



**Mémoire présenté pour la validation de la Formation
« Certificat d'Expertise Actuarielle »
de l'Institut du Risk Management
et l'admission à l'Institut des actuaires
le**

Par : Clémence FELGEROLLES

Titre : Exercice climatique pour un fonds euro

Confidentialité : ☒ NON ☐ OUI (Durée : ☐ 1an ☐ 2 ans)
Les signataires s'engagent à respecter la confidentialité indiquée ci-dessus

*Membres présents du jury de l'Institut des
actuaires :*

*Membres présents du jury de l'Institut du Risk
Management :*

Secrétariat :

Bibliothèque :

Entreprise : CNP Assurances

Nom : _____

Signature et Cachet :

Directeur de mémoire en entreprise :

Nom : Jérémy ROBERT

Signature :

Invité :

Nom : _____

Signature :

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

(après expiration de l'éventuel délai de confidentialité)

Signature du responsable entreprise

Signature(s) du candidat(s)

Résumé

L'Accord de Paris sur le climat adopté le 12 décembre 2015 a permis de mobiliser les acteurs de place et de faire évoluer de nombreuses réglementations, comme Solvabilité 2 pour les assureurs.

Le but de ce mémoire est de présenter une démarche d'évaluation des risques liés au changement climatique pour un assureur vie fictif, et pourquoi l'intégrer dans le rapport ORSA de ce dernier. Il met en évidence de nombreux travaux de recherche permettant au lecteur intéressé par le sujet de comprendre dans quel cadre les assureurs évoluent et les outils qui sont mis à leur disposition.

Les enjeux liés au changement climatique, les lois européennes et françaises, l'évolution de la directive Solvabilité 2 définissent le cadre. L'ACPR, l'EIOPA, et toutes les autorités de supervision européennes ont développé des exercices climatiques permettant aux banques et assurances de tester leurs outils et d'obtenir de premiers impacts. La méthodologie développée par l'ACPR et la Banque de France pour la création des scénarios climatiques est une référence. Elle exploite les scénarios du NGFS afin d'obtenir des hypothèses exploitables pour les projections. Une méthodologie ayant pour but de choquer le business plan central d'un assureur vie fictif a été proposée pour évaluer le risque lié au changement climatique.

Mots-clés : changement climatique, scénarios climatiques, stress test, Solvabilité 2, ORSA.

Abstract

The Paris Agreement on climate, adopted on December 12, 2015, has mobilized stakeholders, and led to the evolution of many regulations, such as Solvency II for insurers.

This thesis intends to present a risk assessment approach related to climate change for a fictitious life insurer and explains why it should be integrated into the ORSA report. It consists in research works which allow the interested readers to understand the framework in which insurers operate and the tools at their disposal.

The issues related to climate change, European and French laws, and the evolution of the Solvency II directive define the framework. The ACPR, EIOPA, and all European supervisory authorities have developed climate exercises allowing banks and insurers to test their tools and obtain initial impacts. The methodology developed by the ACPR and the Banque de France for creating climate scenarios is a reference. It exploits NGFS scenarios to obtain usable assumptions for projections. A methodology aimed at shocking the central business plan of a fictitious life insurer has been proposed to assess the risk related to climate change.

Keywords: climate change, climate scenarios, stress test, Solvency II, ORSA.

Note de synthèse

Contexte et problématique

Le réchauffement climatique est le résultat des activités humaines et ses conséquences sont nombreuses et variées : variations de températures et les conséquences associées, montée des eaux, phénomènes météorologiques, etc. L'Accord de Paris a été adopté en 2015 et a pour objectif de limiter l'augmentation de la température moyenne mondiale par rapport à l'ère préindustrielle à 2°C, et si possible en dessous de 1,5°C.

Le règlement délégué (UE) 2021/1256, qui modifie le règlement délégué (UE) 2015/35 relatif à Solvabilité 2, publié le 2 août 2022, définit les risques de durabilité comme « un événement ou un état de fait dans le domaine environnemental, social ou de la gouvernance qui, s'il survenait, pourrait avoir une incidence négative réelle ou potentielle sur la valeur de l'investissement ou de l'engagement » (Commission européenne, 2021). Les assureurs et réassureurs doivent désormais intégrer ces risques dans leur système de gouvernance. Cela inclut l'EIRS (Évaluation Interne des Risques et de la Solvabilité) ou ORSA en anglais (*Own Risk and Solvency Assessment*), processus interne d'évaluation des risques et de la solvabilité par l'organisme.

Bien que tous les risques dont les causes sont environnementales, sociales et liés à un enjeu de gouvernance (ESG) doivent être considérés seul le risque environnemental est étudié dans ce mémoire. Il se décompose en deux sous-risques : le risque de transition vers un monde dans lequel émissions et absorption de carbone seraient égales, et risque physique traduisant les effets du réchauffement de la planète. Les impacts du réchauffement climatique, et surtout du risque physique, sur le passif de assureurs non-vie sont déjà observables¹, mais qu'en est-il pour les assureurs de personne ?

Après avoir présenté plus en détail les éléments de contexte, réchauffement climatique et réglementations associées, on introduit une entreprise fictive, CNP ClimaVie, qui distribue un fond euro, sur le marché de l'assurance vie. L'étude des différents exercices climatiques nous montre que ces assureurs sont résilients, à court comme à plus terme, et nous pose la question de la construction des scénarios climatiques. La méthodologie de production des scénarios du NGFS (*Network for Greening the Financial System*) est détaillée, mais ne permet pas de les utiliser. Un scénario climatique, consistant à choquer le business plan central de CNP ClimaVie à partir des chocs du stress test IORP (*Institutions for Occupational Retirement Provision*) de 2022 de l'EIOPA (*European Insurance and Occupational Pensions Authority*), est retenu et les résultats sont présentés, montrant un maintien des métriques de solvabilité à un niveau élevé.

¹ <https://www.caissedesdepots.fr/blog/article/le-secteur-de-lassurance-face-au-climat>

Méthodologie et entreprise fictive

Les risques liés au changement climatique ne sont classiquement pas intégrés dans les trajectoires des business plans centraux. Ainsi, le choix a été fait d'intégrer un stress test climatique dans le rapport ORSA de CNP ClimaVie. Afin de le mettre en place on s'inspire de la méthode proposée par l'EIOPA dans son guide méthodologique (EIOPA, 2022). Elle se déroule en quatre temps :

Etape 1 : Identification des risques et analyse de matérialité.

Etape 2 : Création du scénario climatique ORSA.

Etape 3 : Calibration des chocs financiers et techniques.

Etape 4 : Calcul de l'impact sur le taux de couverture sur les 5 prochaines années.

L'entreprise fictive CNP ClimaVie a les caractéristiques suivantes : c'est une filiale de CNP Assurances qui commercialise des produits d'épargne, des contrats d'assurance vie en euros depuis environ 10 ans. Ses clients sont sensibles aux problématiques liées au changement climatique. Sa stratégie est en lien avec cela : atteindre la neutralité carbone d'ici 2050.

Le montant total du bilan en norme Solvabilité 2 de CNP ClimaVie est de 306M€ au 31/12/2023 comme présenté dans le Tableau 1.

Bilan Solvabilité 2 (M€) - 31/12/2023

Actifs		Passifs	
Actions	33	Fonds propres	43
Obligations souveraines	76	PT	263
Obligations d'entreprises	88		
OPCVM	83		
Immobilier	19		
Autres	8		
Total actif	306	Total passif	306

Tableau 1 - Bilan Solvabilité 2 de CNP ClimaVie au 31/12/2023

L'allocation d'actifs est similaire à la moyenne des assureurs français. L'âge moyen des assurés est de 60 ans. L'âge moyen à la souscription est de 50 ans. Il y a un total de 11 000 contrats.

La solvabilité de CNP ClimaVie est donnée dans le Tableau 2. Les fonds propres Solvabilité 2 sont de 43M€. Avec un SCR de 17M€ son taux de couverture est de 253%. L'entreprise fait preuve d'une solidité financière au point de départ de l'étude.

(M€)	31/12/2023
SCR	17
Fonds Propres	43
Ratio de couverture	253%

Tableau 2 - Eléments de solvabilité de CNP ClimaVie au 31/12/2023

La projection des fonds propres, du SCR et du taux de couverture selon le business plan central de CNP Assurances sont donnés sur Figure 1.

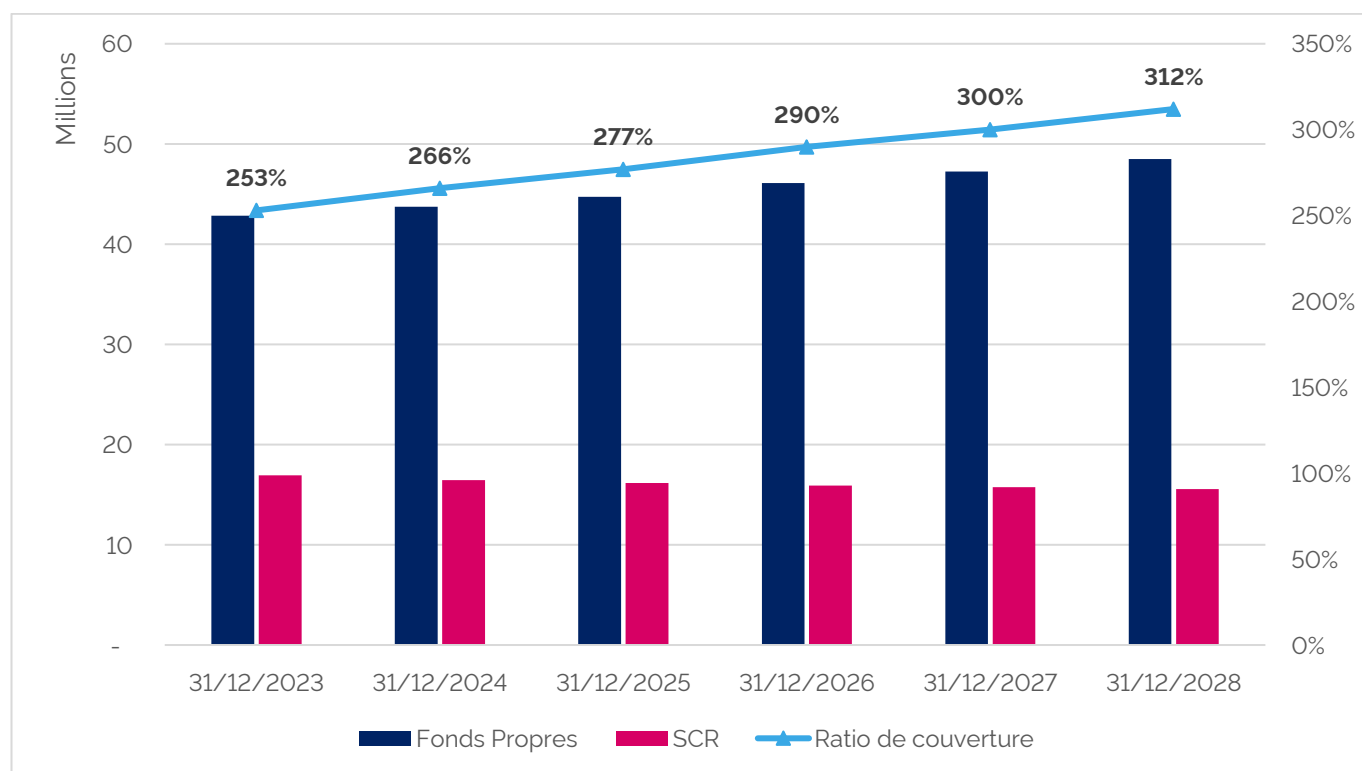


Figure 1 - Projection de la solvabilité de CNP ClimaVie sur 5 ans

Les fonds propres augmentent tout au long de la projection grâce à des hypothèses de collecte positive, et donc à l'accumulation de résultat, ainsi qu'à l'amélioration de la VIF (*value in force*, valeur actualisée des profits futurs). L'allocation d'actifs offre un rendement en hausse sur les cinq années, grâce aux réinvestissements obligataires et à la réalisation de plus-values. Le SCR marché est en baisse grâce à l'amélioration des conditions de marché. Le SCR souscription vie diminue grâce à la diminution du SCR de rachat massif, s'expliquant par une hausse moindre des taux et une capacité de l'assureur à revaloriser ses contrats d'épargne euro.

Exercices climatiques

Afin de sensibiliser les assureurs, les instances européennes ont déployé des exercices climatiques, dont le format est varié.

En France, on retient les deux exercices ACPR de 2020 et 2023. Chacun des exercices présentait un scénario de long terme, à horizon 2050, dans lequel les impacts sur le résultat étaient demandés. L'exercice de 2023 introduit un scénario de court terme dans lequel les impacts sur la solvabilité étaient demandés. Les résultats de ces exercices à l'échelle nationale montrent que les assureurs sont résilients, et modérément exposés au risque de transition climatique.

En Europe, on retient le stress test IORP de 2022 de l'EIOPA dont le but était d'évaluer le degré d'exposition des IRP (Institutions de Retraite Professionnels) au changement climatique et son impact sur leur situation financière. Il consiste en un choc instantané, basé sur le scénario de transition retardée du NGFS impliquant une hausse brutale du prix du carbone dès 2030, due à une réaction tardive de l'application des politiques de transition. Ce sont ces chocs que nous retenons pour l'application du stress test dans l'ORSA de CNP ClimaVie.

Les hypothèses financières, utiles aux projections, fournies dans ces exercices climatiques sont les suivantes :

- Structure par termes des taux d'intérêt sans risque sans risque de l'EIOPA ;
- Taux souverains ;
- Chocs de spread des obligations *corporate* par secteurs économiques ;
- Chocs sur les indices actions par secteurs économiques ;
- Chocs sur la valeur de l'immobilier.

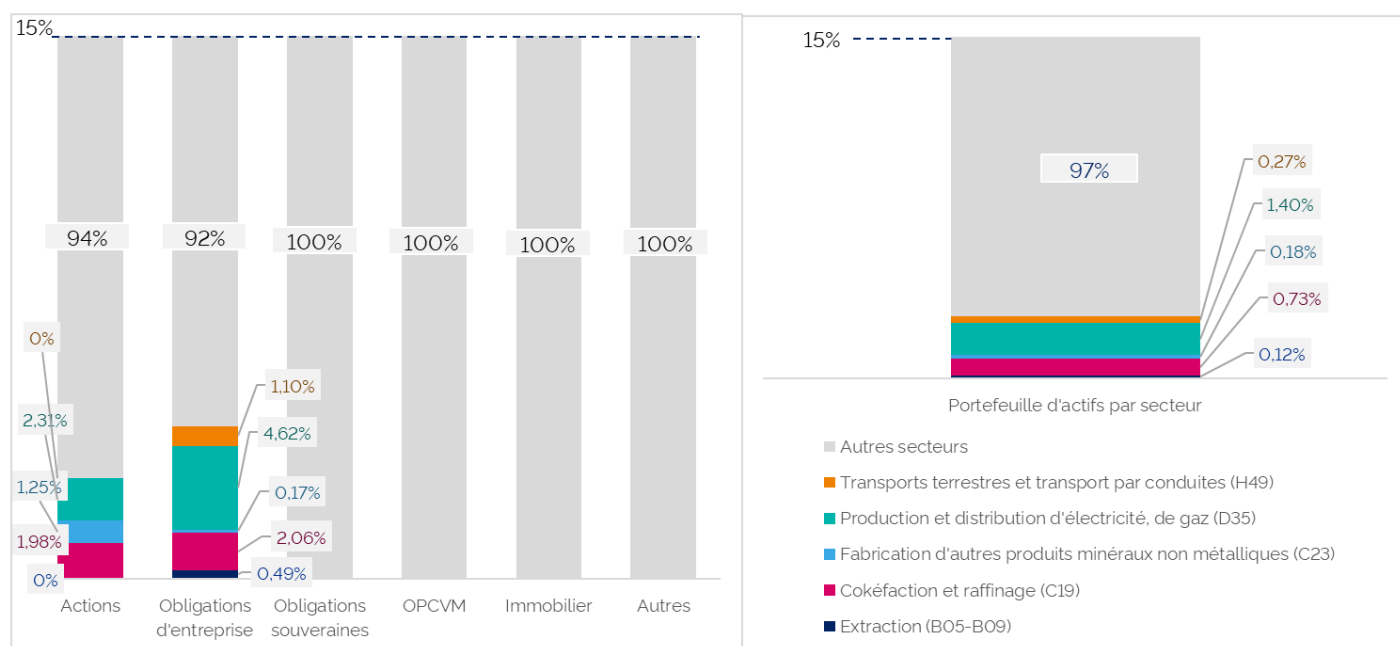


Figure 2 - Exposition sectorielle de CNP ClimaVie au 31/12/2023 (tronqué à 15%) selon le stress test IORP

La répartition sectorielle des actifs de CNP ClimaVie est donnée en Figure 2. On constate que le portefeuille est peu exposé aux secteurs les plus impactés du stress test IORP.

Scénario climatique selon le NGFS

L'étude des documents techniques du NGFS (NGFS, 2023) ainsi que de la Banque de France (Allen & al., 2020) nous permet de comprendre comment sont produits les scénarios du NGFS, d'une part, et les hypothèses des exercices climatiques de long terme de l'ACPR, d'autre part. Les données disponibles sur le site du NGFS sont les sorties du modèle NiGEM. L'objectif initial de l'étude était de tirer partie de ces sorties. Cependant leur format ne permet une exploitation par les modèles solvabilité 2 existants pour les calculs ORSA. Les sorties exploitables sont celles du dernier module de la suite de modèles présentée en Figure 3, indisponible sans l'accès à ces modèles.

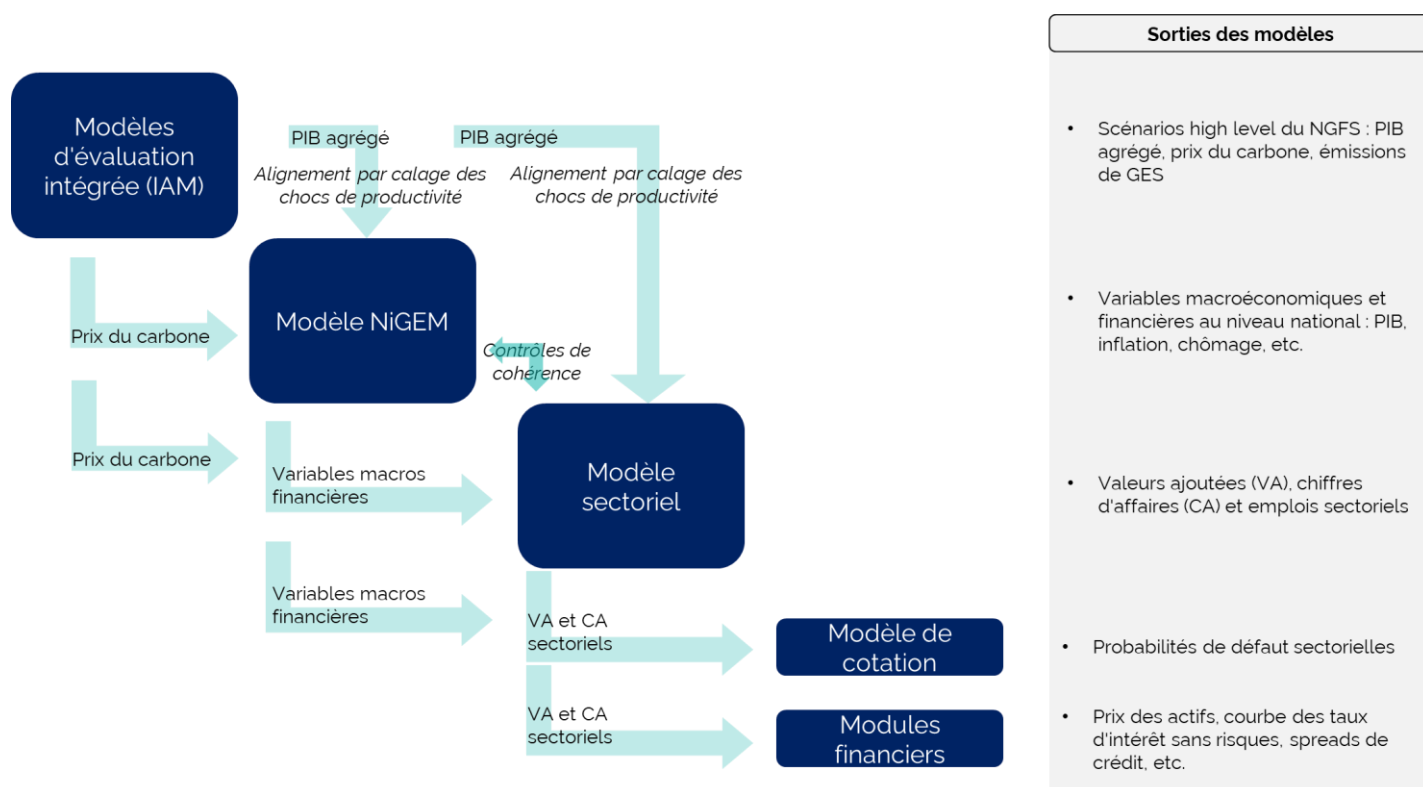


Figure 3 - Cadre analytique des scénarios de long terme de l'ACPR

Source (Allen & al., 2020)

Bien qu'on n'exploite pas les scénarios du NGFS dans le cadre de ce mémoire, leurs conclusions sur les variables macro-économiques sont intéressantes. Les scénarios de la phase IV (NGFS, 2024) montrent que la transition précoce et ordonnée, même si elle est coûteuse à court terme, est toujours préférable à l'inaction, néfaste à long terme avec de forts impacts sur le PIB.

Application

Le scénario appliqué est le suivant :

Années 2024 à 2025 : stabilité financière. De 2024 à 2025 les marchés financiers suivent les prévisions du business plan de CNP ClimaVie. On suppose que les marchés actions sont stables.

Année 2026 : canicule de grande ampleur. En 2026, une canicule, similaire à la canicule de 2003 frappe l'Europe. Fin 2026, après les événements climatiques exceptionnels de l'été, on suppose un brusque ajustement des marchés financiers. Ces derniers, réagissant aux conséquences désastreuses de l'été qui a précédé, anticipent la mise en œuvre rapide de réglementations sur le carbone dans plusieurs économies majeures (Etats-Unis et Union Européenne). Le choc de marché advient en fin d'année 2026. On applique les chocs donnés par le stress test IORP sur l'année 2026 du business plan central de CNP ClimaVie, excepté pour l'immobilier, pour lequel on suppose une crise sévère. Le choc retenu sur le passif de l'assureur est le choc de mortalité dû à la canicule. La méthodologie repose sur l'exploitation du modèle développé par la DIALog (*Digital Insurance And Long-term risks*) s'appuyant sur des extensions récentes du modèle Lee-Carter.

Années 2027 à fin 2028 : réaction des marchés financiers. En 2027 et 2028, l'instabilité se confirme, les marchés restent à leurs niveaux de fin 2026.

Les résultats sont présentés sur la Figure 4. Comme attendu, le choc se matérialise en 2026. Le taux de couverture diminue de 121 points par rapport au 31/12/2025. Cela s'explique par la diminution des fonds propres de 12 M€ d'une part, et l'augmentation du SCR de 4 M€ d'autre part. La diminution des fonds propres s'explique par une baisse de la VIF et des PMVL en face fonds propres, faisant suite à la dégradation des marchés. Le SCR est lui impacté par les stress à la fois financiers et technique. La hausse du SCR s'explique par la baisse de la capacité de transfert des pertes aux assurés en lien avec une richesse initiale plus faible déclenchant un nombre plus important de rachats conjoncturels, dû à un taux concurrentiel plus élevé que le rendement des actifs et donc un SCR rachat massif en forte hausse. La faible exposition aux actifs carbonés ne permet pas à l'assureur de limiter les pertes sur le taux de couverture. En effet, bien que le SCR action diminue légèrement, on constate une forte hausse des SCR taux et spread s'expliquant par l'augmentation des taux et des spreads. Enfin, le SCR mortalité augmente dans une moindre mesure car le SCR au point de départ n'est pas matériel.

Cet exercice présente de nombreuses limites, comme la non prise en compte d'un certain nombre d'hypothèses (les impacts de la pollution de l'air ou des maladies à transmission vectorielle sur la mortalité, les comportements de collecte/rachat, la dégradation du contexte socioéconomique, mesure sur les indicateurs de résultat et de chiffres d'affaires ou l'intégration des stratégies de durabilité. De plus, un seul scénario est envisagé. On pourrait envisager un deuxième scénario avec un risque physique plus sévère résultant d'une trajectoire de température supérieure à 4°C.

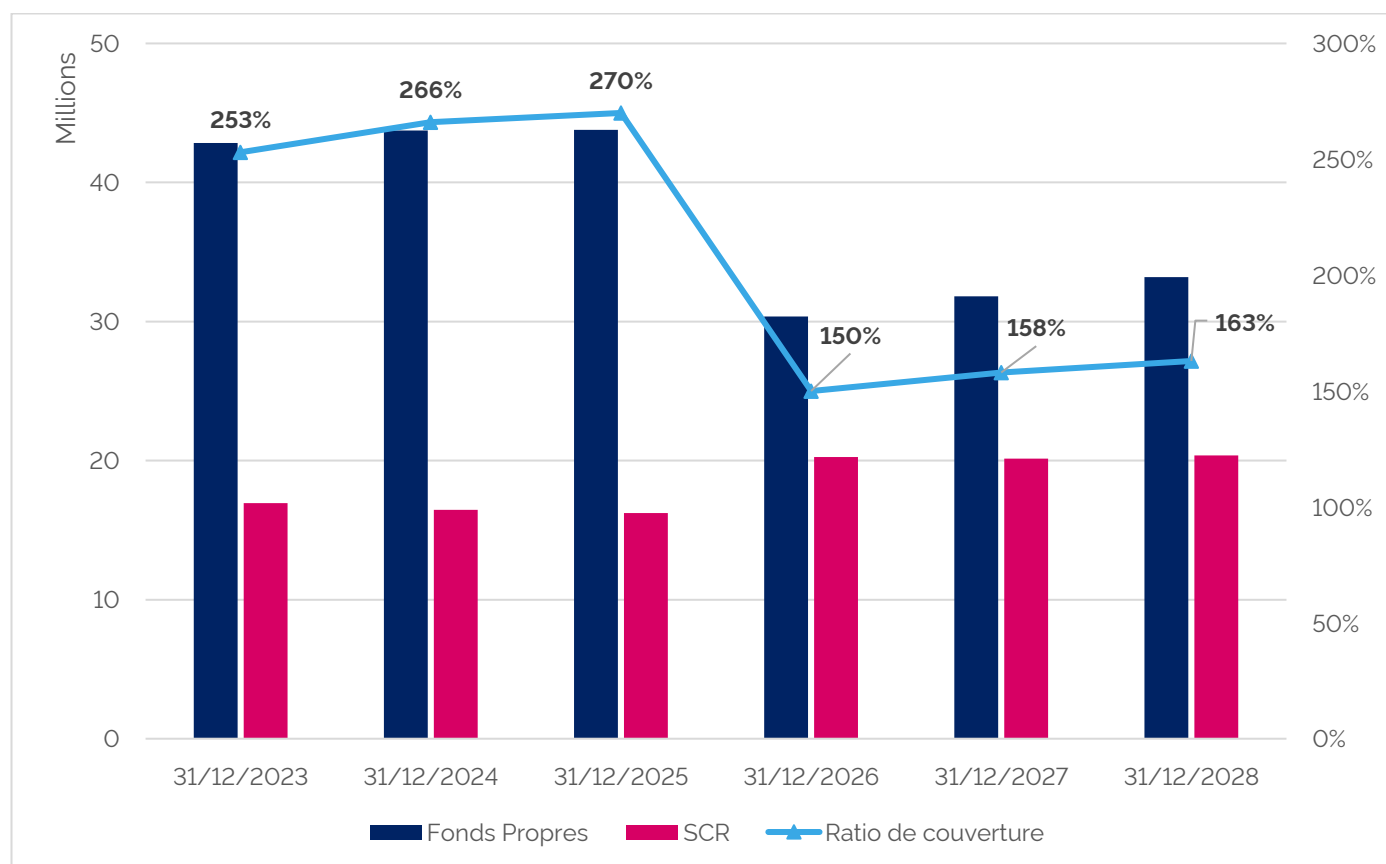


Figure 4 - Projection de la solvabilité de CNP ClimaVie sur 5 ans selon l'exercice climatique

Conclusion

Atteindre la neutralité carbone d'ici 2050 et s'adapter au changement climatique sont deux défis majeurs pour lesquels les assureurs et réassureurs ont un rôle clé à jouer. Les réglementations évoluent rapidement, les normes s'adaptent, à l'instar de la norme Solvabilité 2. L'intégration des risques de durabilité dans les instances de gouvernance, comme dans le rapport ORSA, se révèle être complexe, du fait de la difficulté de créer des scénarios climatiques.

Ce mémoire propose l'application d'un scénario climatique à une entreprise fictive, se basant sur les hypothèses du stress test IORP de l'EIOPA. Bien que l'entreprise reste solvable, l'exercice permet de sensibiliser les parties prenantes sur les risques à long terme du changement climatique et des impacts possibles sur les métriques financières.

Intégrer ces risques dans les business plans centraux des assureurs pourrait permettre d'anticiper et de s'adapter.

Au-delà de l'exercice technique, ce mémoire a également pour objectif une prise de recul, au-delà des données financières, sur comment les assureurs peuvent jouer un rôle crucial dans la transition climatique grâce à leur capacité d'investissements, leur expertise et leur présence auprès de leurs assurés.

Executive summary

Context and issues

Global warming is the result of human activities, and its consequences are many and varied: temperature variations and associated consequences, rising sea levels, meteorological phenomena, etc. The Paris Agreement was adopted in 2015 and aims to limit the increase in the global average temperature compared to the pre-industrial era to 2°C, and if possible, below 1.5°C.

Delegated Regulation (EU) 2021/1256, which amends Delegated Regulation (EU) 2015/35 on Solvency 2, published on 2 August 2022, defines sustainability risks as "an environmental, social or governance event or fact that, if it were to occur, could have an actual or potential adverse impact on the value of the investment or commitment" (Commission européenne, 2021). Insurers and reinsurers must now integrate these risks into their governance system. This includes the ORSA process (Own Risk and Solvency Assessment) (ORSA), the internal risk and solvency assessment process.

While all risks caused by environmental, social and governance issues (ESG) must be considered, only environmental risk is considered in this study. It can be broken down into two sub-risks: the risk of transition to a world in which emissions and carbon absorption are equal, and the physical risk reflecting the effects of global warming. The impacts of global warming, and especially physical risk, on the liabilities of non-life insurers are already observable, but what about personal insurers?

After presenting in more detail the elements of context, global warming and associated regulations, a fictitious company, CNP ClimaVie, which distributes a euro fund on the life insurance market, is introduced. The study of the various climate exercises shows us that these insurers are resilient, in the short and longer term, and raises the question of how to build climate scenarios. The methodology for producing the NGFS (Network for Greening the Financial System) scenarios is detailed but shows some difficulties for later exploitation. A climate scenario, consisting of shocking CNP ClimaVie's central business plan based on the shocks of the 2022 EIOPA (European Insurance and Occupational Pensions Authority) IORP (Institutions for Occupational Retirement Provision) stress test, is retained and the results are presented, showing that solvency metrics remain at a high level.

Methodology and fictitious company

Risks related to climate change are not traditionally integrated into the trajectories of central business plans. Thus, the choice was made to integrate a climate stress test into the ORSA report of CNP ClimaVie. In order to implement it, we are inspired by the method proposed by EIOPA in its methodological guide (EIOPA, 2022). It takes place in four stages:

Step 1: Risk identification and materiality analysis.

Step 2: Creation of the ORSA climate scenario.

Step 3: Calibration of financial and technical shocks.

Step 4: Calculation of the impact on the coverage rate over the next 5 years.

The fictitious company CNP ClimaVie has the following characteristics: it is a subsidiary of CNP Assurances which has been marketing savings products and life insurance contracts in euros for about 10 years. Its customers are sensitive to issues related to climate change. Its strategy is in line with this: to achieve carbon neutrality by 2050.

The total amount of CNP ClimaVie's Solvency 2 balance sheet was €306m as of 31/12/2023 as shown in Tableau 3.

Solvency 2 Balance sheet (M€) - 31/12/2023

Assets		Liabilities	
Equity	33	Own funds	43
Government Bonds	76	Technical provisions	263
Corporate Bonds	88		
Collective Investments			
Undertakings	83		
Property	19		
Other	8		
Total assets	306	Total liabilities	306

Tableau 3 - CNP ClimaVie solvency 2 balance sheet at 31/12/2023

The asset allocation is similar to the average for French insurers. The average age of the insured is 60 years old. The average age at subscription is 50 years old. There are a total of 11,000 contracts.

The solvency 2 elements of CNP ClimaVie are given in Tableau 4. The own funds are equal to €43 million. With an SCR of €17 million, its solvency 2 ratio is 253%. The company is financially sound at the start of the study.

(M€)	31/12/2023
SCR	17
Own funds	43
Ratio	253%

Tableau 4 - CNP ClimaVie solvency 2 elements at 31/12/2023

The projection of own funds, SCR and coverage ratio according to CNP Assurances' central business plan are given in Figure 5.

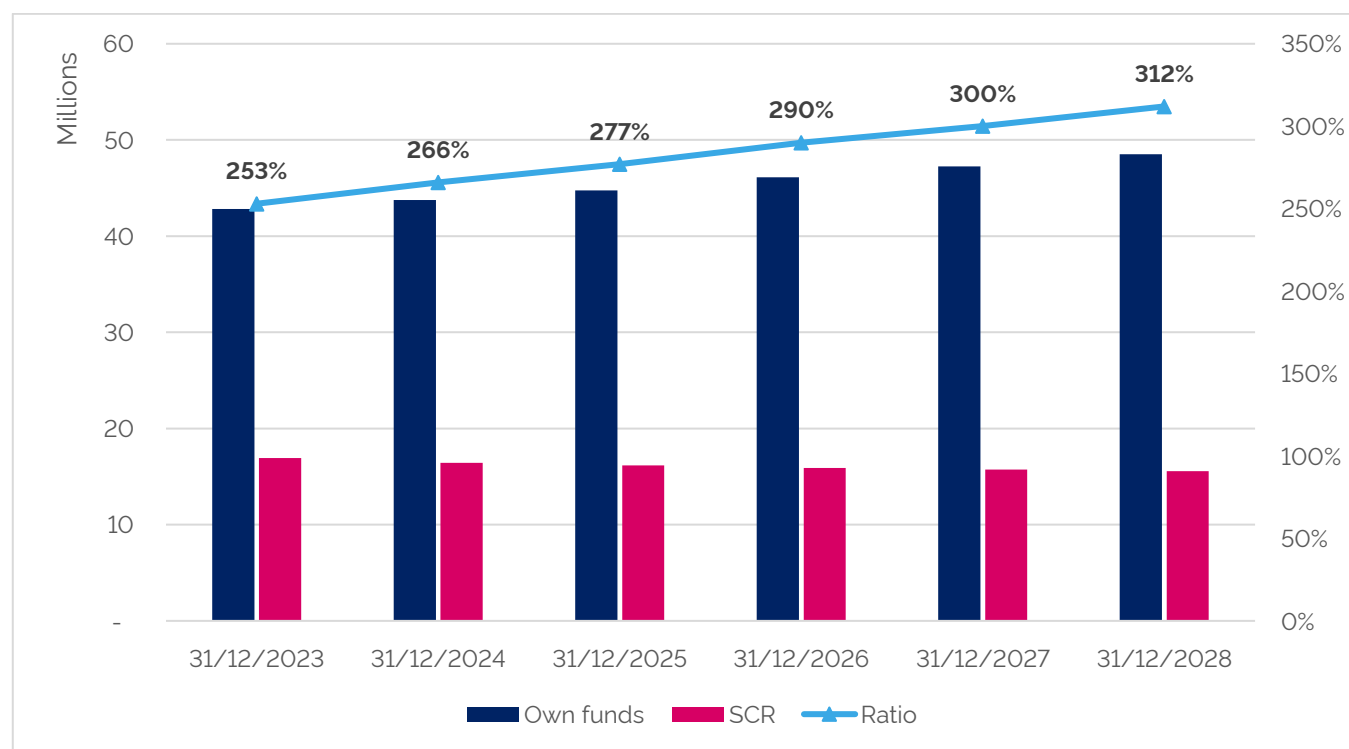


Figure 5 - CNP ClimaVie solvency elements' projection over 5 years

Own funds increase throughout the projection thanks to positive collect hypotheses, and therefore to the accumulation of net profit, as well as to the improvement in the VIF (value in force). Asset allocation offers an increase in return over the five years, thanks to bond reinvestments and capital gains. The market SCR is declining thanks to the improvement in market conditions. The life SCR decreased thanks to the decrease in the massive lapses SCR, explained by a lower increase in rates and the insurer's ability to increase the value of its euro savings contracts.

Climate stress tests

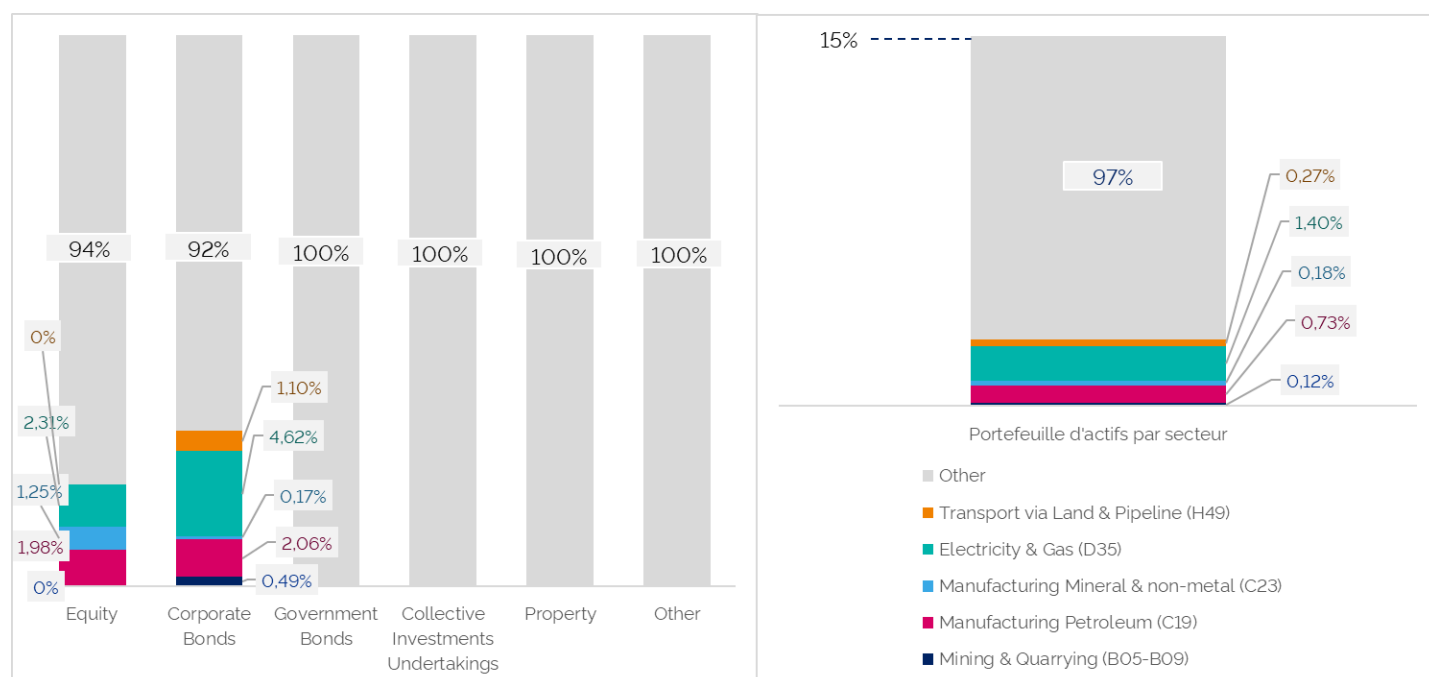
In order to raise awareness among insurers, the European authorities have deployed climate stress tests, of various formats.

In France, the two ACPR stress tests of 2020 and 2023 are retained. Each of the exercises presented a long-term scenario, up to 2050, in which the impact on net projet was requested. The 2023 exercise introduces a short-term scenario in which solvency impacts were requested. The results of these exercises at the national level show that insurers are resilient, and moderately exposed to the risk of climate transition.

In Europe, the 2022 EIOPA IORP stress test was noteworthy, the aim of which was to assess the degree of exposure of IORPs to climate change and its impact on their financial situation. It consists of an instantaneous shock, based on the NGFS delayed transition scenario involving a sharp increase in the carbon price as early as 2030, due to a delayed reaction in the implementation of transition policies. It is these shocks that we retain for the application of the stress test in the ORSA of CNP ClimaVie.

The financial assumptions for the projections provided in these climate exercises are as follows:

- Term structure of EIOPA's risk-free interest rates;
- Sovereign rates;
- Corporate bond spread shocks by economic sector;
- Shocks on equity indices by economic sector;
- Shocks to the value of real estate.



The sectoral distribution of CNP ClimaVie's assets is given in Figure 6. We observe that portfolio has little exposure to the most impacted sectors of the IORP stress test.

NGFS climate scenarios

The study of the technical documents of the NGFS (NGFS, 2023) and the Banque de France (Allen & al., 2020) allows us to understand how the NGFS scenarios are produced, on the one hand, and the hypotheses of the ACPR's long-term climate exercises, on the other hand. The data available on the NGFS website are the outputs of the NiGEM model. The initial goal of the study was to take advantage of these outings. However, their format does not allow them to be used by the existing solvency 2 models for ORSA calculations. The usable outputs are those of the last module of the model suite shown in Figure 7, which is unavailable without access to these models.

