cédé au réassureur (25% ici). Des commissions de réassurance de l'ordre de 40% des primes cédées sont également présentes sur ce traité.

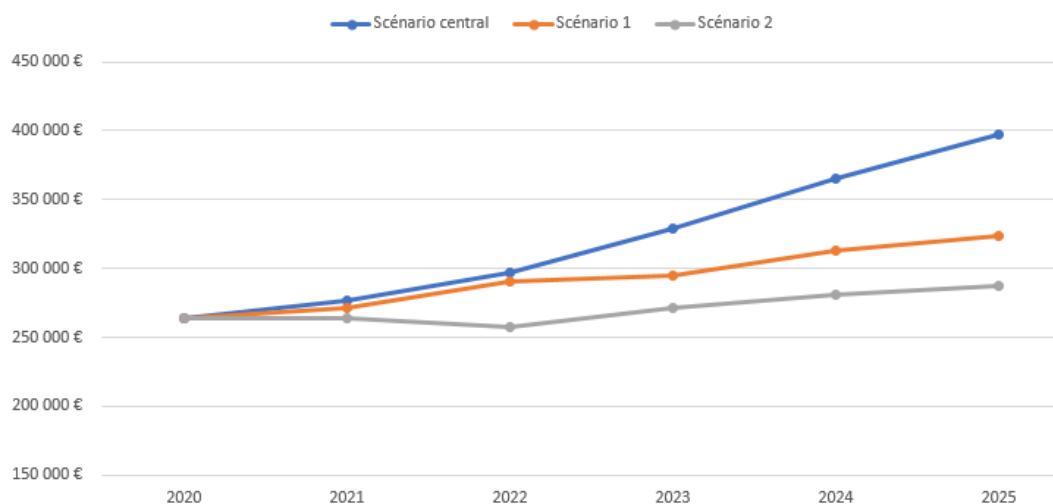


FIGURE 3.26 – Résultat comptable de chaque année d'ORSA

#### 3.4.3.1 Résultat Non-Vie

Nous observons également une baisse du résultat net de réassurance sur la partie Non-Vie. Les principaux postes de ce résultat sont les cotisations, les prestations et les variations de PRC. La figure 3.27 présente donc l'évolution de ces différents éléments au cours des années de projection ORSA. Nous expliquons les résultats scénario par scénario.

##### SCÉNARIO CENTRAL

Tout d'abord, le résultat du scénario central augmente sur la période. Cela s'explique par les éléments suivants :

- Les cotisations augmentent de 110% entre 2020 et 2025,
- Les prestations augmentent quant à elles de seulement 45% sur cette même période,
- Et finalement, les provisions baissent sur la période, la variation de ces dernières est donc négative et vient améliorer le résultat.

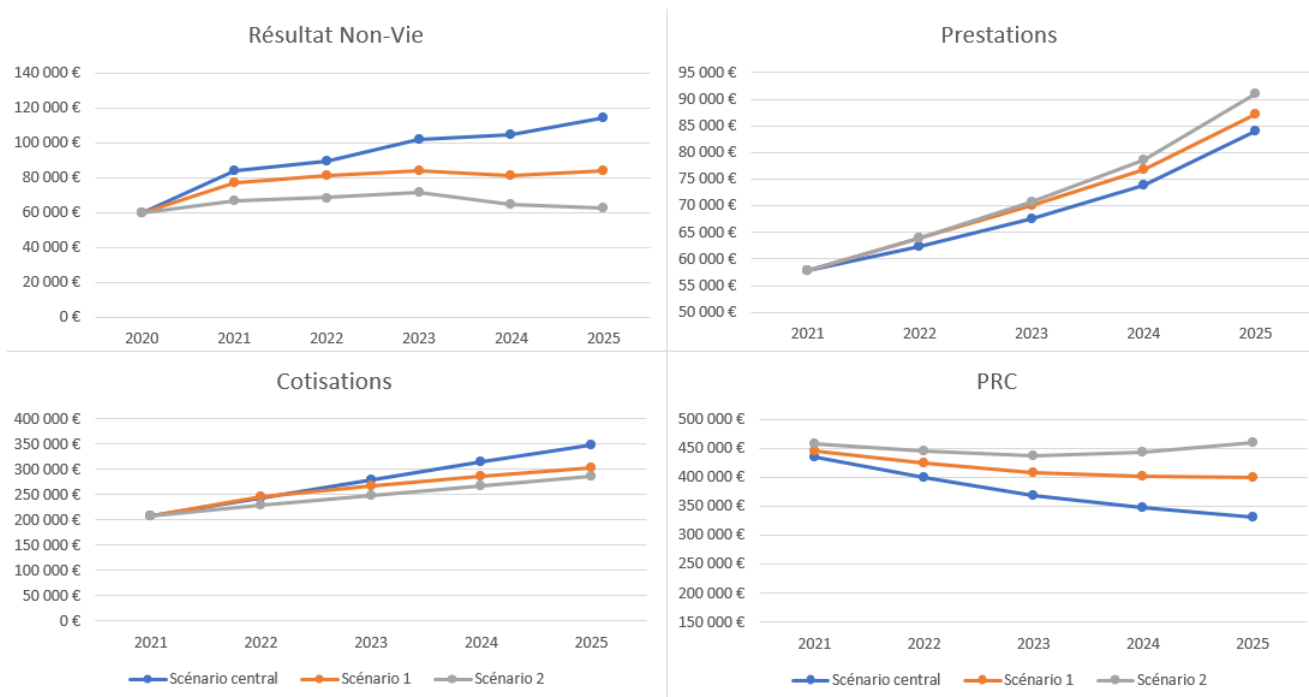


FIGURE 3.27 – Résultat Non-Vie et son détail par année ORSA

L'augmentation plus élevée des cotisations face aux prestations s'explique par les fortes marges réalisées dans ce domaine. En effet, le portefeuille de NB entrant chaque année subit la sélection médicale et est jeune, entraînant des cotisations bien plus importantes que leur sinistralité réelle compte tenu des marges et de la mutualisation. De plus, ces marges expliquent la décroissance de la PRC. La VAP assuré est majoritairement plus élevée que la VAP assureur dans le calcul de la PRC, la rendant ainsi nulle. Les provisions non nulles sont principalement celles des individus sinistrés en stock qui ne payent pas de primes et n'ont donc qu'une VAP assureur. Il est ainsi naturel qu'elles décroissent sur la période à mesure que le temps passe.

Il est important de noter que la commission apporteur et les différents frais sont évidemment pris en compte dans le calcul du résultat, et viennent donc diminuer les bénéfices réalisés.

### SCÉNARIO 1

Premièrement, les cotisations de ce scénario se réduisent en comparaison avec le central. Dans ce scénario, les taux de chutes sont globalement plus bas sur toute la projection. Les taux d'incidence sont quant à eux plus forts, de même pour les capitaux empruntés. Le paiement de la cotisation est relié à la probabilité de validité et aux montants empruntés. Si les taux de chute sont plus bas, alors la probabilité d'être cotisant est plus haute dans ce scénario. Cependant, dans le même temps, les taux d'incidence augmentent, causant une diminution de cette dernière. Finalement, l'augmentation des montants empruntés influence sur le montant des primes (voir le tableau 3.10). Ces trois effets peuvent se compenser entre eux. Le résultat est donc très sensible à l'évolution et/ou au calibrage de ces trois éléments (taux de chutes, taux d'incidence et montant emprunté).

Avec les hypothèses posées dans ce scénario, on observe que la hausse des taux d'incidence l'emporte sur l'effet des taux de chutes et des prix. Ainsi, les cotisations sont plus faibles. Quant aux prestations, la hausse des prix et celle des taux d'incidence augmentent le montant des prestations. Premièrement, dans le chapitre 2, nous avons vu que les probabilités d'arrêt de travail sont liées à l'évolution des taux



	Montant emprunté moyen		
	Central	N°1	N°2
2021	187 148 €	206 992 €	199 786 €
2022	210 069 €	227 908 €	214 848 €
2023	235 701 €	255 679 €	231 520 €
2024	264 357 €	288 664 €	249 955 €
2025	296 393 €	322 780 €	270 326 €

TABLE 3.10 – Montant emprunté moyen du New Business de chaque année pour chaque scénario

de validité, d'incidence et de maintien. Les taux de maintien ne changent pas d'un scénario à l'autre. En revanche, nous l'avons expliqué, ceux de validité et d'incidence évoluent.

Nous avons deux effets antagonistes : d'une part la diminution des taux de chutes par rapport au scénario 1 et d'une autre part la hausse de la fréquence d'entrée en arrêt de travail. De ce fait, des effets de compensation peuvent apparaître et causer une amélioration ou une dégradation de la sinistralité et ainsi du résultat. Dans notre cas, on observe une détérioration du résultat.