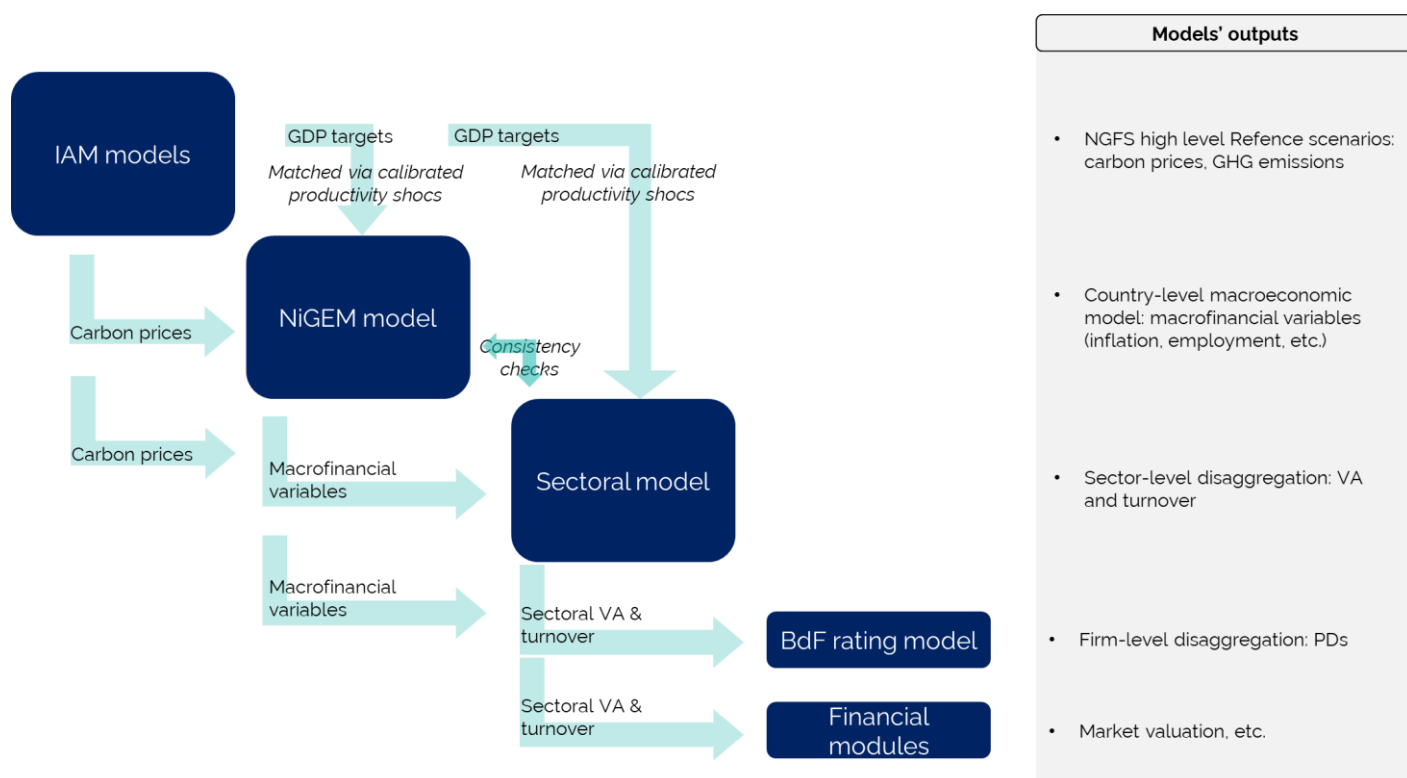


Figure 7 - Modelling architecture

Source: (Allen & al., 2020)

Although NGFS scenarios are not used in this thesis, their conclusions on macroeconomic variables are interesting. Phase IV scenarios (NGFS, 2024) show that early and orderly transition, even if costly in the short term, is always preferable to inaction, which is harmful in the long term with strong impacts on GDP.

Application

The scenario applied is as follows:

Years 2024 to 2025: financial stability. From 2024 to 2025, the financial markets are following the forecasts of CNP ClimaVie's business plan. Equity markets are assumed to be stable.

Year 2026: large-scale heatwave. In 2026, a heat wave, similar to the 2003 heatwave, hits Europe. At the end of 2026, after the exceptional weather events of the summer, it is assumed that the financial markets will adjust abruptly. The latter, reacting to the disastrous consequences of the previous summer, anticipate the rapid implementation of carbon regulations in several major economies (United States and European Union). The market shock comes at the end of 2026. We apply the shocks given by the IORP stress test to the year 2026 of CNP ClimaVie's central business plan, except for real estate, for which a severe crisis is assumed. The shock retained on the insurer's liabilities is the mortality shock due to the heat wave. The methodology is based on the use of the model developed by DIALog (Digital Insurance And Long-term risks) based on recent extensions of the Lee-Carter model.

Years 2027 to the end of 2028: financial market reaction. In 2027 and 2028, instability is confirmed, the markets remain at their levels at the end of 2026.

The results are presented in Figure 8. As expected, the shock materializes in 2026. The coverage ratio decreased by 121 points compared to 31/12/2025. This is explained by the decrease in own funds of €12m on the one hand, and the increase in the SCR of €4m on the other. The decrease in equity is explained by a decrease in the VIF and the PMVL in the face of equity, following the deterioration of the markets. The SCR is impacted by both financial and technical stresses. The increase in the SCR is explained by the decrease in the capacity to transfer losses to policyholders in connection with a lower initial wealth triggering a greater number of cyclical redemptions, due to a competitive rate higher than the return on assets and therefore a massive SCR redemption in sharp increase. The low exposure to carbon-based assets does not allow the insurer to limit losses on the coverage ratio. Indeed, although the stock SCR is falling slightly, there is a sharp increase in the rate and spread SCRs due to the increase in rates and spreads. Finally, the SCR mortality increases to a lesser extent because the SCR at the starting point is not material.

This stress test has many limitations, such as the fact that a number of assumptions are not taken into account (the impacts of air pollution or vector-borne diseases on mortality, collection/redemption behaviour, the deterioration of the socio-economic context, measurement of performance and turnover indicators or the integration of sustainability strategies). In addition, only one scenario is envisaged. A second scenario could be envisaged with a more severe physical risk resulting from a temperature trajectory above 4°C.

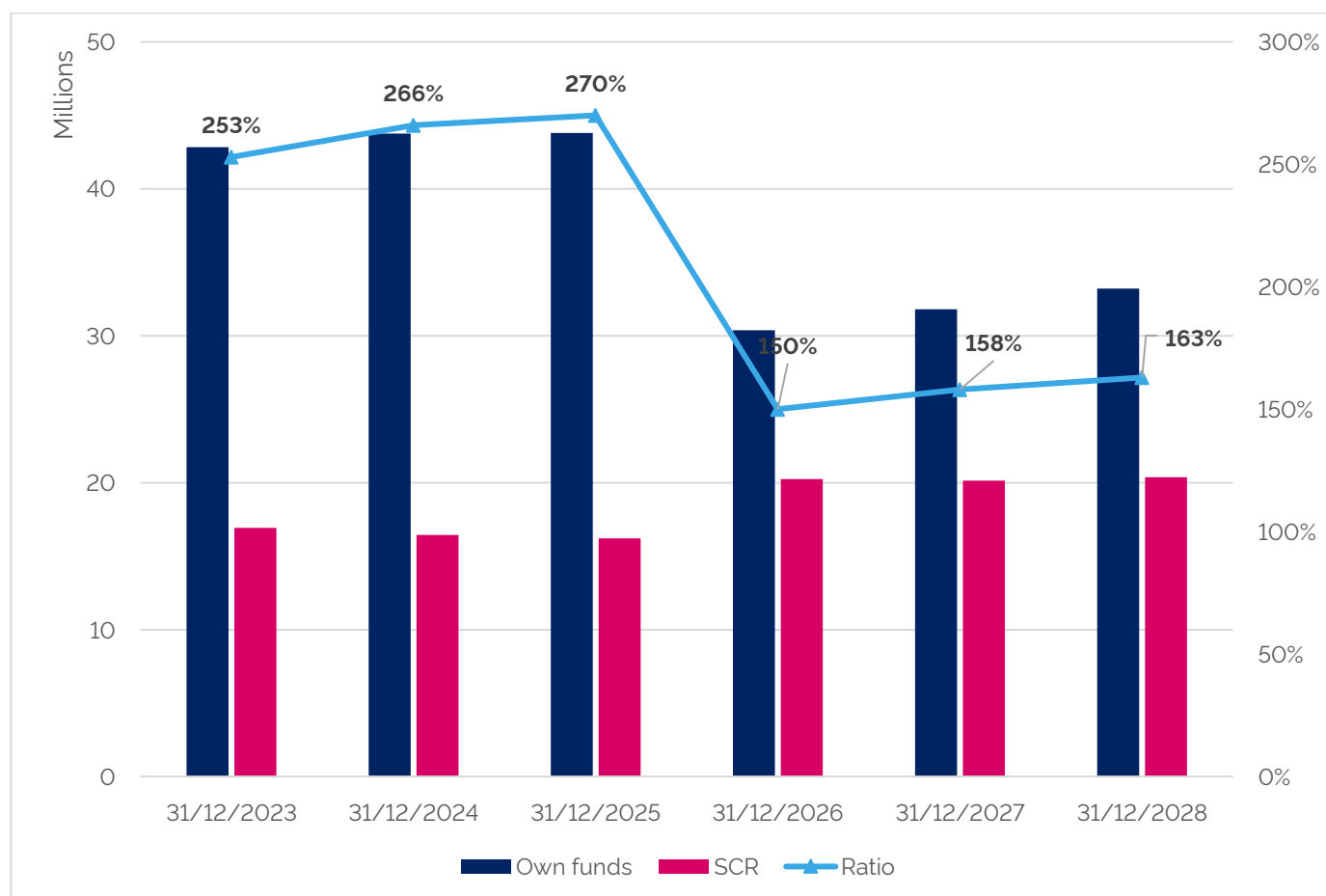


Figure 8 - Projection of CNP ClimaVie's solvency over 5 years according to the climate stress test

Conclusion

Achieving carbon neutrality by 2050 and adapting to climate change are two major challenges for which insurers and reinsurers have a key role to play. Regulations are changing rapidly, standards are adapting, such as the Solvency 2 standard. The integration of sustainability risks into governance bodies, as in the ORSA report, is proving to be complex, due to the difficulty of creating climate scenarios.

This thesis proposes the application of a climate scenario to a fictitious company, based on the assumptions of the EIOPA IORP stress test. Although the company remains solvent, the exercise helps to raise awareness among stakeholders about the long-term risks of climate change and the possible impacts on financial metrics.

Integrating these risks into insurers' central business plans could make it possible to anticipate and adapt.

Beyond the technical exercise, this thesis also aims to take a step back, beyond financial data, on how insurers can play a crucial role in the climate transition thanks to their investment capacity, their expertise and their presence with their policyholders.

Remerciements

Je remercie tout d'abord mon responsable de mémoire, ancien responsable et coach en management Jérémy Robert, pour le sujet, l'accompagnement, le temps et surtout l'expertise.

Je remercie aussi mon ancien responsable Stéphane Le Mer pour m'avoir encouragée à retourner sur les bancs de l'école, mon responsable actuel, Thomas Béhar, pour m'avoir fait confiance et permis de rédiger ce mémoire, et plus largement CNP Assurances, qui m'accompagne dans ma carrière.

Un immense merci à mes deux collègues, mais avant tout amies, Kim Nguyen et Cyrine Gharbi, pour leur bienveillance, leurs conseils et leur support au quotidien. Un immense bravo à Kim pour son titre d'actuariat, et merci pour toutes ces années du stage au CEA ensemble.

Merci également à tous les experts qui m'auront accompagnée, sans qui ce mémoire ne serait pas, particulièrement Tarek Aoudi et Quentin Thomazo, et plus largement, toute l'équipe Capital et Solvabilité.

Plus qu'un sujet de mémoire, le changement climatique est un sujet qui nous concerne tous. J'ai donc une très grande pensée envers ma famille, mes amis et mes collègues, tous sensibilisés sur ce sujet. Merci pour cela.

Sommaire

RESUME	3
ABSTRACT	5
NOTE DE SYNTHÈSE	7
EXECUTIVE SUMMARY	15
REMERCIEMENTS	23
INTRODUCTION	29
1. LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET SOLVABILITÉ 2	31
1.1. Le changement climatique	32
1.1.1. Rappels chronologiques	32
1.1.2. Risques de durabilité et « ESG »	33
1.1.3. Le risque climatique	34
1.2. La réglementation	35
1.2.1. En Europe : trois piliers de l'information extra-financière	35
1.2.2. En France	37
1.3. Le cadre Solvabilité 2	39
1.3.1. Les trois piliers	39
1.3.2. Le SCR	41
1.3.3. L'ORSA	42
1.4. L'EIOPA et le changement climatique	44
1.4.1. Liste des publications Solvabilité 2	44
1.4.2. Pilier 1 – Révision 2020	46
1.4.3. Piliers 2 et 3 – en application	49
1.4.4. Pilier 2 – préconisations	49

2. PRESENTATION DE LA DEMARCHE ENVISAGEE	55
2.1. Méthodologie	56
2.1.1. Objectifs et mesures d'évaluation	56
2.1.2. Démarche d'évaluation	56
2.2. Cadre de l'étude	57
2.2.1. Création d'une entreprise fictive	57
2.2.2. Présentation de CNP ClimaVie	57
2.2.3. Matérialité	62
2.2.4. Point d'attention	62
3. STRESS TESTS CLIMATIQUES	63
3.1. Stress tests climatiques ACPR	64
3.1.1. Un premier exercice pilote en 2020	64
3.1.2. Un second exercice de stress test climatique en 2023	66
3.1.3. Comparaison des deux exercices	67
3.2. Exercice climatique ACPR 2023 – Long terme	69
3.2.1. Hypothèses	69
3.2.2. Principaux résultats	74
3.2.3. Limites	76
3.3. Exercice climatique ACPR 2023 – Court terme	77
3.3.1. Hypothèses	77
3.3.2. Principaux résultats	83
3.3.3. Limites	84
3.4. Autres stress tests	85
3.4.1. Stress test IORP 2022	85
3.4.2. <i>"Fit-For-55" climate stress test</i>	85
3.5. Exposition au risque de transition de CNP ClimaVie	87
3.5.1. Selon la sectorisation du stress test climatique court terme de l'ACPR	87
3.5.2. Selon la sectorisation du stress test IORP	88
3.6. Synthèse	89

4. METHODE DE CONSTRUCTION D'UN SCENARIO CLIMATIQUE	91
4.1. Objectifs du chapitre	92
4.1.1. Définition d'un scénario climatique	92
4.1.2. Cadre analytique	94
4.2. Scénarios du NGFS	95
4.2.1. Un réseau international	95
4.2.2. Les narratifs des scénarios du NGFS phase III	97
4.3. Modèles climatiques	99
4.3.1. La suite de modèles du NGFS	99
4.3.2. Les IAM	101
4.4. Les modèles NiGEM et sectoriels	106
4.4.1. Le modèle NiGEM	106
4.4.2. Les résultats des scénarios du NGFS	106
4.4.3. Le modèle sectoriel	107
4.4.4. Mise en cohérence	107
4.5. Modules finaux	107
4.6. Application à notre étude	108
4.7. Synthèse	111
5. APPLICATION POUR UN ORSA CLIMATIQUE	113
5.1. Construction d'un scénario climatique	114
5.1.1. Narratif et choc macroéconomique	114
5.1.2. Hypothèses financières	115
5.2. Chocs techniques	119
5.2.1. Indice climatique actuariel français	119
5.2.2. Calibration des chocs	122
5.3. Résultats	124
5.3.1. Méthodologie de calcul	124

5.3.2. Impacts sur l'horizon de projection	124
5.4. Limites et autres méthodologies	126
5.4.1. Limites	126
5.4.2. Autres méthodologies d'intégration des risques lié au changement climatique dans l'ORSA	128
CONCLUSION	129
BIBLIOGRAPHIE	131
TABLE DES FIGURES	133
Liste des tableaux	135
ANNEXES	136
A. Classification GICS	136
B. Secteurs « bruns » et « verts » de l'exercice climatique court terme ACPR	137
C. Chocs actions et spreads du Stress test IORP 2022	138
D. Liste des régions en sortie du modèle NiGEM (NGFS phase V)	140
E. Liste des variables en sortie du modèle NiGEM (NGFS phase V)	141

Introduction

Les Echos ont publié² « Climat : l'été 2024 a été le plus chaud jamais enregistré sur la planète » le 6 septembre 2024. « Le monde se dirige vers un réchauffement de +3.1°C » titre l'article³ de Bon Pote publié le 25 octobre 2024. Malgré les alertes répétées des experts du climat, les actions de réduction des émissions de gaz à effet de serre ne sont pas assez drastiques. Le changement climatique est une problématique qui concerne tout le monde : les citoyens, les entreprises comme les pays.

Les assureurs, qu'ils soient spécialisés en vie ou non-vie, jouent aussi un rôle capital dans la transition vers un monde décarboné.

Les assureurs non-vie sont directement impactés par l'augmentation du nombre et du montant des sinistres associés aux catastrophes naturelles résultant du dérèglement climatique. Leurs champs d'action sont nombreux : de la prévention à la gestion des sinistres, leur rôle est clé pour les assurés. Les assureurs vie, ne constatent pour l'instant que peu d'impacts à court terme. Ils doivent au contraire anticiper des impacts à long terme, mis en regard avec l'horizon de leurs placements financiers et de leurs engagements envers les assurés. Quelles solutions s'offrent à eux ? D'une part investir responsablement, c'est-à-dire gérer les investissements pour le compte de leurs assurés tout en cherchant à limiter les impacts et les risques liés aux enjeux environnementaux, sociaux et de gouvernance. D'autre part en réfléchissant et en repensant le modèle de création de valeur : ne plus se concentrer uniquement sur le résultat financier, mais intégrer des objectifs extra-financiers.

Aux actions mises en œuvre pour atteindre la neutralité carbone, s'ajoute la gestion du risque lié au changement climatique. Risque encore émergent il y a quelques années, il est devenu désormais majeur pour certaines compagnies. L'enjeu est de le quantifier, sans disposer de l'expérience du passé ni de lois régissant son évolution, contrairement aux risques communs.

L'EIOPA, au travers de la révision de la Directive Solvabilité 2, et l'ACPR, par les deux exercices climatiques de 2020 et 2023, embarquent avec elles les assureurs dans le cadre de leurs travaux sur le risque lié au changement climatique. Le 22 mai 2024, lors de la publication des résultats de l'exercice climatique 2023 (ACPR, 2024), l'ACPR a dit qu'elle encourageait les organismes d'assurance à poursuivre leurs efforts de prise en compte du risque lié au changement climatique. Ceci implique une prise en main du sujet par toutes les fonctions de l'entreprise et dans l'ensemble de ses instances, de la stratégie à la finance et la gestion des risques, en passant par l'ensemble des fonctions opérationnelles.

Ce mémoire s'inscrit dans ce cadre : un monde en pleine transition écologique dans lequel les assureurs s'impliquent déjà fortement. Le but de ce mémoire est d'étudier comment un assureur vie,

² <https://www.lesechos.fr/monde/enjeux-internationaux/climat-encore-de-nombreux-records-de-temperature-battus-cet-ete-2117330>

³ <https://bonpote.com/le-monde-se-dirige-vers-un-rechauffement-de-3-1c/>

soumis à Solvabilité 2, peut introduire dans son rapport ORSA les impacts du changement climatique. Il est porté sur la recherche, dans un domaine où les assureurs commencent à peine à intégrer les risques en matière de durabilité dans leurs systèmes de gestion des risques, du fait de leur complexité. Il permet de faire un tour d'horizon des outils qui sont mis à disposition des assureurs.

Pour ce faire, une première partie présente le contexte du changement climatique et fait le lien avec Solvabilité 2. Nous rappelons le cadre réglementaire européen et français, ainsi que la norme Solvabilité 2. Les différentes publications de l'EIOPA sur le sujet sont exposées car ce sont celles qui dirigent nos travaux. Cette première partie est suivie d'un court chapitre introductif à la démarche mise en œuvre et présente le périmètre de l'étude. Cette démarche a mené à de nombreux travaux de recherche exposés dans le document en troisième et quatrième partie. La troisième partie présente en détail l'exercice climatique de l'ACPR de 2023 dans lequel un scénario court terme est introduit, avec une étude d'impact sur la Solvabilité. La quatrième partie décrit comment construire un scénario climatique, méthode envisagée en premier lieu pour notre exercice climatique. Enfin la dernière partie permet de décrire quel scénario a finalement été mis en place, ainsi que ses impacts sur les métriques Solvabilité 2.

Chapitre

1

Le changement climatique et Solvabilité 2

1.1. Le changement climatique

Le 20 mars 2023, le GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat) a publié son sixième rapport, rappelant une nouvelle fois que le réchauffement climatique est causé par les activités humaines : l'agriculture, l'industrie et le transport. Cela implique une consommation d'énergie fossile ainsi que la déforestation. Bien qu'une partie des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) soit absorbée par les puits de carbone, ces derniers ne suffisent pas et la conséquence est que l'atmosphère se réchauffe.

En réaction à cela, 196 parties ont adopté l'Accord de Paris le 12 décembre 2015. C'est un traité international juridiquement contraignant sur les changements climatiques ayant pour but de limiter le réchauffement climatique à un niveau bien inférieur à +2°C, de préférence à +1,5°C, par rapport au niveau préindustriel. Pour ce faire, une action est à mettre en place : réduire drastiquement nos émissions de gaz à effet de serre, pour atteindre la neutralité carbone en 2050, c'est « l'équilibre entre les émissions de carbone et l'absorption du carbone de l'atmosphère par les puits de carbone ». Mais comment prendre part à ce mouvement en tant qu'assureur vie ?

1.1.1. Rappels chronologiques

Nous pourrions remonter à l'ère préhistorique et parler des différentes variations climatiques subies par la Terre, montrer la cyclicité des variations de températures, mais ce n'est pas le but de ce mémoire. L'objectif est de comprendre ce qui a amené les assureurs à s'impliquer dans cette lutte.

Le site de Vie Publique⁴ nous permet de faire le résumé suivant :

- **La constatation (fin XVIIIe siècle – 1967)** : c'est depuis la révolution industrielle que la concentration en GES augmente. En 1967 est publiée l'étude⁵ *Thermal Equilibrium of the Atmosphere with a Given Distribution of Relative Humidity* (par Syukuro Manabe et Richard T. Wetherald) : elle introduit une première modélisation du climat et prévoit l'augmentation des quantités de CO₂. Celle-ci sert de point de départ aux travaux du GIEC.
- **La prise de conscience (1968 – 1988)** : de nombreuses catastrophes industrielles, comme l'accident nucléaire de Tchernobyl de 1986, font prendre conscience de l'impact néfaste des activités humaines sur l'environnement. En 1988 est créé le GIEC dont la mission est de fournir des évaluations détaillées de l'état des connaissances scientifiques, techniques et socio-économiques sur les changements climatiques, leurs causes, leurs répercussions potentielles et les stratégies de parade.
- **Les velléités (1989 – 2006)** : trois rapports du GIEC sont produits sur cet intervalle de temps. Le clivage entre pays développés, polluant depuis le XIXe siècle, et pays en voie de développement, souhaitant un progrès similaire, s'accroît. En 2005 entre en vigueur le protocole de Kyoto qui a pour but la réduction des GES.
- **Les inquiétudes (2007 – 2018)** : deux rapports du GIEC sont publiés en 2007 et 2014. Le 12 décembre 2015 est adopté l'Accord de Paris sur le climat dont l'objectif pour les parties

⁴ <https://www.vie-publique.fr/>

⁵ https://journals.ametsoc.org/view/journals/atsc/24/3/1520-0469_1967_024_0241_teotaw_2_0_co_2.xml

signataires est de contenir d'ici à 2100 le réchauffement climatique en dessous des 2°C par rapport à l'ère préindustrielle.

- **Les faits (2019 – 2023) :** le sixième rapport du GIEC est publié et conclue que Les politiques actuellement en place conduiraient à un réchauffement global de 2,4°C à 3,5°C d'ici à la fin du siècle, Les catastrophes naturelles se multiplient et de nouvelles lois sont adoptée au niveau européen sur lesquelles nous reviendrons en partie 1.2.

1.1.2. Risques de durabilité et « ESG »

Le risque de durabilité est défini dans le Règlement Délégué 2021/1256 de la Commission européenne (Commission européenne, 2021) comme : « *un événement ou un état de fait dans le domaine environnemental, social ou de la gouvernance qui, s'il survenait, pourrait avoir une incidence négative réelle ou potentielle sur la valeur de l'investissement ou de l'engagement* ». Nous reviendrons sur le contenu de ce document dans le paragraphe 1.4.3.1.

Il se décline en trois sous risques, souvent connus sous l'abréviation « ESG » :

- 1- Le risque **Environnemental**, que nous définirons ci-dessous ;
- 2- Le risque **Social** : est lié à l'impact direct ou indirect d'une organisation sur ses parties prenantes ;
- 3- Le risque lié à la **Gouvernance et la stratégie** : relève des processus de décisions d'une organisation qu'il s'agisse de répondre aux besoins des parties prenantes ou de se conformer à la loi.

Ces critères sont déjà massivement pris en compte par les assureurs, notamment dans le cadre de leurs publications autour de la finance durable. Ils orientent les investissements des assureurs ou leur gestion des risques. La Figure 9 montre par exemple comment CNP Assurances prend en compte les risques de durabilité dans sa stratégie d'investissement responsable.

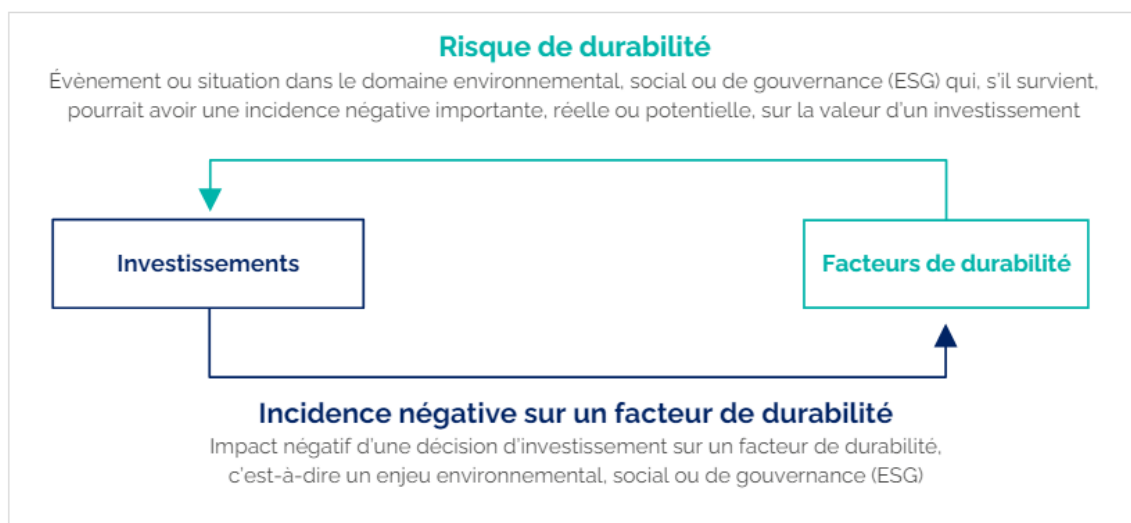


Figure 9 - Stratégie d'investissement responsable de CNP Assurances

Source (CNP Assurances, 2023)

1.1.3. Le risque climatique

Le « risque Environnemental », le « risque lié au changement climatique » ou encore par simplification « risque climatique » font référence à la même notion de classification des risques climatiques proposée par le Gouverneur de la Banque d'Angleterre, Mark Carney, lors d'un discours prononcé à la Lloyd's de Londres, en septembre 2015 (Carney, 2015).

L'ACPR reprend cette classification (ACPR, 2019), distingue deux principaux risques et propose des exemples concrets :

- **Le risque physique** : il résulte des dommages directement causés par les phénomènes météorologiques et climatiques, comme :
 - La perte de valeur des placements détenus par les assureurs et émis par des entités touchées par ces événements climatiques ;
 - L'augmentation de la fréquence et du coût des sinistres à régler par les assureurs aux assurés ;
- **Le risque de transition** : il résulte des ajustements effectués en vue d'une transition vers une économie bas-carbone, en particulier lorsque ceux-ci sont mal anticipés ou interviennent brutalement. Ce risque est lié par exemple à :
 - Une dépréciation des actifs, faisant suite à des évolutions réglementaires qui viendraient pénaliser, voire interdire, certaines activités jugées trop émettrices en gaz à effets de serre (GES) ;
 - Des pertes de contrats d'assurance faisant suite à la fin de certaines activités assurées jugées trop polluantes ou émettrices de GES ;

Un troisième risque, le risque juridique et de réputation, a aussi été introduit. Celui-ci est peu développé jusqu'à présent, en comparaison avec les deux précédents risques.

1.2. La réglementation

1.2.1. En Europe : trois piliers de l'information extra-financière

Un point important : face à ce risque lié au changement climatique, l'Europe a commencé à réguler par les reportings. Le Pacte vert européen, ou *Green deal*, a été mis en place en 2019. L'objectif principal est que l'Europe atteigne la neutralité carbone d'ici à 2050. Par la suite, la loi européenne sur le climat a été adoptée en juin 2021 fixant la neutralité carbone d'ici à 2050 dans la législation européenne ainsi que comme point d'étape la réduction des émissions de GES d'au moins 55% d'ici à 2030 (voir Figure 10).

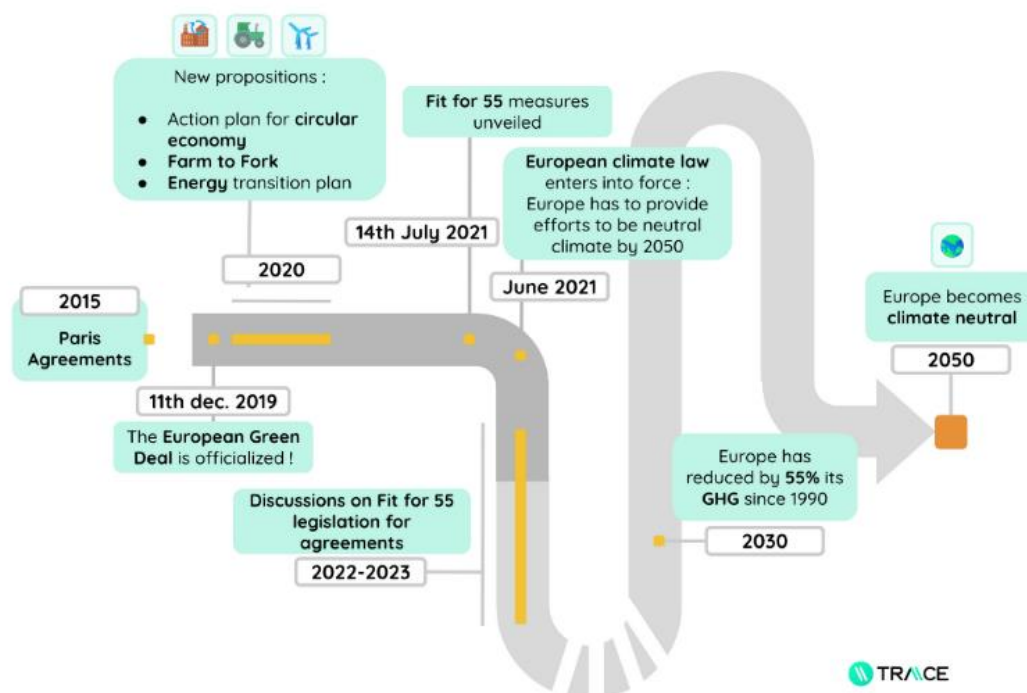


Figure 10 - Dates clés du Green deal européen

Source : Traace⁶

La finance durable désigne le concept de soutenance de croissance économique respectueuse de l'environnement, tout en tenant compte des critères ESG. En 2021, l'Union européenne a mis en place le plan de finance durable. Il comporte trois objectifs principaux :

⁶ <https://www.traace.co/post/european-green-deal>

- Orienter les capitaux vers une économie plus soutenable : on retrouve dans ce volet la **taxonomie⁷ des activités durables** ;
- Introduire l'ESG dans la maîtrise des risques ;
- Favoriser la transparence et le long terme : on retrouve dans ce volet l'amélioration de la transparence et la fiabilité des données et du reporting (**SFDR et CSRD**).

Il introduit le principe de **double matérialité** : l'incidence des risques liés à la durabilité sur les entreprises, les ménages et la société, et, inversement, l'incidence des actes des acteurs sur les objectifs de durabilité.

Les principales réglementations européennes en termes d'informations extra-financières sont résumées dans le Tableau 5 et le détail est donné par la suite :

Nom	Type	A qui ?	Objectif
Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD)	Directive	Toute entreprise, tout secteur	Remplacer DPEF
Sustainable Finance Disclosure Regulation (SFDR)	RÈGLEMENT (UE) 2019/2088	Assureurs et asset managers	Eviter le greenwashing
Taxonomie européenne	RÈGLEMENT (UE) 2020/852	Secteurs de l'assurance soumis à CSRD	Publier des indicateurs

Tableau 5 - Les trois piliers de l'information extra-financière

La directive **CSRD** est entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2024. L'objectif principal de la directive est l'harmonisation du **reporting de durabilité** des entreprises et d'améliorer la disponibilité et la qualité des données ESG publiées. Le reporting est encadré par les normes European Sustainability Reporting Standards (ESRS). Le premier reporting sera à produire en 2025 pour les entreprises concernées (grandes entreprises). Les principales compagnies d'assurance, mutuelles et institutions de prévoyance sont concernées.

Le règlement **SFDR** est entré en application le 10 mars 2021. Il concerne tous les acteurs commercialisant ou conseillant des produits financiers dans l'Union Européenne. SFDR impose donc aux entreprises éligibles des règles relatives à la publication d'informations sur la durabilité d'un placement.

La **taxonomie européenne** désigne une classification des activités économiques ayant un effet favorable sur l'environnement. Son objectif est d'orienter les investissements sur des activités durables. Elle impose de publier depuis 2022 la part des investissements éligibles à la taxonomie, et depuis 2024 la part des investissements alignée avec la taxonomie.

⁷ Taxonomie : outil de classification des permettant de déterminer si une activité est durable

Le lien entre ces reportings est présenté en Figure 11.

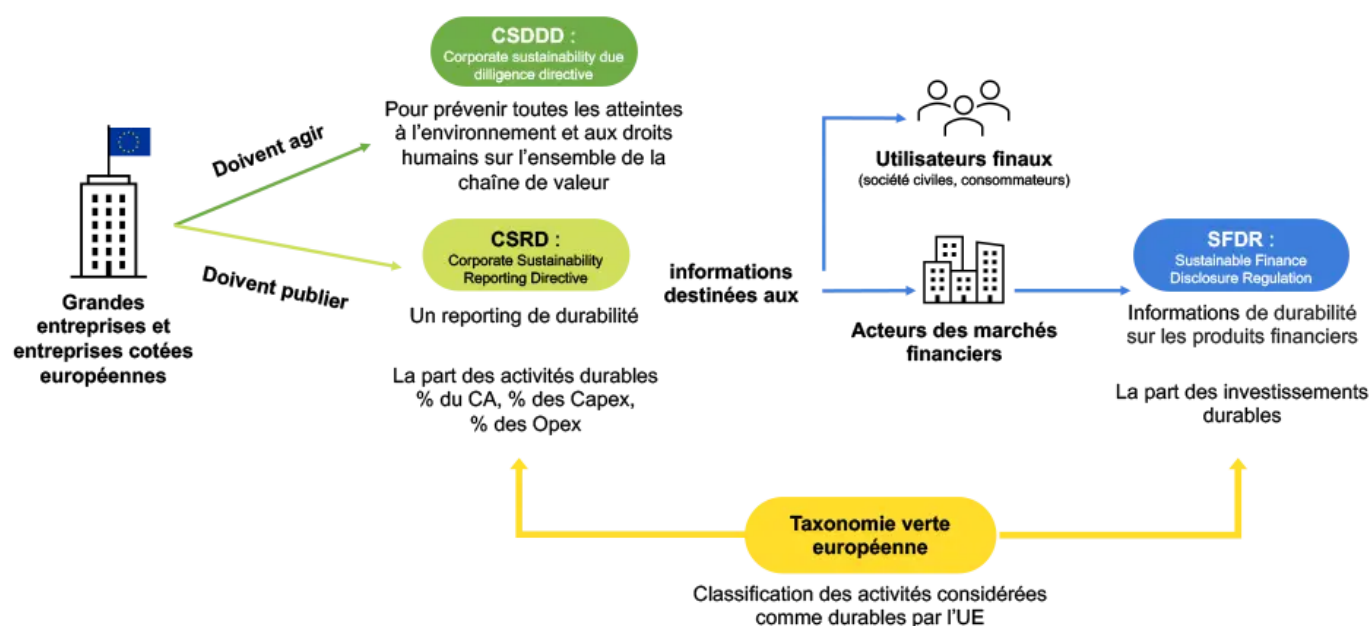


Figure 11 - Les trois piliers de l'information extra-financière

Source : Goodwill management⁸

1.2.2. En France

En France, la loi « Grenelle 2 »⁹ est promulguée le 12 juillet 2010. Elle permet de décliner de manière concrète les orientations du « Grenelle 1 » qui a déterminé les objectifs du gouvernement dans le domaine environnemental.

La **Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV)** du 17 août 2015 s'inscrit dans la suite du Grenelle Environnement. Cette loi fixe les grands objectifs du nouveau modèle énergétique français visant la sortie des énergies fossiles et l'indépendance énergétique. Cette loi est très large et concerne de nombreuses lignes d'activités, du transport à la finance en passant par le logement.

Au sein de la LTECV, l'article 173 vient renforcer et préciser les obligations de reporting en matière d'émissions de GES. Il s'applique aux entreprises de plus de 500 salariés et dont le bilan ou le chiffre d'affaires est supérieur à 100M€. Ces entreprises sont donc désormais contraintes de publier les postes significatifs d'émissions directes et indirectes de gaz à effet de serre générés du fait de leur activité.

⁸ <https://goodwill-management.com/decrypter-nouvelles-obligations-europeennes-csrd-sfdr-taxonomie-verte-csddd/>

⁹ <https://www.vie-publique.fr/eclairage/268502-environnement-lessentiel-de-la-loi-grenelle-2>

La **Loi Energie et Climat (LEC)** du 8 novembre 2019 vient renforcer les dispositions de la LTCEV de 2015. Elle permet de fixer les objectifs pour la politique climatique et énergétique française tout en gardant comme ligne directrice la neutralité carbone en 2050. Elle comporte 69 articles. L'article 29 de cette loi renforce les exigences en matière de transparence et de reporting des investisseurs sur les risques relatifs au changement climatique et à l'érosion de la biodiversité et concerne notamment les assureurs. Il permet d'aligner et de coordonner le cadre réglementaire français avec SFDR.

Ces différentes dates clés sont résumées dans la Figure 12.

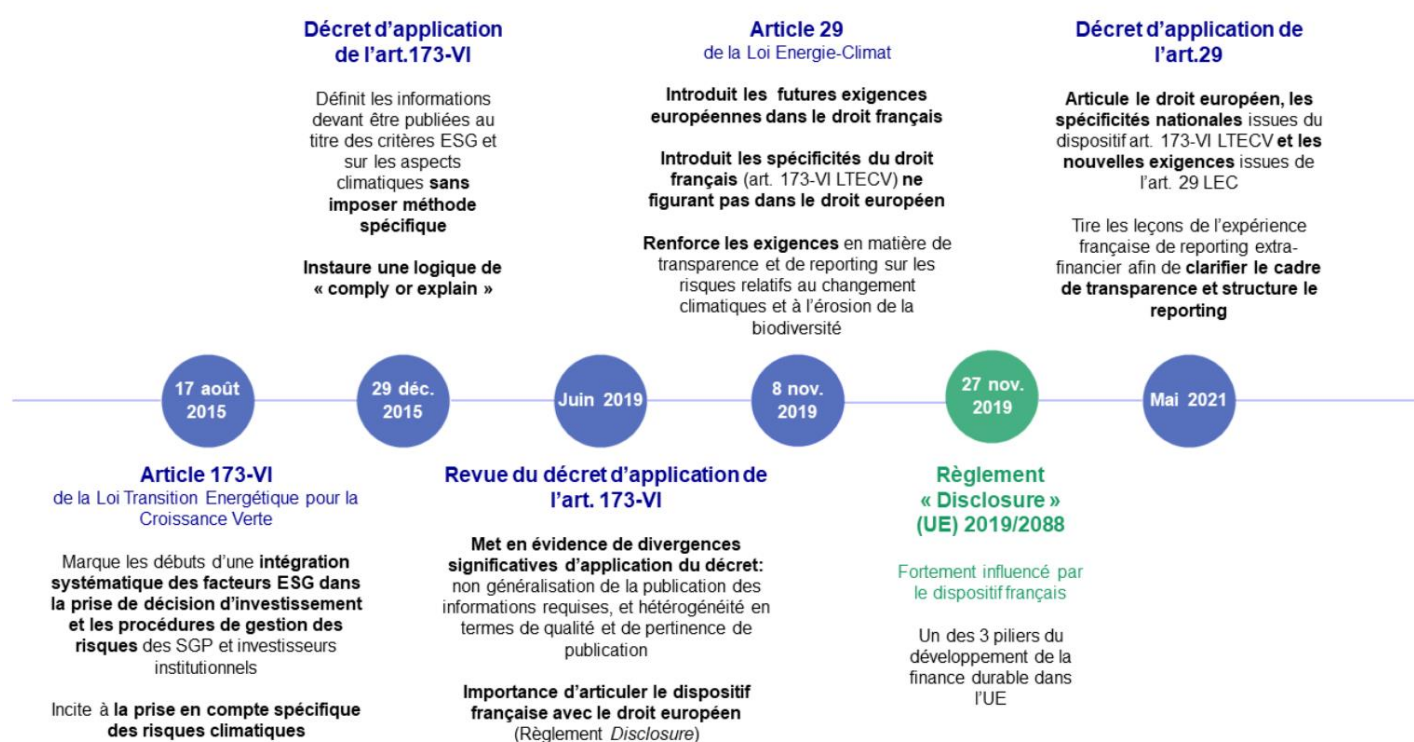


Figure 12 - Frise chronologique article 29 LEC

Source (Direction générale du Trésor , 2021)

En France, la **loi PACTE (Plan d'Action pour la Croissance et la Transformation des Entreprises)** a été promulguée le 22 mai 2019. Elle a pour objectif de lever les obstacles au développement des entreprises, mais aussi une meilleure prise en compte des impacts et des enjeux sociaux et environnementaux dans la stratégie des entreprises françaises. Les entreprises ont désormais une réelle responsabilité sociale et environnementale, le Code Civil ayant été modifié en ce sens.

Les assureurs évoluent donc dans un cadre européen et français très normé, et dans lequel sont demandés de nombreux reporting à des fins de transparence. Ils participent également activement grâce à la mise en place de plan de finance durable.

1.3. Le cadre Solvabilité 2

En application depuis le 1er janvier 2016, la Directive 2009/138/CE du Parlement européen et du Conseil du 25 novembre 2009, plus connue sous le nom de Solvabilité 2, est une réforme réglementaire du monde de l'assurance.

Elle apporte un cadre prudentiel ayant pour objectif de renforcer la protection des assurés en intégrant les risques dans le calcul de la marge de solvabilité. Elle impose de nouvelles règles quantitatives et qualitatives en matière de gouvernance ainsi que de transparence. La norme est composée de trois niveaux, chacun ayant ses propres textes, voir Figure 13.

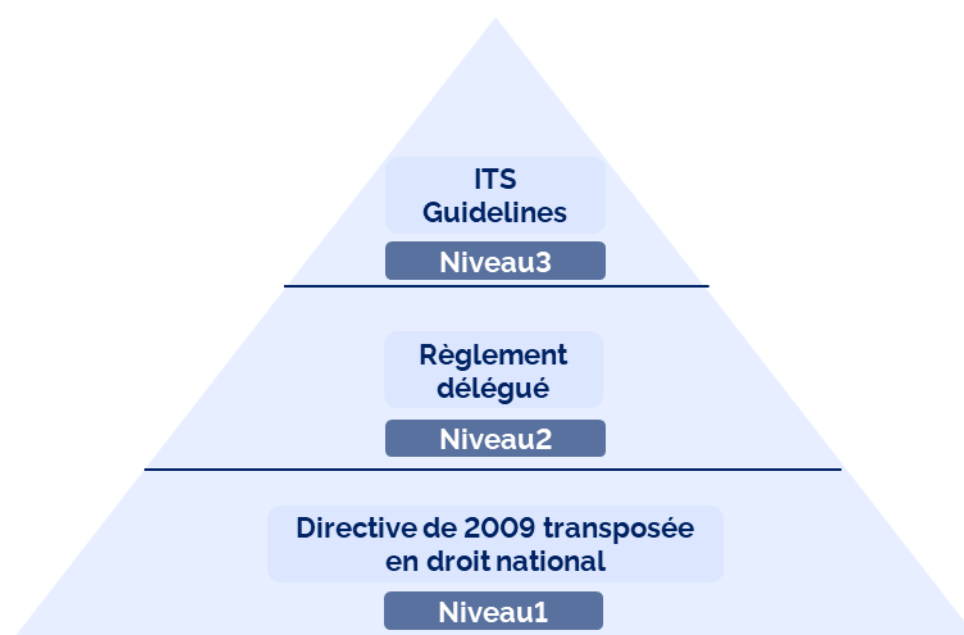


Figure 13 - Les différents niveaux de la norme Solvabilité 2

1.3.1. Les trois piliers

Solvabilité 2 est organisée en trois piliers ayant chacun un objectif.

1.3.1.1. Pilier 1, les exigences quantitatives

Le but de ce pilier est de donner les règles de calcul du taux de couverture de l'entité ou du groupe d'assurance. Le taux de couverture est égal au rapport entre les fonds propres et le capital de

solvabilité requis (SCR). Il doit être supérieur à 100%, signifiant que l'assureur dispose de suffisamment de fonds propres pour couvrir ses engagements envers ses assurés.

Les fonds propres sont déterminés à partir du bilan Solvabilité 2 pour lequel les règles d'évaluation de l'actif et du passif sont décrites dans la norme. Le bilan Solvabilité 2 diffère du bilan en norme comptable car il est calculé en vision économique. Les actifs sont en valeur de marché, la meilleure estimation, ou *Best Estimate* (BE), des passifs est calculée comme l'espérance actualisée des *cash flows* de passifs et les fonds propres par différence. On peut voir sur la Figure 14 un bilan Solvabilité 2 simplifié, dans lequel sont repris ces éléments.

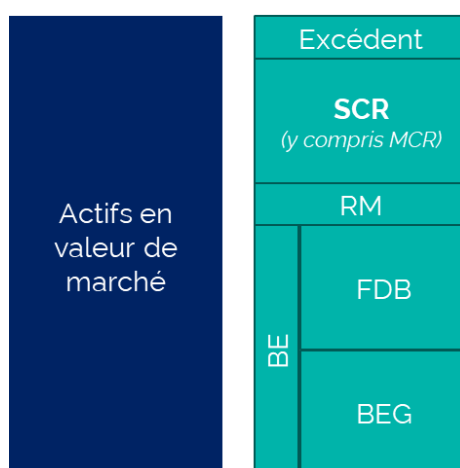


Figure 14 - Bilan Solvabilité 2 simplifié

La norme introduit le SCR : c'est l'exigence de capital. Il correspond au montant de fonds propres nécessaires à l'assureur pour faire face aux différents scénarios défavorables des risques de la Formule Standard : risque de marché, risque vie, risque non-vie et risque santé.

Le capital requis minimal (MCR) est aussi introduit par la norme. Il correspond au seuil critique en deçà duquel le superviseur intervient afin de redresser l'entreprise d'assurance. Il doit être compris entre 25% et 45% du SCR.

1.3.1.2. Pilier 2, les exigences qualitatives

L'objectif de ce pilier est de renforcer les systèmes de gouvernance dans la gestion des risques. Les responsabilités au sein de l'entreprise doivent être correctement établies et séparées.

Les entreprises d'assurance doivent, dans le cadre du pilier 2 de Solvabilité 2, publier un rapport annuel sur l'évaluation interne des risques et de la solvabilité (EIRS en français), dit rapport ORSA (*Own Risk and Solvency Assessment*). Il doit illustrer la capacité de l'entreprise à identifier, mesurer et gérer les éléments de nature à modifier sa solvabilité ou sa situation financière. Le dispositif ORSA est un dispositif d'évaluation et de gouvernance des risques. Il permet de prolonger à horizon moyen (voire long) terme les exigences du pilier 1.

1.3.1.3. Pilier 3, les informations à destination du superviseur et du public

Ce pilier fixe le cadre autour du reporting au régulateur et au public. Il impose notamment un certain nombre de reportings quantitatifs (QRT) et qualitatifs (RSR à destination du régulateur et SFCR à destination du public).

L'EIOPA publie la taxonomie autour des QRT : règles de remplissage des templates de reporting sur tous les éléments chiffrés de l'entreprise d'assurance (bilan, actifs, passifs, fonds propres, SCR et bien d'autres) et contrôles associés.

La structure des rapports narratifs est identique pour tous les assureurs, ce qui permet une meilleure comparabilité entre eux.

1.3.2. Le SCR

Il existe trois modalités de calcul du SCR :

- Formule standard : les chocs dits « sous modulaires » sont calibrés uniformément sur le marché européen ;
- Modèle interne développé par l'assureur et soumis à validation par le superviseur ;
- Combinaison des deux modalités ci-dessus.

Sous la formule standard, le SCR se calcule comme le capital à immobiliser pour être suffisant à couvrir une perte bicentenaire à horizon 1 an, c'est-à-dire pour que la probabilité de ruine à horizon 1 an soit inférieure à 0,5% (1/200^e), voir Figure 15.

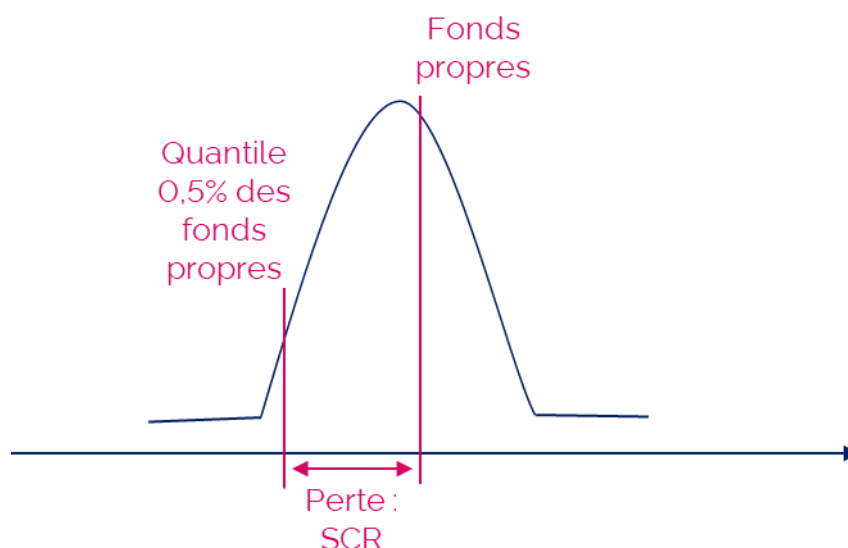


Figure 15 – Représentation schématique du SCR

Le calcul du SCR se fait par approche modulaire comme représenté en Figure 16.

Etape 1 : Chaque SCR sous modulaire (taux, action, rachat, frais etc.) est calculé indépendamment, comme si uniquement ce risque se réalisait ;

Etape 2 : Le SCR de base (BSCR) est calculé après avoir pris en compte la probabilité de réalisation de ces événements simultanément via une matrice de corrélation. Cela permet de prendre en compte les effets de diversification entre les SCR ;

Etape 3 : Le SCR est calculé en ajoutant les montants d'ajustements pour capacité d'absorption des pertes et le SCR opérationnel.

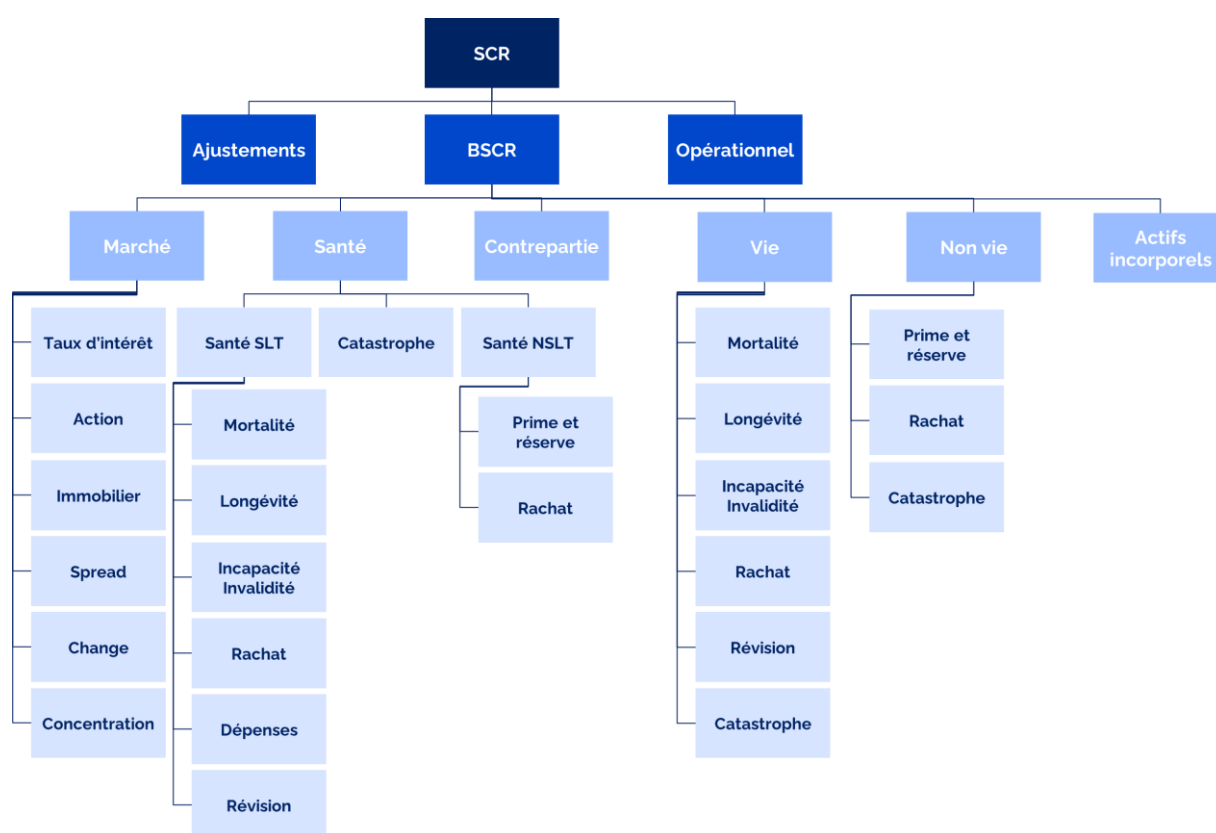


Figure 16 - Pieuvre des SCR de la formule standard

Le pilier 1 de Solvabilité 2 ne prévoit pas l'intégration en tant que tel du **risque climatique** dans le calcul du SCR. C'est pourquoi, en première approche, nous proposons l'intégration ce risque dans le rapport ORSA.

1.3.3. L'ORSA

Le but de ce mémoire est de proposer une étude sur le risque climatique qui sera intégrée dans le rapport ORSA d'une entreprise fictive, comme cela est recommandé par l'EIOPA, *European Insurance and Occupational Pensions Authority*, (voir partie 1.4.3.1). Nous présentons dans cette partie les lignes

directrices de ce rapport, à destination du superviseur. Pour ce faire, nous résumons la notice ACPR du 18 décembre 2015 sur le système de gouvernance (ACPR, 2015).

1.3.3.1. Gouvernance de l'ORSA

L'entreprise utilise ses propres processus dans le cadre de l'évaluation interne des risques et de la solvabilité. Le conseil d'administration valide la manière dont l'évaluation est menée et les résultats. Il valide aussi la politique interne relative à l'ORSA, politique incluant notamment les processus et procédure mis en place, une description du lien entre le profil de risques, les limites approuvées de tolérance au risque et le besoin global de solvabilité.

1.3.3.2. Contenu de l'ORSA : les trois évaluations

- L'orientation 7 nous dit : « L'entreprise présente une quantification de ses besoins en capitaux ainsi qu'une description des autres moyens nécessaires pour faire face à tous ses risques importants, qu'ils soient quantifiables ou non » (ACPR, 2015). C'est la définition du Besoin Global de Solvabilité (BGS). Il correspond au capital de solvabilité estimé comme nécessaire par l'assureur pour lui-même. C'est une estimation propre à l'assureur. Celui-ci se calcule après application de différents scénarios et de manière prospective. Si les bases de comptabilisation et d'évaluation du BGS diffèrent du régime Solvabilité 2, il est nécessaire d'expliquer en quoi elles constituent une meilleure évaluation en adéquation avec le profil de risque. Il est aussi nécessaire d'estimer l'impact de ces différences. Le BGS est validé par le conseil d'administration ou de surveillance.
- La deuxième composante de l'ORSA est le dispositif de mise en conformité permanente avec les exigences :
 - Réglementaires de capital du régime Solvabilité 2 (SCR et MCR) ;
 - Relatives au calcul des provisions techniques.
- Enfin, l'entreprise évalue dans quelle mesure son profil de risque s'écarte des hypothèses utilisées dans le calcul du SCR. En effet, ces chocs ont été calibrés sur des données non actualisées avec les dernières crises financières et à un niveau européen. La formule standard ne reflète donc pas forcément le profil de risque de l'assureur, contrairement au calcul du capital ORSA.

1.3.3.3. Utilisation de l'ORSA

L'ORSA est un outil de pilotage de la gestion intégrée des risques. L'ORSA s'intègre pleinement dans les décisions stratégiques de l'entreprise dans le sens où le capital ORSA est utilisé dans la gestion du capital à allouer au développement ou à la rentabilité. Il permet d'appréhender les objectifs commerciaux sous un prisme de gestion des risques et fait se parler les quatre fonctions clés de l'entreprise d'assurance (risques, actuariat, conformité et audit). Il traduit l'appétence aux risques de l'entreprise d'assurance.

Enfin, l'ORSA permet à l'autorité de supervision de mieux comprendre les risques auxquels sont soumises les entreprises d'assurance au-delà de la formule standard.

1.3.3.4. Stress tests dans l'ORSA

L'assureur peut décider d'inclure des stress tests complémentaires dans son rapport ORSA pour par exemple prendre en compte des risques non prévus dans la formule standard : le risque de cyber attaque ou le risque climatique. Tout l'enjeu est alors de développer un ou plusieurs scénarios adéquats permettant d'anticiper les conséquences qu'un tel risque pourrait avoir et l'impact financier.

Nous verrons par la suite que **c'est l'approche que nous retiendrons dans le cadre de ce mémoire.**

1.4. L'EIOPA et le changement climatique

La dernière partie de ce chapitre introductif, décrivant le cadre dans lequel s'établit ce mémoire, fait le lien entre les différentes parties précédentes : Solvabilité 2 face au changement climatique.

L'EIOPA, l'organe de supervision des assureurs au niveau européen, a été chargée par la Commission européenne en 2021 d'inclure la finance durable dans Solvabilité 2. Nous présentons ici les différents textes, qu'ils soient en application ou en projet. Pour cela, nous nous sommes appuyés sur le Guide réglementaire Durabilité de l'Institut des Actuaire (Institut des Actuaire, 2023).

1.4.1. Liste des publications Solvabilité 2

La norme Solvabilité 2 ne prévoit pas dans les calculs du pilier 1 de risque dédié au changement climatique : il n'existe pas de module « Climat » au même titre que le module « Marché » par exemple. En juillet 2021, la Commission européenne s'est engagée à proposer des modifications de la directive dans le but d'intégrer les climatiques. Le Tableau 6 ci-dessous résume les publications faites par l'EIOPA à la suite de cette demande.

Document	Pilier	Date de publication	En application
Opinion de l'EIOPA sur la revue de la directive Solvabilité 2	Tous	17/12/2020	n/a
Proposition de DIRECTIVE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL modifiant la directive 2009/138/CE en ce qui concerne la proportionnalité, la qualité du contrôle, la communication d'informations, les mesures relatives aux garanties à longue échéance, les outils macroprudentiels, les risques en matière de durabilité, le contrôle de groupe et le contrôle transfrontière	Tous	22/09/2021	n/a
Règlement délégué (UE) 2021/1256 Intégration des risques de durabilité dans la gouvernance et le BGS	Piliers 2 et 3	21/04/2021	Oui : 02/08/2022
Opinion de l'EIOPA sur l'inclusion des scénarios climatiques dans l'ORSA	Pilier 2	19/04/2021	n/a
Guide d'application de l'EIOPA pour évaluer la matérialité des impacts du changement climatique et utiliser des scénarios de changement climatique dans l'ORSA	Pilier 2	02/08/2022	n/a

Tableau 6 - Liste des publications Solvabilité 2 incluant les risques de durabilité

La Figure 17 résume chronologiquement l'enchaînement des consultations, opinions, guide de l'EIOPA et met en regard avec la revue du Règlement délégué, en lien avec la durabilité. Le Règlement délégué est un texte de niveau 2 (voir Figure 13).

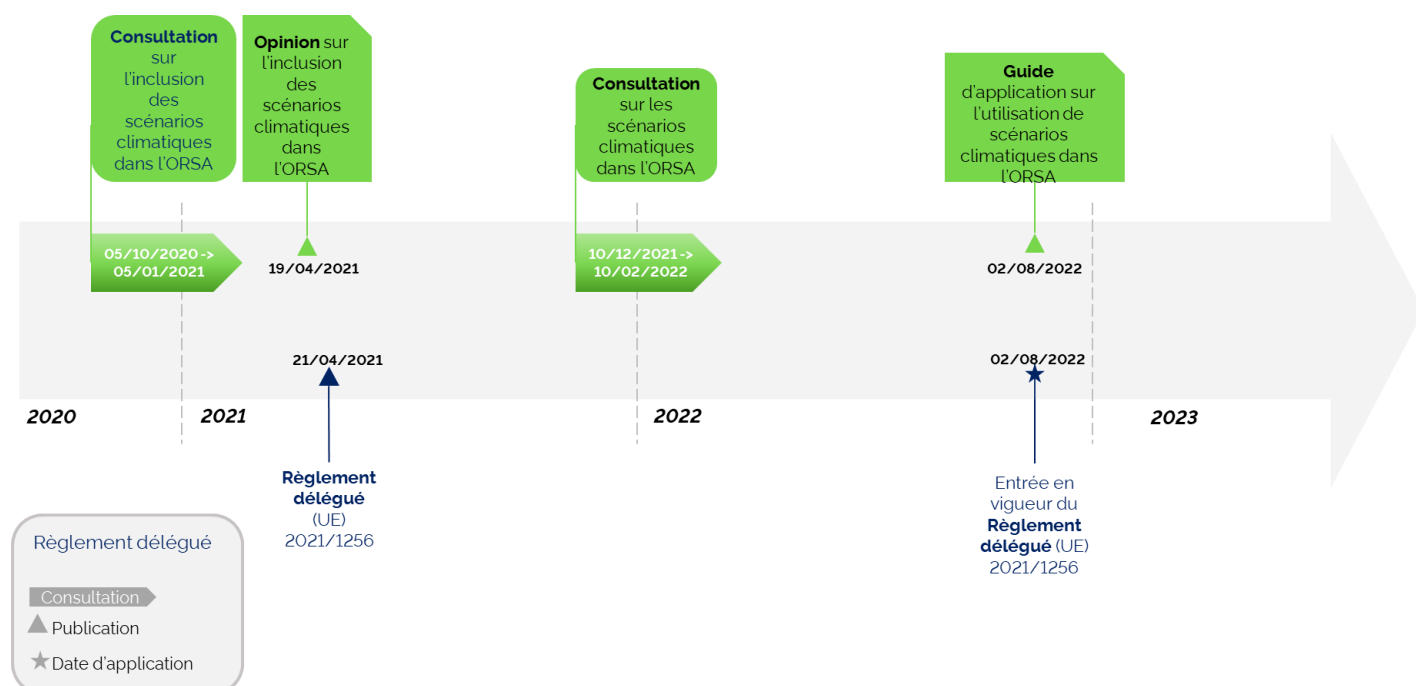


Figure 17 - Frise chronologique des publications Solvabilité 2 incluant les risques de durabilité

1.4.2. Pilier 1 – Révision 2020

1.4.2.1. Calendrier

Entrée en vigueur au 1^{er} janvier 2016, deux clauses de revues étaient prévues pour la Directive Solvabilité 2 (texte de niveau 1). Dès 2018 une première revue du Règlement délégué (texte de niveau 2) a eu lieu pour application des 2019. Celle-ci concernait les paramètres de la formule standard décrits dans le Règlement délégué.

Après une consultation publique et un avis technique de l'EIOPA remis à la Commission européenne, cette dernière a publié le 22 septembre 2021 ses propositions d'amendement de la Directive, communément appelée « révision 2020 ». Le 13 décembre 2023 un accord a été conclu entre la Commission, le Parlement et le Conseil marquant la fin des trilogues entamés en septembre 2023. Le texte devra être adopté par le Parlement puis la publication au Journal officiel de l'Union européenne (JOUE) en fin d'année 2024 entrainera son entrée en vigueur 20 jours plus tard. Les états membres auront par la suite 24 mois pour transposer les textes et faire appliquer les nouvelles mesures, courant 2026. Ces éléments sont repris dans la Figure 18.

Les étapes suivantes impliquent de mettre à jour les textes de niveau 2 et 3 (RTS¹⁰ et ITS¹¹). Ils couvrent de nombreuses mesures quantitatives, comme la revue de paramètres déjà existants dans le pilier 1 (extrapolation de la courbe des taux, la revue du choc taux, le calcul de la marge pour risque ou du

¹⁰ RTS : regulatory technical standards

¹¹ ITS : implementing technical standards

calcul de la correction pour volatilité). Ils concernent aussi la mise en place d'un cadre de supervision macroprudentielle et le régime de proportionnalité. Ces sujets n'étant pas en lien avec le changement climatique nous ne les développons pas.

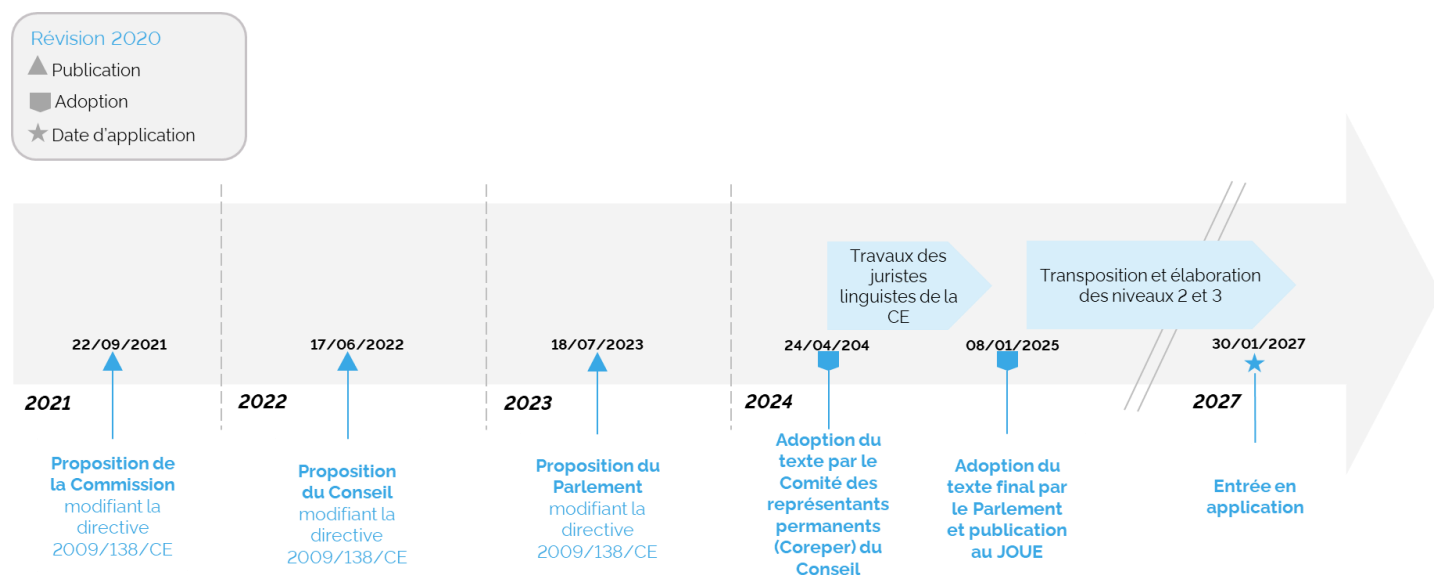


Figure 18 - Frise chronologique révision 2020

1.4.2.2. Finance durable dans la révision 2020

On retrouve dans la révision 2020 un volet finance durable. Les principaux points que l'on peut retenir sont (ACPR, 2024) :

- « Une meilleure prise en compte des risques liés au changement climatique dans le système de gouvernance (dans la prolongation des mesures introduites par la révision du règlement délégué en 2021) ;
- L'introduction de plans de transition que devront élaborer les assureurs ;
- Et un mandat qui sera confié à EIOPA pour explorer notamment la possibilité d'introduire un traitement quantitatif différencié vis-à-vis des actifs « bruns », par rapport aux actifs « classiques ». EIOPA a publié en décembre 2023 un rapport soumis à consultation publique présentant cette mesure, en proposant des surcharges en capital vis-à-vis de la détention d'actifs bruns très ciblés (industries extractives). »

Concernant le mandat confié à l'EIOPA, cette dernière a publié le 7 novembre 2024 un rapport final¹² sur le traitement prudentiel des risques de durabilité dans lequel elle recommande en effet une surcharge en capital pour les actifs carbonés des assureurs afin de refléter le risque porté par ces actifs. Le marché s'opposait en premier lieu à cette proposition en invoquant le fait que Solvabilité 2 était une norme basée sur les risques. A cela, l'EIOPA répond que l'étude qu'elle a menée est basée sur une analyse des risques. L'ACPR confirme que les risques financiers des actifs « bruns » sont

¹² https://www.eiopa.europa.eu/publications/final-report-prudential-treatment-sustainability-risks-insurers_en

supérieurs aux risques financiers des actifs « classiques », mais dit aussi que concernant les actifs « verts » ces derniers ne sont pas moins sensibles que les actifs « classiques » (ACPR, 2024). Le rapport de l'EIOPA couvre les risques action, spread, immobilier, sociaux et non-vie. Il conclut qu'une surcharge en capital pour les actifs « bruns » pour les risques action et spread est nécessaire. L'EIOPA suggère une surcharge de 17% en plus du choc actuel (39%) pour les actions des entreprises concernées. Pour le choc de spread, elle suggère d'appliquer un facteur multiplicatif aux chocs actuels, dans la limite d'une hausse de 40%, pour les émetteurs concernés. Pour les autres risques, une étude complémentaire est à mener. Enfin, quelques points d'attention sont relevés dans la lettre de l'EIOPA adressée à la Commission, on note :

- Seul le secteur assurantiel serait soumis à cette surcharge en capital, et pas le secteur bancaire ;
- Les assureurs étant peu investis dans des actifs « bruns » les coûts d'implémentation pourraient être supérieurs aux bénéfices ;
- Si les agences de notation incluent des critères de durabilité dans leurs notations, il pourrait y avoir un double comptage du risque pour les obligations *corporates*.

L'EIOPA a de plus publié une série de consultations¹³ sur la révision de la Directive le 4 décembre 2024. En lien avec le risque de durabilité, on retient l'introduction de deux nouveaux instruments :

- Gestion des risques de durabilité & Plan de transition : l'EIOPA propose un nouveau RTS, définissant les modalités du plan de transition. De nombreux éléments sont précisés. On retient : il devra présenter une évaluation du risque de durabilité, la matérialité en vision prospective des expositions matérielles à court, moyen et long terme, ainsi qu'une évaluation financière de l'impact du risque de durabilité selon deux scénarios couvrant les horizons temporels de 2030 et 2050 et les objectifs du Pacte vert de l'UE. Il devra aussi mettre en regard des objectifs quantifiables à court, moyen et long terme visant à réduire les risques matériels précédemment cités. Enfin, ce nouveau RTS précise les éléments qui devront être rendus publics dans le SFCR.
- Gestion des risques liés à la biodiversité : c'est un rapport dans lequel l'EIOPA utilise son mandat afin de consulter les assureurs sur les enjeux autour de la biodiversité. Elle propose des définitions, des comparaisons entre biodiversité et climat, fait référence aux outils pour évaluer ce type de risques et aux scénarios climatiques. Elle conclut que ce risque, au même titre que le risque lié au changement climatique, peut entraîner des pertes économiques significatives, pouvant affecter la stabilité financière, la valeur des investissements, la fréquence et l'intensité des pertes assurées. L'EIOPA met en évidence une exposition importante du secteur des assurances à des actifs dépendants de la nature. Cela montre une exposition potentielle aux risques liés à la biodiversité. C'est une première étude pour laquelle le retour des assureurs permettra d'en apprendre davantage sur ce risque moins étudié que le risque lié au changement climatique.

¹³ https://www.eiopa.europa.eu/browse/consultations-and-surveys_en

1.4.3. Piliers 2 et 3 – en application

1.4.3.1. En application : Règlement délégué (UE) 2021/1256

Le règlement délégué (UE) 2021/1256 a été publié le 21/04/2021 et est entré en application le 02/08/2022. Il complète le règlement délégué (UE) 2015/35 (Solvabilité 2) sur l'intégration des risques en matière de durabilité dans :

- La gouvernance des entreprises ;
- L'évaluation du besoin global de solvabilité (BGS) ;
- L'adaptation des processus et contrôles internes des publications en lien avec SFDR.

Il définit le risque en matière de durabilité : « *un événement ou un état de fait dans le domaine environnemental, social ou de la gouvernance qui, s'il survenait, pourrait avoir une incidence négative réelle ou potentielle sur la valeur de l'investissement ou de l'engagement.* ».

De nombreux documents sont à adapter afin de prendre en compte les risques en matière de durabilité :

- Toutes politiques écrites (souscription, provisionnement, investissement, gestion des risques, ORSA) ;
- Le rapport ORSA ;
- Le rapport de la fonction actuarielle ;
- Les RSR et SFCR ;
- Et le reporting extra-financier.

1.4.4. Pilier 2 – préconisations

Dans le cadre de l'évolution de la directive Solvabilité 2, l'EIOPA publie de nombreuses consultations, opinions ou guides d'application en lien avec l'intégration des risques de durabilité dans l'ORSA. Ils donnent des indications sur la manière dont l'ORSA doit être adapté pour satisfaire les exigences du régulateur.

On retient particulièrement deux documents, guidant l'ACPR et les assureurs dans leurs travaux. Ces deux documents sont publiés à la suite chacune des deux consultations lancées par l'EIOPA sur le même thème comme on peut le voir dans la Figure 17.

1.4.4.1. 19/04/2021 EIOPA – Opinion sur l'inclusion des scénarios climatiques dans l'ORSA (EIOPA, 2021)

C'est dans cet avis que l'EIOPA donne ses premières orientations sur l'intégration de scénarios climatiques dans l'ORSA reflétant les risques induits par le changement climatique sur l'entreprise. Il fait suite à une consultation lancée en octobre 2020 et met en évidence les pratiques de place en matière d'identification des risques, de scénarios mis en place ou d'actions menées par certains assureurs européens. Il s'adresse aux autorités de supervision nationales.

Cette opinion est composée d'une première partie résumant le contexte, les objectifs, les grands principes d'évaluation et le suivi par l'EIOPA. La deuxième partie du document est constituée d'annexes très détaillées avec des exemples concrets.

Le document indique que l'évaluation de la matérialité des risques climatiques doit être faite à court, moyen et long terme et doit se baser sur l'analyse des résultats obtenus après application de scénarios climatiques. L'EIOPA propose l'utilisation de deux scénarios long terme pour évaluer les risques significatifs :

- 1- Un scénario avec une augmentation de la température entre 1,5°C et 2°C ;
- 2- Un scénario dans lequel l'augmentation de la température dépasserait les 2°C.

Les scénarios peuvent être développés en interne par les entreprises ou être adaptés à partir de scénarios déjà existants.

La méthode propose de faire un mapping des risques climatiques (physiques et de transition) avec les risques prudentiels usuels (marché, vie, santé, non vie). Les entreprises sont tenues de mettre à jour ce mapping régulièrement, en lien avec leur maturité sur le sujet. Ce mapping peut notamment servir à la cartographie des risques.

Enfin, les risques de transition et physique doivent être considérés.

En conclusion, c'est dans l'ORSA que les entreprises doivent faire preuve de transparence et y indiquer leurs principales expositions, méthodes et hypothèses utilisées pour évaluer les risques.

1.4.4.2. 02/08/2022 EIOPA - Guide d'application pour évaluer la matérialité des impacts du changement climatique et utiliser des scénarios de changement climatique dans l'ORSA (EIOPA, 2022)

À la suite de la publication de son opinion en avril 2021, l'EIOPA a publié le 2 août 2022 un guide d'application. Ce document s'adresse aux compagnies d'assurance et propose une démarche, non réglementaire, pour :

- a. **Cartographier les risques** en assurance vie et non-vie dans le but de décrire l'exposition aux risques ;
- b. **Evaluer** leur matérialité ;
- c. Elaborer des **scénarios** pertinents.

Le guide d'application peut se lire de deux manières différentes :

- Le lecteur intéressé par le sujet peut lire les chapitre 1, décrivant les différentes parties de l'ORSA dans lesquelles peuvent être mentionné le risque lié au changement climatique, et chapitre 2 donnant des généralités sur l'évaluation de la matérialité et les scénarios climatiques ;
- Le lecteur souhaitant entrer plus dans les détails complètera avec le chapitre 3, mettant en application sur une entreprise fictive les généralités des chapitres 1 et 2.

Le premier chapitre nous indique que les risques liés au changement climatique doivent être traités dans plusieurs parties du rapport ORSA (de l'*Executive Summary* à la conclusion). Les risques de transition et physiques doivent être évalués séparément, à court, moyen et long terme.

Le deuxième chapitre est découpé en deux sous-chapitres : l'évaluation de la matérialité et la création des scénarios climatiques.

Evaluation de la matérialité (*materiality assessment* en anglais) : constitue la démarche de mesure de l'impact des risques climatiques. Il convient à chaque entreprise de déterminer l'ampleur et la matérialité des risques climatiques au regard de son profil de risque. La matérialité des risques liés au changement climatique doit être évaluée sur la base d'analyses qualitatives et quantitatives, à l'actif comme au passif.

Elle se décompose en 3 étapes décrites en Figure 19 :

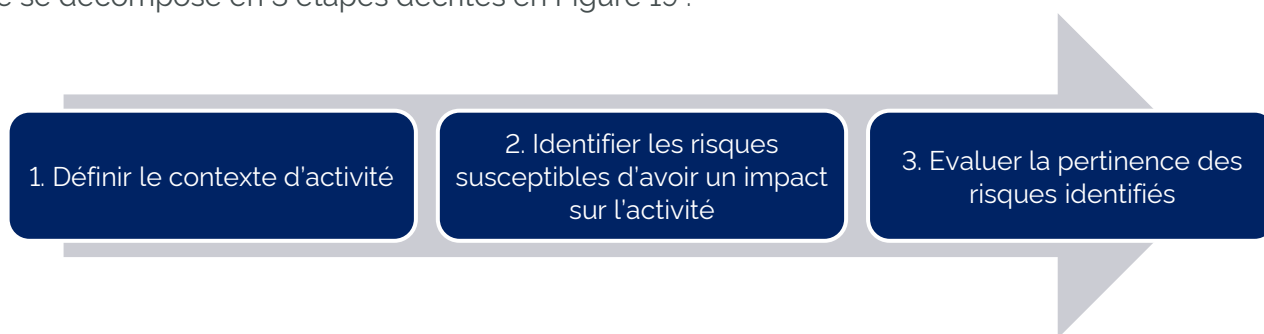


Figure 19 - Etapes de l'évaluation de la matérialité

Source (EIOPA, 2022)

1. **Définir le contexte d'activité** : il convient dans cette étape de cartographier le business et identifier là où les risques climatiques pourraient entraîner des conséquences (activité, stratégie, horizon de temps...) ;
2. **Identifier les risques susceptibles d'avoir un impact sur l'activité** : il est possible de traduire les risques climatiques en catégories de risques prudentiels classiques (risques de souscription, de marché, de crédit, de contrepartie, opérationnel, de réputation et stratégique). La méthode propose d'étudier l'impact des risques sur les produits d'assurance ou le bilan, qu'ils soient matériels ou non.

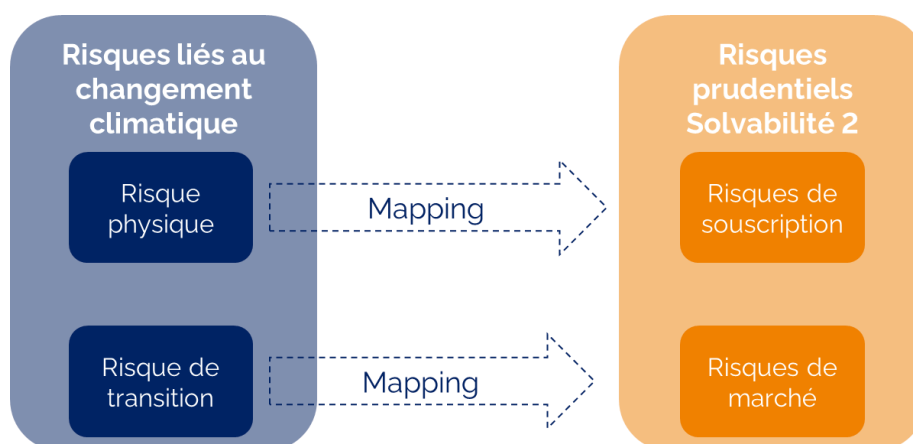


Figure 20 - Exemple de mapping entre les risques liés au changement climatique et les risques prudentiels

Source : Finalyse¹⁴

L'enjeu majeur de l'exercice est de concilier des horizons de temps complètement différents : celui des risques climatiques est très long terme contrairement à celui de l'évaluation de l'ORSA, comme le montre le tableau ci-dessous :

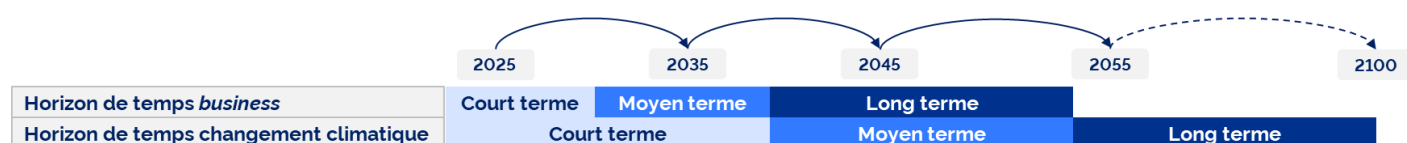


Figure 21 - Comparaison des horizons de temps du business et du changement climatique

Source (EIOPA, 2022)

3. **Evaluer la pertinence des risques identifiés** : pour les risques physiques et de transition, l'EIOPA propose de présenter les résultats sous forme de matrice de matérialité à 3 dimensions : impact, probabilité et horizon de temps. L'impact peut être évalué grâce à des tests de résistance ou d'analyses de scénarios (scénarios de température et/ou scénarios de transition). Les différents horizons de temps sont indispensables car certains risques peuvent déjà être matériels (à court terme) et d'autres le devenir à long terme. La granularité est à la main de l'entreprise. De telles matrices sont présentées en Figure 22.

¹⁴ <https://www.finalyse.com/climate-change-risk-management-for-insurers>

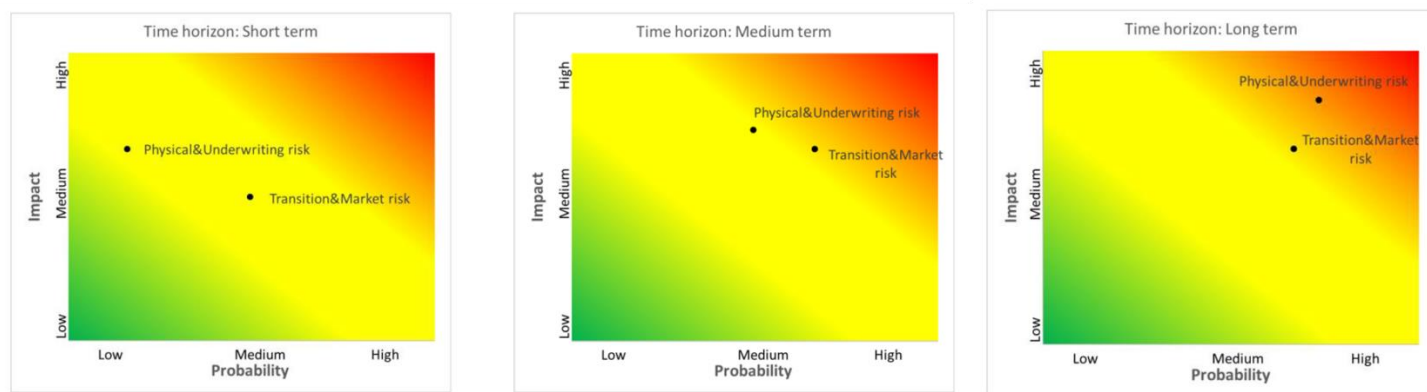


Figure 22 - Exemples de matrices de matérialité à court, moyen et long terme

Source (EIOPA, 2022)

Scénario de changement climatique :

Le guide d'application propose les étapes suivantes pour créer ses propres scénarios climatiques, adaptés au profil de risque de l'entreprise :

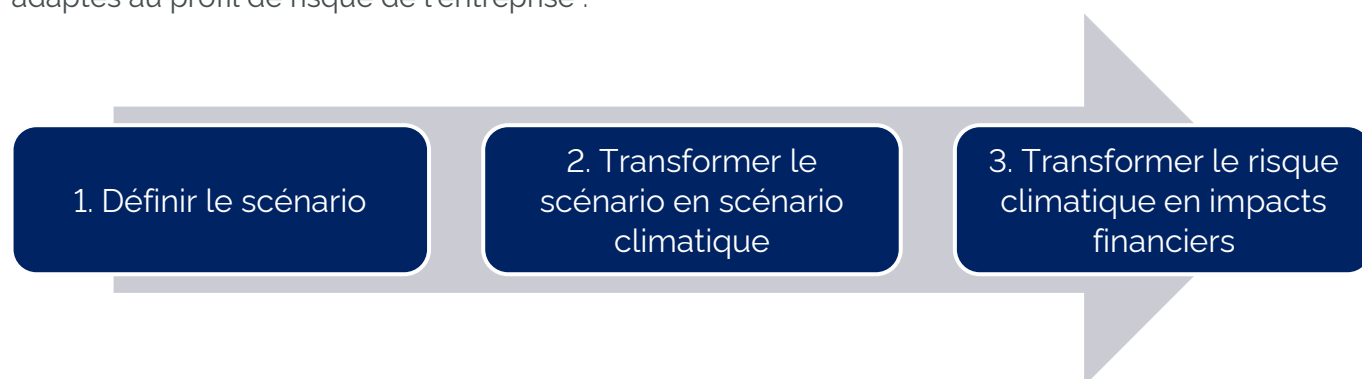


Figure 23 - Etapes de définition d'un scénario climatique

Source (EIOPA, 2022)

Un des deux scénarios à minima est à envisager :

- Un scénario de risque lié au changement climatique où l'augmentation de la température mondiale demeure inférieure à 2 °C, de préférence pas supérieure à 1,5°C ;
- Un scénario de risque de changement climatique où l'augmentation de la température mondiale dépasse 2°C.