	2021	2022	2023	2024	2025
Scénario central	12,2%	10,6%	12,8%	17,1%	19,6%
Scénario 1	16,8%	17,6%	19,9%	25%	28%

TABLE 3.11 – Évolution du S/P AT

Nous pouvons analyser le S/P de notre scénario dans le tableau 3.11. Nous observons qu'il est nettement dégradé. Pour rappel, le ratio S/P est défini de la manière suivante

$$\frac{\text{Prestations} + \Delta\text{PRC}}{\text{Cotisations}}$$

La variation de provision augmente, car les provisions sont plus hautes qu'en central pour les raisons évoquées précédemment. Notamment, plusieurs contrats passent d'une PRC nulle à une valeur positive. Le numérateur augmente donc tandis que le dénominateur baisse. La sinistralité est plus haute sur ce scénario et prend le pas sur la hausse des montants empruntés et la baisse de la résiliation.

## SCÉNARIO 2

Dans ce scénario, les taux de chutes sont plus bas que le scénario 1 tandis que les taux d'incidence sont plus importants sur la projection. Les capitaux empruntés sont quant à eux les plus faibles des trois scénarios. Ainsi, les effets observés lors du scénario précédent sont exacerbés. Le résultat est donc davantage dégradé dans ce scénario.

Ces effets se voient notamment sur les provisions qui sont encore plus élevées que lors du précédent scénario ainsi que sur le S/P qui est encore plus bas (tableau 3.12).

Ces différents éléments causent donc la détérioration accrue du résultat. Il est intéressant de spécifier que la commission apporteur, soit un pourcentage du résultat de l'année précédente, tend à réduire la dégradation du résultat. En effet, si ce dernier se détériore, les commissions apporteur versées sont moins importantes. Une partie des pertes est alors compensée par ce phénomène.

	2021	2022	2023	2024	2025
Scénario central	12,2%	10,6%	12,8%	17,1%	19,6%
Scénario 1	16,8%	17,6%	19,9%	25%	28%
Scénario 2	23,0%	22,2%	24,9%	31,8%	38,0%

TABLE 3.12 – Évolution du S/P AT pour chaque scénario

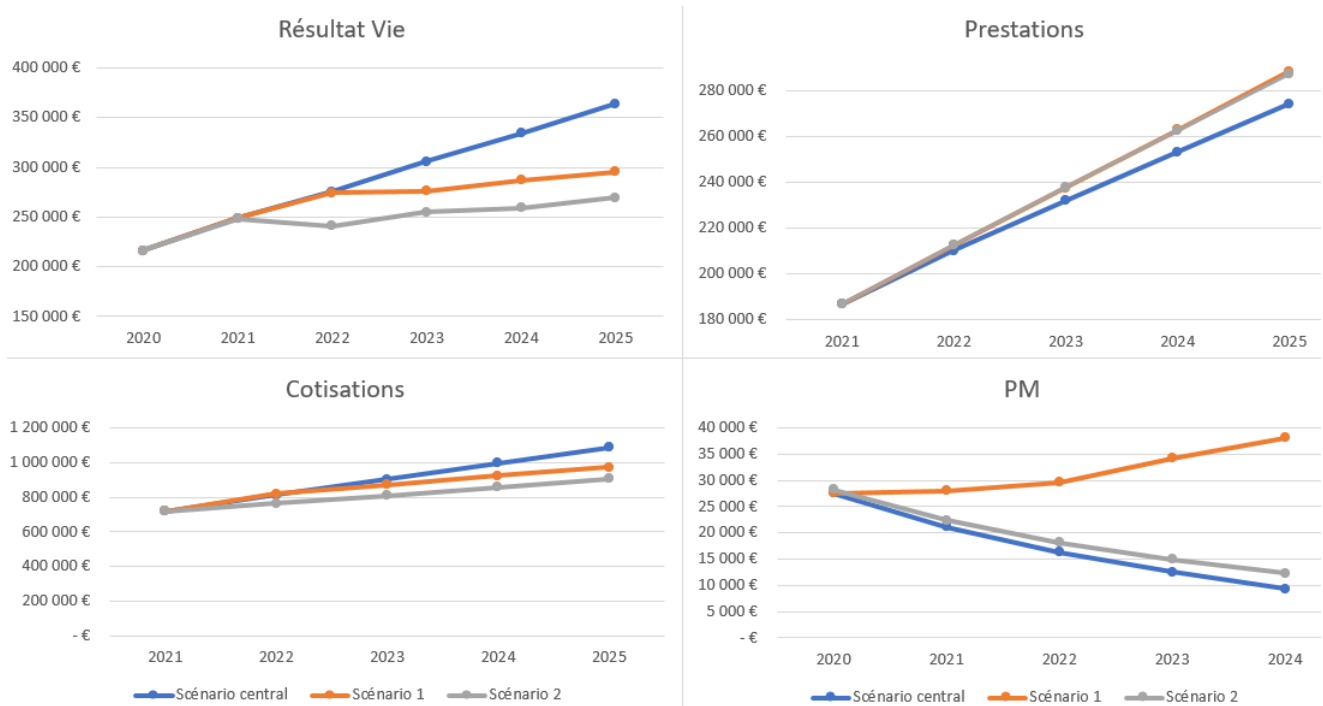


FIGURE 3.28 – Résultat Vie et son détail par année ORSA

### 3.4.3.2 Résultat Vie

Pour la garantie décès, nous observons également une baisse du résultat. De même, la figure 3.28 présente l'évolution des différents postes influant majoritairement sur ce résultat. Les effets observés sont différents de ceux de la garantie AT, nous détaillons donc également chaque scénario.

#### SCÉNARIO CENTRAL

Le résultat croît sur la période. En effet, les cotisations augmentent de 85% contrairement aux prestations qui n'évoluent que de 47%. De plus, les provisions mathématiques sont également décroissantes pour les mêmes raisons que celles évoquées sur l'arrêt de travail. En effet, les marges sont également élevées sur cette garantie. Les nouveaux individus étant jeunes et en bonne santé (sélection médicale), leur sinistralité en décès est donc relativement faible. Ici également, les différents frais et la commission apporteur viennent réduire les bénéfices de cette garantie.

L'analyse des cotisations est similaire à celle de la garantie AT car leur fonctionnement est identique en décès comme en arrêt de travail. Nous ne détaillons donc pas à nouveau cette partie de l'analyse.

#### SCÉNARIO 1

Deux « types » de prestations décès sont possibles, soit l'assuré est cotisant, soit il est en arrêt. Dans le premier cas, la probabilité de décès est tirée de la table de mortalité améliorée, sinon, elle est tirée

de la table de mortalité aggravée. Les probabilités de décès en arrêt de travail sont plus fortes dans ce scénario qu'en central, dû aux effets de compensation évoqués et le cas retenu. Ainsi, les prestations décès sont plus importantes tandis que les cotisations le sont moins. Cet effet est amplifié par le niveau plus élevé des capitaux empruntés de ce scénario.

Nous observons un comportement atypique des provisions au regard des autres scénarios. Une augmentation des provisions aussi forte comparée au scénario 2 notamment semble surprenante. La grande différence entre ces deux scénarios est le montant des capitaux empruntés qui pourrait donc causer ce type de comportement atypique. Afin de vérifier cette hypothèse, et comme les caractéristiques des assurés des portefeuilles de New Business sont conservées d'un scénario à l'autre, nous réalisons pour test le remplacement du New Business du scénario 2 par celui du scénario 3. La figure 3.29 représente l'évolution de la PM obtenue. Nous pouvons conclure que cet effet est entièrement dû à la différence de montants empruntés entre nos scénarios.

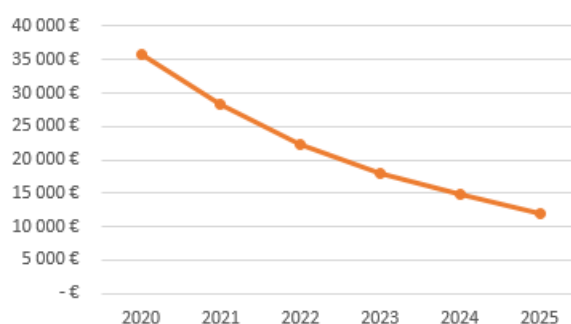


FIGURE 3.29 – PM du scénario 1 avec le New Business du scénario 2

La variation de provisions est donc positive à présent, elle détériore donc le résultat. Les cotisations étant plus faibles et les provisions supérieures par rapport au scénario central, le résultat est donc également diminué. L'évolution du ratio S/P présentée dans le tableau 3.13 renforce ces analyses.