Scénario de transition : une méthodologie en 4 étapes (2DII, 2017) est proposée.

1. Définition des principes de la transition : scénario énergétique, technologies ;
2. Définition des paramètres nécessaires : macro-économiques, marché, production et technologie, incitations et coûts des polices ;
3. Définition du niveau d'ambition climatique : politiques actuelles, décarbonisation modérée, décarbonation forte ;

4. Choix de la vitesse et de la force de la transition : rapide ou lente et ordonnée ou désordonnée.

Scénario physique : il est possible d'utiliser les scénarios du GIEC, les scénarios RCP¹⁵ ou SSP¹⁶, qui sont complémentaires. Par exemple, les scénarios RCP donnent les projections des concentrations de gaz à effet de serre et le réchauffement climatique que cela va engendrer, alors que les scénarios SSP établissent le cadre dans lequel les réductions des émissions seront, ou ne seront pas, réalisées

La transformation des scénarios en risques liés au changement climatique peut se faire en utilisant :

- Pour les risques de transition, sur les trajectoires développées par le NGFS (*Network for Greening the Financial System*). Nous reviendrons sur la construction d'un tel scénario dans le chapitre 4;
- Pour les risques physiques, sur des modèles climatiques (GCM, *General Circulation Model*).

On peut noter que l'EIOPA ne développe pas cette deuxième étape mais donne des indications. Nous verrons par la suite que c'est une étape nécessitant l'utilisation de modèles complexes, que les assureurs n'ont pas forcément à disposition.

Enfin, L'EIOPA propose une liste de métriques que l'assureur peut suivre afin d'évaluer les impacts des risques liés au changement climatiques, sous forme d'indicateur de différents natures (bilancielle, de rentabilité, technique...).

¹⁵ Representative Concentration Pathway, voir 4.1.1

¹⁶ Shared Socio-economic Pathways, voir 4.1.1

Chapitre

2

Présentation de la démarche envisagée

2.1. Méthodologie

Ce court chapitre a pour objectif d'introduire l'étude menée en décrivant la démarche choisie et le cadre. Le cadre sera complété au fur et à mesure du document, en faisant le lien avec les études menées sur le sujet de l'intégration du risque climatique sous Solvabilité 2.

2.1.1. Objectifs et mesures d'évaluation

Dans le cadre de ce mémoire, on souhaite effectuer une évaluation prospective sur 5 ans du taux de couverture Solvabilité 2 soumis à un scénario climatique d'une entreprise fictive décrite dans la suite de ce chapitre. Nous choisissons donc d'intégrer au rapport ORSA un stress test climatique. En effet, on ne cherche pas à calculer un Besoin Global de Solvabilité (BGS). Cela est fait dans le corps principal du rapport ORSA et a pour but de vérifier que l'appétence au risque est bien respectée en environnements stressés, tout en suivant la stratégie de l'entreprise. Le but de cet exercice est de mener une étude complémentaire grâce à un exercice de stress test. Il permet de respecter les exigences de l'EIOPA et de l'ACPR, tout en sensibilisant de nombreuses strates de l'entreprise, soit grâce à leur implication dans l'exercice, soit grâce aux résultats obtenus.

2.1.2. Démarche d'évaluation

Afin de mettre en place le stress test climatique à destination du rapport ORSA, nous avons choisi de nous inspirer de la méthode proposée par l'EIOPA. Elle se déroule en quatre temps :

Etape 1 : Identification des risques et analyse de matérialité. Pour commencer, nous étudierons en détail les exercices climatiques de l'ACPR auxquels les assureurs ont répondu en 2020 et 2023. Dans le chapitre 3, nous présenterons les hypothèses de calcul et en déduirons comment analyser la matérialité de notre portefeuille. Nous verrons également qu'il existe d'autres stress tests, notamment à destination des Instituts de Retraite Professionnels (IRP). L'analyse de la matérialité est effectuée en fin de chapitre 3.

Etape 2 : Création du scénario climatique ORSA. Le chapitre nous montre qu'à un exercice climatique donné est associé un scénario précis. On cherche donc ici à créer notre propre scénario. Pour cela, on étudie en détail dans le chapitre 4 comment l'ACPR crée ses scénarios à partir de ceux du NGFS (voir partie 4.2). Nous verrons par la suite que sans les outils de l'ACPR il est compliqué de reproduire leur méthode. La démarche initiale visait à exploiter les scénarios du NGFS, cependant nous verrons que cette démarche n'a pas abouti. Le scénario climatique créé peut se lire en partie 5.1.1.

Etape 3 : Calibration des chocs financiers et techniques. Comme présenté dans le chapitre 3, les scénarios de l'APCR sont exploitables par les assureurs grâce à la donnée d'hypothèses financières et techniques détaillées. Le chapitre 4 explique comment calibrer ces chocs. Etant donnée la complexité de l'exercice, il a été choisi d'exploiter les chocs du stress test à destination des Instituts

de Retraite Professionnels (IRP) pour les hypothèses financières. Le choc technique retenu est celui de la mortalité. Il a été calibré par l'équipe de recherche de CNP Assurances.

Etape 4 : Calcul de l'impact sur le taux de couverture sur les 5 prochaines années, correspondant à l'horizon du business plan. Pour cette évaluation nous utiliserons les outils internes à l'entreprise car le but de ce mémoire n'est pas de construire une maquette ORSA.

2.2. Cadre de l'étude

2.2.1. Création d'une entreprise fictive

Pour mettre en application notre méthodologie, on crée une entreprise fictive : **CNP ClimaVie**.

CNP ClimaVie est une filiale de CNP Assurances qui commercialise des produits d'épargne : contrats d'assurance vie en euros depuis environ 10 ans. Elle innove en sensibilisant toutes ses parties prenantes sur les enjeux liés au changement climatique et met la durabilité au cœur de toutes ses décisions. Elle a pour rôle de mettre en place une méthodologie d'ORSA climatique que sa société mère CNP Assurances pourra ensuite reproduire. Elle travaille main dans la main avec les experts de CNP Assurances et bénéficie des conclusions des travaux déjà menés par ailleurs sur ces sujets.

CNP ClimaVie vend des produits durables et encourage, dans le respect du devoir de conseil, les investissements dans des projets écologiques et durables, contribuant à la transition énergétique. Elle s'aligne petit à petit avec ses objectifs forts de décarbonation de son portefeuille. Elle souhaite, d'ici 10 ans, être totalement décarbonée.

Au cœur de sa stratégie : la sensibilisation de ses collaborateurs et de ses clients, afin que le risque lié au changement climatique soit présent dans l'intégralité de la chaîne de valeur.

Nous compléterons l'étude de CNP ClimaVie dans la suite du document, à l'aune des travaux de recherche effectués.

2.2.2. Présentation de CNP ClimaVie

2.2.2.1. Actifs

Le montant de l'actif total en norme comptable de CNP ClimaVie est de 300M€ au 31/12/2023. L'allocation est représentée en Figure 24.



Figure 24 - Allocation d'actifs (à gauche) et expositions géographiques des actifs de CNP ClimaVie (à droite)

Cette allocation est proche de l'allocation moyenne des assureurs en France à fin 2023 (ACPR, 2024). Les assureurs français possèdent en moyenne 22% d'actions, y compris participations, 38% d'obligations émises par les entreprises et 20% d'obligations souveraines (après mise en transparence).

Les actifs de CNP ClimaVie sont principalement investis en France, ou en Zone Euro, hors France. Cela est similaire aux assureurs français, bien que la part hors Union Européenne soit plus importante en moyenne (16% au 31/12/2023).

2.2.2.2. Passif

Le portefeuille d'assurés pour des produits d'épargne euros de CNP ClimaVie a les caractéristiques suivantes :

- L'âge moyen des assurés est de 60 ans. CNP ClimaVie a en effet bénéficié d'une campagne de ciblage marketing effectuée sur les clients de CNP Assurances. Elle avait pour but d'identifier, il y a 10 ans, les clients sensibles aux sujets liés à la transition climatique ;
- L'âge moyen à la souscription est de 50 ans. Les clients ayant répondu favorablement à la campagne marketing sont des clients avec un profil avisé ;
- Il y a un total de 11 000 contrats ;
- La provision mathématique du portefeuille est de 244M€.

Le portefeuille de passif est constitué d'un nombre significativement important de polices d'assurance. On utilise donc des bases de données agrégées en fonction de différents critères tels que l'âge.

En ce qui concerne les hypothèses de projections, on utilise les tables de mortalité réglementaires TGF05 et TGH05.

2.2.2.3. Bilans au 31/12/2023

Le bilan comptable et le bilan en norme Solvabilité 2 au 31/12/2023 sont donnés en Tableau 7 et Tableau 8. On constate une légère plus-value sur l'actif du bilan. Cela s'explique par le fait que les

actions soient en plus-value (38%), les marchés actions étant en forte hausse à fin 2023. Ceci est compensé par des obligations en légère moins-value (-6% en moyenne) du fait de la remontée des taux qui a eu lieu au cours de l'année 2023, expliquant donc la baisse de la valeur boursière des obligations.

Les fonds propres Solvabilité 2 représentent 14% du bilan, ce qui est proche de la moyenne des assureurs en France à fin 2023 (15%, (ACPR, 2024)).

Bilan comptable (M€) - 31/12/2023

Actifs		Passifs	
Actions	24	Résultat	42
Obligations souveraines	84	Réserve de capi	2
Obligations d'entreprises	90	PM	244
OPCVM	78	PPE	11
Immobilier	15		
Autres	9		
Total actif	300	Total passif	300

Tableau 7 - Bilan comptable de CNP ClimaVie au 31/12/2023

Bilan Solvabilité 2 (M€) - 31/12/2023

Actifs		Passifs	
Actions	33	Fonds propres	43
Obligations souveraines	76	PT	263
Obligations d'entreprises	88		
OPCVM	83		
Immobilier	19		
Autres	8		
Total actif	306	Total passif	306

Tableau 8 - Bilan Solvabilité 2 de CNP ClimaVie au 31/12/2023

2.2.2.4. Solvabilité au 31/12/2023

CNP ClimaVie a des fonds propres Solvabilité 2 de 43M€. Avec un SCR de 17M€ son taux de couverture est de 253%. L'entreprise fait preuve d'une solidité financière.

(M€)	31/12/2023
SCR	17
Fonds Propres	43
Ratio de couverture	253%

Tableau 9 - Eléments de Solvabilité de CNP ClimaVie au 31/12/2023

(M€)	31/12/2023	(M€)	31/12/2023	(M€)	31/12/2023
SCR Marché	12,4	SCR Taux	0,4	SCR Mortalité	0,9
SCR Défaut des contreparties	1,8	SCR Action	7,1	SCR Longévité	0,5
SCR Souscription Vie	6,6	SCR Immobilier	1,9	SCR Rachat	5,4
Diversification	-	SCR Spread	3,9	SCR Frais	1,5
BSCR	16,1	SCR Change	1,0	SCR Catastrophe	0,2
		Diversification	-	Diversification	-
		SCR Marché	12,4	SCR Souscription	6,6

Tableau 10 - SCR de CNP ClimaVie au 31/12/2023

Le SCR prépondérant est le SCR de marché, 73% du SCR total, car l'engagement de l'assureur envers ses assurés se traduit en placements financiers. CNP ClimaVie, comme tout assureur est principalement exposé au risque de transition, du fait de ses investissements. On constate un fort risque de rachat dans un contexte de taux d'intérêts élevés et donc des taux de concurrence élevés. Le risque de mortalité n'est pas prépondérant, cela s'explique des assurés de moyenne d'âge peu élevé.

2.2.2.5. Projection de la solvabilité sur 5 ans

Grâce au modèle ORSA et au business plan central de CNP Assurances, on projette le SCR et les fonds propres sur les 5 prochaines années. Les résultats de la solvabilité sont présentés sur la Figure 25 et de la décomposition du SCR sur la Figure 26. Ce premier exercice nous permet de visualiser l'évolution des fonds propres et du SCR dans le cadre suivant :

- Taux longs en légère hausse sur la période ;
- Marchés actions en progression constante ;
- Spreads souverains et *corporates* en baisse au cours de la période.

Les fonds propres augmentent tout au long de la projection grâce à des hypothèses de collecte positive, et donc à l'accumulation de résultat, ainsi qu'à l'amélioration de la VIF (*value in force*, valeur actualisée des profits futurs). L'allocation d'actifs offre un rendement en hausse sur les cinq années, grâce aux réinvestissements obligataires et à la réalisation de plus-values. Le SCR marché est en baisse grâce à l'amélioration des conditions de marché. Le SCR souscription vie diminue grâce à la diminution du SCR de rachat massif, s'expliquant par une hausse moindre des taux et une capacité de l'assureur à revaloriser ses contrats d'épargne euro.

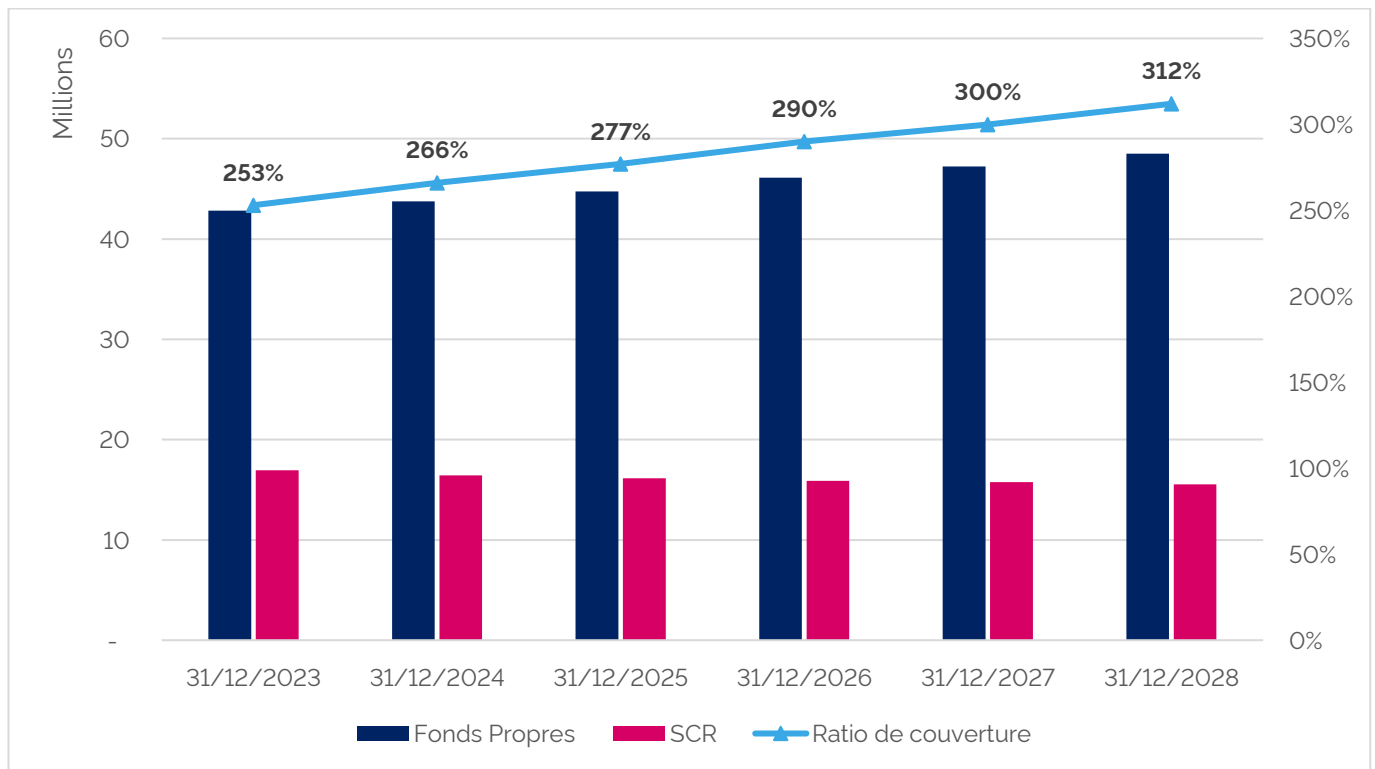


Figure 25 - Projection de la solvabilité de CNP ClimaVie sur 5 ans

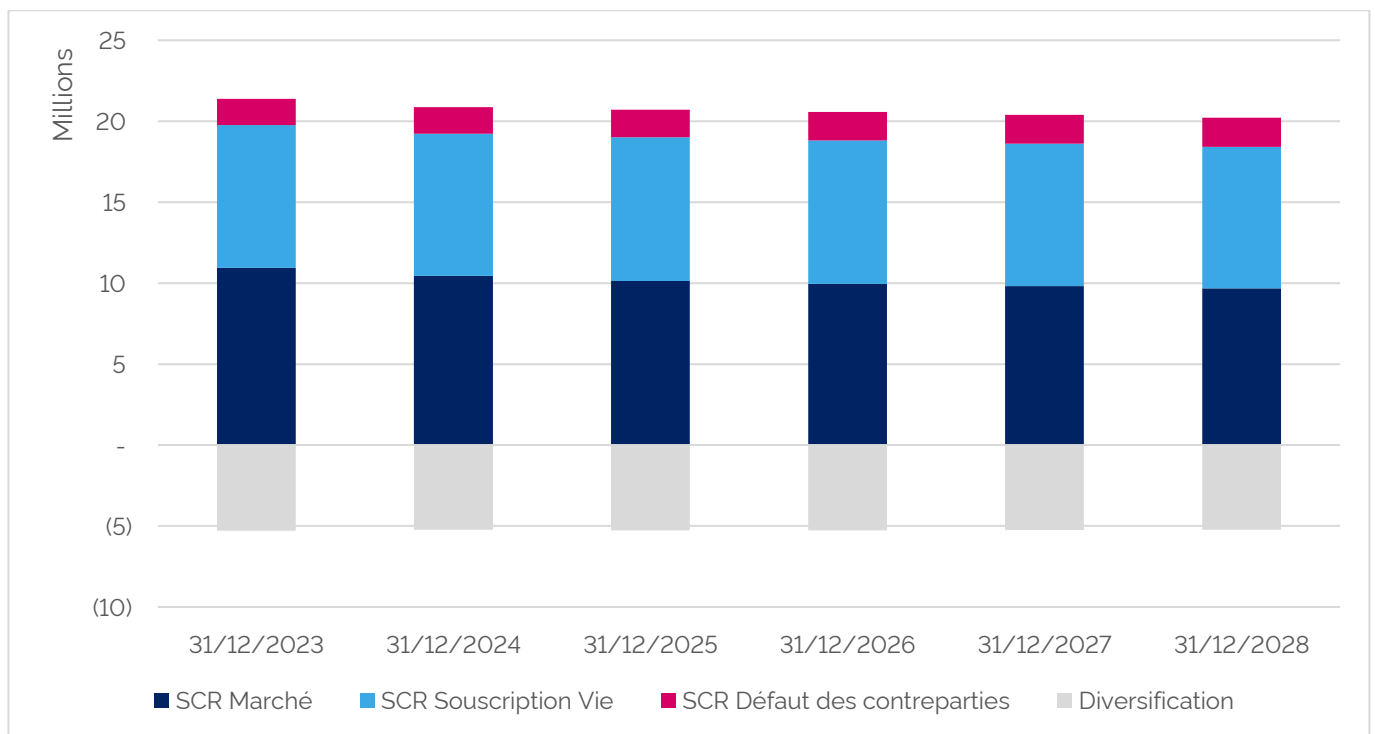


Figure 26 - Evolution de la part des SCR modulaires au cours de la projection

2.2.3. Matérialité

La matérialité des risques de durabilité est évaluée selon le risque de transition, via l'exposition des actifs, principalement, et le risque physique, via le risque de mortalité, secondairement. Cela reflète le fait que seul le risque lié au changement climatique est évalué. On n'évalue pas ici la matérialité des risques sociaux, de gouvernance ou juridique, qui font aussi partie des risques de durabilité.

2.2.4. Point d'attention

Le portefeuille fictif ne reflète pas le portefeuille de CNP Assurances, bien qu'ayant des caractéristiques proches. Les données sont anonymisées et aucun rapprochement entre les résultats de cette étude et CNP Assurances ne pourra être fait. Les analyses qui résulteront de cette étude ne pourront être généralisées et correspondront uniquement au cas présenté. La réplication de la méthode envisagée donnerait des résultats différents inhérents à chaque entreprise, nécessitant une analyse complémentaire.

Chapitre

3

Stress tests climatiques

3.1. Stress tests climatiques ACPR

En 2020, lorsque l'ACPR lance son premier exercice climatique, la loi sur la transition énergétique et la croissance verte vient d'être adoptée. Capitalisant avec les assureurs après cet exercice, l'ACPR lance son deuxième exercice de stress test climatique en 2023, apportant de nombreuses nouveautés.

3.1.1. Un premier exercice pilote en 2020

Cet exercice a été conduit de juillet 2020 à avril 2021. L'ACPR a publié les principaux résultats le 4 mai 2021 (ACPR, 2021).

C'est un exercice inédit, sur la base du volontariat, qui a mobilisé 9 groupes bancaires et 15 organismes d'assurance. Il avait pour objectifs de :

- De sensibiliser les acteurs au changement climatique et sur la faisabilité de ce type d'exercice ;
- De quantifier et d'évaluer des scénarios complexes de transition ou de risque physique ;
- De donner une première mesure des risques et de vulnérabilité auxquels les assureurs sont exposés.

L'exercice consistait à mesurer l'impact sur le résultat et les fonds propres de l'entreprise de 3 scénarios de transition et d'un scénario de risque physique sur un horizon de temps de 30 ans. Les trois scénarios de transition, représentés dans la Figure 27, sont :

- Un scénario de référence, correspondant à une transition ordonnée, issu du NGFS (Réseau des banques centrales et des superviseurs pour le verdissement du secteur financier). Il reflète la stratégie nationale « bas carbone » de l'accord de Paris ;
- Un scénario de transition désordonnée retardée (Variante 1). Il suppose que l'objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre n'est pas atteint en 2030, et nécessite la mise en place d'actions drastiques entraînant une forte hausse du prix du carbone et de l'énergie ;
- Un scénario de transition désordonnée rapide (Variante 2). Il suppose une forte hausse du prix du carbone et une évolution moins favorable de la productivité que celle retenue dans le scénario de référence à partir de 2025.

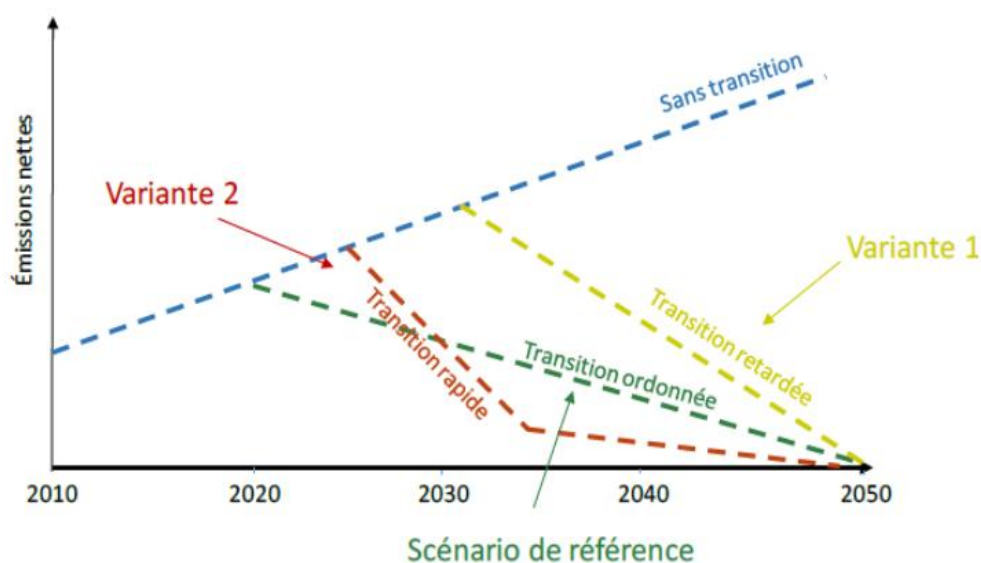


Figure 27 - Scénarios de transition de l'exercice pilote climatique

Source (ACPR, 2021)

Le scénario de risque physique retenu dans cet exercice est le RCP 8.5 du GIEC. Il correspond à une hausse de la température annuelle moyenne comprise entre 1,4°C et 2,6°C à l'horizon 2050. Comme on peut le voir sur la Figure 28, c'est le scénario le plus critique proposé par le GIEC. L'enjeu est de mettre en cohérence le risque physique avec le risque de transition. Ce scénario est sujet à controverse du fait de son caractère critique peu pertinent.

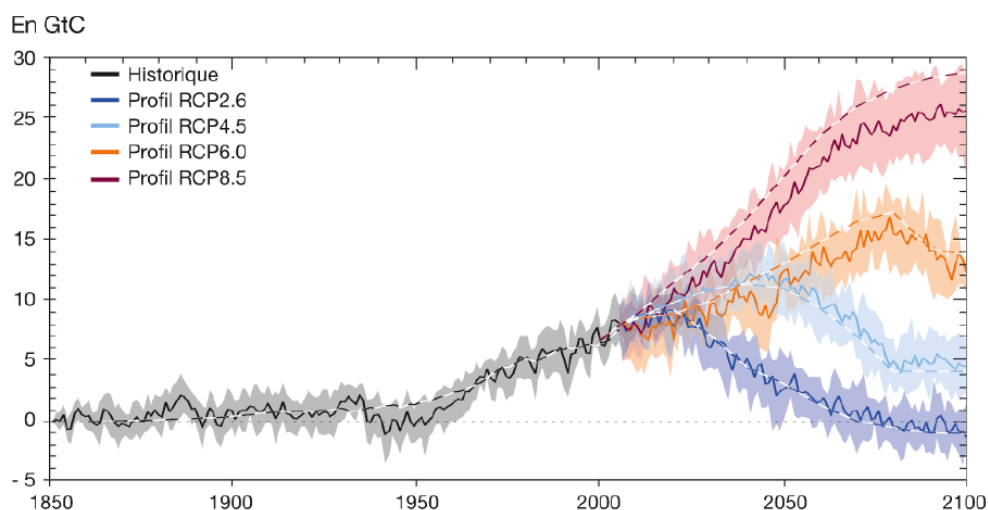


Figure 28 - Projections des émissions liées aux énergies fossiles suivant quatre profils d'évolution des gaz à effet de serre du GIEC

Source : 1er groupe de travail du GIEC, 2013

L'ACPR insiste sur plusieurs points à prendre en compte dans l'analyse des résultats :

- Les scénarios reposent sur un ensemble d'hypothèses relatives à la modélisation des interactions entre les systèmes socio-économiques et le climat. La nature de ces interactions est non linéaire et donc difficilement modélisable (dû à la présence de point de basculement et d'effets de seuils et d'irréversibilités). De nombreuses simplifications ont donc été prises ;
- Aucun des scénarios analysés n'induit de récession économique à l'horizon 2050 mais, pour les scénarios adverses, une moindre croissance de l'activité.

En conclusion, ce premier exercice montre un impact plutôt modéré du risque de transition et une hausse importante de la sinistralité à l'horizon 2050. Grâce à la mise en place de Solvabilité 2, les assureurs investissent majoritairement en obligations et apparaissent peu sensibles aux secteurs les plus impactés par les chocs de marché du risque de transition. Le risque physique se traduisant par une hausse de la sinistralité est couvert par l'augmentation des primes, à la main des assureurs ainsi qu'au recours à la réassurance.

3.1.2. Un second exercice de stress test climatique en 2023

Cet exercice a été conduit de juillet 2023 à janvier 2024. L'ACPR a publié les principaux résultats le 22 mai 2024 (ACPR, 2024).

Cet exercice était dédié aux organismes d'assurance uniquement : 15 groupes, soit 22 entités représentant 90% du total de bilan des assureurs français contre 75% lors de l'exercice pilote, ont participé à sa réalisation. Il s'appuie sur les travaux d'un groupe de Place incluant les principales parties prenantes ainsi que France Assureurs, dont le but était de capitaliser sur l'exercice pilote et d'améliorer les scénarios.

Les axes d'amélioration ont été les suivants :

- Renforcer la capacité des assureurs à anticiper les impacts du changement climatique et à adapter leurs stratégies en conséquence : la volonté de sensibiliser les assureurs au risque lié au changement climatique et à ses conséquences financières a été reconduite. Un scénario de court terme (horizon 5 ans) a été introduit de manière à concilier l'horizon de temps habituel de calcul des assureurs avec l'exercice climatique ;
- Améliorer les outils d'analyse à la disposition des compagnies d'assurance et du superviseur : cet exercice, dans la continuité du précédent, vise à sensibiliser les assureurs sur la nécessité d'introduire les risques de durabilité dans leur ORSA. Ainsi, le risque physique est mieux pris en compte dans cet exercice, grâce à la prise en compte des derniers scénarios du NGFS ;
- Explorer de nouvelles dimensions de l'évaluation des risques : cet exercice demande une évaluation de la solvabilité dans le scénario de court terme, comme cela est demandé dans les exercices de stress tests de l'EIOPA.

Nous détaillerons les hypothèses de l'exercice et ses résultats dans les parties 3.2 et O.

3.1.3. Comparaison des deux exercices

Afin de conclure cette première partie présentant les deux exercices de stress tests climatiques ACPR, nous mettons en évidence les modifications qui ont été apportées lors du deuxième exercice dans le Tableau 11.

	Exercice pilote 2020	Exercice climatique 2023
Entreprises concernées	Banques et assurances	Assurances
Horizon de temps	30 ans (long terme)	30 ans (long terme) et 5 ans (court terme)
Granularité (codes NACE : voir 673.1.3.1)	55 secteurs d'activités	22 secteurs d'activités
Hypothèses	• « Bilan statique » jusqu'en 2025 (cadre traditionnel) • « Bilan dynamique » de 2025 à 2050 (analyses de stratégie et de cohérence)	• Reprise des hypothèses de « bilan dynamique » sur les scénarios long terme avec focus sur les évolutions et interactions actifs et passifs • Bilan statique pour le scénario court terme avec focus sur la solvabilité
Scénarios	• Transition : NGFS • Physique : RCP 8.5	• Transition : NGFS phase III • Physique : RCP 4.5 • Court terme : succession d'événements climatiques et chocs financiers
Nouveautés		• Ajustements liés à l'inflation • Questionnaire sur l'inassurabilité du risque technique en non-vie • Impact sur la vie dans le scénario de court terme

Tableau 11 – Comparaison des exercices climatiques ACPR 2020 et 2023

3.1.3.1. Code NACE

La nomenclature NACE (Nomenclature statistique des Activités économiques dans la Communauté Européenne) est une nomenclature permettant le classement des activités des entreprises de manière uniformisée. La liste détaillée se trouve sur le site de la Banque de France¹⁷.

Les codes NACE ont une structure hiérarchique en quatre niveaux :

¹⁷ https://www.banque-france.fr/system/files/2023-08/banque_de_france_espace_declarants_fichier_codes_nace_v2.xlsx

- Niveau 1, 21 sections industrielles (de A à U) ;
- Niveau 2, 88 divisions (de 01 à 99) ;
- Niveau 3, 272 groupes (de 01.1 à 99.0) ;
- Niveau 4, 615 classes (de 01.11 à 99.00). C'est ce format qui est le plus largement utilisé pour les codes NACE.

Par exemple : **C.19.20** se lit comme :

- Section : **C Industrie manufacturière**
- Division : **19 Cokéfaction et raffinage**
- Groupe : **2 Raffinage du pétrole**
- Classe : **0 Raffinage du pétrole**

L'EIOPA demande aux assureurs de reporter les codes NACE de leurs actifs dans les QRT S.06.01, (Liste des actifs) et S.06.04 (Risques liés au changement climatique pour les investissements). Cela permet aux assureurs de faire notamment le lien avec les hypothèses des exercices climatiques. Nous retiendrons également cette classification pour notre exercice, du fait de l'accessibilité à cette donnée.

Pour l'exercice climatique ACPR 2023, il faut noter que les hypothèses sectorielles ont été revues : les chocs ont été fournis pour 22 secteurs d'activité NACE selon une approche plus granulaire pour les secteurs les plus impactés (distinction entre extraction de gaz et de pétrole par exemple) et plus agrégée pour les secteurs moins sensibles.

Dans l'exemple ci-dessus, un secteur agrégé serait C19, un secteur détaillé serait C1920.

3.1.3.2. Secteurs GICS

GICS®¹⁸ (*Global Industry Classification Standard*) est une autre classification sectorielle permettant le classement des principales activités commerciales des entreprises du monde entier. Cette norme a été développée par MSCI et S&P Dow Jones Indices afin de fournir aux investisseurs des définitions sectorielles cohérentes et exhaustives.

De manière similaire aux codes NACE, il existe quatre niveaux GICS (en 2024) :

- 11 secteurs : c'est le niveau le plus utilisé dans le cadre des stress tests ;
- 25 groupes d'industries ;
- 74 industries ;
- 163 sous-industries.

Le détail est donné en Annexe A.

¹⁸ <https://www.msci.com/our-solutions/indexes/gics>

3.2. Exercice climatique ACPR 2023 – Long terme

Nous décrivons dans cette partie les hypothèses des scénarios de long terme de l'exercice climatique ACPR de 2023 ainsi que ses principaux résultats. Bien qu'ils aient la même essence que les scénarios long terme de l'exercice pilote, ils présentent des différences significatives.

3.2.1. Hypothèses

La partie long terme de l'exercice consistait en l'analyse des conséquences de deux scénarios de long terme, en comparaison avec un scénario de référence fictif dans lequel il n'y avait ni risque physique ni risque de transition. Les deux scénarios ne se distinguent qu'à l'actif, et permettent de mesurer l'impact des risques climatiques à l'actif du point de vue du **risque de transition** et du **risque physique chronique**. Le **risque physique aigu** au passif est mesuré sur la base de la trajectoire RCP 4.5.

Pour les scénarios de long terme, les projections sont réalisées en bilan dynamique sur toute la période, de 2025 à 2050, par pas de 5 ans, à partir du bilan observé au 31/12/2022. L'hypothèse de bilan dynamique doit permettre aux organismes d'intégrer des décisions de gestion, c'est-à-dire d'ajuster leurs bilans en fonction des scénarios retenus de changement climatique ; l'objectif est toujours d'évaluer la réaction des assureurs face à la matérialisation des risques climatiques et la façon dont ils mettraient en œuvre leur stratégie et respecteraient leurs engagements publics en matière de lutte contre le changement climatique.

3.2.1.1. Narratif des scénarios

Les deux scénarios de long terme, *Below 2°C* et *Delayed Transition*, sont issus de la phase III NGFS phase publiée en septembre 2022 (voir Figure 29, dans laquelle les noms des scénarios ont volontairement été laissés en anglais). Comme expliqué par l'ACPR, ils diffèrent significativement dans leur exposition au risque de transition. Le scénario *Delayed Transition* fait l'objet d'actions plus tardives et désordonnées que le scénario *Below 2°C* en réaction au dérèglement climatique. Ces divergences de risques de transition entre les deux variantes se résument principalement dans la variation du prix carbone : le scénario *Below 2°C* considère une augmentation progressive du prix carbone, alors que le scénario *Delayed Transition* est caractérisé par une brusque augmentation en 2035.

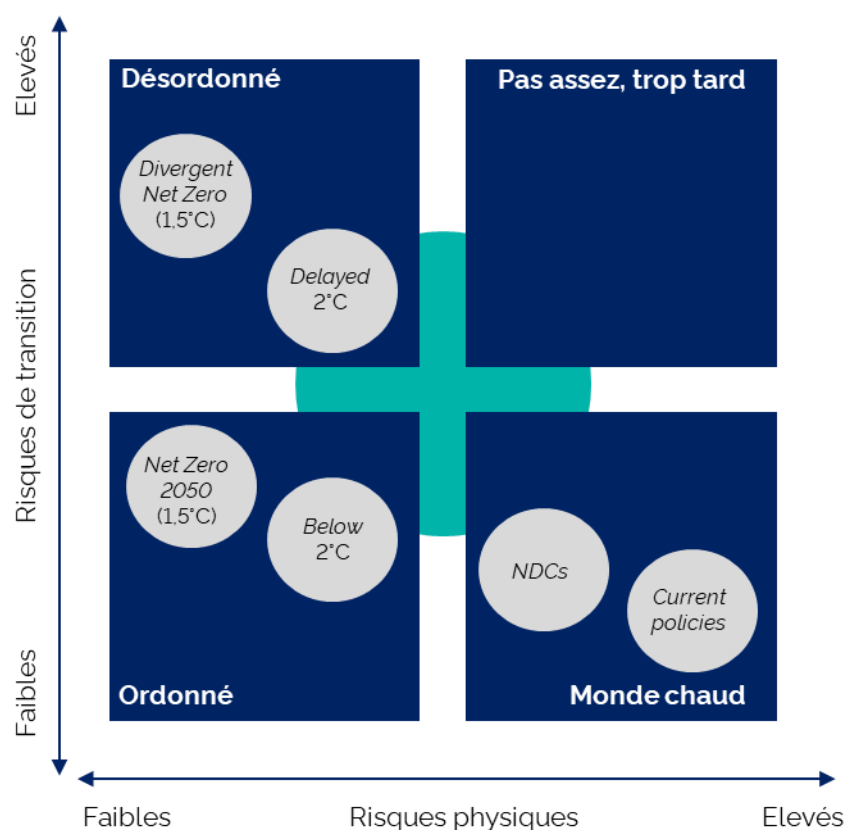


Figure 29 - Les 6 scénarios du NGFS phase III

Source (NGFS, 2022)

Leurs caractéristiques sont les suivantes :

- *Below 2°C* :
 - **Risque physique chronique** : la probabilité d'atteindre une température inférieure à 2°C en 2100 s'établit à 67% ;
 - **Risque de transition** : le scénario *Below 2°C* considère une augmentation progressive du prix carbone ;
 - Risques physiques et de transition assez faibles à horizon 2100 grâce à une prise de conscience permettant l'adoption de réglementations environnementales anticipées ;
 - Diminution des émissions de carbone au niveau mondial visible dès 2025 grâce aux avancées technologiques et aux techniques d'élimination du dioxyde de carbone atmosphérique.
- *Delayed Transition* :
 - **Risque physique chronique** : la probabilité d'atteindre une température inférieure à 2°C en 2100 s'établit à 67% ;
 - **Risques de transition** : plus élevées qu'en *Below 2°C* en raison des actions plus tardives et désordonnées que le *Below 2°C* avec une brusque augmentation du prix du carbone

en 2035 avec un passage de 15 à 345 US\$2010/t CO₂ en Europe sur la durée de l'exercice ;

- Augmentation forte et soudaine en 2035 du prix carbone moyen afin de compenser rapidement l'inaction des années précédentes et entraînant une baisse plus rapide et significative des émissions carbone que dans le scénario *Below 2°C* ;
- Cette diminution significative des émissions mondiales n'intervient qu'à partir de 2040 en raison du caractère désordonné des mesures prises et de la disparité géographique des avancées technologiques permettant d'éliminer le dioxyde de carbone atmosphérique.

Le risque physique aigu est identique pour les deux scénarios :

- La mesure de l'impact du risque physique aigu au passif est effectuée sur la base de la trajectoire RCP 4.5 du GIEC 2020 qui considère une hypothèse de hausse des températures comprise entre 0,9°C et 2,0°C en 2050 (contre 1,4°C et 2,6°C pour le scénario RCP 8.5).
- L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des catastrophes naturelles d'une part et les effets potentiels de la dégradation de l'environnement sur la santé de la population d'autre part impactent **les dommages aux biens** (impact sur la sinistralité des catastrophes naturelles) et **la santé prévoyance** (évolution des tables de mortalité et des frais de santé pour tenir compte de la pollution et du développement de maladies vectorielles).

3.2.1.2. Hypothèses macroéconomiques

La trajectoire suivie par le PIB dans le scénario de référence est une croissance constante. La Figure 30 présente les écarts entre les trajectoires du PIB des scénarios adverses et le scénario de référence. Elles correspondent aux trajectoires du NGFS de septembre 2022 et sont actualisées avec les données du NIESR de février 2023, prenant donc en compte les effets de l'inflation faisant suite à la guerre en Ukraine. En lien avec le narratif des scénarios, les variations de PIB dans le scénario *Below 2°C* évoluent de -0,50% à -1,50% pour la France. Les variations sont moins importantes avant 2030 dans le scénario *Delayed Transition* puis augmentent (en valeur absolue) brusquement pour atteindre -2,50% en France.

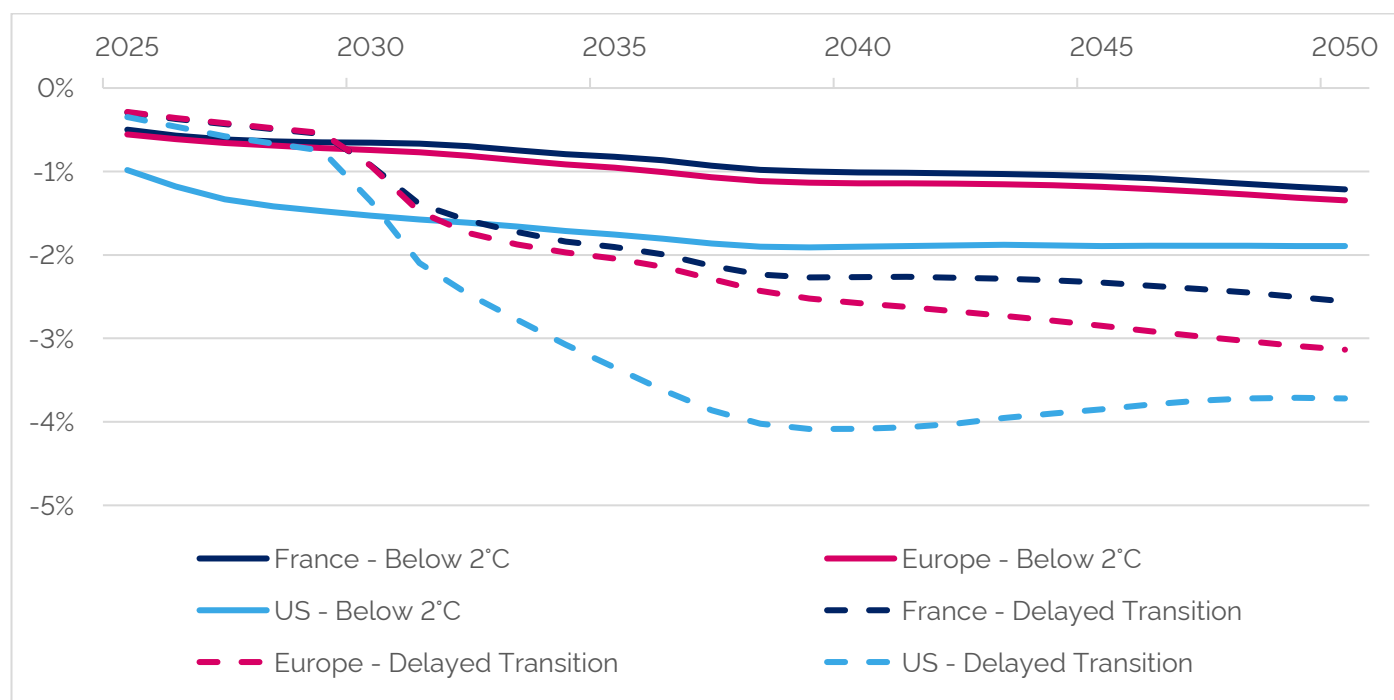


Figure 30 - Variations de PIB dans les scénarios Below 2°C (trait plein) et Delayed Transition (trait pointillé)

Source (ACPR, 2024)

3.2.1.3. Hypothèses financières

Les hypothèses financières fournies sont les suivantes :

- La projection des taux souverains sont fournis, de maturités de 6 mois à 10 ans, par zone géographique (France, Allemagne, Italie, Espagne, Royaume-Uni, zone euro, États-Unis, Japon). La projection de l'OAT 10 ans est tracée en Figure 31. Les courbes de l'OAT 10 ans du baseline et du scénario *Below 2°C* sont proches car la transition est modérée. Au contraire, la courbe de l'OAT 10 ans du scénario Delayed Transition est choquée dès 2035 et se maintient au-dessus, du fait de la transition retardée.