	2021	2022	2023	2024	2025
Scénario central	26%	25,9%	25,6%	25,4%	25,2%
Scénario 1	26%	25,9%	27,2%	28,4%	29,6%

TABLE 3.13 – Évolution du S/P DC

### SCÉNARIO 2

Les phénomènes étudiés dans le scénario 1 sont théoriquement exacerbés dans ce deuxième scénario stressé. Cependant, concernant les prestations et les provisions, la diminution des capitaux empruntés des portefeuilles de nouvelles affaires compense la durabilité des effets sur les taux d'incidence de la pandémie. En effet, la fréquence de paiement de prestations est plus élevée pour des montants de prestations plus bas. Cet effet se voit également sur l'évolution de la provision mathématique.

Le résultat se dégrade tout de même davantage dans ce scénario car la variation des provisions (négative) ne suffit pas à compenser la baisse des primes reçues. Cette analyse se confirme via l'évolution du S/P qui est le plus élevé pour ce scénario (tableau 3.14).

	2021	2022	2023	2024	2025
Scénario central	26%	25,9%	25,6%	25,4%	25,2%
Scénario 1	26%	25,9%	27,2%	28,4%	29,6%
Scénario 2	26%	27,8%	29,3%	30,6%	31,8%

TABLE 3.14 – Évolution du S/P DC pour chaque scénario

### 3.4.4 Évolution des fonds propres économiques

Les fonds propres économiques sont la différence entre l'actif et le passif du bilan S2 (Solvabilité 2). Ainsi, nous comparons tout d'abord l'évolution de l'actif S2 des différents scénarios (figure 3.30), puis le passif S2 (figure 3.31).

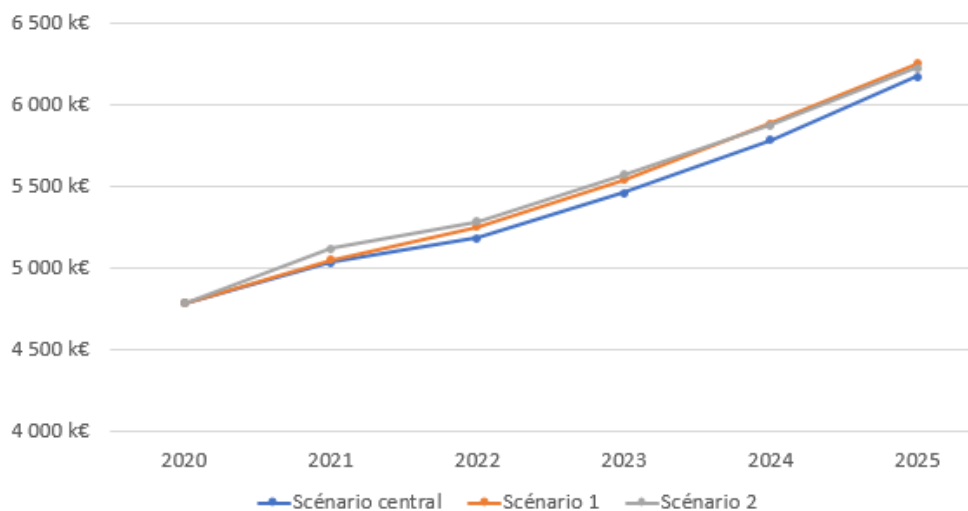


FIGURE 3.30 – Évolution de l'actif S2 selon les scénarios

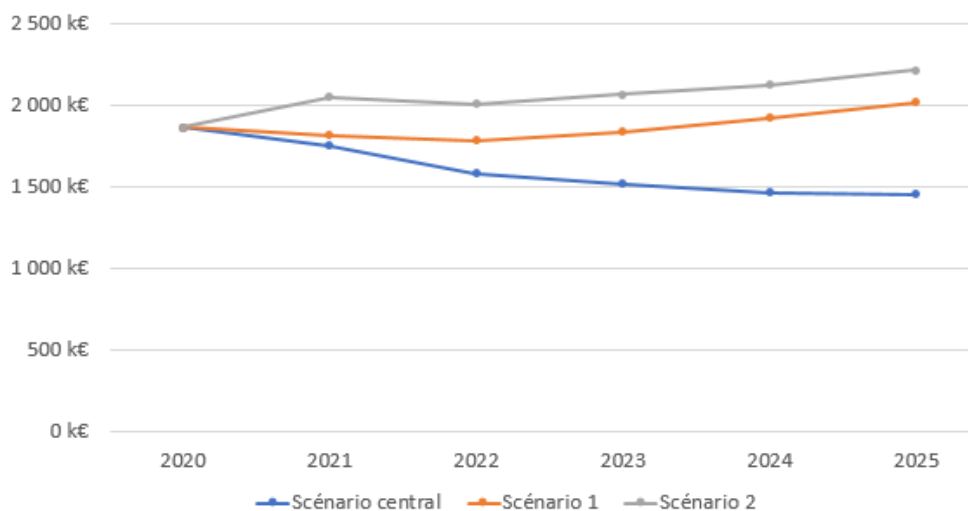


FIGURE 3.31 – Évolution du passif S2 selon les scénarios

L'actif est globalement stable d'un scénario à l'autre dans notre modélisation. En revanche, nous

observons que le passif augmente. Le passif S2 correspond au Best Estimate des engagements de l'assureur. Comme le montre les tableaux de ratio S/P [3.12](#) et [3.14](#), la sinistralité est plus élevée pour le scénario 1, et davantage encore pour le scénario 2. Ainsi, le BE étant la somme des flux futurs actualisés via la courbe des taux sans risque, il est naturel que ce dernier augmente au fur et à mesure des scénarios, augmentant ainsi le passif S2. De plus, l'augmentation du BE implique une hausse du BE cédé et donc de l'actif S2. Cette dernière est cependant marginale comparé à la hausse du passif S2.

Ainsi, nous pouvons conclure que les fonds propres économiques se détériore sur le premier scénario stressé et davantage sur le deuxième.

### 3.4.5 Évolution du SCR

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Central	929 071	1 027 600	1 117 721	1 218 014	1 320 733	1 471 095
Scénario 1	929 071	1 036 865	1 112 406	1 193 874	1 356 111	1 545 980
Scénario 2	929 071	1 008 764	1 080 820	1 189 358	1 368 049	1 544 267

TABLE 3.15 – Évolution des SCR pour chaque scénario

Le SCR est globalement stable d'un scénario à l'autre. Ainsi, la valeur des chocs S2 est similaire. Prenons l'exemple du choc de morbidité et du choc de mortalité en 2025. Le tableau [3.16](#) renseigne la valeur des BE net centraux et choqués correspondant à chaque scénario lors de cette année.

	Scénario central	Scénario 1	Scénario 2
BE Net SLT	-472 524	-223 683	-102 220
BE Net Morbidité	-993	313 562	526 940
Delta	-471 530	-537 245	-629 160
BE Net Life	-2 657 540	-2 305 174	-2 270 391
BE Net Mortalité	-2 587 398	-2 229 527	-2 189 660
Delta	-70 142	-75 647	-80 731

TABLE 3.16 – Montant de BE pour chaque scénario

On observe que l'écart entre les BE s'accroît. Cependant, cet accroissement est marginal et se dissipe rapidement lors du calcul du SCR total, notamment via l'ajustement et les matrices de corrélation. Ce phénomène se retrouve pour tous les chocs S2 appliqués dans les modules de souscription Vie et Non-vie. L'actif et la réassurance sont identiques pour tous les scénarios, les SCR de marché et de défaut sont donc également globalement identiques.

### 3.4.6 Évolution des indicateurs de rentabilité et de solvabilité

Après avoir détaillé l'évolution des différents éléments intervenant dans le calcul des indicateurs choisis, nous pouvons à présent aisément étudier leur évolution pour chaque scénario sur les figures [3.32](#) et [3.33](#).

Nous l'avons observé et expliqué, le résultat se dégrade d'un scénario à l'autre tandis que le SCR est stable. La rentabilité de l'assureur est donc réduite. Cependant, comme cet indicateur ne prend pas en compte les profits futurs de l'assureur, il est à nuancer. En effet, les fortes marges compensent largement la perte de rentabilité observée via cet indicateur. Le résultat reste tout de même positif même dans le scénario le plus pessimiste.