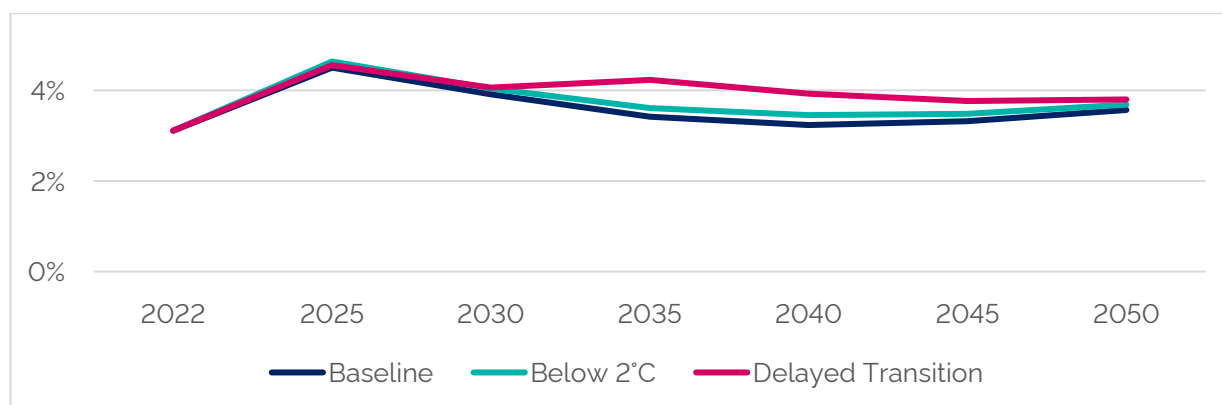


Figure 31 - Evolution du taux souverain 10 ans dans les trois scénarios

- Les chocs actions (ou élasticités) sont fournies par zone géographique et codes NACE agrégés. Les chocs actions par secteur de la zone France pour les secteurs carbonés sont présentés en Figure 32. En scénario *Below 2°C*, les chocs sont contenus et constants jusqu'en 2050. En scénario *Delayed Transition* les chocs sont plus importants et reflètent la baisse de compétitivité des producteurs d'énergie carbonée et la baisse de la demande du fait de l'augmentation des prix des énergies carbonées.

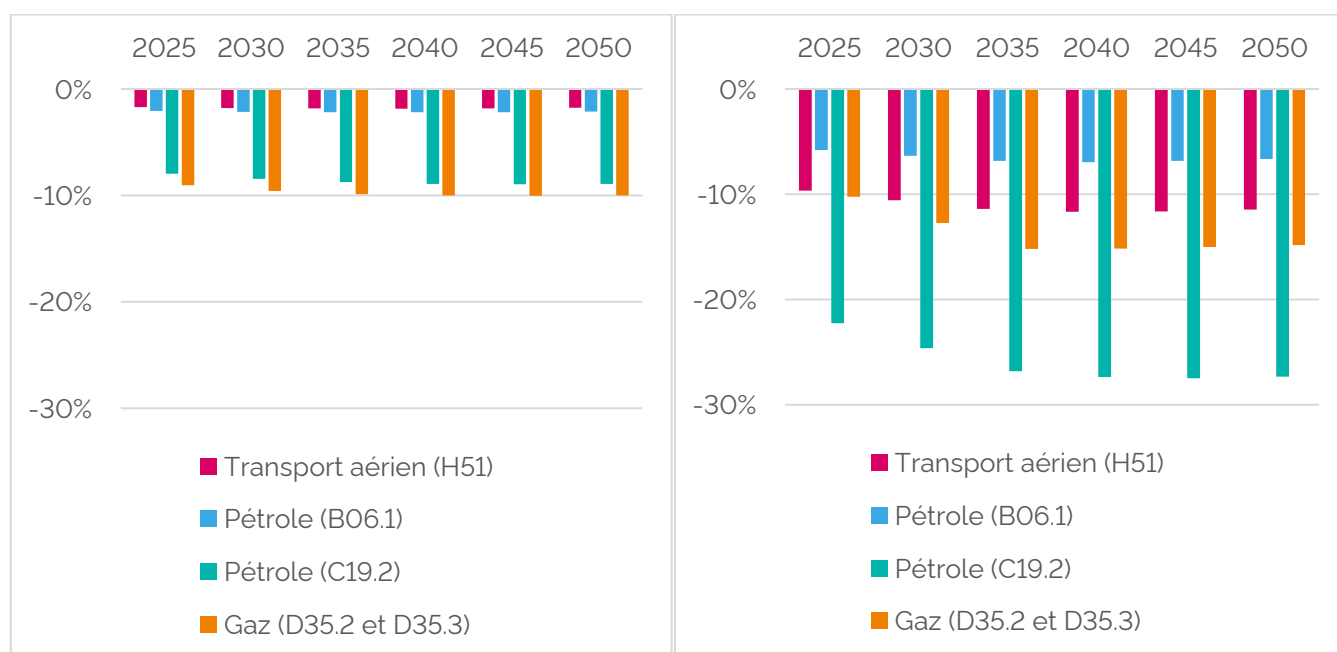


Figure 32 – Impacts sectoriels des scénarios *Below 2°C* (gauche) et *Delayed Transition* (droite) en déviation par rapport au scénario de référence

- Dans les hypothèses, est fournie la projection de spreads de crédit des entreprises, de maturités 1 an à 5 ans, par zones géographiques (France, Allemagne, Italie, Espagne, Royaume-Uni, zone euro, États-Unis et Japon), ventilés par secteurs économiques selon la nomenclature GICS¹⁹. Seuls les secteurs *Energy* et *Utilities* sont choqués. Les écarts des spreads de crédit, par rapport au point de départ, du secteur *Energy* sont donnés en Figure 33. On constate de légers chocs à la baisse identiques en scénario de référence et en scénario *Below 2°C*, rappelant une fois de plus la proximité des scénarios. En scénario *Delayed Transition*, le choc de spread *corporate* appliqué au secteur *Energy* est un choc à la hausse, faisant chuter la valeur de marché des obligations *corporate* en fin de projection.

¹⁹ GICS : *Global Industry Classification Standard*, classification sectorielle, ou taxonomie économique, créée par Morgan Stanley Capital International (MSCI) et S&P (Standard & Poor's) à destination du secteur de la finance

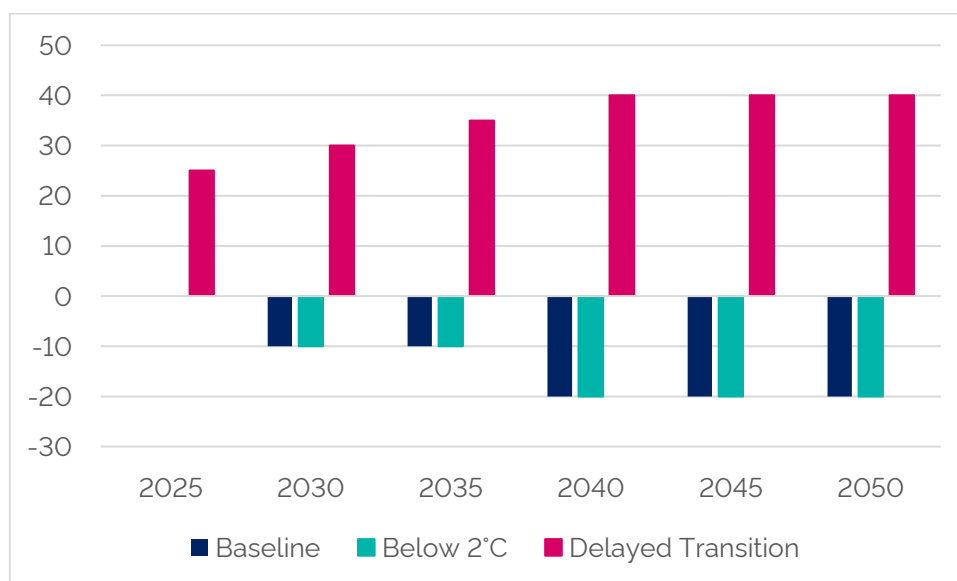


Figure 33 - Ecart des spreads corporate en bps par rapport au 31/12/2022 - secteur Energy

- Les trajectoires de variation des indices immobiliers sont données pour les scénarios de référence, *Below 2°C* et *Delayed Transition*, pour l'Europe, les Etats-Unis, le Royaume Uni, « autres » et France par département.

3.2.1.4. Hypothèses de sinistralité

Le risque physique découle du changement climatique via une augmentation de la fréquence et de l'intensité des catastrophes naturelles d'une part et les effets potentiels de la dégradation de l'environnement sur la santé de la population d'autre part. Les lignes d'activités impactées sont donc les lignes dommages aux biens et santé prévoyance, pour lesquelles l'ACPR fournit les hypothèses de sur-sinistralité.

Pour l'activité dommage aux biens, les hypothèses ont été définies avec la CCR (Caisse Centrale de Réassurance), en accord avec le scénario RCP 4.5 choisi pour cet exercice.

Pour l'activité santé prévoyance, AON a fourni pour cet exercice des hypothèses sur les tables de mortalité, et de frais de santé par zone géographique et par âge, pour la pollution et les maladies vectorielles.

3.2.2. Principaux résultats

3.2.2.1. Impacts à l'actif

En scénario de référence, conformément aux hypothèses, les placements des assureurs augmentent sensiblement jusqu'en 2050 principalement du fait de l'inflation (croissance de l'ensemble des placements de 58 % entre 2022 et 2050).

En scénario adverse, l'écart de la valeur des placements par rapport au scénario de référence est de -3 % dans le scénario *Below 2°C* et de -3,5 % dans le scénario *Delayed Transition*. L'immobilier et les fonds assimilés sont les plus touchés dans les scénarios adverses (environ -7 % en 2035 et environ -10 % en 2050). Les obligations présentent quant à elles des écarts au scénario de référence beaucoup plus faibles, bien souvent inférieure à 3 %. La Figure 34 montre l'écart de la valeur des placements en 2035 et en 2050. On constate que la classe la plus impactée est l'immobilier. L'ordre de grandeur des impacts reste faible.

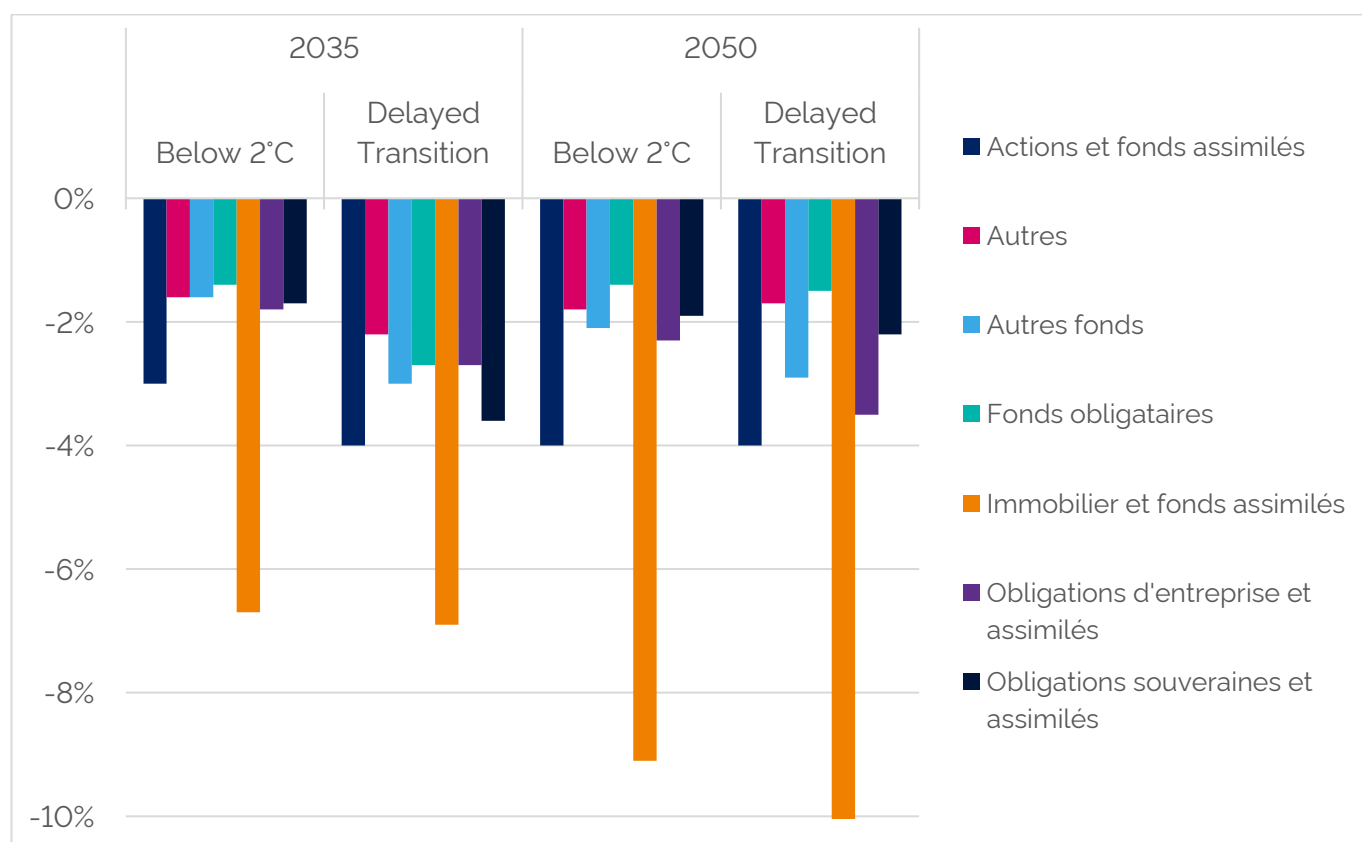


Figure 34 - Variation par rapport au scénario de référence de la valeur des classes d'actifs en 2035 et 2050 par scénario

Source : (ACPR, 2024)

Les assureurs ont globalement peu revu leur allocation d'actifs : on constate un faible désinvestissement des obligations souveraines, au profit des obligations d'entreprise et des actions.

Concernant la variation de valeur des placements des assureurs, on peut conclure qu'elle est conforme aux chocs donnés dans les hypothèses. Les assureurs sont finalement peu exposés au risque de transition, car peu exposés aux secteurs les plus impactés (extraction ou raffinage par exemple).

3.2.2.2. Impacts du risque physique

Les impacts du risque physiques sont donnés :

- **Sur la sinistralité Cat Nat.** Les résultats présentés par l'ACPR dans son document sont très détaillés. Dans le cadre de la suite de ce mémoire, nous ne serons pas impactés par ce péril car l'étude portera sur un assureur vie. En résumé, la sinistralité totale (sécheresse, inondation et submersion) augmente de 105% entre 2022 et 2050 dans le scénario adverse, et de 42% par rapport au scénario de référence en 2050. L'ACPR propose un découpage de cette sinistralité en deux éléments : effet aléa climatique et effet part assurée. La conclusion est que l'effet est principalement porté par l'aléa climatique.
- **Sur le péril santé prévoyance.** Dans son document, l'ACPR présente les résultats au niveau du territoire français, malgré des hypothèses fournies au niveau régional, les assureurs n'étant pas toujours en capacité de les appliquer à la maille régionale. Les impacts sur les ratios Sinistres sur Primes (S/P) sont faibles car une hausse des primes est appliquée conjointement à la prise en charge d'une part importante des frais de soins par la sécurité sociale.

3.2.3. Limites

On peut conclure que globalement, même dans le scénario le plus adverse (*Delayed Transition*), les impacts potentiels du changement climatique sur la stabilité financière sont limités, et donc sans-doute sous-estimés. En effet, les assureurs n'ont pas été amenés à revoir fondamentalement leurs stratégies à horizon 2050 et ont conservé leurs méthodes actuelles.

L'ACPR a aussi proposé un calcul de taux d'inassurabilité et un questionnaire sur ce sujet. C'est un premier exercice qui n'a pas forcément donné de résultat concluant dans le sens où trop peu d'assureurs y ont répondu et les résultats sont donc trop ciblés. Le recours à la réassurance permet aux assureurs de rester couverts. C'est une problématique qu'il est nécessaire de continuer à creuser.

Enfin, comme cela avait été remonté lors de l'exercice pilote, l'horizon temporel de l'exercice (2050) n'est pas habituel pour les assureurs. En effet, leur business plan s'étend généralement à 3 ou 5 ans, et l'ORSA se calcule sur un horizon de 5 ans. C'est pourquoi l'ACPR a proposé un exercice à court terme, que nous détaillons dans la partie suivante.

3.3. Exercice climatique ACPR 2023 – Court terme

Nouveauté de l'exercice climatique 2023, il a pour but de d'évaluer la solvabilité des assureurs sur un horizon de 5 ans, dans le cadre d'un exercice de stress test climatique. Nous présentons ici ses hypothèses, les principaux résultats associés et ses limites.

3.3.1. Hypothèses

La partie court terme de l'exercice consiste en l'analyse des impacts d'un scénario de catastrophe naturel auquel s'ajoutent des effets financiers et a pour but « d'analyser l'impact d'hypothèses extrêmes mais plausibles- susceptibles d'être dans l'angle mort de l'analyse des risques ». Les événements climatiques s'enchainent entre les années 2023 et 2027, avec un pas de temps annuel (contre un pas de temps de 5 ans pour l'exercice long terme). Ici le bilan est dit statique, c'est-à-dire que les assureurs devaient conserver les hypothèses identiques à celles du 31/12/2022, et n'avaient pas la possibilité de mettre en place des actions de management.

Tout comme pour l'exercice de long terme, l'analyse de l'impact du scénario court terme se fait par rapport à un scénario fictif de référence, sans risque de transition ni physique, du NIESR.

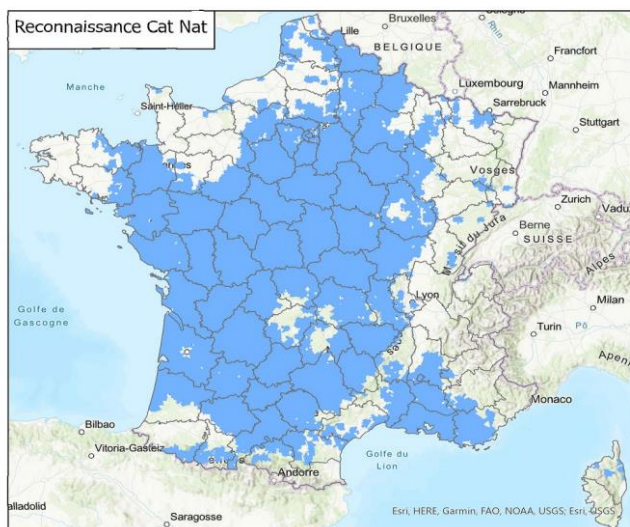
A la différence du scénario de long terme, est attendu dans cet exercice l'impact sur le taux de couverture en comparaison avec le scénario de référence.

3.3.1.1. Narratif

Le scénario de court terme peut se découper en deux temps forts :

- Années 2023 et 2024 : deux années consécutives de vagues de chaleur et forte sécheresse, faisant suite à la sécheresse historique de 2022, voir Figure 35 gauche ;
- Premier trimestre 2025 : une tempête convective sévère localisée dans le Sud de la France conduit à de très fortes précipitations. Les eaux de ruissellement sur un terrain asséché par les épisodes précédents provoquent une crue historique de la Durance et mènent à la rupture du barrage hydraulique en remblai de Serre-Ponçon, voir Figure 35 droite.
- A partir de 2026, les marchés anticipent la mise en œuvre rapide de réglementations sur le carbone, entraînant des chocs financiers liés au climat. Ces réglementations impliqueraient un durcissement des conditions de financement des entreprises dont le domaine d'activité est carboné.

**Graphique 1 : sécheresse en France
(2023-2024)**



Graphique 2 : péril inondation localisé lié à des précipitations et une rupture de barrage (2025)

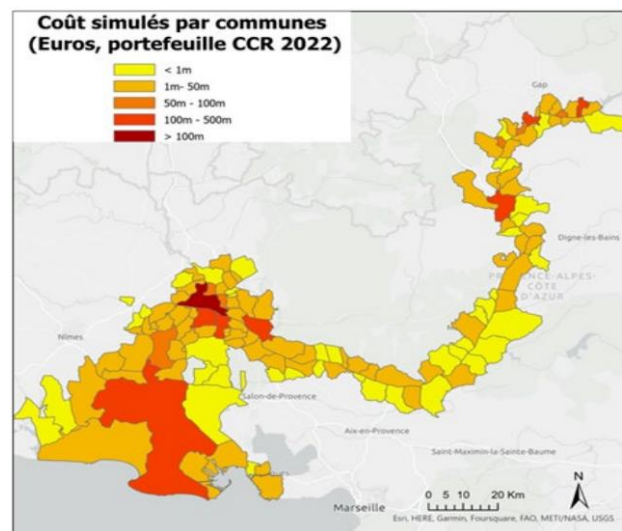


Figure 35 - Suite des événements physiques du scénario court terme

Source (ACPR, 2024)

La suite des événements et ses impacts sont schématisés sur la Figure 36. On anticipe un impact sur les SCR de souscription au cours des trois premières années, dû à la matérialisation du risque physique. Au-delà, c'est le risque de transition qui impacte les SCR de marché des assureurs.

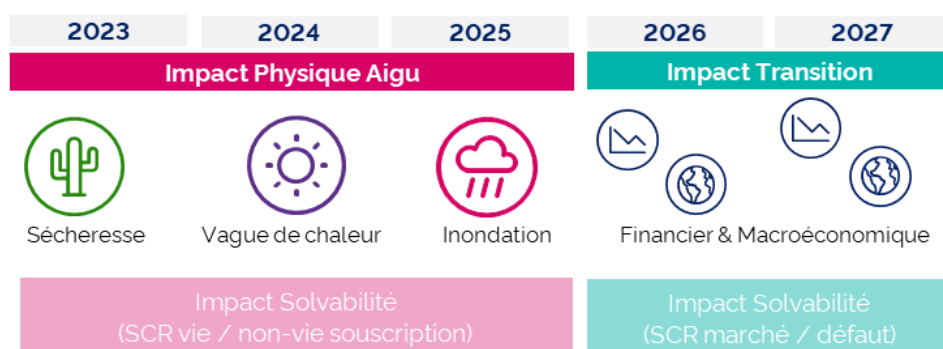


Figure 36 - Evénements du scénario court terme et impacts

3.3.1.2. Hypothèses de sinistralité

Les impacts du risque physique se constatent sur les années 2023 à 2025 du fait des événements extrêmes entraînant des conséquences à la fois en matière de sinistralité vie, mortalité et frais de soin de santé, et de sinistralité non-vie, périls sécheresse et inondation.

Pour les activités d'assurance non-vie, comme dans le scénario de long terme, la Caisse centrale de réassurance (CCR) a fourni l'impact sur la sinistralité.

Pour les activités d'assurance vie, AON a fourni les hypothèses de mortalité et de frais de santé associées aux vagues caniculaires de 2022. L'ACPR autorise à appliquer un taux de dérive de la mortalité moyen français en cas de limite modèle (au lieu de la maille par âge et par département). Le choc est additif et appliqué uniquement à la première date de calcul et non sur toute la projection. Les niveaux de chocs, que l'on retrouve dans les hypothèses de l'exercice, sont synthétisés dans le Tableau 12 ci-contre :

	Taux de dérive		
	Mortalité	Frais de soin de santé	Arrêts de travail
2023-2024	0,43%	0,095%	0,092%
2025	0,60%		

Tableau 12 - Taux de dérive de la sinistralité du scénario court terme

En 2023-2024, la surmortalité est due aux vagues de chaleur et est fournie à une maille nationale. En 2025, la surmortalité est due à la rupture de barrage. Le taux a été recalculé à une maille nationale à partir de la maille départementale, sachant que les taux donnés à la maille départementale correspondent à une surmortalité.

Le taux de choc de mortalité, de frais de soin de santé et d'arrêts de travail viennent s'additionner, en première année, aux taux de référence.

3.3.1.3. Hypothèses financières

Le risque de transition apparaît quant à lui dès le second semestre 2025 et court jusqu'en 2027.

Dans le scénario dit alternatif les trajectoires de PIB, d'inflation, de chiffre d'affaires, de valeurs ajoutées sectorielles, de spreads et de prix d'actifs dévient, en effet, du scénario de référence à partir du deuxième trimestre 2025. Comme on peut le voir sur la Figure 37, le PIB de la zone euro baisse de 1,6 % par rapport au scénario de référence, dès la fin de la première année suivant le choc. L'inflation est également en recul dans ce contexte de récession. Le choc diminue par la suite mais un écart persiste toujours.

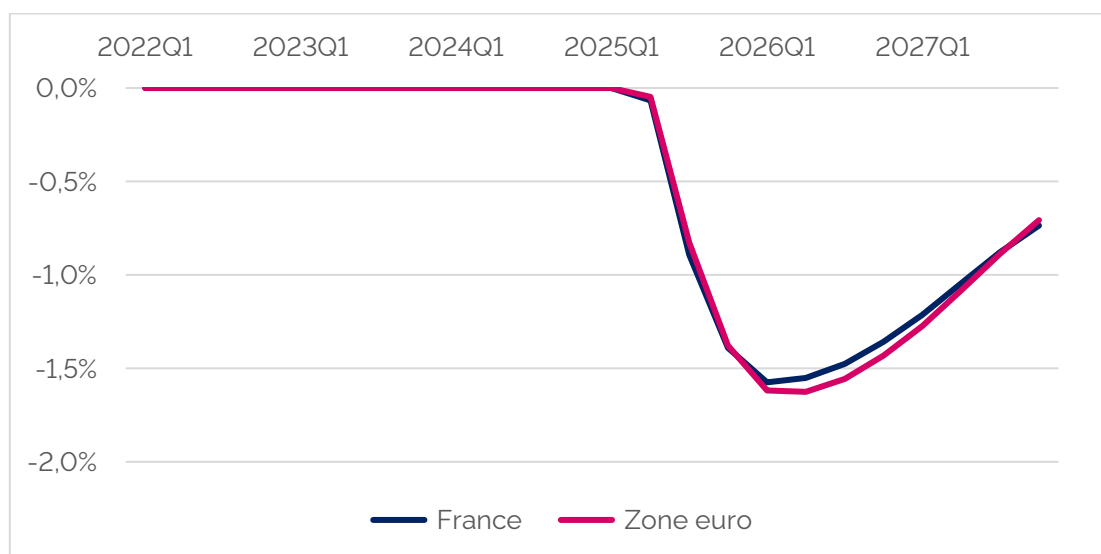


Figure 37 - Impact sur le PIB français et de la zone euro (en % différence avec le scénario de référence)

Source (ACPR, 2024)

Cela s'explique par une prise de conscience au niveau mondial (Union européenne et Etats-Unis) sur l'importance de mettre en œuvre des politiques de transition. Celle-ci se traduit par un ajustement brutal des marchés et des pertes de valeurs des actifs financiers, en particulier les actifs « bruns » (secteurs les plus carbonés, donnés en annexe, selon la classification GICS) et l'immobilier. Ce choc financier intègre des mécanismes de contagion, conformes à ceux observés lors des épisodes précédents de tensions financières, affectant l'intégralité du portefeuille des assureurs : hausse des spreads de taux d'intérêt et baisse de la valeur de marché de tous les actifs.

Les hypothèses financières sont énoncées ci-dessous.

- Les écarts par rapport au *baseline* des taux souverains sont donnés par maturité et zone géographique. On constate un choc de +460bps en moyenne pour l'OAT de durée inférieure à 3 ans. L'impact est moins important sur les obligations de maturité plus longue (+60bps en moyenne pour une obligation de maturité 10 ans). L'évolution de l'OAT 10 ans est donnée en Figure 38.

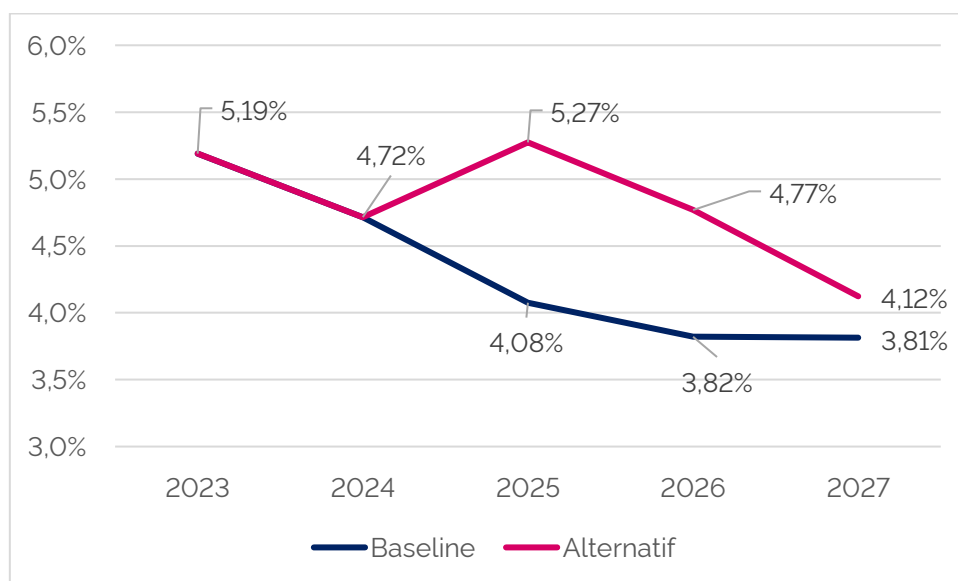


Figure 38 - Taux souverain français 10 ans du scénario court terme

- Les courbes des taux EIOPA avec VA des années où le choc de transition a lieu sont données en Figure 39. On constate un choc matériel sur les premières années (+3% en moyenne sur les 5 premières années) et une inversion de courbure. Les courbes convergent à partir de la 15^{ème} année.

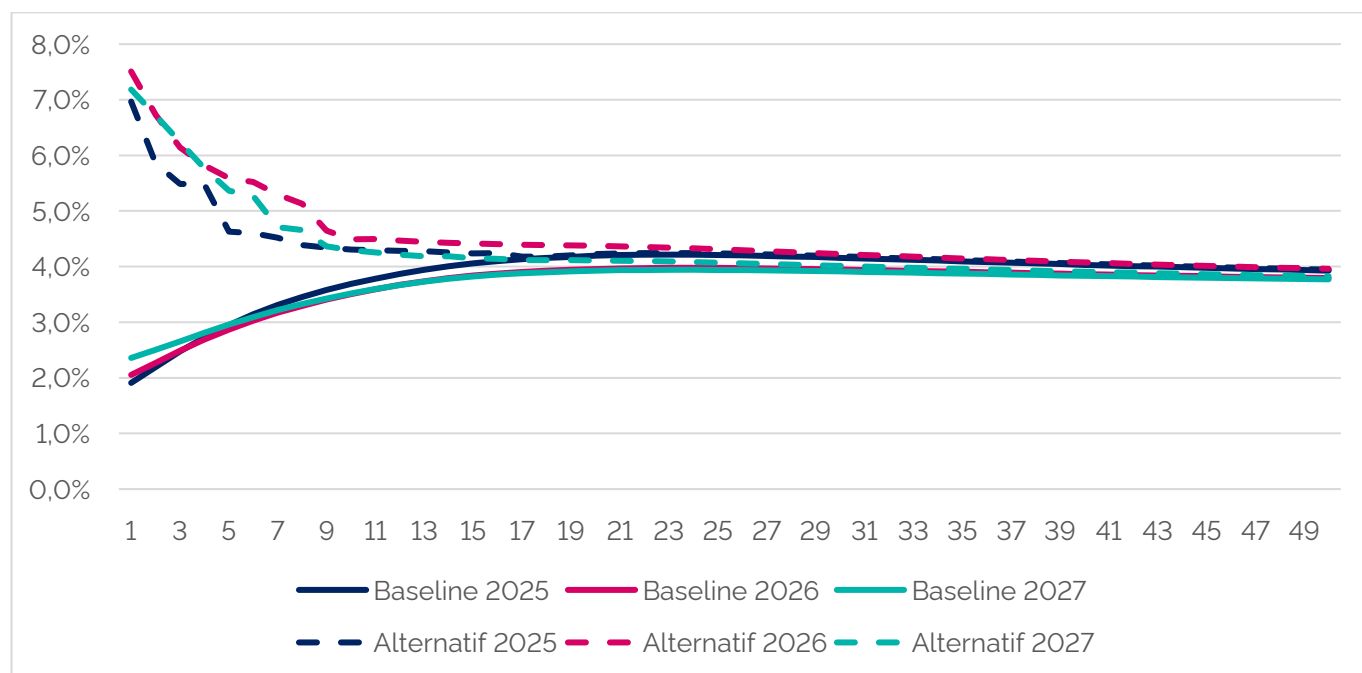


Figure 39 - Courbe des taux EIOPA avec VA du scénario court terme

- Les chocs actions moyens par secteurs (« verts » et « bruns ») sont donnés en Figure 40. Ils sont donnés par secteurs GICS. On constate une forte chute sur tous les secteurs, minimum 31% de baisse, causée par une hausse de la volatilité des marchés tous secteurs confondus.

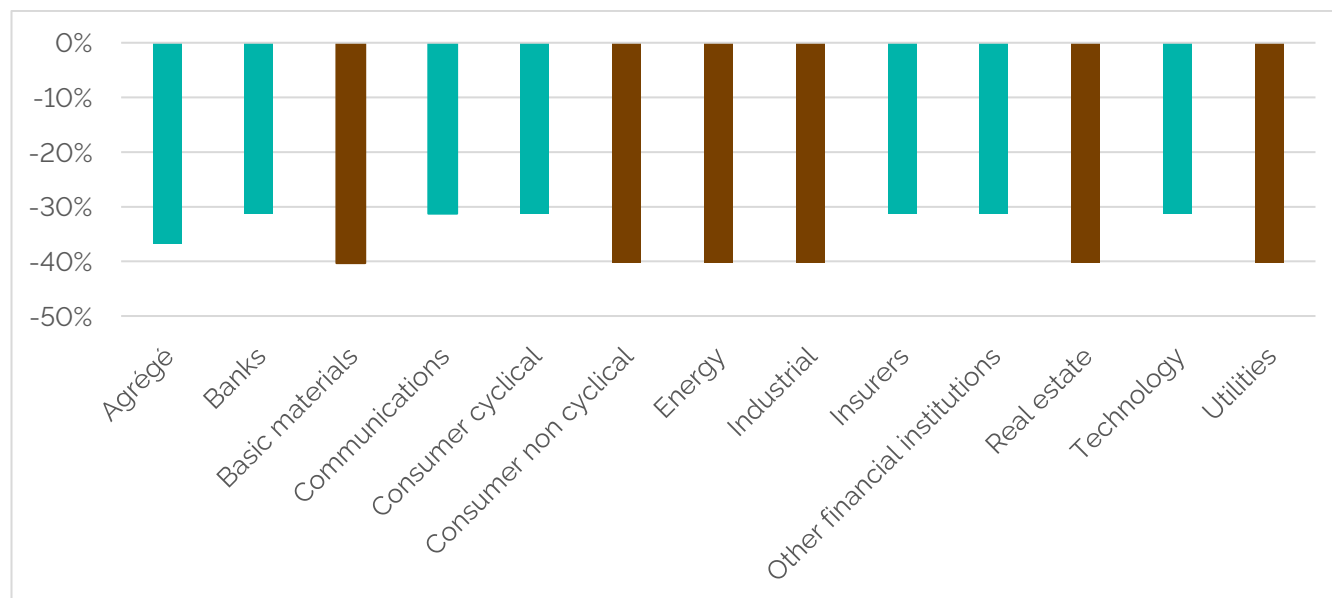


Figure 40 - Chocs action moyens (2025 - 2027) du scénario court terme

- Les spreads *corporates* sont donnés en écart par rapport à 2022, par année de maturité (de 1 an à 5 ans) et par zone géographique, par secteur GICS. Les 2 premières années, il n'y a pas d'écart. La Figure 41 donne les écarts moyens des spreads *corporate* 5 ans pour la France, par secteur « brun » ou « vert ». Contrairement aux actions du même secteur, il n'y a pas de corrélation entre intensité du choc et classification « brune » ou « verte ». Par exemple le secteur *communications* est autant choqué que le secteur *industrial*. Le secteur *basic material* est le plus choqué (+110bps) alors que le secteur *other financial institution* est le moins choqué (+50bps).

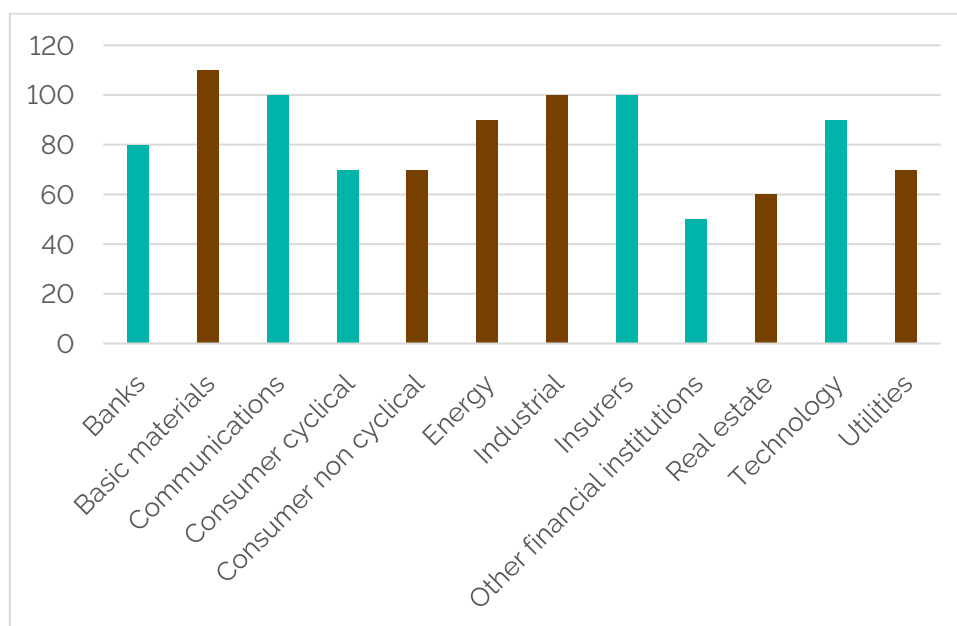


Figure 41 - Ecart moyen (2025 - 2027) des spreads corporate par rapport à 2022 du scénario court terme

3.3.2. Principaux résultats

Les conclusions de l'ACPR sont claires (ACPR, 2024) : c'est le choc financier, lié au risque de transition, qui impacte le plus fortement les taux de couverture des assureurs entre 2025 et 2027. Cela s'explique par le fait que le choc financier impacte l'intégralité des actifs des assureurs. On présente ici les résultats de l'exercice au niveau national.

3.3.2.1. Impact du risque physique

La sinistralité Cat Nat s'observe sur les années 2023 à 2025 (sécheresse puis inondation et rupture du barrage). Le montant des sinistres totaux augmente de 86% en 2023 et jusqu'à 141% en 2025 et représente plus de 3Md€. L'impact sur le ratio de couverture est de 48 points.

On note aussi que la réassurance joue un rôle prépondérant dans la sinistralité Cat Nat. Mais, malgré le fait que la réassurance permette un transfert de risques des assureurs vers les réassureurs, ce transfert serait insuffisant pour compenser la sur-sinistralité causée par les périls aigus. En effet, le résultat technique après réassurance reste très dégradé et représente, en moyenne, en 2025, -239% des primes.

La sur-sinistralité en santé-prévoyance est non négligeable par rapport au scénario de référence. Cependant, l'impact de la sinistralité en santé sur le ratio S/P brut de réassurance est extrêmement faible et s'explique, d'une part, par la relativement faible amplitude des chocs appliqués et, d'autre part, par la hausse des primes en santé accompagnant la hausse des prestations payées. Comme pour le scénario de long terme, la prise en charge par la Sécurité Sociale d'une partie des frais de santé explique pour partie les faibles impacts des chocs du scénario adverse sur le ratio S/P santé.

3.3.2.2. Impact du risque de transition

Les impacts du risque de transition s'observent à partir de 2025 : le montant du total de bilan en scénario adverse diminue de -13 % par rapport au scénario de référence, puis de -12 % en 2026 et en 2027. Les classes d'actifs les plus impactées sont les actifs immobiliers et les actions, en lien avec les hypothèses : elles perdent respectivement 32% et 27% fin 2025 par rapport au scénario de référence. Les classes les moins impactées sont les obligations souveraines et d'entreprise, leur part en proportion augmente donc dans les bilans des assureurs.

3.3.2.3. Impact sur la solvabilité

L'impact du scénario de court terme sur les bilans des assureurs est particulièrement important à partir de 2025.

Le niveau de l'excès d'actif sur passif atteint son plus bas niveau en 2025 avec une perte relative de -32 % en scénario adverse par rapport au scénario de référence.

L'impact sur les fonds propres et le SCR est également très marqué, notamment en 2025, faisant suite au choc financier : -28 % de fonds propres en scénario adverse en écart au scénario de référence, pour un écart moyen de -48 points de couverture du ratio de solvabilité. L'impact sur les fonds propres est expliqué par la baisse de la valeur des placements (-11,5%), compensée par une baisse moins forte de la valeur des passifs (-10%). On constate que cette forte baisse du ratio de solvabilité est d'avantage due à la perte en fonds propres que de l'augmentation du SCR. La perte en fonds propres s'explique par la diminution de la valeur des actifs du bilan, mais est compensée partiellement par une moindre baisse des passifs du fait des UC en portefeuille, de la hausse du taux d'actualisation et de l'augmentation de la mortalité.

Le ratio de couverture du SCR passe ainsi de 230 % fin 2022 à 170 % fin 2027, soit une baisse de 60 points.

3.3.3. Limites

L'exercice de stress climatique à court terme proposé par l'ACPR a l'avantage d'avoir le même horizon temporel que celui mis en pratique dans les rapports ORSA des assureurs. Ainsi, il constitue une première approche pour l'intégration des résultats dans le rapport.

Cependant, il présente quelques limites, dans le sens où le scénario adverse proposé diffère des scénarios ORSA habituellement utilisés par la place.

En effet, dans l'exercice de l'ACPR, l'approche est en bilan statique contrairement à l'ORSA dans lequel on accumule du résultat année après année. Les projections des scénarios climatiques de l'exercice sont effectuées en environnement pilier 1 et ne bénéficient pas de Management Action

contrairement au scénario ORSA qui a la possibilité d'en mettre en œuvre. Enfin, le scénario très spécifique mériterait une généralisation pour l'utilisation dans le cadre d'un rapport ORSA.