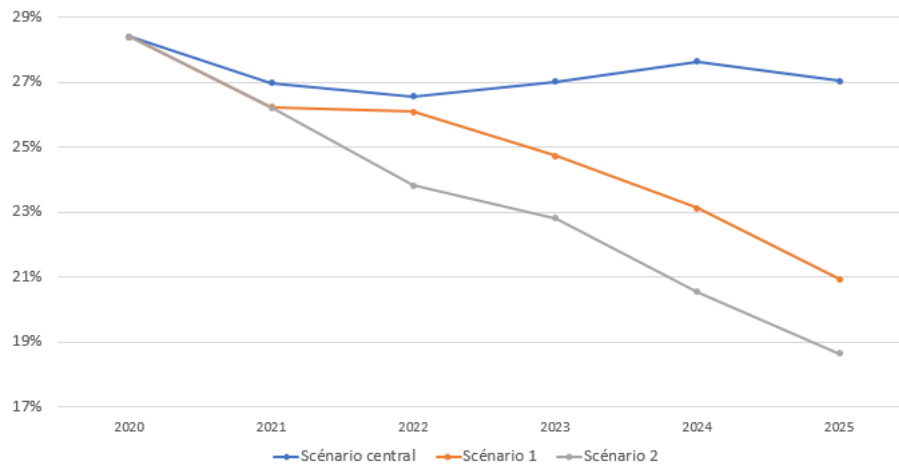


FIGURE 3.32 – Évolution de l'indicateur de rentabilité pour chaque scénario

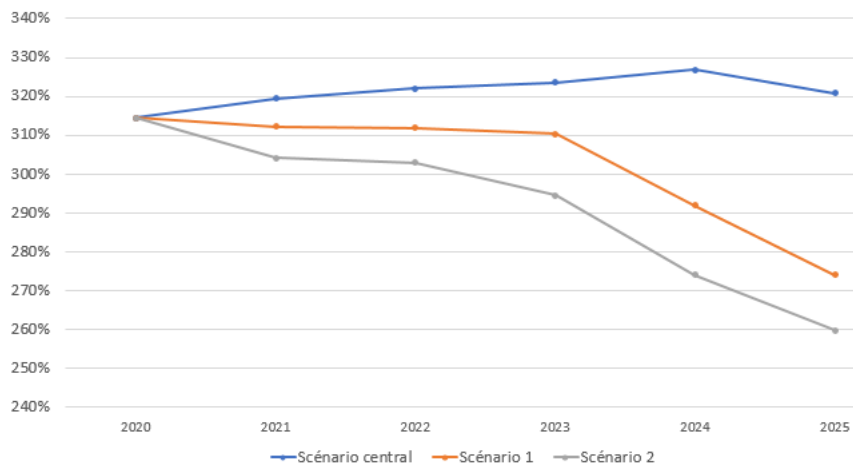


FIGURE 3.33 – Évolution de l'indicateur de solvabilité pour chaque scénario

De même pour l'indicateur de solvabilité, les fonds propres économiques baissent contrairement au SCR qui est stable, causant une baisse du ratio de solvabilité de l'assureur. Cependant, ce ratio reste tout de même très élevé avec pour minimum 260%. En effet, selon la FFA, les ratios de solvabilité moyens sont de 265% pour les sociétés Non-Vie et de 225% pour les sociétés Vie en 2020 (FÉDÉRATION FRANÇAISE DE L'ASSURANCE, 2021).

Bien que la rentabilité et la solvabilité de l'assureur se dégradent, ce dernier reste tout de même dans une position très favorable du fait des marges réalisées sur ce produit. Cependant, il est rare qu'un assureur ait pour seule activité l'assurance emprunteur. Les résultats de ce produit peuvent être un moyen pour l'assureur d'améliorer sa rentabilité générale et sa solvabilité s'il possède d'autres produits moins bénéficiaires. Il est donc tout de même important de piloter ce produit selon l'évolution de la crise sanitaire.

Notamment, ce produit a une forte sensibilité à l'évolution de la santé des individus, et notamment de la santé mentale. De plus, la détérioration de cette dernière sur le long terme semble se confirmer (ARGUS DE L'ASSURANCE, 2021). L'assureur aura donc tout intérêt à mettre en place des solutions pour contourner cette dégradation et ne pas réduire son résultat. Plusieurs solutions sont possibles :

- Renforcement de la sélection médicale. Cependant, un tel renforcement orienté sur la santé

mentale peut être compliqué à mettre en oeuvre, notamment par le biais de réponse des individus mais également par la difficulté d'expertise de tels troubles.

- Augmentation de la prévention sur les troubles mentaux.
- Augmentation des tarifs. Cependant, l'augmentation de la concurrence sur le marché de l'assurance emprunteur peut rendre difficile ce type de solution. L'assureur perdrait en attractivité si tous les acteurs du marché n'effectuent pas ce même changement.
- Piste de réflexion sur l'adaptation de la politique de souscription.

Finalement, une forte hausse des taux de chutes pourraient être problématique pour l'assureur. En effet, cela toucherait la VIF qui baisserait de façon conséquente et impliquerait une perte du caractère infinie de l'indicateur de rentabilité de type  $\text{Résultat}/(\text{SCR-VIF})$ . Il serait intéressant de déterminer l'augmentation des taux de chutes limite que l'assureur pourrait subir sans perdre cette rentabilité infinie.

### 3.5 Limites de l'étude et ouverture

Dans cette section, nous décrirons les différentes difficultés rencontrées lors de ce mémoire. Dans un premier temps, nous décrivons les limites de la modélisation réalisée puis nous évoquerons les problématiques de données auxquelles nous avons fait face. Ensuite, nous expliciterons certaines opportunités envisageables permettant d'approfondir ou d'améliorer cette étude.

#### 3.5.1 Limites du modèle

L'hypothèse de construction du modèle concernant le non-retour en validité de l'assuré tend à limiter la finesse du modèle. En effet, nous avons supposé qu'une fois que l'assuré tombe en arrêt de travail, celui-ci peut revenir à l'état de cotisant mais ne pourra plus retomber en arrêt sur toute la durée restante de son prêt. Notre modèle étant déterministe, le construire sans prendre cette hypothèse serait compliqué sur le plan opérationnel, chronophage sur l'implémentation et sur le temps de calcul du modèle.

#### 3.5.2 Problématique de données

Premièrement, une problématique de cette étude a été le manque de visibilité sur l'année 2021. Les 9 premiers mois nous ont montré la sensibilité de la situation et ses variations. En particulier, les hypothèses choisies ont été remises en question à plusieurs reprises selon l'évolution de la situation. Peu d'études d'effet de la pandémie sont parues sur cette année nous imposant d'émettre des hypothèses à dire d'expert basées sur une pluralité de sources et d'études non quantitatives. Par exemple, les données immobilières DVF sur le premier semestre de 2021 ne sortent qu'en octobre 2021, nous ne pouvons donc malheureusement pas les utiliser pour ce mémoire. De plus, ces données procurent un historique immobilier sur 5 ans. Or, nous réalisons une projection de la même durée. L'acquisition de données plus anciennes aurait permis de préciser nos hypothèses.

Également, peu d'études concrètes sur les risques psychosociaux sont menées et/ou rendues publiques par les organismes d'assurance. De plus, les études réalisées par des professionnels de santé n'ont pas le même prisme que les assureurs. Plusieurs hypothèses ont donc été émises à dire d'expert pour effectuer le lien entre ces derniers et introduisent donc un biais non négligeable dans ce mémoire. De plus, quantifier l'impact de la pandémie sur les différentes hypothèses du modèle (taux d'incidence, de mortalité, etc.) s'avère être complexe du fait de l'inédit de la situation et de la difficulté de séparer l'effet Covid d'autres phénomènes.

Finalement, afin d'optimiser les performances et les temps de calcul de ce modèle, un portefeuille réduit a été utilisé. Les résultats obtenus sont donc sensibles aux individus sélectionnés quand bien même le choix de ces derniers s'est fait par respect des caractéristiques moyennes initiales du portefeuille.

### 3.5.3 Ouverture

Un travail de construction de modèle stochastique pour remplacer le sous-modèle déterministe construit serait un axe d'amélioration des résultats obtenus. Notamment, en stochastique, un grand nombre de simulations aléatoires sont réalisées. Dans ces simulations, l'état de chaque individu est connu à chaque instant et donc les cotisations et prestations associées également. L'espérance des résultats de toutes les simulations est finalement déterminée. Ce processus permettrait de ne pas avoir à réaliser un arbre de probabilité et l'hypothèse de non-retour en arrêt de travail ne serait donc pas nécessaire. Il serait donc intéressant de réaliser à nouveau l'étude de ce mémoire à partir d'une modélisation stochastique.

Ensuite, le manque de recul sur l'année 2021 a été handicapant pour ce mémoire. Une ouverture intéressante serait d'actualiser cette étude une fois la situation stabilisée. Ainsi, nous pourrions observer l'évolution de l'assurance emprunteur pour les prochaines années de manière plus réaliste avec des hypothèses plus robustes.

Finalement, il serait intéressant de réaliser une étude plus approfondie du marché immobilier. Notamment, il est évident que les prix de l'immobilier sont liés au volume de transactions, en cohérence avec la théorie de l'offre et de la demande. Une piste d'amélioration pertinente serait donc d'étudier de manière conjointe ces deux éléments, par exemple à l'aide d'un modèle VAR (Vecteur Auto Régressif). Ce dernier permet de modéliser de manière simultanée plusieurs séries temporelles.



# Conclusion

L'objectif de ce mémoire était d'étudier les conséquences de la pandémie sur la rentabilité et la solvabilité d'un portefeuille d'assurance emprunteur.

En effet, la crise sanitaire a profondément touché les sous-jacents de l'assurance emprunteur, c'est-à-dire le marché immobilier et la santé de la population. Tout d'abord, les confinements successifs ont modifié les critères de recherche de biens des individus. Ces derniers recherchent à présent plus d'espace. La généralisation du télétravail a facilité une partie des ménages à franchir ce pas et à acquérir des biens plus grands et plus éloignés des métropoles. Cependant, l'effet des confinements ne s'arrête pas à une modification des comportements sur le marché immobilier. Ils ont également profondément affecté la santé mentale de la population. L'isolement, l'incertitude et l'épuisement face à la situation ont dégradé l'état psychique des individus. Ces différents effets ont donc touché les prix de l'immobilier, les volumes de transactions immobilières mais également la fréquence et la durée des arrêts de travail. Ces conséquences touchent donc nécessairement les portefeuilles de contrats d'assurance emprunteur.

De surcroît, les récentes évolutions législatives ont permis aux assurés de résilier plus facilement leur contrat d'assurance au profit d'un autre. Une augmentation des opportunités de résiliation influence les flux futurs de l'assureur et affecte donc la rentabilité de ses contrats.

L'exigence de solvabilité réglementaire imposée par la réforme européenne Solvabilité 2 est un enjeu capital pour l'assureur. Ainsi, l'objectif était de mesurer la solvabilité et la rentabilité de l'assureur selon les évolutions possibles de la situation sanitaire. Nous avons donc construit un modèle d'écoulement de flux en processus ORSA puis élaboré différents scénarios :

- Un scénario central supposant que les effets de la pandémie se dissipent dès 2022.
- Un premier scénario stressé supposant une dissipation progressive des effets de la crise sanitaire.
- Un deuxième et dernier scénario stressé supposant un maintien des répercussions de la pandémie.

En analysant le ratio de solvabilité et un indicateur de rentabilité pour chaque scénario, nous pouvons conclure que malgré une détérioration manifeste de ces derniers, l'assureur conserve une solvabilité et une rentabilité suffisante pour continuer son activité sur ce produit. Le ratio de solvabilité reste à un niveau élevé même dans le scénario le plus pessimiste tandis que la rentabilité de l'assureur baisse davantage. Néanmoins, il est rare qu'un assureur n'ait que ce produit. Ce dernier peut donc être un moyen d'améliorer la rentabilité et la solvabilité générale de l'assureur s'il possède d'autres produits moins bénéficiaires. Il sera donc important de piloter ce produit notamment par une révision de la politique de souscription, un renforcement de la sélection médicale ou encore une adaptation de la gestion de l'actif au vu de la modification importante des flux de passifs observée. Des travaux d'approfondissement pourraient être menés afin d'explorer ces différentes pistes de pilotage des risques de l'assureur.

Pour conclure, des travaux d'actualisation de cette étude d'ici quelques mois seraient intéressants. En effet, une fois les données sur le marché immobilier de 2021 consolidées, il serait pertinent de prendre en considération ce recul supplémentaire pour affiner les hypothèses et scénarios de l'étude. De plus, la résiliation infra-annuelle de l'assurance emprunteur semble être de retour dans l'actualité législative (ACÉDO, 2021), réaliser une étude similaire une fois la situation éclaircie à ce sujet serait également judicieux.

Finalement, des travaux sur la prise en compte d'une potentielle remontée des taux ou sur le pilotage de la gestion de l'actif selon le scénario réellement observé représentent une piste d'approfondissement de cette étude.

# Bibliographie

- ABE (2020). Que faut-il savoir sur l'assurance emprunteur ? [www.abe-infoservice.fr/assurance/assurance-emprunteur/que-faut-il-savoir-sur-lassurance-emprunteur](http://www.abe-infoservice.fr/assurance/assurance-emprunteur/que-faut-il-savoir-sur-lassurance-emprunteur). (Visité le 14/09/2021).
- ACÉDO, S. (2021). Assurance emprunteur : le retour de la résiliation à tout moment. [www.argusdelassurance.com/les-assureurs/assurance-emprunteur-le-retour-de-la-resiliation-a-tout-moment.183939](http://www.argusdelassurance.com/les-assureurs/assurance-emprunteur-le-retour-de-la-resiliation-a-tout-moment.183939). (Visité le 05/10/2021).
- AMELI (2020). Comprendre la dépression. [ameli.fr/paris/assure/sante/themes/depression-troubles-depressifs/comprendre-depression](http://ameli.fr/paris/assure/sante/themes/depression-troubles-depressifs/comprendre-depression). (Visité le 27/08/2021).
- AMPQ (2017). Dépression. Qu'est-ce que c'est? [ampq.org/info-maladie/depression/](http://ampq.org/info-maladie/depression/). (Visité le 25/10/2021).
- APRUZZESE, M. (déc. 2020). Loi Asap et assurance emprunteur : le Conseil constitutionnel dit non ! [www.pap.fr/actualites/loi-asap-et-assurance-emprunteur-le-conseil-constitutionnel-dit-non/a22063](http://www.pap.fr/actualites/loi-asap-et-assurance-emprunteur-le-conseil-constitutionnel-dit-non/a22063). (Visité le 14/09/2021).
- ARGUS DE L'ASSURANCE (2019). Assurance emprunteur : le contrat individuel, mode d'emploi. [www.argusdelassurance.com/assurance-de-personnes/assurance-emprunteur/assurance-emprunteur-le-contrat-individuel-mode-d-emploi.157114](http://www.argusdelassurance.com/assurance-de-personnes/assurance-emprunteur/assurance-emprunteur-le-contrat-individuel-mode-d-emploi.157114). (Visité le 14/09/2021).
- ARGUS DE L'ASSURANCE (2021). Santé mentale : les consultations psy remboursées dès 2022. [www.argusdelassurance.com/les-assureurs/mutuelles/sante-mentale-annonce-historique-d-emmanuel-macron.188572](http://www.argusdelassurance.com/les-assureurs/mutuelles/sante-mentale-annonce-historique-d-emmanuel-macron.188572). (Visité le 29/09/2021).
- ASSEMBLÉE NATIONALE (2001). Loi n° 2001-1168 du 11 décembre 2001 portant mesures urgentes de réformes à caractère économique et financier (MURCEF). [www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT00000221912/](http://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT00000221912/). (Visité le 14/09/2021).
- AUER, E. (2007). Modélisation d'un contrat emprunteur : Impacts & Résultats. Mémoire d'actuariat. Université Louis Pasteur, Strasbourg.
- BANQUE DE FRANCE (nov. 2019). Crédits aux particuliers. [www.banque-france.fr/statistiques/credits-aux-particuliers-sep-2019](http://www.banque-france.fr/statistiques/credits-aux-particuliers-sep-2019). (Visité le 14/09/2021).
- BENKIMOUN, S. (2020). Évolution des mobilités et diffusion du Covid-19 en France. *The Conversation*.
- CABON, J. (2017). Impacts de la résiliation annuelle sur le processus de tarification et la rentabilité en assurance des emprunteurs. Mémoire d'actuariat. EURIA.
- CCSF (2015). Fiche standardisée d'information. [www.ccsfin.fr/sites/default/files/media/2017/05/03/fiche\\_info\\_pret\\_immob.pdf](http://www.ccsfin.fr/sites/default/files/media/2017/05/03/fiche_info_pret_immob.pdf). (Visité le 14/09/2021).
- CHATFIELD, C. (1989). *The Analysis of Time Series, an Introduction*. Fourth edition. Chapman & Hall.
- COMITÉ CONSULTATIF DU SECTEUR FINANCIER (2020). Rapport Annuel. [www.ccsfin.fr/sites/default/files/medias/documents/ccsf\\_ra2020\\_web.pdf](http://www.ccsfin.fr/sites/default/files/medias/documents/ccsf_ra2020_web.pdf). Page 55. (Visité le 14/09/2021).
- COMMISSION EUROPÉENNE (2014). Règlement délégué (UE) 2015/35 de la commission du 10 octobre 2014 complétant la directive 2009/138/CE du Parlement européen et du Conseil sur l'accès aux activités de l'assurance et de la réassurance et leur exercice (solvabilité II). [esurfi-assurance.banque-france.fr/sites/default/files/media/2018/03/01/reglement-delegue\\_consolide\\_fr-160402.pdf](http://esurfi-assurance.banque-france.fr/sites/default/files/media/2018/03/01/reglement-delegue_consolide_fr-160402.pdf). (Visité le 14/09/2021).