3.4. Autres stress tests

3.4.1. Stress test IORP 2022

Entre avril et juin 2022, les institutions européennes de retraite professionnelle ont eu la possibilité de participer au stress test climatique IORP de l'EIOPA. Le but était de mieux comprendre les effets des risques environnementaux sur ces institutions finançant un risque à long terme, d'horizon comparable au risque lié au changement climatique.

Fin 2022, l'EIOPA a publié les résultats de ce stress test (EIOPA, 2022), auquel 187 organismes de 18 pays ont participé. L'exercice consistait en un scénario de « *disorderly transition* », transition désordonnée, traduisant un risque de transition élevé expliqué par des politiques climatiques mises en œuvre tardivement, pas avant 2030. Le scénario est inspiré du NGFS et les chocs ont été calibrés par l'ESRB (*European Systemic Risk Board*). Contrairement aux exercices climatiques ACPR de long terme, ce stress test consiste en un choc instantané sur les bilans en normes locales et en valeurs de marché. Aucun risque physique n'est pris en compte. L'EIOPA explique que ce stress test diffère des exercices habituels de récession du marché ou de crise de liquidité, dans le sens où le scénario de changement climatique n'est pas calibré sur une probabilité faible et certaine de survenance. Elle explique aussi que l'objectif de ce stress test climatique est de comprendre les facteurs de risque et d'identifier les poches de risque potentielles, et non d'évaluer la position financière en tant que telle.

La conclusion de l'exercice est une faible exposition des organismes de retraite professionnelle au risque de transition et des pertes limitées sur les bilans, grâce à la mise en place de mécanismes de sécurité tel que le « sponsor-support », un régime de protection des pensions et des ajustements des prestations.

Grâce à une enquête qualitative menée au cours de cet exercice, on apprend que 90% des IRP incluent des critères ESG dans leurs politiques d'investissements. Cependant, seulement 14% des IRP utilisent des tests de résistance au changement climatique. Cet exercice a donc été un moyen relativement simple de les mobiliser sur l'enjeu du risque lié au changement climatique, et de les encourager à progresser dans ce domaine.

Ce stress test, et les hypothèses de chocs associées, seront largement exploités dans la suite de notre étude.

3.4.2. "Fit-For-55" climate stress test

L'expression « Fit-for-55 » fait référence à l'objectif de réduire d'au moins 55% les émissions de gaz à effet de serre par rapport à 1990, d'ici 2030, comme conclut dans le Green Deal européen.

C'est dans ce cadre que la Commission européenne a invité, en mars 2023, les Autorités européennes de surveillance (AES en français, ESA en anglais), la Banque Centrale européenne (BCE) et le Comité Européen du Risque Systémique (CERS en français, ESRB en anglais) à participer à un exercice de stress test. Les AES regroupent l'EIOPA, Autorité bancaire européenne (EBA) et l'Autorité européenne des marchés financiers (ESMA). C'est le premier exercice du genre, s'appliquant à toutes les instances financières européennes. L'intérêt réside notamment dans l'horizon de temps, 2030, qui est un horizon court terme, et pour lequel les entreprises ont déjà des objectifs concrets. Il consiste à évaluer la capacité de résilience des banques, assurances, institutions de retraite (IRP) et fonds d'investissement à résister aux chocs liés au climat et à soutenir la transition verte même dans des conditions de stress (ESA, 2024).

Les trois scénarios, un *baseline* et deux adverses, ont été développés par l'ESRB avec le soutien de la BCE.

Le scénario *baseline* reflète une transition ordonnée vers les objectifs du plan *Fit-For-55*. Le PIB croît de 11% en cumulé entre 2023 et 2030 et les prix de l'énergie restent stables. Ce plan nécessite néanmoins 3,7 milliards de milliards d'investissements dans l'énergie sur la période pour financer la transition. Il diffère des scénarios *baseline* des stress tests EBA habituels dans lesquels les politiques actuelles inclus dans les prévisions économiques ne permettent pas l'atteinte du plan *Fit-For-55*.

Le premier scénario adverse consiste en chocs de type « Run-on-Brown », par lesquels les investisseurs se débarrassent des actifs d'entreprises les plus émettrices de GES. Cela freine la transition vers un monde décarboné, car les entreprises « brunes » ne disposent pas des financements nécessaires pour verdir leurs activités. Les facteurs de stress sont supposés exogènes, c'est-à-dire provenant des risques climatiques ou de la perception qu'en ont les acteurs économiques et financiers. La mise en œuvre du plan *Fit-For-55* se fait comme prévu. Le deuxième scénario adverse ajoute à ces mêmes risques climatiques des facteurs de stress macroéconomiques supplémentaires, non liés au climat. Ils sont composés des principaux risques pour la stabilité financière pris en compte dans le test de résistance à l'échelle de l'Union Européenne de l'EBA en 2023, y compris le risque géopolitique. Les chocs financiers traduisent le coût de la transition. Étant donnée la dimension de ce stress test, toutes les composantes financières n'ont pas pu être intégrées. Par exemple, les passifs des assureurs et les passifs des IRP n'ont pas été choqués.

Les résultats montrent une certaine résistance des institutions financières aux scénarios proposés. La baisse de la valeur des actifs est de -18,8% (par rapport au scénario *baseline*) pour les assureurs dans le scénario le plus adverse et -21,5% pour les IRP, expliquée par la hausse des taux et des spreads de crédit. Comme pour les exercices précédemment cités, le but est la sensibilisation du secteur, cette fois-ci à très grande échelle. Les conclusions de cet exercice, bien que sujettes à une grande marge d'incertitude, ont pour objectif d'aider les décideurs à élaborer des mesures politiques garantissant des ressources financières suffisantes pour que l'économie réelle progresse dans la transition verte, tout en atténuant les risques au sein du système financier.

Enfin, le rapport mentionne aussi la complexité de la construction des scénarios climatiques.

3.5. Exposition au risque de transition de CNP ClimaVie

Afin d'analyser l'exposition au risque de transition du portefeuille d'actifs de CNP ClimaVie, on choisit dans ce paragraphe d'appliquer la sectorisation selon deux stress tests différents : le court terme de l'ACPR et le stress test IOPR de l'EIOPA. On remarque que les résultats sont très différents.

L'affichage proposé dans les deux figures ci-dessous reprend les recommandations de l'EIOPA dans son guide (EIOPA, 2022). On présente l'exposition selon deux graphiques : le graphique de gauche présente l'exposition par type d'actifs, et le graphique de droite compile l'intégralité des actifs en différenciant les secteurs carbonés.

3.5.1. Selon la sectorisation du stress test climatique court terme de l'ACPR

On reprend ici la sectorisation présentée en partie 3.3.1.3.

L'exposition des actifs de CNP ClimaVie selon cette sectorisation est présentée en Figure 42. Le code couleur respecte la classification actifs « verts » et « bruns » de la classification GICS, dans laquelle 12 secteurs au total sont proposés (voir Annexe B). Le choc action moyen sur le portefeuille d'actifs (sur les 3 années) est de 34%. La sectorisation proposée par l'ACPR et les chocs associés sont conséquents.

Le secteur principal est le secteur *Banks* correspondant au code NACE K64 Finance. On peut constater que tous les OPCVM ont été classés dans ce secteur, par simplification. Le deuxième secteur le plus exposé est le secteur *Consumer non cyclical*, c'est un secteur « brun », correspondant principalement aux administrations publiques (états et régions). Le fait que ce secteur soit si fortement impacté est expliqué par le choc systémique dû au climat d'incertitude généralisé et à la contagion de tous les secteurs d'activité. L'immobilier fait partie des secteurs dits « bruns », l'exposition totale est de 6%. On rappelle également que la classification « vert » et « brun » est corrélée au choc action, mais pas aux chocs de spreads.

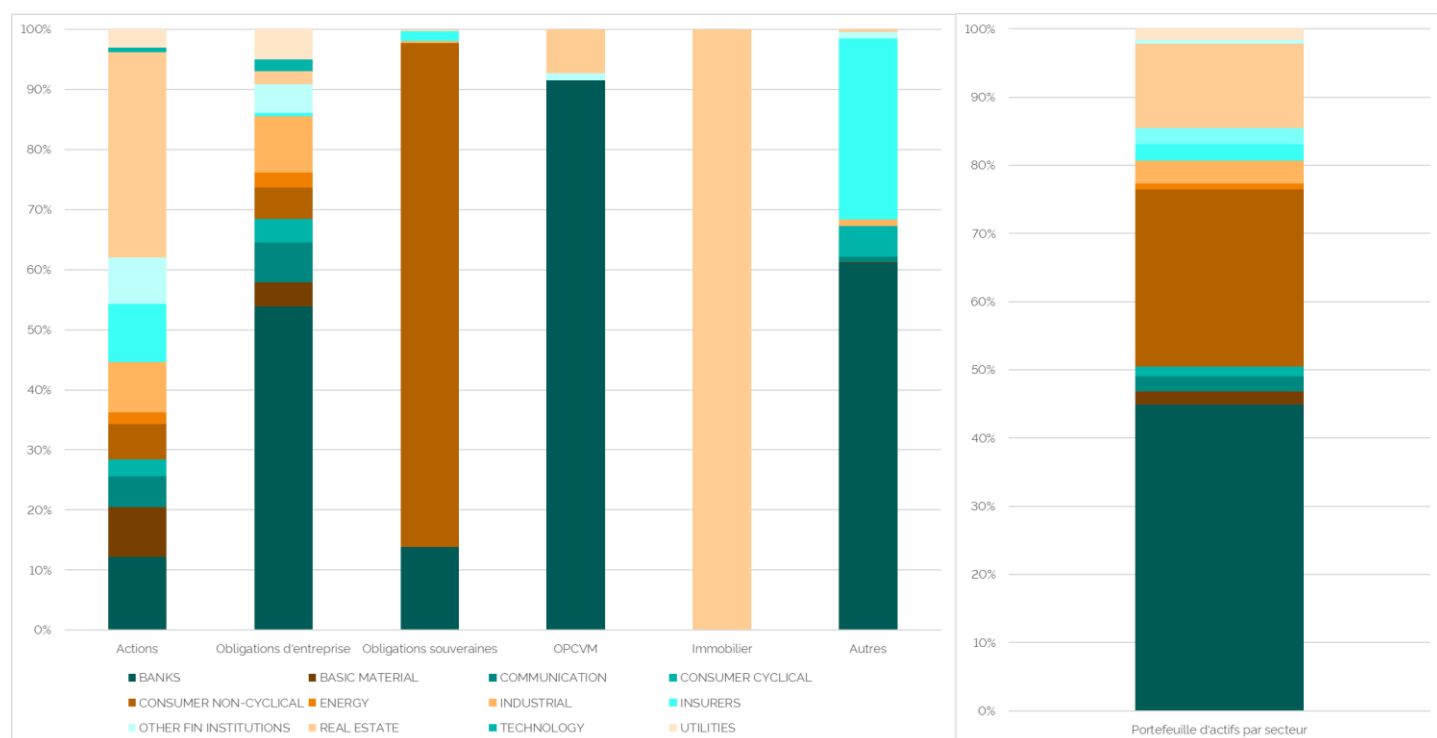


Figure 42 - Exposition sectorielle de CNP ClimaVie au 31/12/2023 selon le stress test climatique court terme

3.5.2. Selon la sectorisation du stress test IORP

La sectorisation selon le stress test IORP est détaillée en Annexe 0. Elle se compose de 23 secteurs selon les codes NACE.

Sur la Figure 43 on affiche les 5 secteurs les plus choqués au titre des chocs action et spreads d'entreprise. Les autres actifs sont classés dans « autres secteurs », car, contrairement aux chocs de l'exercice court terme, il existe un secteur « autre » dont le choc est de -14,3%, supérieur ou égal aux catégories non affichées dans la Figure 43. On remarque que l'exposition au risque de transition est faible, contrastant avec l'affichage précédent : 6% pour la poche action et 8% pour la poche obligations d'entreprise. Au global, seulement 3% du portefeuille est exposé aux secteurs les plus sensibles. Tous les OPCVM ont pour code NACE K64 Finance : c'est une limite de l'étude. Le choc action moyen est de 15%.

Par rapport à la sectorisation dans l'exercice long terme de l'ACPR, qui se base aussi sur les codes NACE, on constate quelques similitudes : les secteurs C19.2 (pétrole) et D35 (gaz) sont communs. Ce sont des secteurs que l'on retrouve fréquemment dans secteurs d'exclusion des politiques d'investissements.

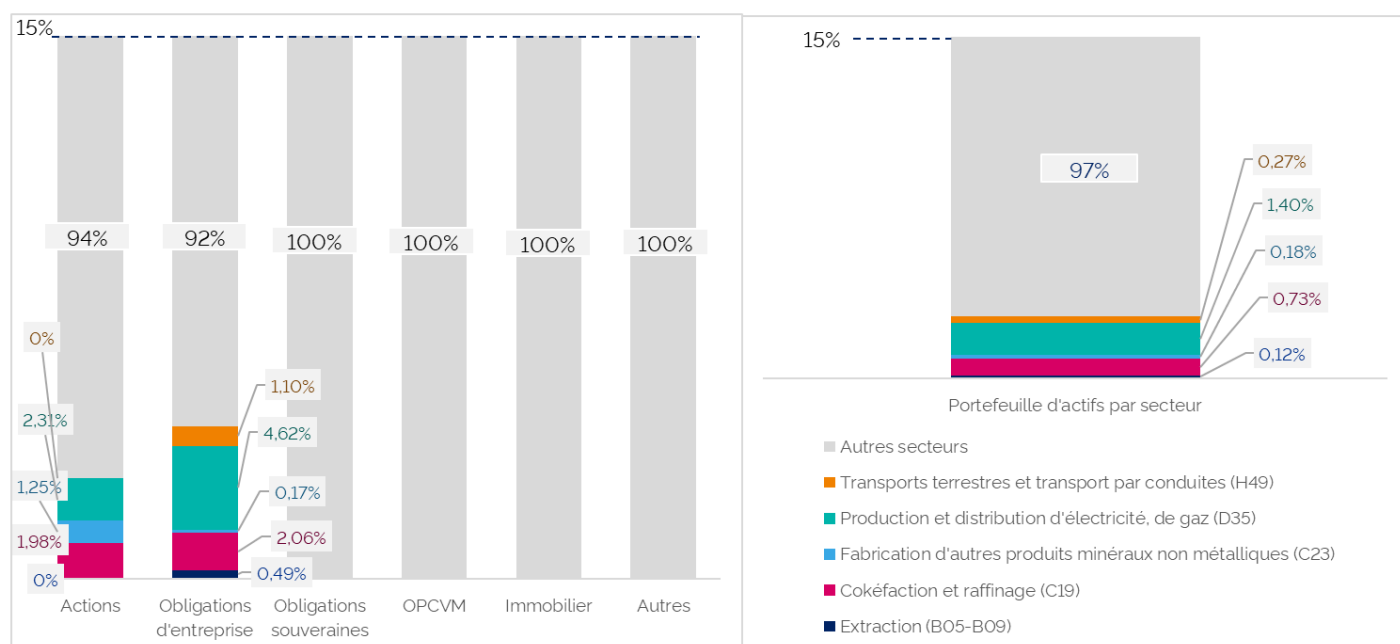


Figure 43 - Exposition sectorielle de CNP ClimaVie au 31/12/2023 (tronqué à 15%) selon le stress test IORP

L'intérêt de cet exercice est de montrer la multiplicité possible des visions à l'exposition au risque de transition. L'enjeu est de choisir la bonne méthode afin de pouvoir l'appliquer à son propre portefeuille. Il faut aussi noter que l'exposition aux secteurs sensibles, notamment via la prise de participations dans des entreprises, peut avoir certains bénéfices, comme le fait d'exercer une influence notable et pouvoir accompagner la transition énergétique de l'entreprise.

Cette maille peut être utile afin d'adapter l'allocation d'actifs en fonction du secteur NACE, plutôt qu'en fonction du type d'actif. Cela permet de prendre en compte la stratégie durabilité dans le cadre de la projection.

3.6. Synthèse

Il existe différents types d'exercices climatiques à destination des institutions financières européennes. Les objectifs sont nombreux : tester la résistance à chocs liés au changement climatique, mais aussi sensibiliser les institutions sur la maturité de leurs outils d'évaluation. Ces exercices sont des ressources documentaires permettant aux institutions de bénéficier des travaux des instances de supervision.

Les méthodes de stress test utilisées sont variées : choc instantané, projection en bilan statique sur 5 ans, projection en bilan dynamique sur 30 ans. Cela permet aux assureurs souhaitant reproduire ces exercices de les adapter à leurs business. Ces différentes méthodes complexifient cependant l'analyse et la comparabilité des résultats entre chacun des exercices. Bien que les résultats de ces exercices aient peu d'impacts sur les métriques financières, la sensibilisation sur le risque climatique n'est pas moindre. On observe une grande hétérogénéité en fonction des secteurs et des mailles prouvant la nécessité de se désinvestir des secteurs carbonés, et de financer la transition énergétique.

Les résultats de ces exercices montrent l'importance de l'anticipation des impacts économiques de la transition vers un monde décarboné. Ils présentent cependant une limite. On peut en effet se demander si l'intégralité des risques de durabilité sont pris en compte (vision systémique).

Le grand avantage de ces exercices est qu'ils sont « clés en main », les scénarios climatiques et la calibration des chocs associés sont fournis et prêts à être exploités. Nous verrons dans le chapitre suivant la complexité d'un tel exercice.

Dans ce mémoire, l'étude de ces exercices climatiques permet de donner un cadre, de sensibiliser sur l'adaptation des outils et d'avoir une première estimation des impacts que le risque lié au changement climatique peut avoir sur les métriques de solvabilité.

Chapitre

4

Méthode de construction d'un scénario climatique

4.1. Objectifs du chapitre

Chacun des exercices climatiques présentés dans la partie ci-dessus, et dont nous allons nous inspirer afin de créer notre propre exercice, ont pour point de départ un ou plusieurs scénarios climatiques. Une première méthode de construction d'un tel scénario envisagée était d'exploiter les scénarios du NGFS, et, grâce à leur mise à jour fréquente, mettre à jour notre exercice régulièrement. Nous présentons donc dans cette partie comment ils sont construits. Nous verrons ensuite pourquoi cette méthode n'est finalement pas retenue.

Nous répondrons aux questions suivantes : qu'est-ce qu'un modèle climatique ? Qu'adresse-t-il et à qui est-il destiné ? En second lieu, après avoir compris ces enjeux, on explique comment ils peuvent être utilisés pour construire des scénarios macro-économiques.

4.1.1. Définition d'un scénario climatique

Contrairement aux exercices de stress tests habituels pour lesquels les scénarios sont calibrés sur des événements passés, crises financières ou épisodes de récession, les exercices d'évaluation du changement climatique se basent sur des scénarios climatiques envisageant un futur plausible.

Un scénario climatique est en premier lieu un narratif d'un futur plausible : il décrit une évolution plausible des conditions climatiques, des politiques publiques et des technologies, ainsi que leurs conséquences économiques et sociales. Par exemple, un des scénarios climatiques de l'exercice climatique ACPR de 2023 s'appelle « Transition ordonnée » et a pour narratif :

« Ce scénario envisage une transition rapide et coordonnée pour limiter le réchauffement climatique à moins de 2°C. Il inclut des augmentations significatives des prix du carbone et des investissements massifs dans les technologies vertes ».

L'enjeu est, à partir de ce narratif, d'aboutir à des hypothèses financières exploitables par les institutions financières. Dans notre exemple, l'ACPR fournit les hypothèses sur la courbe des taux, les chocs actions, les spreads de crédit, l'impact sur l'immobilier. Toutes ces hypothèses sont ensuite traitées par les modèles. Le but de l'exercice étant de calculer un impact sur le résultat et les fonds propres (dans notre exemple).

Le narratif des scénarios est ensuite complété par une trajectoire d'émissions de gaz à effet de serre, dépendant des politiques mises en œuvre, de projections climatiques, comme l'évolution du « prix du carbone » et des impacts socio-économiques.

Le « prix du carbone » est un indicateur que l'on retrouve dans tous les scénarios de l'ACPR. C'est un outil économique conçu pour intégrer les coûts environnementaux liés aux émissions de gaz à effet de serre dans les décisions économiques. Il n'a pas de valeur réelle mais est une manière de donner un coût financier aux émissions de CO₂ et autres gaz à effet de serre. En reprenant notre exemple, sur la Figure 44 (en vert) on observe que le prix du carbone augmente lorsque les émissions de dans le monde (ou l'UE) diminuent.

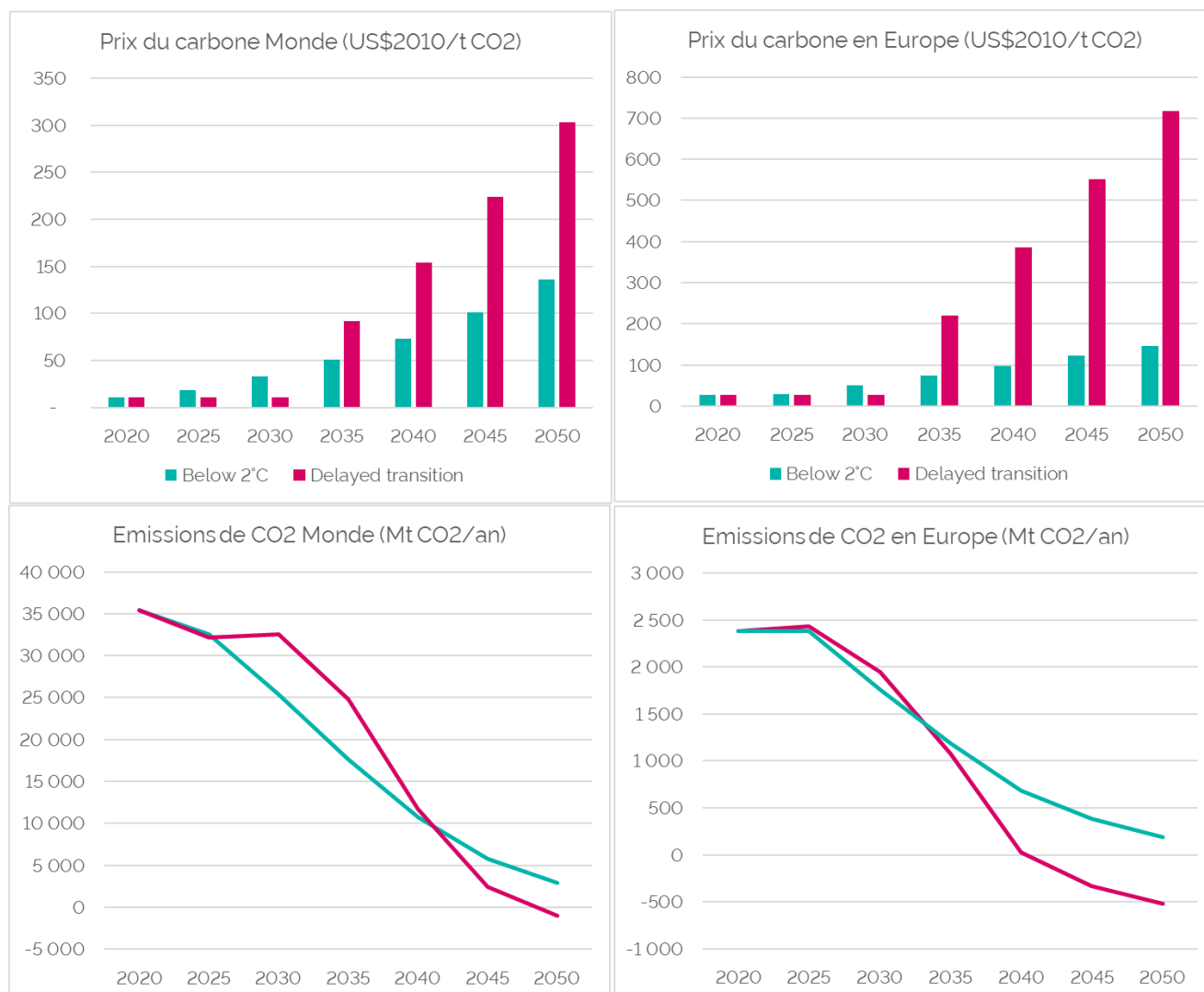


Figure 44 - Évolutions des prix du carbone et émissions en CO2 dans l'UE et dans le Monde dans les scénarios Below 2°C et Delayed Transition

Source : NGFS phase IV, REMIND-MagPIE 3.3-4.8

Il existe différents types de scénarios climatiques, qui se distinguent par leur niveau de détail, leur horizon temporel, leurs hypothèses mais surtout leur catégorie de risque, physique ou de transition. Les plus connus sont :

- Les scénarios **RCP (Representative Concentration Pathways)** du GIEC : ils sont caractérisés par un indicateur numérique qui correspond à la puissance radiative totale à la fin du XXI^e siècle par rapport à l'ère préindustrielle. Par exemple, le scénario RCP 8.5 correspond à un scénario à fortes émissions, tandis que le scénario RCP 2.6 correspond à un scénario à faibles émissions. Ce sont des scénarios de risque physique, comme nous avons pu le voir dans l'exploitation de l'exercice climatique ACPR (2023), qui utilisait le scénario RCP 4.5.

- Les scénarios **SSP (Shared Socioeconomic Pathways)** du GIEC : ils ont été développés dans le cadre du sixième rapport d'évaluation du GIEC, et combinent à la fois des informations sur les émissions de gaz à effet de serre et les évolutions socio-économiques. Ils sont donc plus complets que les RCP. Ils sont classés de 1 à 5, SSP1 prévoyant un monde durable et SSP5 prévoyant un monde utilisant encore les énergies fossiles.
- Les scénarios du **NGFS (Network for Greening the Financial System)** : ce sont des scénarios de transition, sur lesquels nous reviendrons dans la partie 4.2.

Un scénario climatique est donc un outil indispensable pour les assureurs dans le cadre de leur évaluation du risque au changement climatique. Il permet de comprendre les enjeux du changement climatique pour ensuite élaborer des stratégies d'adaptation et d'atténuation, dans le cadre d'une hypothèse.

4.1.2. Cadre analytique

Nous présentons dans cette partie la démarche générale d'établissement d'un scénario climatique, une fois le narratif établi.

Les recherches documentaires sur la création de scénarios climatiques mènent à un document de référence pour le secteur : le *Working Paper n°774* de la Banque de France (Allen & al., 2020).

Le document donne un cadre analytique pour quantifier les impacts des politiques climatiques et des scénarios de transition sur les variables économiques et financières choisies par l'organisme qui souhaite mettre en place ce cadre. Il se base sur la méthodologie employée par l'ACPR pour son exercice pilote climatique (2020) et son exercice climatique (2023) pour les scénarios de long terme.

Le cadre analytique, qui est inédit, est présenté en Figure 45. Le point de départ, qui n'apparaît pas sur le schéma, est le narratif du scénario qui, dans la majorité des documents de référence, est un des scénarios du NGFS. Une fois le scénario choisi, on lui applique une suite de modèles : le modèle d'évaluation intégrée, le modèle NiGEM (*National Institute Global Econometric Model*), un modèle multi-pays et multi-secteurs suivi par un bloc final financier. La sortie de ce dernier bloc est un entrant pour les organismes souhaitant évaluer l'impact d'un scénario de transition sur leurs métriques financières. La suite de cette première partie sur la méthodologie est dédiée à l'explication de ce processus.

Le NGFS produit aussi un document technique (NGFS, 2024) à chaque publication de sets de scénarios. Ce document technique reprend les étapes de création des scénarios climatique du narratif au modèle du NiGEM inclus, adapté au NGFS.

Dans la suite de ce chapitre nous explorons à la fois le document technique du NGFS (NGFS, 2024), parties 4.2 et 4.3, et le *Working Paper n°774* (Allen & al., 2020), parties 0 et 4.5.

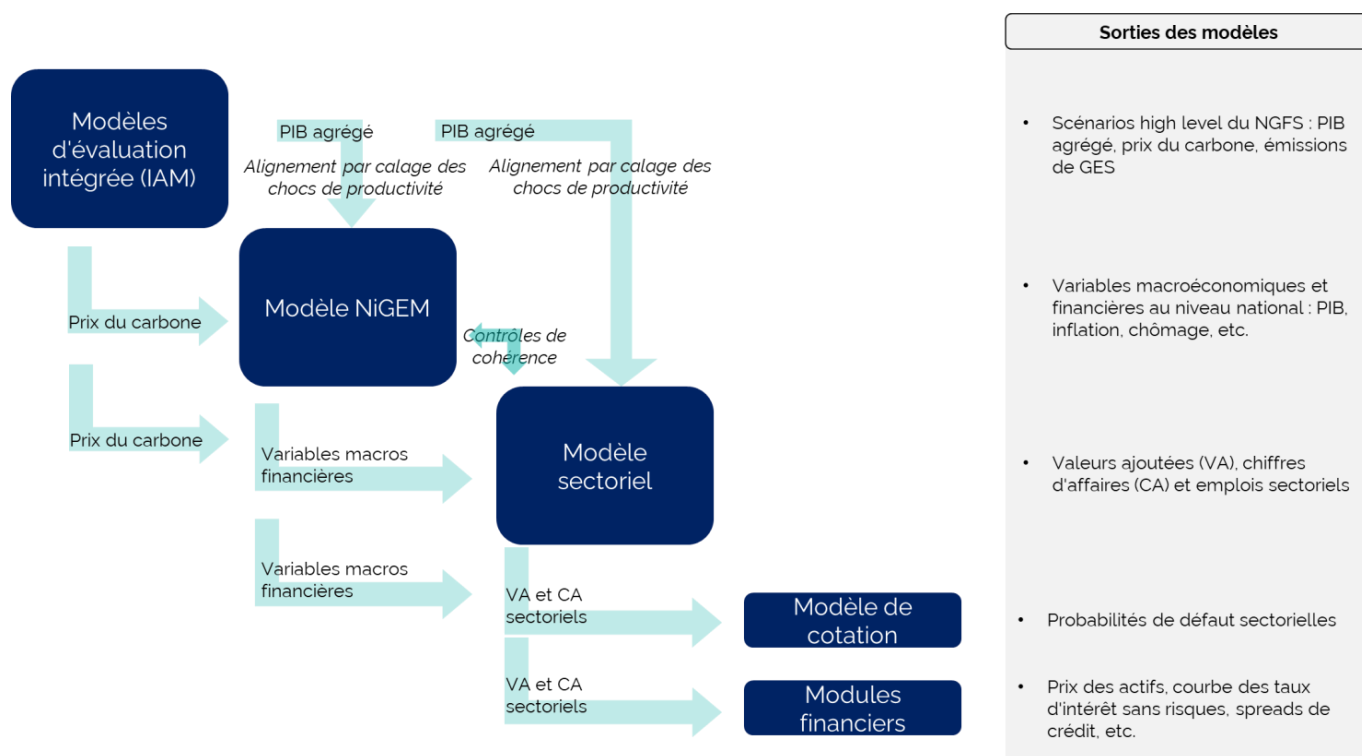


Figure 45 - Cadre analytique des scénarios de long terme de l'ACPR

Source (Banque de France, 2021)

4.2. Scénarios du NGFS

La référence dans les stress tests climatiques ou toute autre étude en lien avec le climat pour les acteurs assurantiels sont les scénarios du NGFS. En effet, ils se distinguent de leurs pairs sur plusieurs points : le périmètre couvert, risques de transition, physiques et macroéconomiques, et l'horizon de temps, jusqu'à 2100.

4.2.1. Un réseau international

Le **Network for Greening the Financial System (NGFS)**, ou Réseau pour un système financier vert en français, est un groupe de 141 banques centrales (juin 2024) et de superviseurs financiers, créé en 2017, qui travaillent ensemble pour intégrer les risques liés au climat dans le secteur financier.

Les objectifs du NGFS sont d'améliorer la compréhension des risques liés au climat, de favoriser l'échange lié aux bonnes pratiques, de développer des recommandations politiques et de soutenir la transition vers une économie bas carbone. Une partie importante de leur travail consiste à développer des scénarios climatiques pour aider les institutions financières à évaluer les impacts potentiels du changement climatique sur leurs activités, comme nous avons pu déjà en parler.

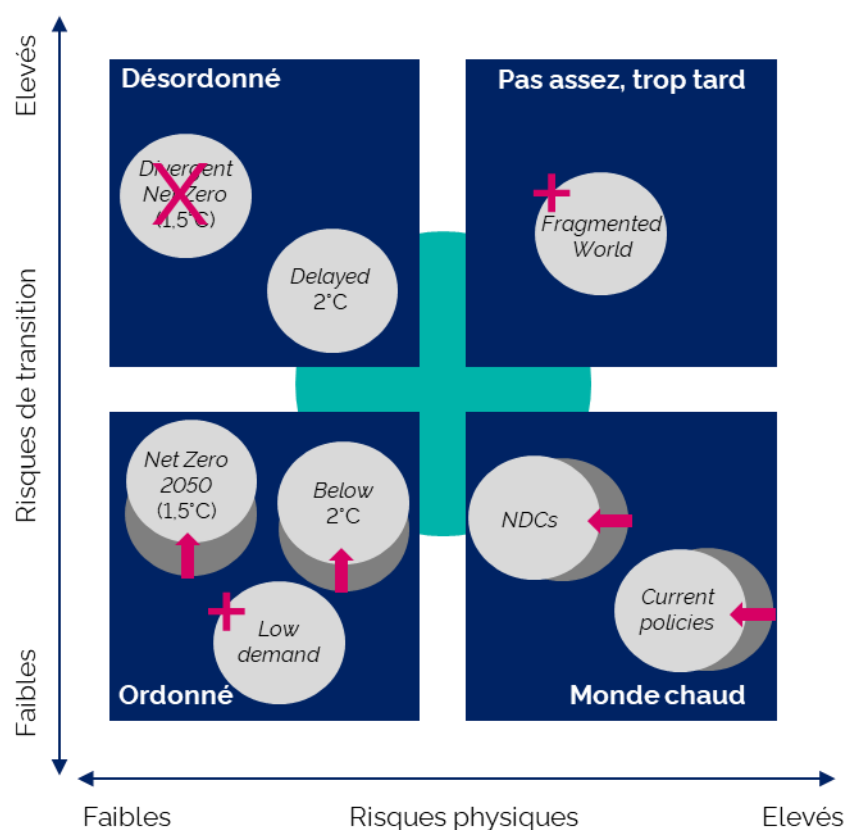
Le NGFS fonctionne par phase : chaque mise à jour des scénarios du NGFS constitue une nouvelle phase. C'est une approche itérative permettant d'intégrer progressivement de nouvelles

connaissances scientifiques, de prendre en compte l'évolution des politiques publiques et de renforcer la pertinence des scénarios pour le secteur financier.

Les trois dernières phases sont les suivantes :

- La phase III (NGFS, 2022) publiée en septembre 2022 dont l'évolution principale est la prise en compte des nouveaux engagements climatiques pris lors de la COP26, notamment les objectifs de neutralité carbone. La cohérence avec les scénarios du GIEC est aussi améliorée. C'est sur cette phase que se basent les scénarios de l'exercice climatique ACPR de 2023 et que nous détaillons dans le paragraphe 4.2.2. Les scénarios sont représentés en Figure 29.
- La phase IV (NGFS, 2023) publiée en juillet 2023. La Figure 46 montre une comparaison entre les scénarios phase III et phase IV. Ils intègrent une mise à jour des données économiques et climatiques, ainsi qu'une meilleure modélisation des risques physiques. En ouverture du document, le NGFS annonce que les futures publications de phase seront espacées de deux ans au lieu d'un an actuellement.
- La dernière mise à jour de la documentation de la phase V du NGFS a été publiée en novembre 2024 (NGFS, 2024). Elle exploite la dernière version des scénarios SSP ainsi qu'une nouvelle fonction de dommage permettant de mieux appréhender la modélisation des risques physiques.

En complément, le 7 mai 2025, le NGFS a publié ses premiers scénarios court terme, c'est-à-dire sur un horizon de 5 ans (NGFS, 2025). Ces scénarios pourraient être exploités dans le cadre de l'évaluation au risque climatique, avec un horizon de temps correspondant au business plan. Le cadre de modélisation diffère de celui des scénarios de long terme. Comme à son habitude, le NGFS détaille, pour les quatre scénarios proposés, les résultats macro-financiers.



Le positionnement des scénarios est approximatif, basé sur l'évaluation des risques physiques et de transition à horizon 2100

Figure 46 - Comparaison entre la phase III et la phase IV des scénarios du NGFS

Source (NGFS, 2023)

4.2.2. Les narratifs des scénarios du NGFS phase III

On retrouve les six scénarios du NGFS phase III en Figure 29. Ils sont repartis en trois catégories (les noms des scénarios sont volontairement donnés en anglais car ce sont les noms d'usage employés, par l'ACPR notamment) :

- **Deux scénarios de transition ordonnée** : ces scénarios supposent que des politiques climatiques sont mises en place tôt et deviennent progressivement plus strictes. Les risques physiques et de transition sont relativement modérés.
 - *Net-Zero 2050 – 1,5°C* : le réchauffement climatique se limite à 1,5°C grâce à des politiques climatiques strictes et à l'innovation, atteignant zéro émission nette de CO₂ à l'échelle mondiale vers 2050. Certains pays comme les États-Unis, les pays de l'Union Européenne, le Royaume-Uni, le Canada, l'Australie et le Japon atteignent le zéro net pour tous les GES.

- *Below 2°C* : la rigueur des politiques climatiques augmente progressivement. Dans ce scénario, la probabilité de limiter le réchauffement climatique à moins de 2°C est de 67%.
- **Deux scénarios de transition désordonnée** : ces scénarios explorent des risques de transition plus élevés en raison de retards dans la mise en œuvre des politiques ou de divergences entre pays et secteurs. On notera que à température cible égale, les prix du carbone sont plus élevés dans ces scénarios.
 - *Divergent Net-Zero 2050 – 1,5°C* : la neutralité carbone est atteinte vers 2050 mais avec des coûts plus élevés en raison de politiques divergentes introduites dans différents secteurs, entraînant la fin de l'exploitation du pétrole plus rapidement.
 - *Delayed 2°C* : les émissions annuelles de GES ne diminuent pas avant 2030. Des politiques drastiques sont nécessaires pour limiter le réchauffement à moins de 2°C.
- **Deux scénarios de monde chaud** : ces scénarios supposent que certaines politiques climatiques sont mises en œuvre dans certaines juridictions, mais que les efforts mondiaux sont insuffisants pour arrêter significativement le réchauffement climatique. Les scénarios entraînent des risques physiques graves, notamment des impacts irréversibles comme l'élévation du niveau de la mer.
 - *Nationally Determined Contributions (NDCs)* : ils prennent en compte les engagements pris par les différents pays dans le cadre de l'Accord de Paris, notamment les CDN, et analysent les conséquences de ces engagements sur l'économie et le système financier.
 - *Current Policies* : comme son nom l'indique, les politiques actuellement mises en œuvre sont préservées, ce qui entraîne des risques physiques élevés, et une augmentation de la température à +3°C.

Le Tableau 13 ci-dessous donne la classification des risques associés à chaque scénario : une faible élévation de température entraîne un risque physique faible, mais des risques de transition modérés à élevés (transition ordonnée et désordonnée), alors qu'une forte élévation de température entraîne un risque physique élevé et des risques de transition faibles (monde chaud).

En synthèse, les scénarios climatiques du NGFS consistent en un ensemble de variables climatiques de transition (émissions, prix du carbone, population, couts, énergie, etc.) et physiques (catastrophes naturelles) qu'il faut ensuite traduire en variables macroéconomiques (PIB, inflation, chômage, etc.) : c'est le rôle des modèles d'évaluation intégrée (IAM pour *Integrated Assessment Model*).

Category	Scenario	Physical risk	Transition risk			
		Policy ambition	Policy reaction	Technology change	Carbon dioxide removal	Regional policy variation
Orderly	Net Zero 2050	14°C	Immediate and smooth	Fast change	Medium-high use	Medium variation
	Below 2°C	16°C	Immediate and smooth	Moderate change	Medium-high use	Low variation
Disorderly	Divergent Net Zero	14°C	Immediate but divergent across sectors	Fast change	Low-medium use	Medium variation
	Delayed Transition	16°C	Delayed	Slow / Fast change	Low-medium use	High variation
Hot house world	NDCs (Nationally Determined Contributions)	2.6°C	NDCs (Nationally Determined Contributions)	Slow change	Low-medium use	Medium variation
	Current Policies	3°C +	Non-current policies	Slow change	Low use	Low variation

Colour coding indicated whether the characteristic makes the scenario more or less severe from a macro-financial risk perspective	Lower risk
	Moderate risk
	Higher risk

Tableau 13 - Risques physiques et de transition des scénarios du NGFS phase III

Source (NGFS, 2022)

4.3. Modèles climatiques

Dans le cadre de modélisation du NGFS, trois modèles d'évaluation intégrée (IAM) et une fonction de dommage sont utilisés pour traduire les variables climatiques en un ensemble de variables macroéconomiques clés, telles que le PIB, les prix de l'énergie ou les prix du carbone à une maille exploitable par les institutions financières. Les modèles climatiques sont donc une brique des scénarios climatiques.

4.3.1. La suite de modèles du NGFS

La Figure 47 montre la suite de modèles du NGFS. Elle traduit la chaîne de transmission des risques liés au changement climatique aux risques financiers. On peut les classer en trois grandes catégories : modèles de risques physiques, modèles de risques de transition, et modèle macroéconomique. Leur but est de traduire des données agrégées en données exploitables.

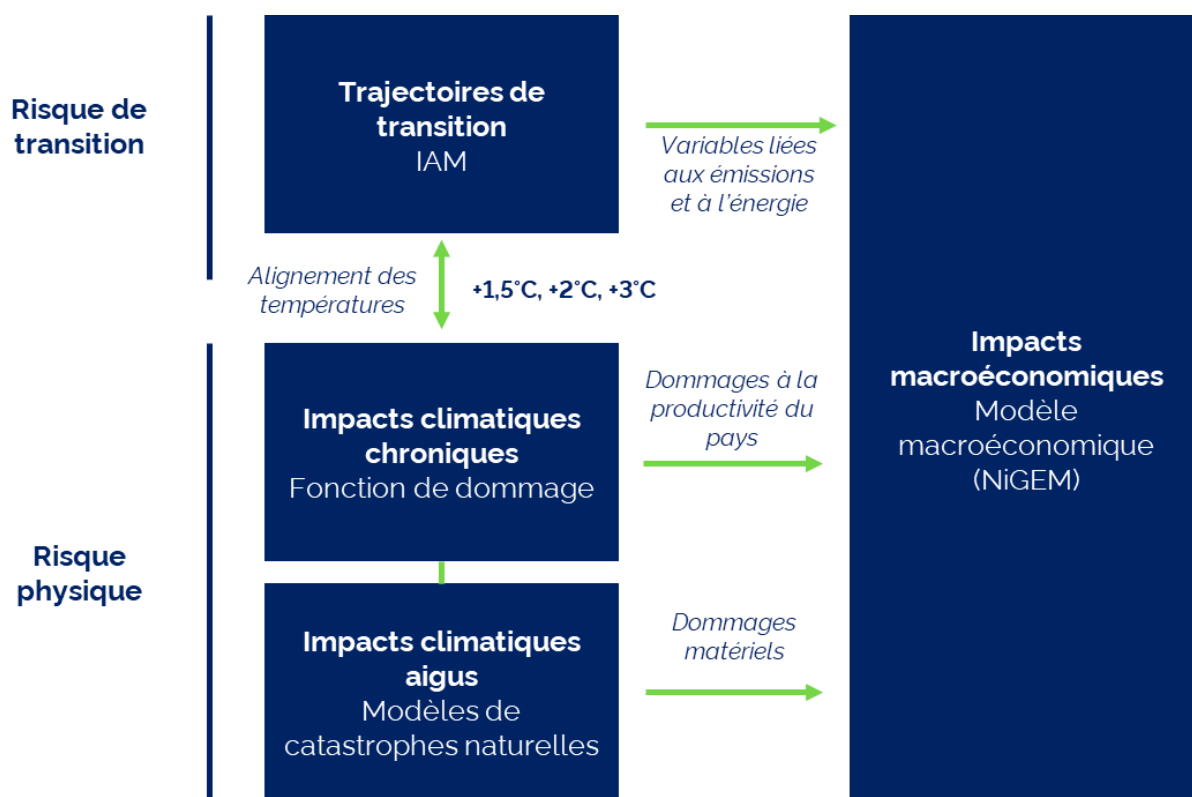


Figure 47 - La suite de modèle du NGFS

Source (NGFS, 2023)

Il existe deux modèles de risque physique : chronique et aigu. Le risque physique chronique fait référence au risque physique à long terme dû au changement climatique, comme l'augmentation des températures à long terme ou la montée du niveau des océans. L'impact du risque physique chronique est calculé dans un module dédié grâce à une fonction de dommage. Le risque physique aigu fait référence aux événements climatiques extrêmes (sécheresses, inondations, vagues de chaleur et cyclones). Ces modèles donnent les impacts de PIB. *Nous ne développerons pas cette partie.*

Les modèles de risque de transition sont les trois modèles d'évaluation intégrée (IAM) : REMIND-MAgPIE, GCAM et MESSAGEix-GLOBIOM. Ils produisent les données de PIB agrégé, prix du carbone et les émissions de GES. Nous y reviendrons dans la partie 4.3.2.

Les projections des prix du carbone et des émissions de GES sont ensuite utilisées pour calibrer les chocs de transition liés à la mise en œuvre des politiques climatiques dans le modèle NiGEM du NIESR (*National Institute of Economic and Social Research*). C'est une version spécifique adaptée aux scénarios NGFS. Il combine les conséquences des risques de transition et physiques et donne les principaux impacts macroéconomiques à une maille moins agrégée. Nous y reviendrons en partie 4.4.1.

La combinaison de ces trois blocs de modèles participe au fait que les scénarios du NGFS sont une référence pour les acteurs de la place dans leurs travaux d'évaluation du risque lié au changement

climatique. C'est une suite complexe de modèles pour lesquels le NGFS laisse libre accès grâce aux plateformes IIASA²⁰ et Climate impact explorer²¹.

4.3.2. Les IAM

4.3.2.1. Généralités

Un modèle est « une construction mathématique visant, à partir d'hypothèses d'entrée et de processus de résolution, à représenter le fonctionnement d'un système réel (le climat, l'économie d'un pays, etc.), et son évolution dans le temps, afin d'aider les utilisateurs à organiser d'une manière logique et cohérente un travail de réflexion sur le comportement d'un tel système » (THE SHIFT PROJECT & IFPEN, 2019).

Les modèles dits « d'évaluation intégrée » (IAM) ont la particularité de prendre en compte les interactions entre les trois systèmes climatique, socio-économiques et technique et les modélisations de celles-ci. Ils sont qualifiés de pluridisciplinaires. Contrairement aux modèles classiques avec approche ascendante ou descendante, les IAM incluent des boucles de rétroaction.

4.3.2.2. Historique

On peut considérer le modèle « *World* » Jay Forrester, publié en 1965 comme le point de départ des modèles pluridisciplinaires avec une évaluation intégrée. Celui-ci a été par la suite repris et amélioré par Dennis Meadows (*World 2*). Il permet de simuler les interactions entre population, capital industriel, pollution, ressources, production alimentaire et écosystèmes et mène au rapport *Limit To Growth* (1972). Cependant, plusieurs simulations dans ce rapport conduisent à l'effondrement du système, en raison de la hausse de la pollution par exemple, entraînant de vives critiques en pleine période des Trente Glorieuses. William Nordhaus contribue alors aux travaux d'amélioration et publie son premier modèle en 1976, dont les évolutions sont encore aujourd'hui utilisées : les modèles DICE²² puis RICE²³, lui valent alors l'obtention du prix Nobel de la banque de Suède en sciences économiques en 2018.

Les IAMs étaient auparavant utilisés dans le cadre des recherches climatiques « exploratoires », répondant à la question « quels sont les impacts de telle trajectoire ? » comme dans la démarche du GIEC avec le *Special Report on Emissions Scenarios*. Aujourd'hui certains chercheurs estiment que leur approche est différente répondant plutôt à la question « quelle trajectoire permettra d'atteindre tel objectif ? », comme dans la démarche du GIEC avec les scénarios RCP et SSP (THE SHIFT PROJECT & IFPEN, 2019).

²⁰ <https://data.ene.iiasa.ac.at/ngfs/#/login?redirect-%2Fworkspaces>

²¹ <https://climate-impact-explorer.climateanalytics.org/>

²² Dynamic Integrated model of Climate and the Economy

²³ Regional Integrated Model of Climate and the Economy

4.3.2.3. Structure d'un IAM

La structure simplifiée des IAM utilisés par le NGFS est présentée en Figure 48. Ils combinent les systèmes macroéconomiques, agricoles et d'utilisation des terres, hydriques, climatiques et énergétiques, dans un cadre numérique commun, permettant l'analyse des dynamiques complexes et non linéaires au sein même de ces systèmes et entre eux

En entrée du modèle se trouvent les variables socio-économiques et techniques exogènes, indépendantes du modèle en lui-même.

Le modèle est constitué de modules, eux-mêmes parfois constitués de sous-modules, interagissant tous entre eux, permettant de modéliser les événements en cascade. Par exemple, les systèmes d'exploitation des terres et hydriques fonctionnent parallèlement aux modules énergétiques et économiques, optimisant l'agriculture et l'exploitation forestière, le tout mis en regard avec les changements de politique : une déforestation, autorisée par les politiques, réduit l'absorption de carbone dans les forêts. Cela, à son tour, affecte les émissions et le prix du carbone.

Les modèles produisent les données de PIB agrégé et les trajectoires de prix du carbone, mais aussi de nombreuses autres variables.

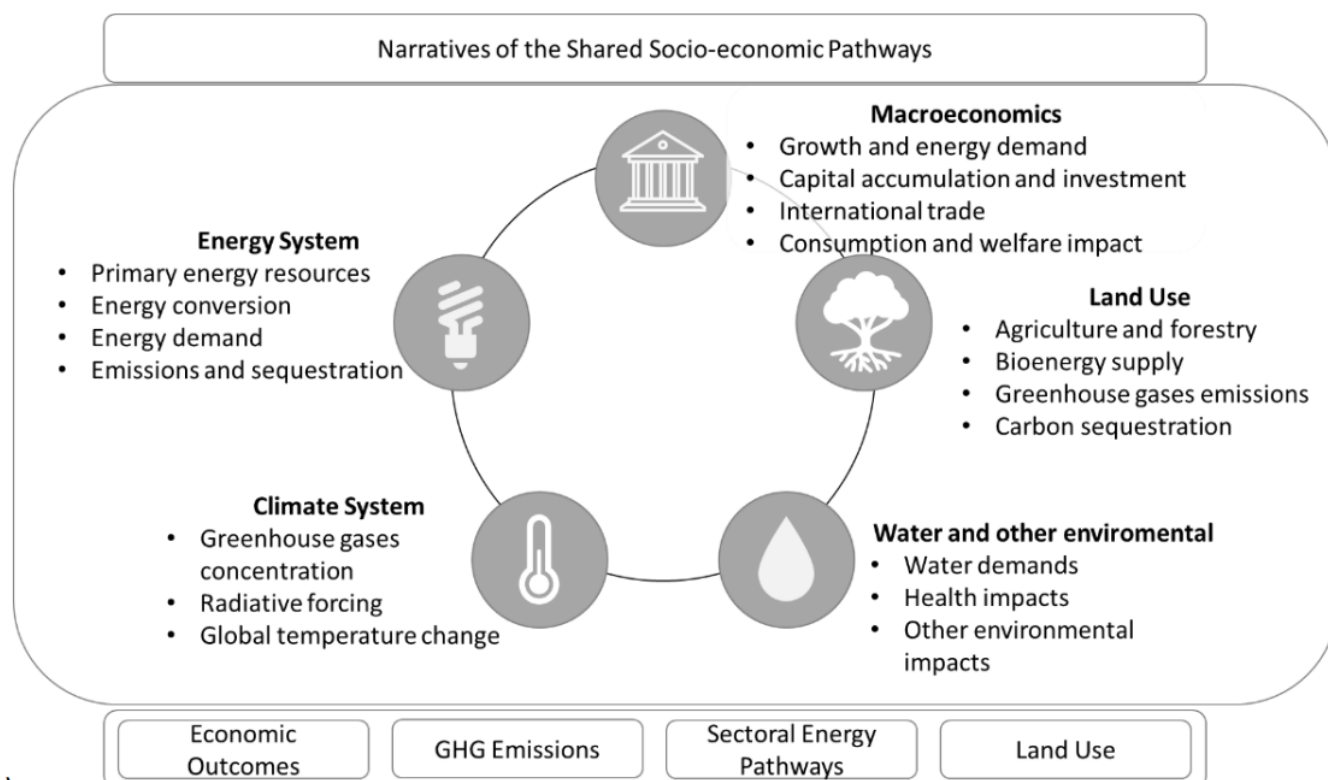


Figure 48 – Diagramme simplifié des éléments intégrés dans les Integrated Assessment Models (IAM)

Source (NGFS, 2024)

4.3.2.4. 3 IAM : REMIND-MAgPIE, GCAM et MESSAGEix-GLOBIOM

Le NGFS propose trois IAMs pour l'élaboration de ses scénarios. Ce sont les suivants :

- GCAM (*Global Change Assessment Model*) : développé par le laboratoire *Pacific Northwest National Laboratory* (PNNL). C'est un modèle global qui représente le comportement et les interactions entre cinq systèmes (système énergétique, l'eau, l'agriculture et l'utilisation des terres, l'économie et le climat) sont représentés dans un système unique fonctionnant de manière simultanée. Une représentation schématique est donnée en Figure 49 (à visée illustrative uniquement, ne reflétant pas la réalité complexe du modèle).

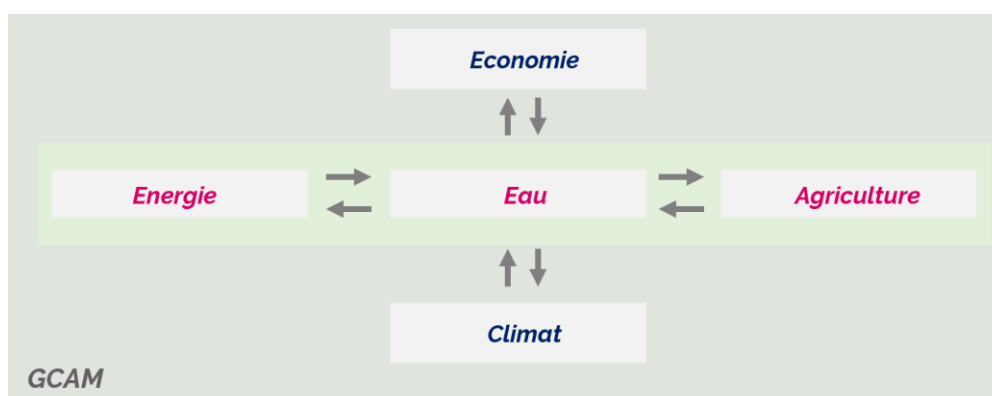


Figure 49 - Structure simplifiée du modèle GCAM

Source (NGFS, 2024)

- REMIND-MAgPIE : développé par le laboratoire PIK (*Potsdam Institute for Climate Research*). Comme son nom l'indique, il est composé des deux modèles REMIND (*Regional Model of Investments and Development*), énergie-économie-climat, et MAgPIE (*Model of Agricultural Production and its Impact on the Environment*) modèle intégrant l'usage des sols. Le modèle climatique MAGICC est utilisé dans cet IAM. Il modélise les interactions entre l'agriculture, l'exploitation des terres, les émissions de gaz à effet de serre et le changement climatique. Une représentation graphique est faite en Figure 50 (à visée illustrative uniquement, ne reflétant pas la réalité complexe du modèle). Il fournit les données pour 12 régions. L'avantage de ce modèle est qu'il peut inclure la modélisation du risque physique chronique (NGFS, 2024) et son impact sur le PIB.

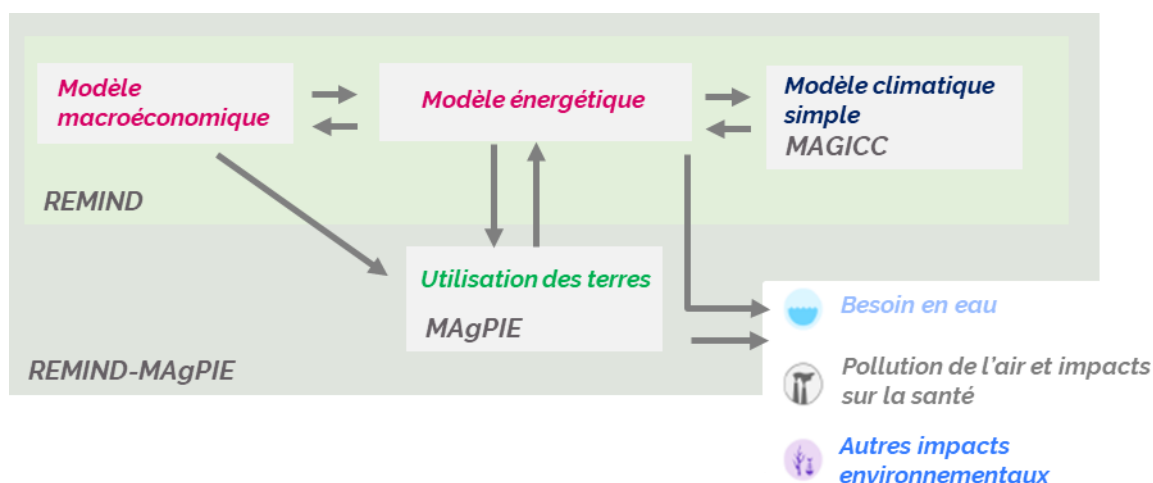


Figure 50 - Structure simplifiée du modèle REMIND-MAgPIE

Source (NGFS, 2024)

- MESSAGE-GLOBIOM : développé par IIASA (*International Institute for Applied Systems Analysis*). Il est lui-même composé de cinq modèles différents qui se complètent car spécialisés dans différents domaines, comme le montre la Figure 51 (à visée illustrative uniquement, ne reflétant pas la réalité complexe du modèle). Il doit son nom aux modèles MESSAGE (*Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact*) et GLOBIOM (*Global Biosphere Management Model*), ses deux composants les plus importants. Il fournit les données pour 12 régions.

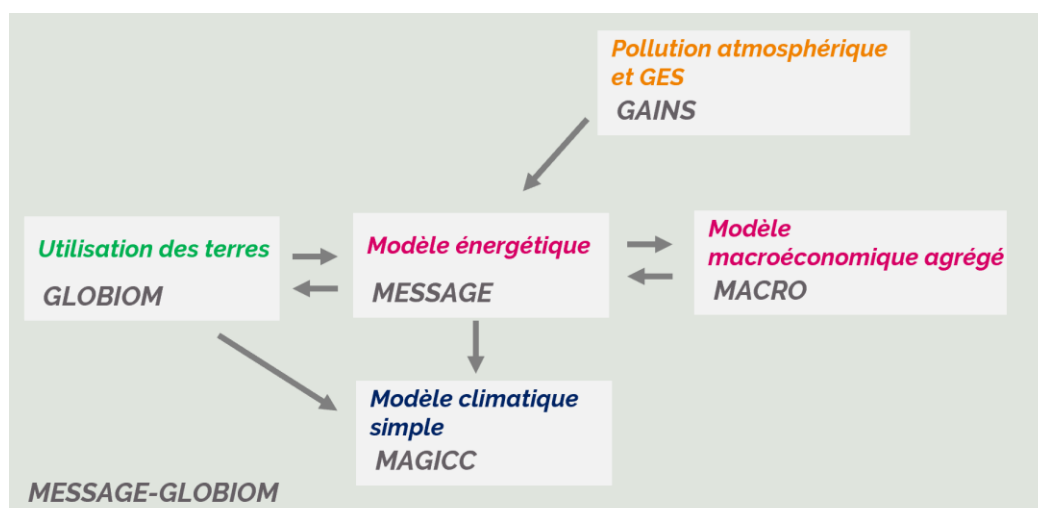


Figure 51 - Structure simplifiée du modèle MESSAGE-GLOBIOM

Source (NGFS, 2024)

4.3.2.5. Limite de ces modèles

Ces modèles soulèvent de nombreuses critiques et limites (THE SHIFT PROJECT & IFPEN, 2019). Outre leur complexité, impliquant le fait que ces modèles ne soient accessibles que par des initiés, les résultats sont difficilement interprétables. En effet, ces modèles optimisent des fonctions liées à l'emploi des ressources dans lesquelles interviennent des agents supposés rationnels maximisant leur bien-être ou leurs profits. On comprend bien l'écart qui peut résulter entre la modélisation et la réalité.

De plus, par définition d'un modèle, les résultats en sortie de chacun des modèles diffèrent fortement, comme on peut le voir sur la Figure 52. Ces graphes ont été produits par l'ACPR dans le cadre de leurs travaux sur les scénarios climatiques de l'exercice pilote 2020. On observe les écarts de résultats des trois modèles d'évaluation intégrée, ainsi que les trajectoires calibrées par l'ACPR dans le cadre de son exercice. Elle explique notamment qu'elle s'est alignée sur le modèle GCAM pour le scénario de transition ordonnée, et sur le modèle REMIND pour le scénario de transition désordonnée.

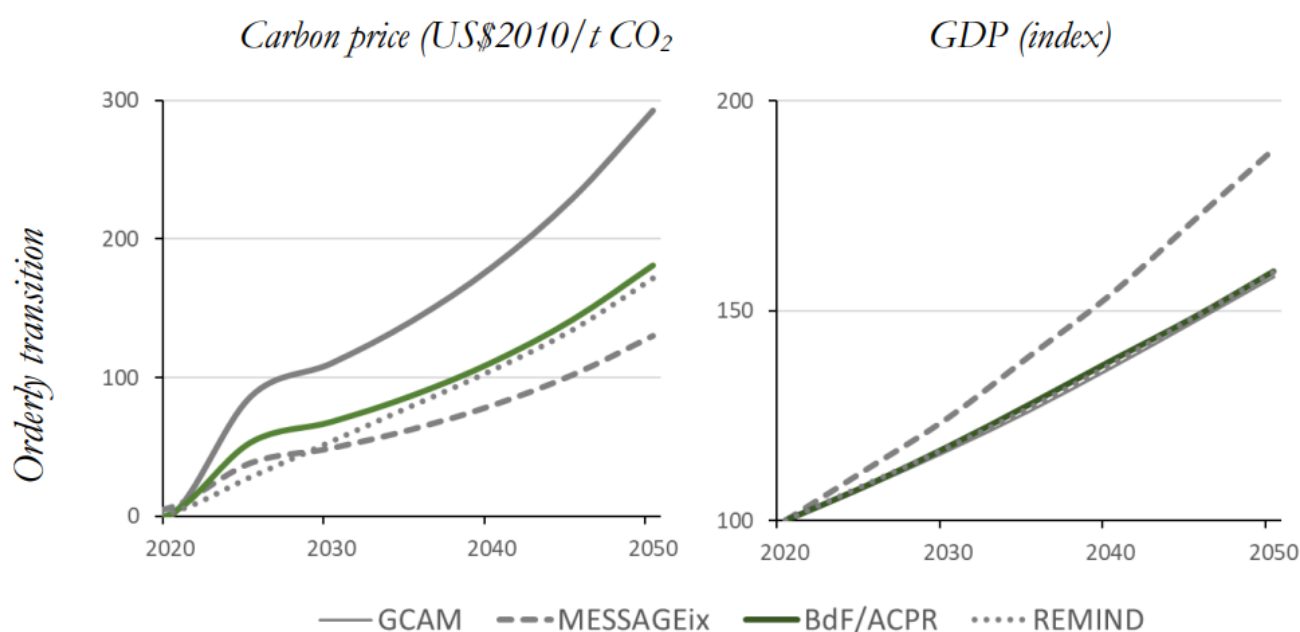


Figure 52 - Ecart entre les modèles sur les prix du carbone et le PIB dans le scénario de transition ordonnée

Source (Allen & al., 2020)

4.4. Les modèles NiGEM et sectoriels

4.4.1. Le modèle NiGEM

Les modèles d'évaluation intégrée produisent donc les évolutions de prix du carbone, d'émissions de GES et de PIB, à une maille agrégée, qui est peu exploitable et réaliste pour les institutions financières ayant des actifs et des passifs localisés. Il est donc nécessaire d'avoir ces variables à des mailles plus fines. C'est le rôle du NiGEM (*National institute Global Econometric Model*), un modèle macroéconomique multi-pays développé par le *National Institute for Economic and Social Research* (NIESR).

Le modèle NiGEM est la dernière étape de la création des scénarios par le NGFS. Ses sorties sont disponibles sur la plateforme dédiée²⁴. Pour la phase V, elles contiennent les données des 3 IAM, pour 56 régions, 860 variables, comme le prix du carbone, le PIB, le taux d'inflation, les taux long terme ou le taux de chômage, par année, de 2022 à 2050.

Dans le cadre du modèle de l'ACPR, le modèle du NiGEM utilisé a été développé par l'ACPR et la Banque de France. En effet, le NiGEM n'est, à l'origine, pas un modèle climatique. Il projette un certain nombre de variables macroéconomiques comme le PIB, l'inflation, le chômage ou le déficit ou la dette publique à une maille pertinente (pays/région), mais qui nécessite d'être affinée à la maille sectorielle.

Dans son modèle, l'ACPR a notamment adapté les caractéristiques suivantes :

- Taxe carbone et prix des combustibles fossiles : introduction d'une taxe carbone contribuant à l'augmentation du prix des combustibles fossiles pour chaque pays ;
- Equation des prix : l'introduction de la taxe carbone impacte aussi généralement les prix des imports (via l'augmentation du prix du pétrole) ;
- Redistribution de la taxe carbone : celle-ci constitue une source de revenue pour le gouvernement, qui doit être utilisée à bon escient (baisse des impôts) ;
- Politique monétaire : atténuation des effets inflationnistes des politiques monétaires.

4.4.2. Les résultats des scénarios du NGFS

Lors de la présentation de chacune des nouvelles phases, le NGFS fournit les résultats de ses scénarios :

- Pour le risque de transition : le prix du carbone par scénario et par IAM, les émissions de gaz à effet de serre, la répartition du mix énergétique et les prix de l'énergie, comme celui du pétrole ;
- Pour le risque physique : les pertes de PIB dues aux événements climatiques extrêmes et au risque physique chronique ;
- Macroéconomiques : le PIB, inflation et chômage, taux d'intérêt.

²⁴ <https://data.ene.iiasa.ac.at/ngfs/#/login?redirect=%2Fworkspaces>

Ces résultats permettent de constater les évolutions d'une phase à l'autre, mais aussi de comparer les résultats des scénarios entre eux. Cela permet aux institutions financières souhaitant exploiter ces résultats d'avoir une première vision des impacts sur les variables macroéconomiques, et leur permet de choisir les scénarios adéquats à leurs objectifs : sensibilité forte sur les métriques financières ou alignement avec les objectifs de décarbonation.

4.4.3. Le modèle sectoriel

Les modèles sectoriels sont utilisés pour discriminer les secteurs d'activités suivant leurs expositions climatiques.

Dans le modèle de l'ACPR, un modèle sectoriel d'équilibre général est utilisé. Il permet de décomposer l'activité économique de quatre ensembles géographiques (France, reste de l'UE, Etats-Unis, reste du monde) en un certain nombre de secteurs d'activité. Il a été ajusté à partir du modèle développé par Devulder et Lisack (2020)²⁵. Il repose sur une matrice entrées-sorties globale qui représente les productions et les échanges bilatéraux des différents secteurs. Le modèle sectoriel permet ainsi de déterminer des niveaux de valeur ajoutée et de chiffre d'affaires par secteur pour chaque scénario.

En 2020, l'ACPR proposait 55 secteurs d'activités NACE de la base WIOD (*World Input Output Database*). En 2023, l'ACPR a choisi de regrouper les secteurs les moins sensibles, et au contraire de fournir les données à une plus grande granularité pour les secteurs les plus sensibles, résultant en 22 groupes de secteurs NACE au total.

4.4.4. Mise en cohérence

Comme on peut le voir sur la Figure 45, une mise en cohérence est faite entre ces deux modèles. Elle a pour but de réconcilier les variables macroéconomiques, les prix du carbone et la réaction des économies à ces prix.

4.5. Modules finaux

Un bloc final financier est ajouté aux modèles du NiGEM et sectoriel. Il est composé d'un modèle de cotation et de trois modules financiers.

Le modèle de cotation

C'est un modèle développé par la Banque de France. Il permet d'évaluer le risque de crédit en calculant des probabilités de défaut au niveau des entreprises françaises.

²⁵ <https://publications.banque-france.fr/sites/default/files/medias/documents/wp760.pdf>

Les modules financiers

Le *Dividend Discount model* estime les impacts des chocs sur le prix des actions au niveau sectoriel et par zone géographique.

La courbe des taux sans risque de l'EIOPA, permettant l'actualisation des montants de meilleure estimation, est projetée pour chacun des scénarios.

Enfin, le dernier module calcule et projette les spreads de crédit des entreprises.

Ces modules finaux permettent la projection des scénarios économiques qui ont auparavant intégré des données climatiques. Ils peuvent ensuite être exploités par les institutions financières. Les banques et assurances avaient été sollicitées en 2020, alors qu'en 2023 seules les assurances avaient participé à l'exercice.

4.6. Application à notre étude

Afin d'exploiter les scénarios du NGFS, la première étape consiste à télécharger les données depuis le portail du NGFS²⁶. La dernière version disponible est la phase V. Des exemples de liste de variables sont disponibles en Annexes (D et E) ; On présente donc ici les résultats de cette phase. Le dossier téléchargé contient cinq fichiers Excel :

- **Trois sorties des trois IAM à une maille détaillée** : par scénario (7), par pays (146) et par variable climatique (entre 186 et 576, dépendant de l'IAM). Dans les variables on retrouve par exemple les émissions de CO₂, la population et le prix du carbone. On peut par exemple tracer, pour l'IAM REMIND-MAGPIE, les trajectoires des émissions de CO₂ pour les sept scénarios :

²⁶ <https://data.ene.iiasa.ac.at/ngfs/#/workspaces>

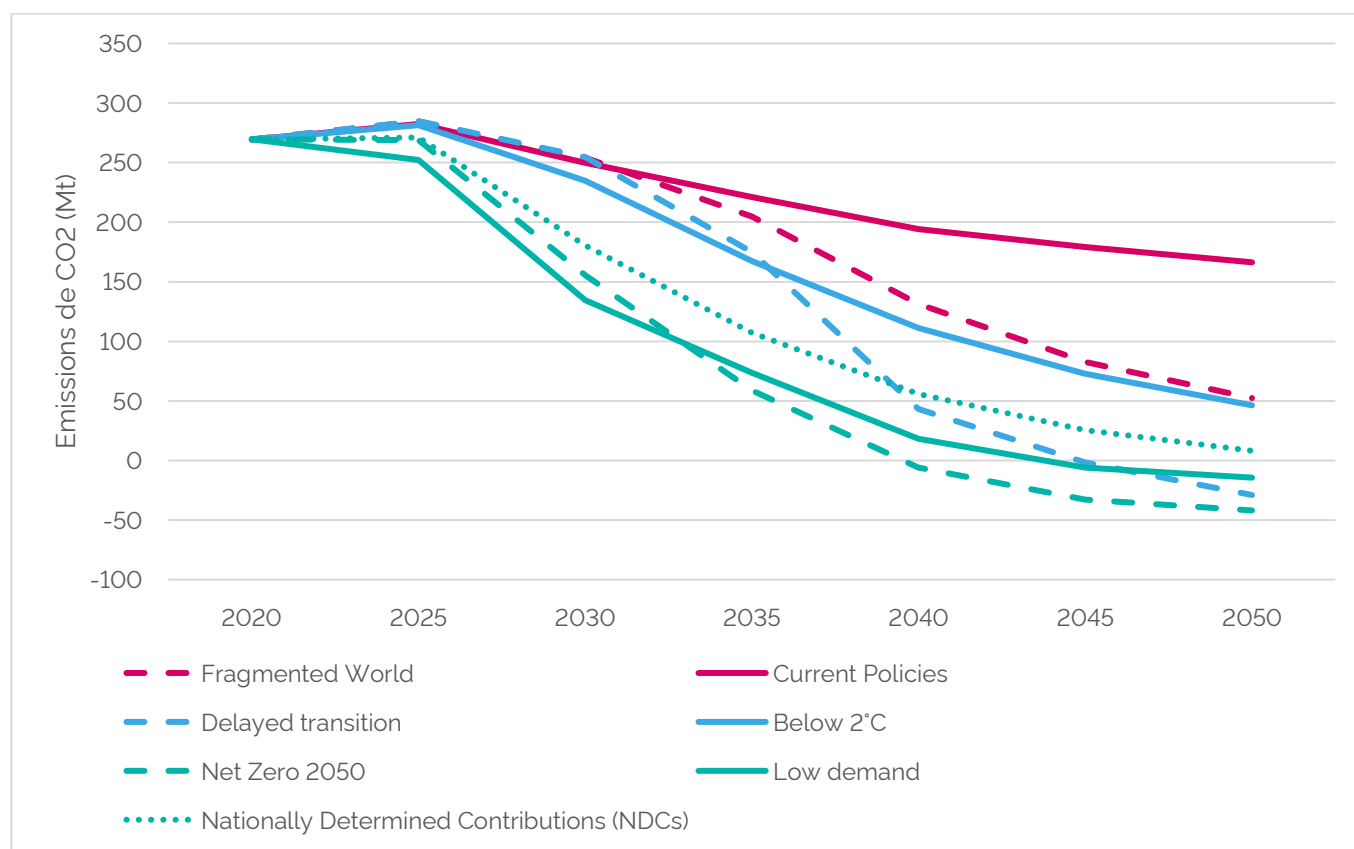


Figure 53 - Trajectoires des émissions de CO2 (REMIND-MAGPIE)

- **Une compilation de ces sorties à une maille plus agrégée** : par IAM, par scénario, par région, par variable. Dans ce fichier, les émissions de CO2 sont agrégées à la maille Europe (par exemple). Il n'y a plus le détail à la maille pays. La typologie des variables de ces fichiers ne nous concerne pas dans le cadre de ce mémoire car elles sont inexploitable telles quelles.
- **La sortie du modèle NiGEM** : par IAM, par scénario, par région (on retrouve une maille pays, et le monde) et par variable. On y trouve des variables d'ordre macro-économiques et financières : cours des actions, taux de change, PIB, taux d'inflation et taux d'intérêt long terme.

Souhaitant en premier lieux exploiter cette dernière sortie, nous avons été confrontés à de nombreux points de blocage, ne nous permettant pas d'utiliser cette option. Afin de créer un scénario, de manière simplifiée, certaines données sont indispensables (présentées dans le chapitre précédent). Le taux d'intérêt long terme (représenté en Figure 54 ne nous permet pas de reconstruire une courbe des taux sans risques. Le choc sur le cours des actions n'est pas donné à une maille assez fine (sectorielle). Aucune donnée sur les spreads de crédit n'est disponible. L'horizon temporel est aussi problématique : projeter sur 25 ans est une difficulté supplémentaire, par rapport à une projection sur 5 ans. On comprend là tout l'intérêt des modules finaux créés par l'ACPR, mais dont on ne dispose pas.

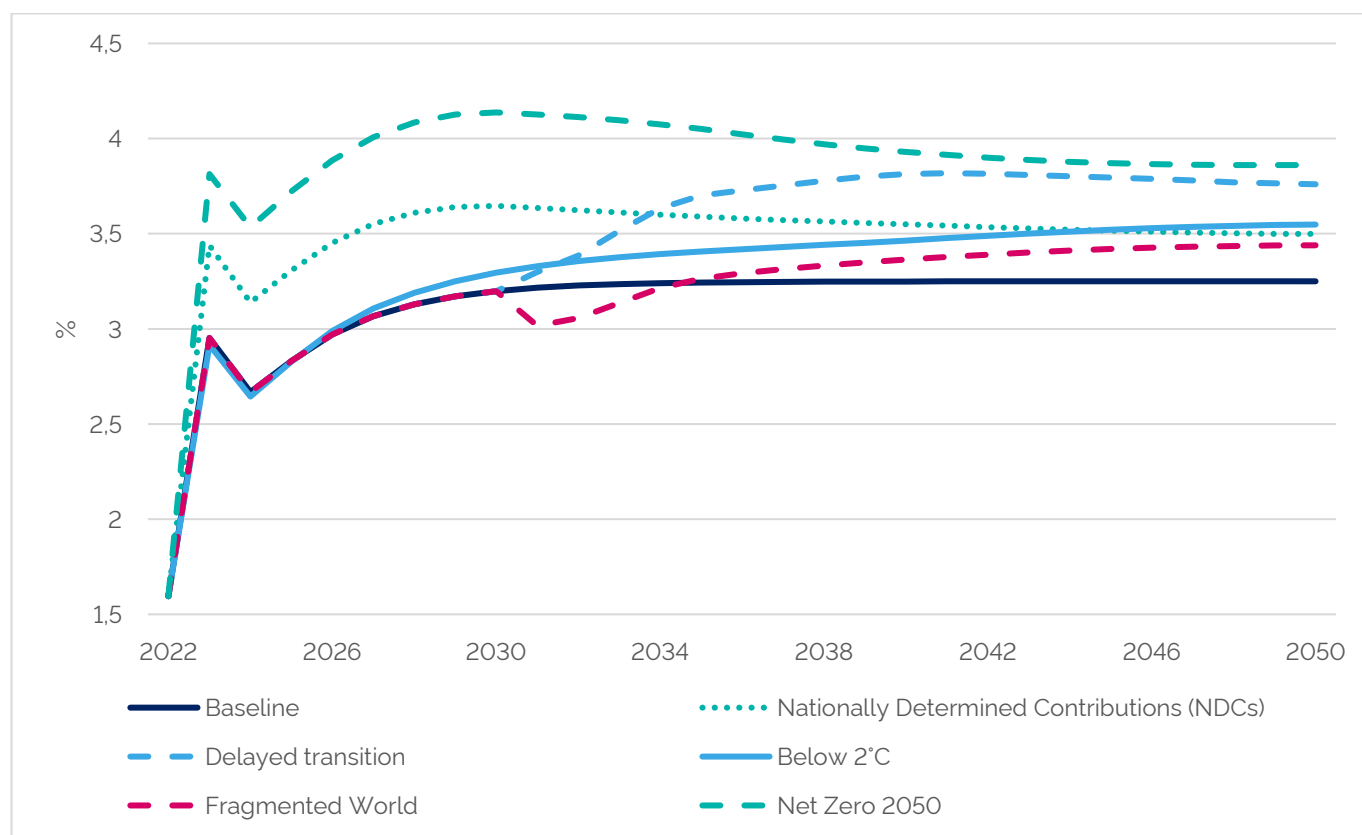


Figure 54 - Taux d'intérêt long terme (REMIND-MaGPIE) en sortie du NiGEM

C'est pourquoi, malgré de nombreux travaux de recherche sur la construction des scénarios climatiques grâce aux données du NGFS, nous avons choisi de ne pas exploiter cette méthode. Les travaux de recherche ont tout de même été détaillés dans ce mémoire, car ils permettent de mieux comprendre les hypothèses des exercices climatiques que les assureurs ont l'habitude d'exploiter.

4.7. Synthèse

Ce chapitre présente, de manière générale, la construction d'un scénario climatique, illustrée grâce à la méthodologie employée par l'ACPR dans ses exercices climatiques de 2020 et 2023. Les résultats de l'application de ces scénarios lors de l'exercice climatique ACPR de 2023 ont été présentés dans le Chapitre 3. Les scénarios présentés sont ceux du NGFS. Leur avantage est de constituer un point de départ commun pour l'évaluation des risques liés au changement climatique, combinant risque de transition, risque physique et risques macroéconomiques. Ils sont de plus accessibles gratuitement sur une plateforme dédiée²⁷ sur laquelle on peut visualiser les scénarios.

Le point de départ consiste en un narratif décrivant un futur plausible d'états du monde à un certain horizon (2050, 2100). Ce ne sont ni des prévisions ni des prédictions pour le futur. Chaque scénario est caractérisé par son niveau de risque physique et de transition, eux-mêmes expliqués par le niveau d'ambition politique, le calendrier de mise en œuvre des politiques, les leviers technologiques, les émissions de gaz à effet de serre et le niveau des températures à un certain horizon temporel (voir Tableau 13).

Vient ensuite la modélisation du risque. Le NGFS explique utiliser différents modèles afin de refléter l'incertitude inhérente à la modélisation des risques macroéconomiques et financiers liés au climat. Ils permettent de capter de manière séparée, mais cohérente, les contingences climatiques, macroéconomiques et financières. Ces modèles sont appelés « la suite de modèle du NGFS ». Ce sont les modèles de risque physique (chronique ou aigu), de risque de transition, (les trois modèles d'évaluation intégrée, IAM, REMIND MagPIE, GCAM et MESSAGEix-GLOBIOM), et le modèle macroéconomique (le NiGEM). L'interaction entre ces modèles est représentée en Figure 35. Les scénarios de transition et physiques sont alignés sur les trajectoires des températures, Les trois IAM produisent les variables liées à l'énergie et les émissions de gaz à effet de serre, et alimentent le modèle NiGEM. De même pour le module de risque physique chronique, des chocs de PIB sont calculés à l'aide d'une fonction de dommage, puis introduits comme entrée dans le modèle NiGEM.

Les IAM sont des représentations simplifiées de systèmes physiques et sociaux complexes, se concentrant sur l'interaction entre l'économie, la société et l'environnement. Les IAM représentent le système couplé énergie-économie-terre-climat à des degrés divers. Le fait de disposer de trois IAM permet de les comparer entre eux en comparant les données en sortie de ces trois modèles, et de tester la robustesse de ce qu'ils produisent. Les IAM utilisés par le NGFS incluent la modélisation de nombreux secteurs de l'économie, tels que l'énergie, l'utilisation des terres et le changement d'utilisation des terres ; les interactions entre les secteurs ; l'économie dans son ensemble ; les émissions de GES associées et les puits ; et des représentations réduites du système climatique. Cette classe de modèles est utilisée pour évaluer les liens entre le développement économique, social et technologique et l'évolution du système climatique (NGFS, 2024).

²⁷ <https://www.ngfs.net/ngfs-scenarios-portal/>

Le module final des scénarios du NGFS est le module macroéconomique, le modèle du NiGEM. Il prend en entrée les données des IAM, des modèles de risque physique chronique et aigu, et produit les variables macroéconomiques et financières, par IAM, région et année.

Les résultats des simulations du NGFS sont disponibles sur leur portail.

A ces modèles, la Banque de France et l'ACPR ajoutent un modèle sectoriel et deux modules finaux. Ces blocs finaux permettent d'obtenir des hypothèses habituellement traitées par les compagnies d'assurance, comme la courbe des taux d'intérêt EIOPA, les chocs actions et de spreads à appliquer à leur portefeuille à une maille sectorielle (code NACE ou secteurs GIGS).

La construction d'un scénario climatique est une des étapes de l'évaluation des risques liés au changement climatique de la méthodologie proposée par l'EIOPA (EIOPA, 2022). Cependant, comme nous avons pu le constater au cours de cette étude, bien que le NGFS fournisse les données du NiGEM, celles-ci nécessitent d'être traitées par des modèles sectoriels que nous n'avons pas à disposition. La solution serait de disposer des sorties du modèle de la Banque de France et de l'ACPR à chaque publication des phases du NGFS. Afin de contourner ce point de blocage, nous proposons une autre solution dans le chapitre suivant. Ce chapitre nous aura permis de nous familiariser avec le vocabulaire associé à l'élaboration des scénarios climatiques et d'en comprendre les mécanismes.

Chapitre

5

Application pour un ORSA climatique

5.1. Construction d'un scénario climatique

Etant donnée la complexité de construction d'un scénario climatique, il a été choisi de mettre en place une méthodologie permettant de choquer la trajectoire du business plan (BP) de l'entreprise selon une méthodologie de stress test. Le scénario de transition est décrit dans cette partie.

5.1.1. Narratif et choc macroéconomique

Nous choisissons d'évaluer les métriques de solvabilité uniquement selon un scénario semblable au scénario *Delayed Transition*, de transition retardée, c'est-à-dire dans lequel les mesures d'adaptation sont prises tardivement et ont de forts impacts sur les marchés financiers. L'objectif est de définir un scénario propre à l'entreprise, aligné avec l'appétence aux risques climatiques qui traduit également les engagements pris vis-à-vis des parties prenantes.

Afin de mettre en cohérence l'horizon du business plan et de notre exercice, nous choisissons d'évaluer les métriques financières sur un horizon court terme de 5 ans. Nous rappelons que nous sommes le 31/12/2023 et que nous souhaitons projeter les éléments de solvabilité sur les 5 prochaines années (du 31/12/2024 au 31/12/2028).

Le scénario choisi consiste en un exercice de stress test en vision prospective. A partir de la trajectoire financière centrale de CNP ClimaVie, nous venons appliquer un choc et nous étudions les impacts de ce choc sur la trajectoire centrale. Nous envisageons donc le scénario suivant :

Années 2024 à 2025 : stabilité financière

De 2024 à 2025 les marchés financiers suivent les prévisions du business plan de CNP ClimaVie.

Année 2026 : canicule de grande ampleur

En 2026, une canicule, similaire à la canicule de 2003 frappe l'Europe. Les pays du sud comme l'Espagne, le Portugal et la France sont particulièrement touchés. En France, on constate une forte surmortalité due aux vagues de chaleur. Fin 2026, après les événements climatiques exceptionnels de l'été, on suppose un brusque ajustement des marchés financiers. Ces derniers, réagissant aux conséquences désastreuses de l'été qui a précédé, anticipent la mise en œuvre rapide de réglementations sur le carbone dans plusieurs économies majeures (Etats-Unis et Union Européenne). Le choc de marché advient en fin d'année 2026, et prend la forme d'un choc de valorisation touchant plus particulièrement les actifs des secteurs les plus émetteurs de gaz à effet de serre (industrie, énergie, matériaux de construction).

Années 2027 à fin 2028 : réaction des marchés financiers

En 2027 et 2028, l'instabilité se confirme, les marchés restent à leurs niveaux de fin 2026 et se stabilisent.

Le déroulé des événements est représenté en Figure 55.