- CSA (2021). Dernière publication. [www.observatoirecreditlogement.fr/derniere-publication](http://www.observatoirecreditlogement.fr/derniere-publication). (Visité le 14/09/2021).
- DARES (2021). Covid-19 : quelles conséquences sur les conditions de travail et les risques psycho-sociaux ? [dares.travail-emploi.gouv.fr/dossier/covid-19-queelles-consequences-sur-les-conditions-de-travail-et-les-risques-psycho-sociaux](http://dares.travail-emploi.gouv.fr/dossier/covid-19-queelles-consequences-sur-les-conditions-de-travail-et-les-risques-psycho-sociaux). (Visité le 04/10/2021).
- DARES (mai 2021). Quelles conséquences de la crise sanitaire sur les conditions de travail et les risques psycho-sociaux ? [dares.travail-emploi.gouv.fr/publication/queelles-consequences-de-la-crise-sanitaire-sur-les-conditions-de-travail-et-les-risques](http://dares.travail-emploi.gouv.fr/publication/queelles-consequences-de-la-crise-sanitaire-sur-les-conditions-de-travail-et-les-risques). (Visité le 14/09/2021).
- DIRECTION DE L'INFORMATION LÉGALE ET ADMINISTRATIVE (PREMIER MINISTRE) (2020). Comment obtenir un contrat d'assurance emprunteur pour un crédit immobilier ? [www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F1671](http://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F1671). (Visité le 14/09/2021).
- D.L. BFM IMMO (sept. 2019). Assurance emprunteur: « en moyenne, les banques margent jusqu'à 80% ». [www.lavieimmo.com/taux-emprunt/assurance-emprunteur-en-moyenne-les-banques-margent-jusqu-a-80-49284.html](http://www.lavieimmo.com/taux-emprunt/assurance-emprunteur-en-moyenne-les-banques-margent-jusqu-a-80-49284.html). (Visité le 14/09/2021).
- DRESS ET INSERM (2021). EpiCov. [drees.solidarites-sante.gouv.fr/publications/etudes-et-resultats/confinement-du-printemps-2020-une-hausse-des-syndromes-depressifs](http://drees.solidarites-sante.gouv.fr/publications/etudes-et-resultats/confinement-du-printemps-2020-une-hausse-des-syndromes-depressifs). (Visité le 14/09/2021).
- DUPORT-LEVANTI, A. (mar. 2021). Après un an de covid, en quoi les attentes immobilières des Français ont-elles changé ? [edito.seloger.com/actualites/france/apres-un-an-de-covid-quoi-attentes-immobilieres-francais-ont-change-article-42161.html](http://edito.seloger.com/actualites/france/apres-un-an-de-covid-quoi-attentes-immobilieres-francais-ont-change-article-42161.html). (Visité le 14/09/2021).
- ETALAB (2021). Demandes de valeurs foncières géolocalisées. [www.data.gouv.fr/fr/datasets/demandes-de-valeurs-foncieres-geolocalisees/](http://www.data.gouv.fr/fr/datasets/demandes-de-valeurs-foncieres-geolocalisees/). (Visité le 16/09/2021).
- FÉDÉRATION FRANÇAISE DE L'ASSURANCE (oct. 2020). Assurance de personnes : données clés par année. [www.ffa-assurance.fr/etudes-et-chiffres-cles/assurance-de-personnes-donnees-cles-par-annee](http://www.ffa-assurance.fr/etudes-et-chiffres-cles/assurance-de-personnes-donnees-cles-par-annee). Page 48. (Visité le 14/09/2021).
- FÉDÉRATION FRANÇAISE DE L'ASSURANCE (2021). Les chiffres de l'assurance en 2020. [www.ffa-assurance.fr/etudes-et-chiffres-cles/les-chiffres-de-assurance-en-2020](http://www.ffa-assurance.fr/etudes-et-chiffres-cles/les-chiffres-de-assurance-en-2020). (Visité le 29/09/2021).
- HAS SANTÉ (2017). Épisode dépressif caractérisé de l'adulte : prise en charge en soins de premier recours. [www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2017-10/depression\\_adulte\\_recommandations\\_version\\_mel.pdf](http://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2017-10/depression_adulte_recommandations_version_mel.pdf). (Visité le 25/10/2021).
- HYNDMAN, R., ATHANASOPOULOS, G., BERGMEIR, C., CACERES, G., CHHAY, L., O'HARA-WILD, M., PETROPOULOS, F., RAZBASH, S., WANG, E. et YASMEEN, F. (2021). forecast: Forecasting functions for time series and linear models. R package version 8.15. URL : <https://pkg.robjhyndman.com/forecast/>.
- INSEE (2019). Enquête de santé européenne - EHIS. [drees.solidarites-sante.gouv.fr/sources-outils-et-enquetes/enquete-sante-europeenne-ehis](http://drees.solidarites-sante.gouv.fr/sources-outils-et-enquetes/enquete-sante-europeenne-ehis). (Visité le 14/09/2021).
- INSERM (2017). Dépression - Mieux la comprendre pour guérir durablement. [www.inserm.fr/dossier/depression](http://www.inserm.fr/dossier/depression). (Visité le 14/09/2021).
- MALAKOFF HUMANIS (2019). Malakoff Médéric Humanis présente les résultats de son Étude Absentéisme 2019. [newsroom.malakoffhumanis.com/actualites/malakoff-mederic-humanis-presente-les-resultats-de-son-etude-absenteisme-2019-a126-63a59.html](http://newsroom.malakoffhumanis.com/actualites/malakoff-mederic-humanis-presente-les-resultats-de-son-etude-absenteisme-2019-a126-63a59.html). (Visité le 14/09/2021).
- MENDY, S. (2017). Étude d'un contrat d'assurance emprunteur dans le contexte Solvabilité II. Mémoire d'actuariat. CNAM.
- NOTAIRES DE FRANCE (2021). Marché immobilier : tendance et évolution des prix de l'immobilier. [www.notaires.fr/fr/immobilier-fiscalite/C3%A9/prix-et-tendances-de-limmobilier/analyse-du-march%C3%A9-immobilier](http://www.notaires.fr/fr/immobilier-fiscalite/C3%A9/prix-et-tendances-de-limmobilier/analyse-du-march%C3%A9-immobilier). (Visité le 04/10/2021).
- OPENDATA SOFT (2015). Code Postal - Code INSEE 2015. [data.opendatasoft.com/explore/dataset/code-postal-code-insee-2015%40public/information/](http://data.opendatasoft.com/explore/dataset/code-postal-code-insee-2015%40public/information/). (Visité le 22/09/2021).

- PARLEMENT EUROPÉEN ET CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE (nov. 2009). Directive 2009/138/CE du parlement européen et du conseil. [www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT00002160551](http://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT00002160551). Article 77. (Visité le 14/09/2021).
- PERUS, Y. (2020). Les impacts de la segmentation en Assurance Emprunteur sous la norme IFRS 17. Mémoire d'actuariat. UFR de Mathématique et Informatique.
- R CORE TEAM (2021). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. URL : <https://www.R-project.org/>.
- SANTÉ PUBLIQUE FRANCE (2017). Baromètre santé 2017. [www.santepubliquefrance.fr/etudes-et-enquetes/barometres-de-sante-publique-france/barometre-sante-2017](http://www.santepubliquefrance.fr/etudes-et-enquetes/barometres-de-sante-publique-france/barometre-sante-2017). (Visité le 14/09/2021).
- SANTÉ PUBLIQUE FRANCE (2021). CoviPrev. [www.santepubliquefrance.fr/etudes-et-enquetes/coviprev-une-enquete-pour-suivre-l-evolution-des-comportements-et-de-la-sante-mentale-pendant-l-epidemie-de-covid-19](http://www.santepubliquefrance.fr/etudes-et-enquetes/coviprev-une-enquete-pour-suivre-l-evolution-des-comportements-et-de-la-sante-mentale-pendant-l-epidemie-de-covid-19). (Visité le 14/09/2021).
- SEUMEN, J. (2021). Amendement Bourquin : quels effets pour les compagnies d'assurance ? Mémoire d'actuariat. Dauphine PSL.
- SÉCURIMUT (2021). Analyses et évolutions depuis 2020. [www.securimut.fr/etude-securimut-2021-evolution-depuis-2020.html](http://www.securimut.fr/etude-securimut-2021-evolution-depuis-2020.html). (Visité le 14/09/2021).
- SÉNAT (1998). A.la spécificité de l'assurance est lourde de conséquences en matière de solvabilité réglementaire. URL : [www.senat.fr/rap/r98-0452/r98-045234.html](http://www.senat.fr/rap/r98-0452/r98-045234.html). (Visité le 14/09/2021).



## Annexe A

# Projections des probabilités des différents états possibles d'un cotisant

Ici, nous développerons la méthode de projection des probabilités des différents états possibles d'un assuré cotisant que nous avons implémentée dans le modèle. L'idée est la suivante : nous voudrions avoir les probabilités de validité, de rachat, de décès et d'arrêt pour les années futures du contrat (année 1, année 2, etc.). Ces quatre états sont interdépendants. Prenons l'exemple de l'année 3, nous avons alors :

- La probabilité de résilier son assurance lors de l'année 3 est égale à la probabilité d'être valide en  $P+3$  et de racheter lors de l'année suivante.
- La probabilité d'être en arrêt de travail en fin d'année 3 est égale à la somme des probabilités suivantes :
  - Probabilité de tomber en arrêt de travail en première année et être maintenu dans cet état jusqu'à la fin de la troisième année,
  - Probabilité d'être cotisant la première année, tomber en arrêt lors de la deuxième année et être maintenu dans cet état jusqu'à la fin de la troisième,
  - Probabilité d'être cotisant la deuxième année, tomber en arrêt en milieu de troisième année et rester dans cet état les 6 derniers mois de l'année 3.
- La probabilité de décéder durant l'année 3 est égale à la somme des probabilités suivantes :
  - Probabilité d'être en arrêt de travail en début de troisième année multipliée par la somme des probabilités de mourir chaque mois. La probabilité de mourir durant le mois  $i$  est égale à la probabilité d'être maintenu en arrêt jusqu'au mois  $i-1$  et d'en sortir en  $i$ . Or, ces probabilités ne sont obtenues que si nous possédons l'information de l'âge d'entrée en arrêt et l'ancienneté dans cet état.

Ainsi, nous avons besoin du détail des probabilités des différentes possibilités de tombée en AT lors des années 1 et 2 explicité précédemment.
  - Probabilité d'être cotisant en début de troisième année puis de tomber en arrêt en milieu d'année multipliée par la somme des probabilités mensuelles de mourir sur les 6 derniers mois,
  - Probabilité d'être cotisant en début de troisième année puis de mourir en étant cotisant, c'est-à-dire en fin d'année en utilisant la table de mortalité.

Cet exemple nous permet d'introduire la méthodologie de projection des différentes probabilités. Dans la pratique, nous construisons un tableau par état possible dont chaque ligne correspond à une année future. Chaque tableau est construit de la manière suivante :

- Tableau « Rachat » (Table [A.3](#)) : une seule colonne est nécessaire. Chaque ligne correspond à la probabilité de résiliation de l'assurance lors de cette année-là.
- Tableau « Arrêt de Travail » (Table [A.1](#)) : le tableau construit est un tableau à deux dimensions. En ligne, nous trouvons les années de projection. Pour chaque ligne  $i$ , nous disposons de  $i$  colonnes correspondant aux années de projections précédant l'année  $i$ , soit les années allant de 1 à  $i$ .  
Ces colonnes représentent les différentes possibilités de tomber en arrêt de travail avant  $i$  et d'y rester jusqu'en  $i$ . Pour chaque colonne, l'âge d'entrée et l'ancienneté en arrêt sont différents. Il est donc nécessaire de conserver cet « historique » et donc de construire un tableau avec ces deux dimensions.
- Tableau « Décès » (Table [A.2](#)) : le principe est le même que pour l'arrêt de travail. Pour la ligne  $i$ , les colonnes 1 à  $i-1$  correspondent à la probabilité de décéder suite à un arrêt de travail. Quant à la colonne  $i$ , elle correspond au décès de l'assuré dans le cas où ce dernier ne tombe pas en arrêt durant l'année  $i$ .
- Tableau « Cotisant » : une seule colonne est nécessaire. Chaque ligne correspond à la probabilité d'être cotisant en fin d'année correspondante.

TABLE A.1 – Arrêt de travail

	1	2	3	
1	Tomber en arrêt en 1 et y rester 6 mois			
2	Rester en arrêt 12 mois de plus	Être cotisant en 1, tomber en arrêt en 2 et y rester 6 mois		...
3	Rester en arrêt 12 mois de plus	Rester en arrêt 12 mois de plus	Être cotisant en 2, tomber en arrêt en 3 et y rester 6 mois	
		⋮		

TABLE A.2 – Décès

	1	2	3	
1	Décès en étant cotisant en début d'année 1			
2	Probabilité d'être en AT en fin d'année 1 multipliée par la somme des probabilités de décès tirées de la table mixte	Décès en étant cotisant en début d'année 2		...
3	Probabilité d'être en AT en fin d'année 2 multipliée par la somme des probabilités de décès tirées de la table mixte	Probabilité d'être en AT en fin d'année 2 multipliée par la somme des probabilités de décès tirées de la table mixte	Décès en étant cotisant en début d'année 3	
		⋮		



TABLE A.3 – Rachat

Année	Probabilité
1	Probabilité de résiliation en année 1
2	Probabilité d'être cotisant en 1 puis résilier en 2
3	Probabilité d'être cotisant en 2 puis résilier en 3
	⋮

Pour éviter tout référencement circulaire, la projection des probabilités se fera donc en trois étapes :

1. Calcul temporaire des probabilités de rachat, d'arrêt de travail et de décès sans prise en compte des probabilités de validité dans les calculs,
2. Calcul des probabilités de validité,
3. Calcul des probabilités de rachat, d'arrêt de travail et de décès finales, i.e. « rajout » des probabilités de validité.

## Calcul temporaire des différentes probabilités

Premièrement, concernant **la probabilité d'arrêt de travail**, la construction du tableau souhaité est similaire à celle du tableau 2.4 à l'exception près que nous n'utiliserons pas le tableau de la projection précédente mais la ligne précédant celle qui est construite.

Ainsi, pour la projection  $i$  et par conséquent la ligne  $i$ , nous rajoutons une année de maintien en arrêt de travail à chaque colonne de la ligne précédente. Puis, nous remplissons une nouvelle colonne représentant la probabilité de tomber en arrêt en  $i$ . Dans ce tableau, aucune probabilité de validité ne sera incluse. Ces dernières seront ajoutées colonne par colonne à posteriori.

Soit  $x$  l'âge de l'assuré en stock et  $Tab_{AT,proj}(i, j)$  la valeur de l'élément à la colonne  $j$  et à la ligne  $i$  de notre tableau.

TABLE A.4 – Tableau temporaire - Arrêt de travail

$Tab_{AT,proj}$	1	2	...	$k-1$	$k$
1	$inc_{x+1} \times \frac{L_{x+1,6}}{L_{x+1,0}}$				
2	$Tab_{AT,proj}(1,1) \times \frac{L_{x+1,18}}{L_{x+1,6}}$	$inc_{x+2} \times \frac{L_{x+2,6}}{L_{x+2,0}}$			
			⋮		
$k-1$	$Tab_{AT,proj}(k-2,1) \times \frac{L_{x+1,(k-1) \times 12+6}}{L_{x+1,(k-2) \times 12+6}}$	$Tab_{AT,proj}(k-2,2) \times \frac{L_{x+2,(k-2) \times 12+6}}{L_{x+2,(k-3) \times 12+6}}$		$inc_{x+k-1} \times \frac{L_{x+k-1,6}}{L_{x+k-1,0}}$	
$k$	$Tab_{AT,proj}(k-1,1) \times \frac{L_{x+1,k \times 12+6}}{L_{x+1,(k-1) \times 12+6}}$	$Tab_{AT,proj}(k-1,2) \times \frac{L_{x+2,(k-1) \times 12+6}}{L_{x+2,(k-2) \times 12+6}}$		$Tab_{AT,proj}(k-1,k-1) \times \frac{L_{x+k-1,18}}{L_{x+k-1,6}}$	$inc_{x+k} \times \frac{L_{x+k-1,6}}{L_{x+k-1,0}}$

Ensuite, concernant **la probabilité de décès**, une construction similaire est effectuée. Pour chaque ligne  $i$ , les colonnes 1 à  $i-1$  correspondent à la probabilité de décès si l'individu est en arrêt de travail en  $i-1$ . Par conséquent, la ligne  $i-1$  du tableau  $Tab_{AT,proj}$  (A.4) sera utilisée. La somme des

probabilités de décès sur l'année sera multipliée à cette dernière. La colonne  $i$ , quant à elle, correspond à la probabilité de décéder en  $i$  si l'assuré est cotisant en début d'année  $i$ . Ainsi, comme les probabilités de validité ne sont pas incluses dans ce tableau, cette colonne vaut le taux de mortalité à l'âge qu'aura atteint l'assuré en  $i$ .

Soit  $x$  l'âge de l'assuré en début de  $P$ . Rappelons la formule suivante

$$\text{Somme}_{DC}(x_e, x, anc) = \sum_{k=1}^{12} \left[ \frac{L_{x_e, anc+k-1}}{L_{x_e, anc}} \times \left( 1 - \frac{l_{x \times 12+k}^a}{l_{x \times 12+k-1}^a} \right) \right].$$

Par conséquent, le tableau temporaire de probabilité de décès (nommé  $Tab_{DC, proj}$ ) peut être construit.

TABLE A.5 – Tableau temporaire - Décès

	1	2	3	
1	$q_x$			
2	$Tab_{AT, proj}(1, 1)$ $\times$ Somme $_{DC}(x_e, x, anc)$  avec $x_e = x + 1$ et $anc = 6$	$q_{x+1}$		...
3	$Tab_{AT, proj}(2, 1)$ $\times$ Somme $_{DC}(x_e, x, anc)$  avec $x_e = x + 1$ et $anc = 18$	$Tab_{AT, proj}(2, 2)$ $\times$ Somme $_{DC}(x_e, x, anc)$  avec $x_e = x + 2$ et $anc = 6$	$q_{x+2}$	
		$\vdots$		

Finalement, le tableau regroupant les **probabilités de chute** de chaque année de projection (nommé  $Tab_{R, proj}(ligne)$ ) correspond, pour chaque ligne  $i$ , au taux de chute de la table correspondante pour l'ancienneté du prêt atteinte durant la projection  $i$ . En posant  $w$  l'ancienneté du prêt durant l'année  $P$ , on obtient donc le tableau

TABLE A.6 – Tableau temporaire - Chute

Projection	Taux de chute
1	$r_{w+1}$
	$\vdots$
$k$	$r_{w+k}$
	$\vdots$

## Calcul des probabilités de validité

Comme détaillé précédemment, à chaque année  $i$ , la probabilité d'être cotisant dépend des années précédentes. Le calcul des probabilités d'être cotisant s'établit par récurrence, tel que

$$\begin{cases} P_{v\_proj}(0) &= 1, \\ P_{v\_proj}(i) &= 1 - P_{R\_proj}(i) - P_{AT\_proj}(i) - P_{DC\_proj}(i), \end{cases}$$

avec

$$\begin{cases} P_{R\_proj}(i) &= Tab_{R,proj}(i) \times P_{v\_proj}(i-1), \\ P_{AT\_proj}(i) &= \sum_{k=1}^i Tab_{AT,proj}(i,k) \times P_{v\_proj}(k-1), \\ P_{DC\_proj}(i) &= \sum_{k=1}^i Tab_{DC,proj}(i,k) \times P_{v\_proj}(k-1). \end{cases}$$

Pour comprendre l'origine de ces relations, nous pouvons regarder les formules mathématiques de calcul de ces probabilités sur les deux premières années, soit

$$\begin{cases} P_{R\_proj}(0) &= 0, \\ P_{AT\_proj}(0) &= 0, \\ P_{DC\_proj}(0) &= 0, \\ P_{v\_proj}(0) &= 1, \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_{R\_proj}(1) &= r_1 \times P_{v\_proj}(0), \\ P_{AT\_proj}(1) &= inc_1 \times P_{v\_proj}(0), \\ P_{DC\_proj}(1) &= q_1 \times P_{v\_proj}(0), \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_{R\_proj}(2) &= r_2 \times P_{v\_proj}(1), \\ P_{AT\_proj}(2) &= inc_2 \times P_{v\_proj}(1) + m_1 \times inc_1 \times P_{v\_proj}(0), \\ P_{DC\_proj}(2) &= q_2 \times P_{v\_proj}(1) + q_1^a \times inc_1 \times P_{v\_proj}(0). \end{cases}$$

Nous observons donc bien les relations définies précédemment pour les probabilités de rachat, de décès et d'arrêt. Pour ces deux dernières, il s'agit de la somme des colonnes allant de  $j = 1$  à  $i$  du tableau temporaire correspondant pondérées par la probabilité de validité en  $j - 1$ . Ce motif est visible dans les équations mathématiques illustrées précédemment.

## Calcul des probabilités finales d'arrêt de travail, de décès et de rachat

Les tableaux temporaires peuvent à présent être finalisés en multipliant la probabilité de validité correspondante à chaque colonne (ou ligne pour les probabilités de résiliation). On obtient donc les tableaux [A.7](#), [A.8](#) et [A.9](#).

Prenons l'exemple du tableau de projection « Chute » [A.9](#), la probabilité de résilier en année  $k$  est d'être cotisant jusqu'en  $k - 1$  puis de résilier. Ainsi, la formule correspondant à cette situation est le produit de la probabilité d'être cotisant en  $k - 1$  et de celle de résilier tirée de la table des taux de chutes.

Ainsi, la probabilité de chute, de décès ou d'arrêt de travail l'année  $i$  s'obtient par sommation des colonnes de la ligne  $i$  du tableau correspondant.

TABLE A.7 – Projection de probabilités - Arrêt de travail

	1	2	...	$k - 1$	$k$
1	$Tab_{AT, proj}(1, 1)$				
2	$Tab_{AT, proj}(1, 2)$	$Tab_{AT, proj}(2, 2)$ $\times P_{v\_proj}(1)$			
			$\vdots$		
$k - 1$	$Tab_{AT, proj}(k - 1, 1)$	$Tab_{AT, proj}(k - 1, 2)$ $\times P_{v\_proj}(1)$		$Tab_{AT, proj}(k - 1, k - 1)$ $\times P_{v\_proj}(k - 2)$	
$k$	$Tab_{AT, proj}(k, 1)$	$Tab_{AT, proj}(k, 2)$ $\times P_{v\_proj}(1)$		$Tab_{AT, proj}(k, k - 1)$ $\times P_{v\_proj}(k - 2)$	$Tab_{AT, proj}(k, k)$ $\times P_{v\_proj}(k - 1)$

TABLE A.8 – Projection de probabilités - Décès

	1	2	3	
1	$Tab_{DC, proj}(1, 1)$			
2	$Tab_{DC, proj}(2, 1)$	$Tab_{DC}(2, 2)$ $\times P_{v\_proj}(1)$		$\dots$
3	$Tab_{DC, proj}(3, 1)$	$Tab_{DC, proj}(3, 2)$ $\times P_{v\_proj}(1)$	$Tab_{DC, proj}(3, 3)$ $\times P_{v\_proj}(2)$	
				$\vdots$

TABLE A.9 – Projection de probabilités - Chute

Projection	Taux de chute
1	$Tab_{R, proj}(1)$
	$\vdots$
$k$	$Tab_{R, proj}(k) \times$ $P_{v\_proj}(k - 1)$
	$\vdots$

## Annexe B

# Formules des mesures de précisions des modèles de séries temporelles

Dans cette annexe, nous définissons mathématiquement les différentes mesures de précisions d'un modèle. Nous posons  $n$  le nombre d'observations,  $(y_t)_t$  les données réelles et  $(\hat{y}_t)_t$  les valeurs mesurées par le modèle.

**Mean Error :**

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)$$

**Root Mean Square Error :**

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

**Mean Absolute Error :**

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|$$

**Mean Percentage Error :**

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i}$$

**Mean Absolute Percentage Error :**

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right|$$

**Mean Absolute Squared Error :**

$$\begin{aligned} MASE &= \text{moyenne} \left( \frac{|e_j|}{\frac{1}{T-m} \sum_{t=m+1}^T |y_t - y_{t-m}|} \right) \\ &= \frac{\frac{1}{J} \sum_j |e_j|}{\frac{1}{T-m} \sum_{t=m+1}^T |y_t - y_{t-m}|} \end{aligned}$$

avec

- $m$  la période de la série temporelle,
- $J$  le nombre d'observations prédites par le modèle.

Le dénominateur correspond à la MAE de la méthode de prédiction naïve saisonnière (i.e.  $\hat{y}_t = y_{t-m}$ ).

**Autocorrelation of Erros at lag 1 :** Cette mesure de précision correspond à la corrélation entre un point et le suivant, i.e  $Corr(y_t - \hat{y}_t, y_{t-1} - \hat{y}_{t-1})$ .