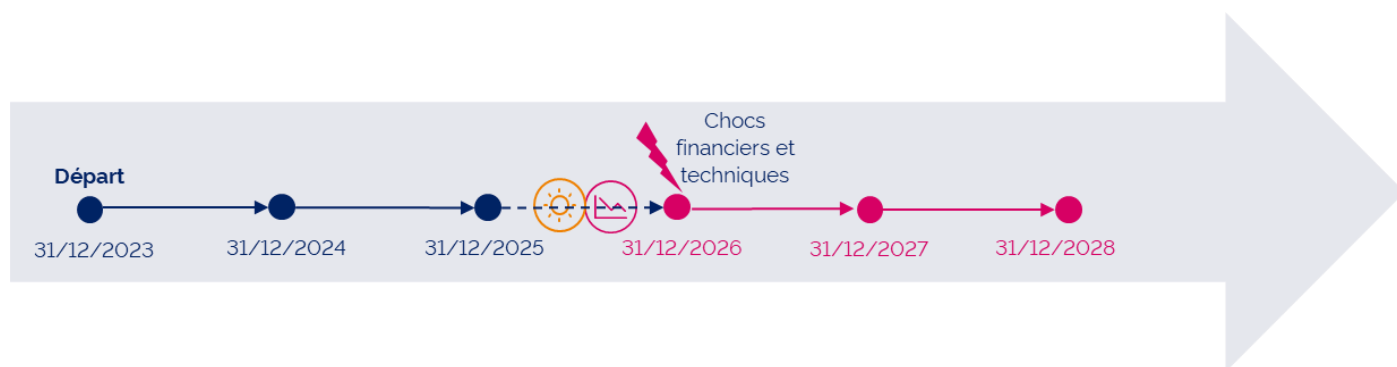


Figure 55 - Scénario climatique de 2024 à 2028

5.1.2. Hypothèses financières

Les volontés de départ et la démarche envisagée étaient d'exploiter les scénarios du NGFS, c'est-à-dire les sorties du modèle NiGEM. Cependant, nous avons été confrontés à la difficulté d'exploiter ces sorties sans modèle adapté comme celui développé par l'ACPR et présenté dans le paragraphe 4.4.3. L'exercice se résume donc en un travail de recherche et de compréhension de ces modèles. Avec la mise à disposition du modèle de l'ACPR, nous pourrions exploiter annuellement les résultats des scénarios annuels du NGFS, dans le cas où la volonté du NGFS serait de mettre à jour annuellement ces scénarios. De plus, la proposition du NGFS en fin de phase V est la création de scénarios de court terme. Ceux-ci pourraient être exploités et les outils adaptés à de tels scénarios, pour une mise à jour annuelle facile.

La solution envisagée a donc pour point de départ les conditions économiques à fin 2023. Le scénario choisi montre que les chocs sur les marchés sont à retardement, et se matérialisent au 31/12/2026 comme un choc instantané sur le portefeuille. Le choix a été fait de retenir les chocs financiers du stress test climatique IORP de l'EIOPA, décrit en partie 3.4.1, étant donnée la nature du choc (instantané et climatique). Les hypothèses financières utiles à nos calculs sont résumées dans les sections ci-dessous. On se place dans un scénario dans lequel les stress se réalisent de manière concomitante : en période de crise, les stress surviennent sur tous les actifs risqués simultanément.

Au-delà de 2026 les conditions économiques sont stables par rapport au choc de 2026, on reprend notamment les hypothèses de croissance du business plan central.

5.1.2.1. Hypothèses de taux et spreads souverains

Etant donnée la composition du portefeuille, on ne retient que le taux souverain français dans les hypothèses. L'OAT 10 ans croit brusquement en fin d'année 2026 puis se maintient à 4%. Au-delà, le taux est stable. Les variations de l'OAT 10 ans sont données en Figure 56. Elles sont similaires à celle des taux d'intérêt long terme du scénario *Delayed Transition* du NGFS : stable sur les premières années, croit brusquement et tend à se stabiliser à long terme.

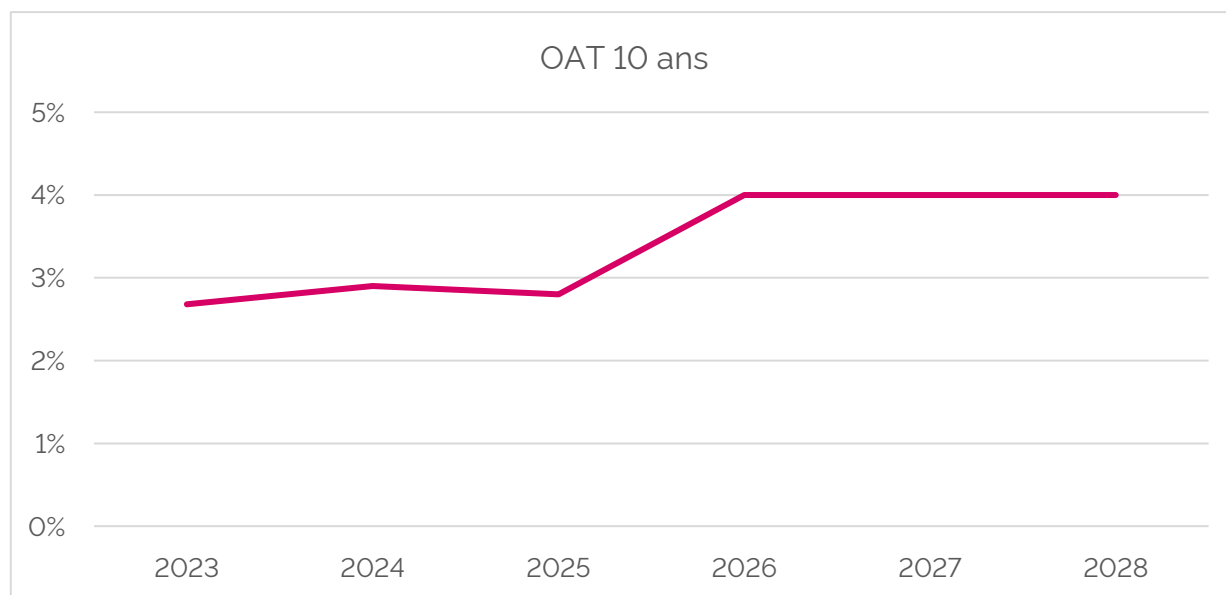


Figure 56 - Evolution de l'OAT 10 ans de 2023 à 2028

Le choc de spread souverain retenu au 31/12/2026 est de 26,7 bps pour la maturité 1 an jusqu'à 43 bps pour la maturité 10 ans. Ce choc correspond aux hypothèses du stress test IORP, données en Annexe 0. Le choc sur les spreads souverains est de 35 bps en moyenne.

5.1.2.2. Courbes des taux sans risque EIOPA

Les courbes des taux sans risques EIOPA à fin 2021 en central et en situation adverse sont données dans les hypothèses du stress test IORP. La Figure 57 présente ces courbes ainsi que l'écart entre ces courbes. On applique le choc entre ces deux courbes à la courbe des taux sans risques EIOPA au 31/12/2025 du business plan afin d'obtenir la courbe des taux au 31/12/2026. L'avantage d'exploiter et de choquer le business plan central, est le fait d'avoir les courbes des taux sans risque.

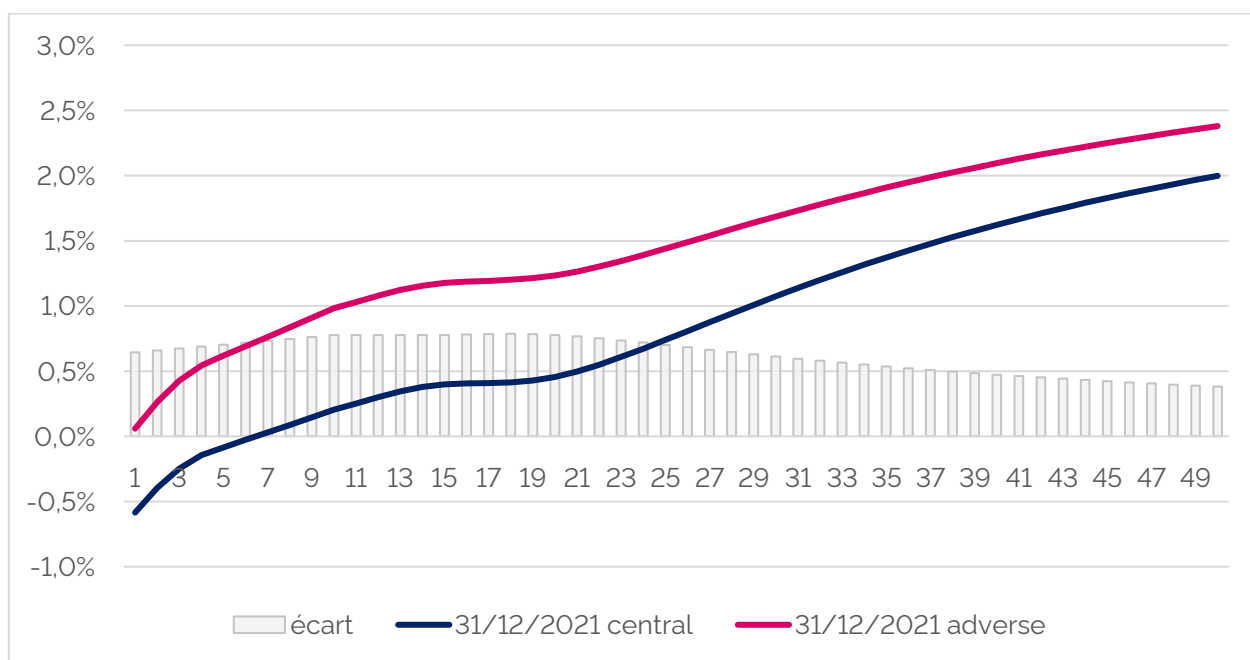


Figure 57 - Courbes des taux d'intérêt sans risque de l'EIOPA du stress test IORP

5.1.2.3. Hypothèses des marchés actions

Le choc sur les indices actions se déduit des chocs sectoriels donnés dans le stress test IORP. L'EIOPA fournit les chocs pour 23 codes NACE au total. Ces derniers sont donnés en Annexe O, et correspondent à une moyenne de -15,5%. L'évolution du CAC 40 est donnée en Figure 58.

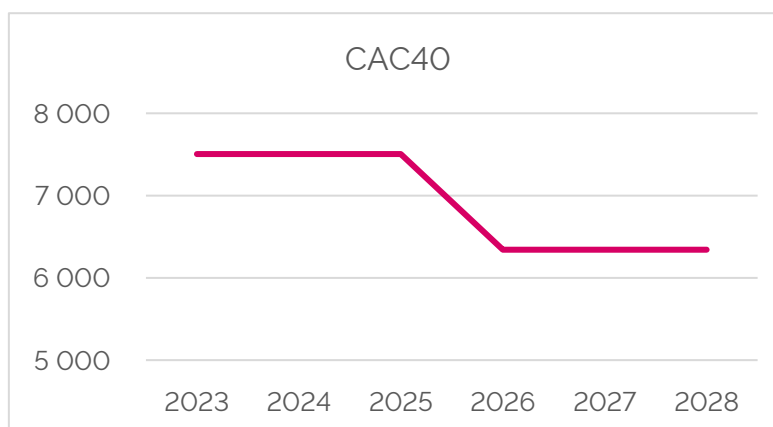


Figure 58 - Evolution du CAC40 de 2023 à 2028

La Figure 59 présente les niveaux de chocs des secteurs les plus choqués au 31/12/2026 par rapport au 31/12/2023.

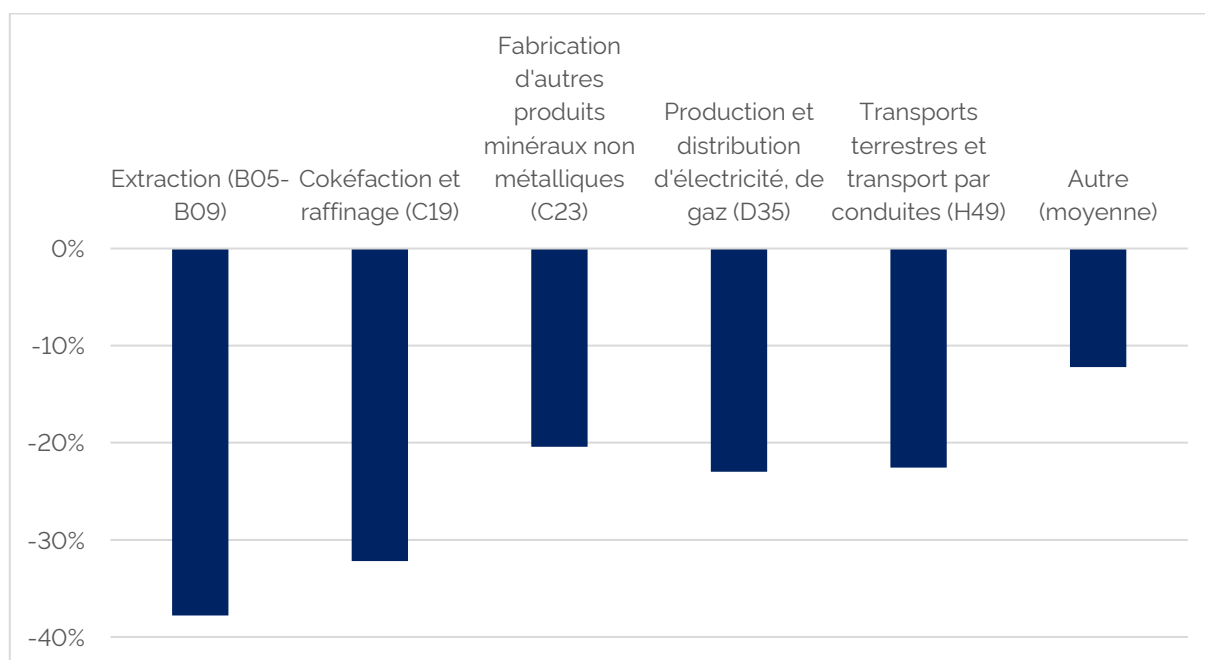


Figure 59 - Chocs sur le prix des actions au 31/12/2026 par rapport au 31/12/2025

5.1.2.4. Hypothèses de spread corporates

Les chocs de spreads *corporates* sont donnés par les hypothèses du stress test IORP à une maille identique à celle du choc sur le prix des actions. Ils sont représentés en Figure 60 et l'intégralité des chocs est donnée en Annexe O.

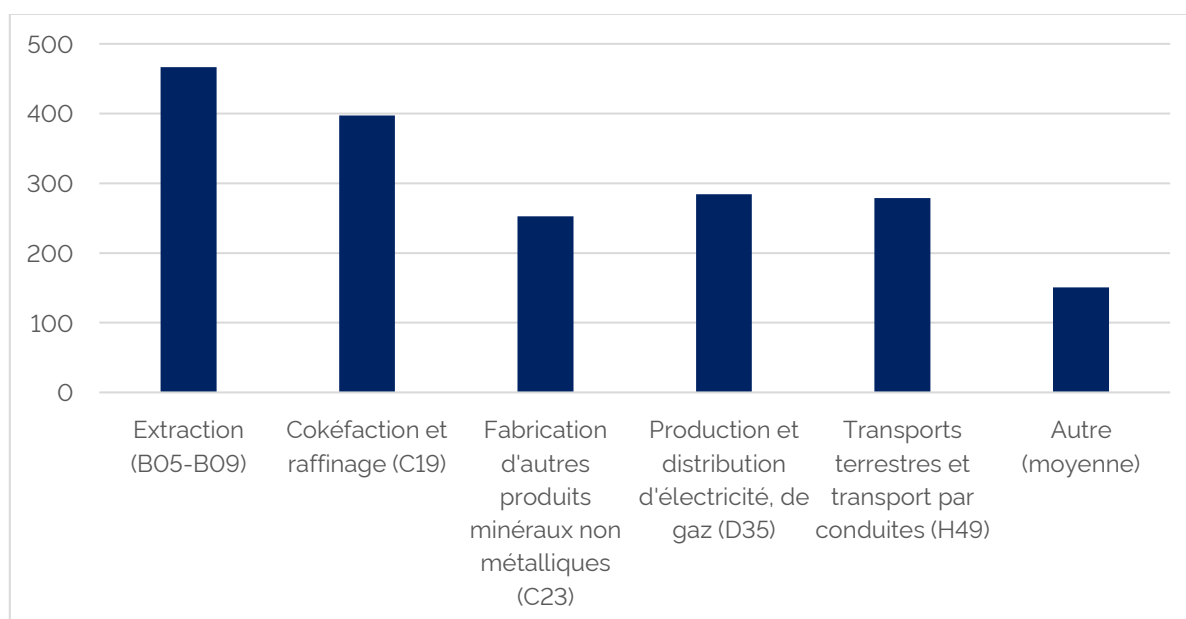


Figure 60 - Chocs sur les spreads de crédit corporate au 31/12/2026 par rapport au 31/12/2025

5.1.2.5. Hypothèses sur l'immobilier

On applique un choc à dire d'expert de -25% sur l'immobilier. Cela correspond à une crise sévère sur l'immobilier, corrélée à l'augmentation brutale des taux sur la période.

5.1.2.6. Comparaison des stress des exercices climatiques IORP et ACPR

Le choc sur les taux swap de l'exercice climatique court terme ACPR est entre +20bps et +80bps, c'est-à-dire comparable au stress test IORP. On note tout de même que le choc sur les taux courts est beaucoup plus fort sur le scénario ACPR (+460bps en moyenne pour l'OAT de durée inférieure à 3 ans).

Les chocs sont plus élevés dans l'exercice climatique ACPR. L'ACPR fournit l'élasticité par secteurs GICS (« bruns » et « verts »), contre codes NACE pour le stress test IORP. En France, en 2025, l'élasticité des secteurs « bruns » du scénario alternatif par rapport au scénario de base diminue de 40%, contre 30% pour le secteur « verts ». Les chocs du stress test IORP sont bien moins forts, et l'avantage de la maille donnée par le stress test IORP est d'avoir une poche « Other » qui pénalise moins les secteurs les moins carbonés.

On peut noter que les chocs de spreads de crédit sont beaucoup plus importants dans le stress test IORP que dans l'exercice climatique de 2023. La moyenne est de 191 bps sur tous les secteurs confondus, contre 95 bps pour les secteurs « bruns » et 81 bps pour les secteurs « verts » en 2025.

5.2. Chocs techniques

Pour la calibration des chocs techniques, nous avons travaillé avec la Chaire d'Excellence DIALog²⁸ de CNP Assurances. Elle a notamment créé l'Indice Climatique Actuariel Français (ICAF) sur lequel nous revenons car cette métrique pourrait être exploitée dans le cadre de l'évaluation des risques climatiques.

5.2.1. Indice climatique actuariel français

La Chaire d'Excellence DIALog – Digital Insurance And Long-term risks – est une Chaire de Recherche issue d'un partenariat entre CNP Assurances et la Fondation du Risque de l'institut Louis Bachelier. Elle a été créée en 2020 et court jusqu'en 2025, et est animée par une équipe de recherche pluridisciplinaire ainsi que des équipes opérationnelles de CNP Assurances.

Ses domaines d'expertise sont l'Intelligence Artificielle et le Machine Learning, appliqués aux problématiques actuarielles. On peut lire sur le site de la Chaire que ses objectifs sont :

- « Expliciter et étudier la notion de valeur client dans un contexte nouveau de digitalisation du secteur de l'assurance ;
- Améliorer les processus de gestion et de pilotage du risque technique en assurance vie et non vie ;

²⁸ <https://chaire-dialog.fr/>

- Avoir une réflexion de fond afin de mieux anticiper les besoins sociétaux futurs, grâce au développement d'une vision prospective relative aux risques environnementaux et liés à l'allongement de la durée de vie humaine. »

Elle a notamment fait du climat un domaine d'application. En juin 2024 a été publié le Livre Vert « Risque climatique et impact en assurance » (Garrido & al., 2024) visant à fournir une perspective actuarielle sur les impacts du changement climatique sur l'assurance, notamment dans les secteurs de la santé et de la vie. Nous présentons succinctement ces travaux.

Indice climatique actuariel français

L'Indice Climatique Actuariel Français (ICAF) a été développé dans le cadre des travaux de la Chaire. Il est une adaptation française de l'Actuaries Climate Index™ (ACI) qui est une mesure des risques climatiques à travers un panier d'événements climatiques extrêmes et de variations du niveau de la mer. Il est comparable, sur le principe, à l'Indice des Prix à la Consommation (IPC) qui mesure le prix d'un panier standard de biens et de services. Une augmentation de l'indice indique des événements climatiques extrêmes plus fréquents. Le choix d'étudier les extrêmes se justifie dans le fait que ce sont les événements extrêmes qui ont le plus d'impacts sur les assurés et leurs biens, ainsi que sur la société et l'économie. La moyenne au contraire, effacerait les extrêmes.

L'indice ACI combine six variables climatiques :

- Les pics de chaleur ;
- Les pics de froid ;
- Précipitation ;
- Sécheresse ;
- Vent ;
- Le changement du niveau de la mer.

En dehors du niveau de la mer, les 5 autres variables s'intéressent à la fréquence sur une période donnée de la valeur extrême.

Calcul de l'ACI nord-américain

$$ACI = \frac{1}{6} (T90std - T10std + Pstd + Dstd + Wstd + Sstd)$$

Où :

- *T90std* : Fréquence des températures supérieures à 90% des températures de la période de référence (1961 – 1990)
- *T10std* : Fréquence des températures inférieures à 10% des températures de la période de référence (1961 – 1990)
- *Pstd* : Maximum de précipitations sur 5 jours consécutifs dans le mois
- *Dstd* : Maximum du nombre de jours consécutifs sans pluie (moins d'1mm)
- *Wstd* : Fréquence de vitesse de vent supérieur à 90% des vitesses de vent de la période de référence (1961 – 1990)
- *Sstd* : Changement du niveau de la mer.

Ces variables sont calculées mensuellement et sont standardisées avec la moyenne et l'écart-type des valeurs mensuelles du mois concerné sur la période de référence. L'ACI est donc la moyenne de ces 6 variables standardisées, car ce qui importe ce n'est pas la valeur de cet indicateur mais son évolution dans le temps. Il est possible de calculer l'ACI sur une base mensuelle comme sur une base saisonnière (trimestrielle par exemple).

Calcul de l'ICAF

L'ICAF utilise la même formule de calcul, mais les données proviennent de l'ensemble de données de réanalyse ERA5-Land et des données de marégraphe provenant de PSMSL²⁹. L'intérêt est de calculer l'indice pour 10 000 cellules (définies à 0,1° x 0,1° de latitude et de longitude) couvrant le territoire français, puis l'agrégation aux niveaux régional et national.

Ce que l'on constate en Figure 61, c'est que la moyenne mobile sur 5 ans de l'indice croît avec les années, indiquant une hausse des événements climatiques extrêmes, et donc des sinistres associés :

- Les pics de chaleur entraînent une hausse de la mortalité des personnes vulnérables ;
- La sécheresse et les inondations sont souvent liées, les sols secs n'absorbent pas les pluies extrêmes qui se transforment immédiatement en inondations ;
- Les vents violents entraînent des conséquences immédiates sur les biens et les personnes ;
- Le niveau de la mer et l'érosion sont de réelles menaces pour les biens et personnes.

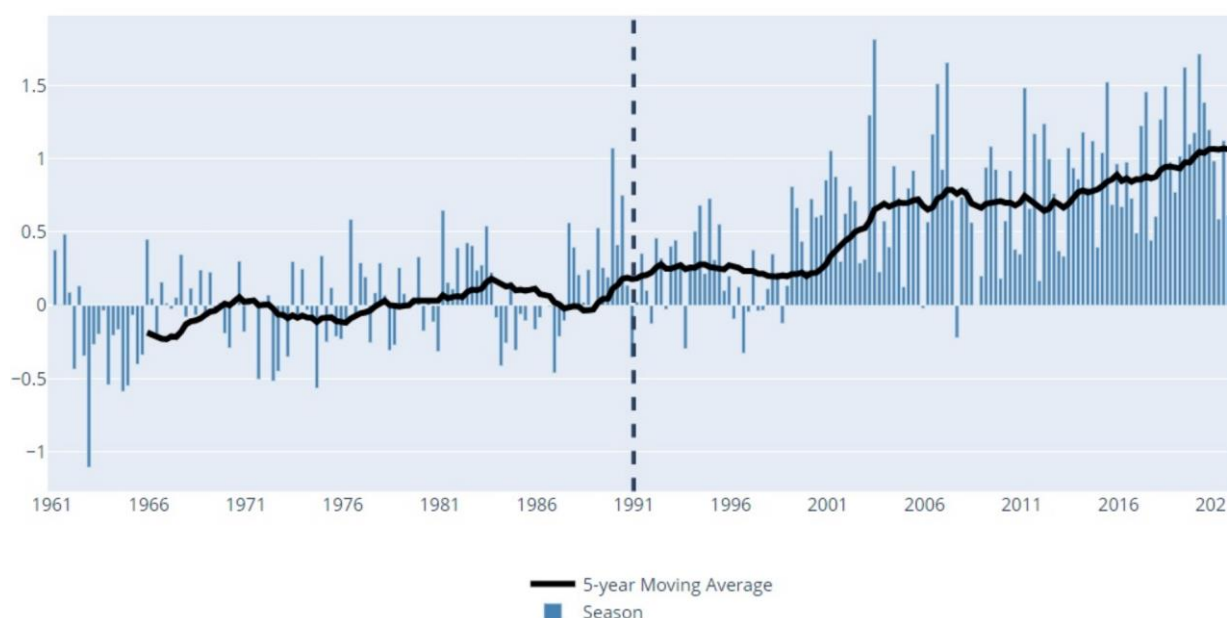


Figure 61- Valeurs de l'ICAF sur la période de référence 1961-1990, et jusqu'en 2022

Source (Garrido & al., 2024)

²⁹ <https://psmsl.org/>

L'ICAF est un exemple de travail de recherche et d'application fait par la Chaire DIALog montrant, avec une métrique actuarielle, les impacts du changement climatique. Pour la suite de l'exercice, nous nous reposons aussi sur leurs travaux afin de calibrer les chocs de mortalité sur le portefeuille d'épargne.

5.2.2. Calibration des chocs

5.2.2.1. Choc de mortalité

Dans le cadre de notre étude, nous ciblons uniquement les vagues de chaleur et leur impact sur la mortalité. Nous supposons donc que c'est la seule cause ayant un impact sur nos engagements envers les assurés. Nous négligeons les impacts sur la mortalité de la hausse de la pollution et le risque de progression des maladies vectorielles. Nous ne nous intéressons pas aux dommages aux biens ni aux frais de santé car notre entreprise fictive ne vend pas ce type de garanties.

5.2.2.2. Modèle

Pour calculer les impacts sur la mortalité, on utilise les scénarios produits par la Chaire DIALog dont le modèle est expliqué dans le Livre Vert. Ce modèle estime l'impact sur la mortalité de différents scénarios climatiques sur la base de trajectoire type RCP et tient compte de l'intensité des vagues de chaleur dans les prévisions de mortalité.

Le principe consiste à calculer pour 5 scénarios de vagues de chaleur, un choc de surmortalité par tranche d'âge.

La première étape consiste à simuler 5 scénarios des vagues de chaleur avec le modèle établi par la chaire DIALog. Le calendrier étudié est du 1^{er} juin au 10 septembre des 15 années de référence, de 2005 à 2019. Les 5 scénarios sont :

- Scénario basique, l'augmentation moyenne des décès sur la période est de 2,9% (+5400 décès sur la population nationale) par rapport à la période de référence
 - Vague de chaleur moyenne : la valeur minimale d'augmentation par rapport à la moyenne de décès sur la période de référence est de 2% (+3700 décès sur la population nationale) ;
 - Vague de chaleur maximale : la valeur maximale d'augmentation par rapport à la moyenne de décès sur la période de référence est de 5,1% (+9400 décès sur la population nationale) ;
- Scénario pessimiste, l'augmentation moyenne des décès sur la période est de 6,1% (+11900 décès sur la population nationale) par rapport à la période de référence :
 - Vague de chaleur moyenne : la valeur minimale d'augmentation par rapport à la moyenne de décès sur la période de référence est de 4,3% (+8400 décès sur la population nationale)
 - Vague de chaleur maximale : la valeur maximale d'augmentation par rapport à la moyenne de décès sur la période de référence est de 10,4% (+20200 décès sur la population nationale)

- Scénario vague de chaleur de 2003.

Les paramètres sont des températures de 30°C à 44°C et une humidité relative de 20% à 40%.

La seconde étape est l'analyse de l'historique des vagues de chaleur en France à partir des rapports de Santé publique France. Elle consiste en l'extraction des taux de surmortalité issus des vagues de chaleur historiques (2018, 2019, 2020 et 2022) par classe d'âge, suivi de l'estimation des chocs de surmortalité de référence par classe d'âge à partir des vagues de chaleur historiques.

Enfin, grâce à une fonction de lien entre les chocs surmortalité issus d'une simulation de vague de chaleur (étape 1) et les chocs de surmortalité de référence (étape 2), on calcule les chocs de surmortalité à appliquer à la population spécifique par classe d'âge et on transforme ce choc, spécifique à une période de vague de chaleur, en un choc applicable à un taux de mortalité annuel.

5.2.2.3. Résultats

On obtient donc des taux de chocs annuels par tranche d'âge, selon 5 scénarios. Nous choisissons de retenir le scénario de la canicule de 2003, correspondant au scénario le plus critique. Le choc annuel correspondant à la tranche d'âge de nos assurés est de 3%. Nous supposons une vague modérée de mortalité pour la suite de la projection, de 1%. Les chocs sont résumés dans le Tableau 14.

Le niveau est comparable à la canicule 2003, et aux chocs de l'ACPR dans son scénario court terme, vague de chaleur par tranche d'âge.

		2024	2025	2026	2027	2028
EPARGNE	Choc de surmortalité	0%	0%	3%	1%	1%

Tableau 14 - Chocs de surmortalité appliqués

5.2.2.4. Limites

La population assurée dans notre entreprise fictive est âgée, et une des conclusions du Livre Vert (Garrido & al., 2024) est que la variabilité des taux de mortalité prédits augmente avec l'âge. Il existe des incertitudes quant aux estimations de la mortalité, en lien avec l'incertitude des événements futurs. Toutefois, pour assurer la consistance du modèle, nous ne pouvons qu'utiliser des données connues (historiques) pour le calibrer. Le scénario 2003 semble alors être le point critique le plus impactant pour CNP, et est celui retenu jusqu'à présent dans le scénario assurantiel.

Enfin, ce modèle ne prend pas en compte l'adaptabilité des populations aux nouvelles conditions climatiques.

Il faut donc mettre à jour l'étude annuellement, et continuer d'analyser les années passées dans lesquelles les vagues de chaleur sont de plus en plus fréquentes et longues.

5.3. Résultats

5.3.1. Méthodologie de calcul

La méthode consiste en un choc en année 3 sur 5 sur le business plan central de l'entreprise. Les résultats présentés ci-dessous correspondent à un business plan fictif appliqué à CNP ClimaVie et dont les hypothèses financières ont été présentées en partie 5.1. On utilise les outils de CNP Assurances afin d'obtenir les différents impacts. Un générateur de scénario économique est utilisé, notamment pour les résultats en fin d'année 3.

5.3.2. Impacts sur l'horizon de projection

Les fonds propres Solvabilité 2, le SCR et le taux de couverture projetés de CNP ClimaVie selon le scénario retenu sont présentés en Figure 62.

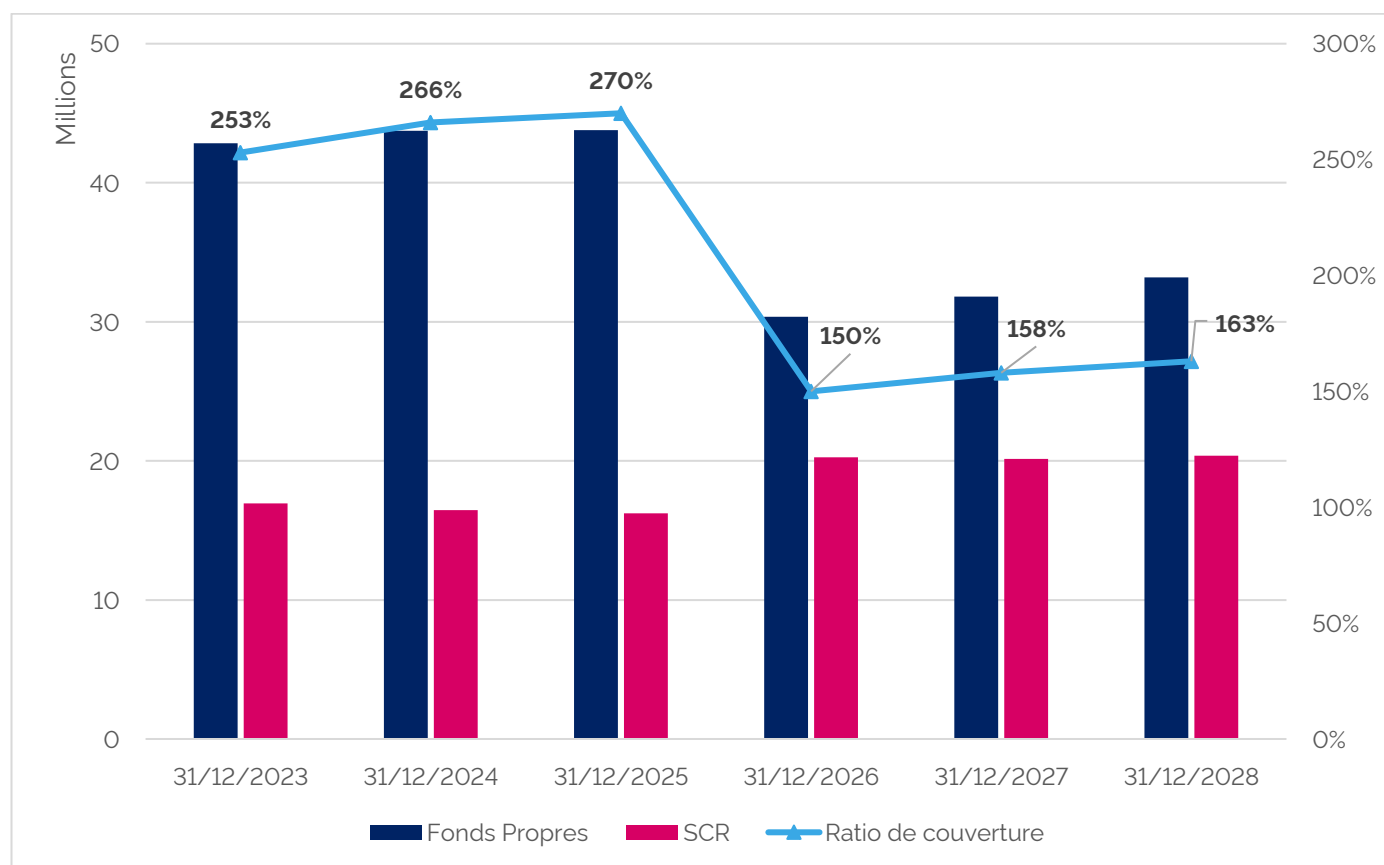


Figure 62 - Projection de la solvabilité de CNP ClimaVie sur 5 ans selon l'exercice climatique

La projection au 31/12/2024 correspond au BP central car aucune hypothèse n'a été mise à jour.

En 2025, les fonds propres diminuent par rapport au BP central du fait des marchés actions stables. Toutes choses étant égales par ailleurs, le taux de couverture croît, dans une moindre mesure.

Comme attendu, le choc se matérialise en 2026. Le taux de couverture diminue de 121 points par rapport au 31/12/2025. Cela s'explique par la diminution des fonds propres de 12 M€ d'une part, et l'augmentation du SCR de 4 M€ d'autre part. La diminution des fonds propres s'explique par une baisse de la VIF et des PMVL en face fonds propres, faisant suite à la dégradation des marchés. Le SCR est lui impacté par les stress à la fois financiers et technique. La hausse du SCR s'explique par la baisse de la capacité de transfert des pertes aux assurés en lien avec une richesse initiale plus faible déclenchant un nombre plus important de rachats conjoncturels, dû à un taux concurrentiel plus élevé que le rendement des actifs et donc un SCR rachat massif en forte hausse. La faible exposition aux actifs carbonés ne permet pas à l'assureur de limiter les pertes sur le taux de couverture. En effet, bien que le SCR action diminue légèrement, on constate une forte hausse des SCR taux et spread s'expliquant par l'augmentation des taux et des spreads. Enfin, le SCR mortalité augmente dans une moindre mesure car le SCR au point de départ n'est pas matériel.

Les années suivantes le ratio augmente à nouveau dans une moindre mesure du fait de la baisse du choc de mortalité, d'une baisse de la sensibilité aux stress financiers et aux rachats ainsi que de l'accumulation du résultat.

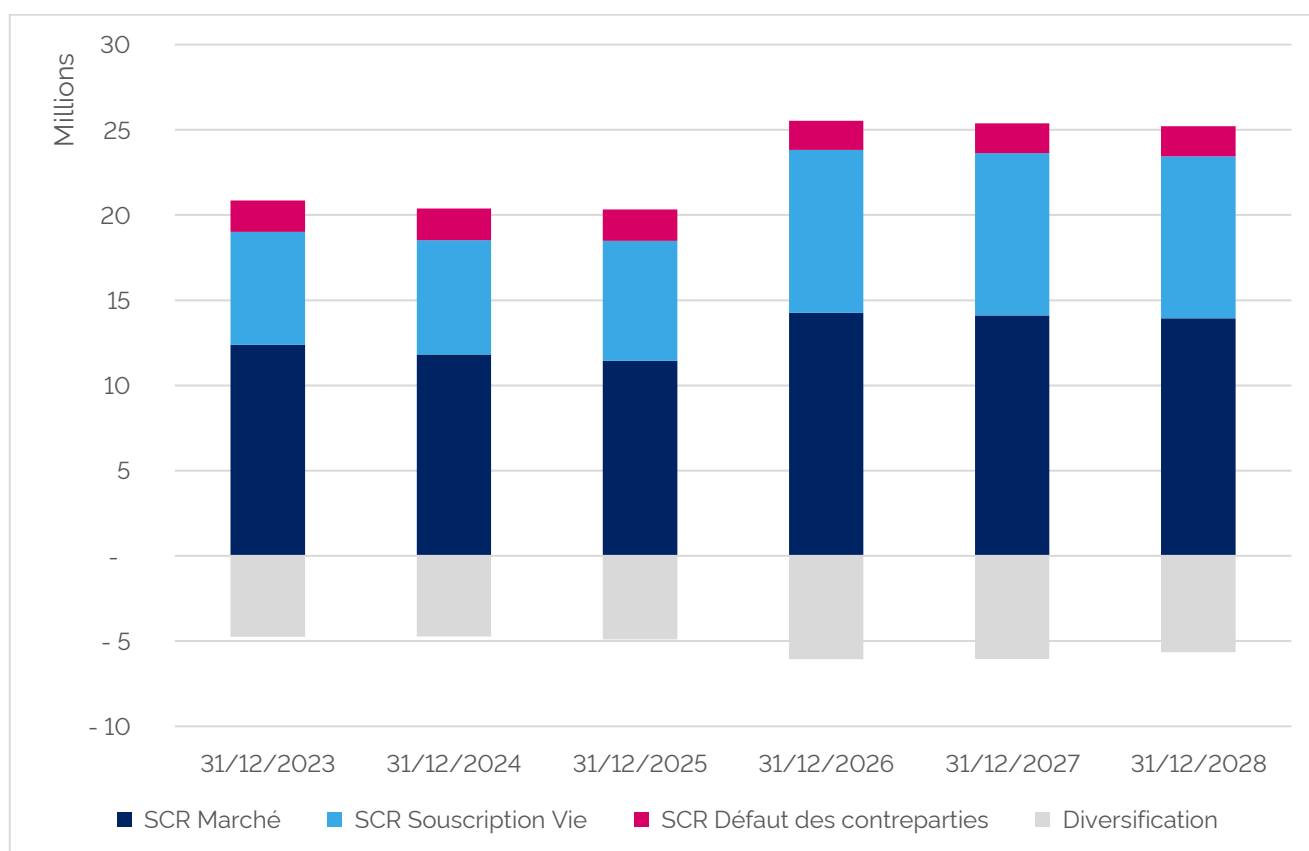


Figure 63 - Evolution de la part des SCR modulaires au cours de la projection selon l'exercice climatique

La Figure 63 donne l'évolution des SCR modulaires au cours de la projection. A la fin de l'année 2026, l'augmentation du SCR de marché est principalement portée par l'augmentation du SCR de taux, du

fait de l'augmentation brutale des taux. Le SCR spread contribue également à la hausse du SCR de marché. La hausse du SCR souscription vie s'explique par la hausse du SCR rachat massif dans des conditions de taux élevés. La hausse du SCR mortalité n'est pas matérielle. Les chocs financiers et technique ne modifient pas le profil de risque de l'assureur.

CNP ClimaVie reste solvable sur toute la durée de la projection. La solidité financière de l'entreprise en début de projection lui permet d'absorber le choc climatique.

5.4. Limites et autres méthodologies

Le scénario climatique élaboré afin d'être intégré dans l'ORSA de CNP ClimaVie consiste en un choc de marché et technique en 3^{ème} année du business plan. Les deux premières années correspondent à la trajectoire centrale, sur laquelle on applique un choc caractérisant une réaction soudaine des marchés à un événement climatique de grande ampleur. Les stress appliqués sont les stress du stress test IORP 2022. Ces stress ont été choisis car l'exercice consistait en exercice de choc instantané correspondant à un scénario climatique. Le choc de mortalité a été calibré avec les chercheurs de CNP Assurances, et appliqué au portefeuille fictif.

5.4.1. Limites

Les travaux d'élaboration du scénario climatique de CNP ClimaVie ont permis de mobiliser de nombreuses directions et compétences de l'entreprise : risques, contrôle de gestion, chercheurs, actuaires et direction générale. La démarche permet d'obtenir de premiers résultats sur les métriques Solvabilité 2 qui sont présentées dans la communication financière et donc de sensibiliser. Elle permet de répondre à la demande de l'EIOPA sur l'intégration des risques de durabilité dans le rapport ORSA (partie 1.4.3.1). L'impact sur le taux de couverture est cohérent avec les chocs de marché et reflète la sensibilité des fonds euro à ces chocs. Cependant l'exercice présente quelques limites et se révèle perfectible.

Méthode de construction du scénario

La méthode de construction du scénario présente de nombreuses limites, notamment car il revient à un exercice de stress test « classique » pour lequel les impacts sont déjà connus et anticipés. L'enjeu pourrait être de montrer que le changement climatique peut être assimilé à une crise financière, à laquelle s'ajouterait des impacts sur le passif des assureurs. De plus, l'horizon temporel a été ramené à 5 ans afin d'être incitatif. Cependant, les risques liés au changement climatique sont des risques à long terme.

Hypothèses

Au sein du business plan de nombreuses hypothèses sont à prendre : passifs subordonnés, chronique de résultat et dividendes, trajectoire des provisions techniques, stratégie, projection des taux de revalorisation. Ici, par simplification, les hypothèses reprises ont été celles du business plan central, quand applicables. Il serait intéressant de revoir ces hypothèses dans le cadre d'un scénario climatique, par exemple les hypothèses de collecte ou de rachats : dans ce contexte de forte augmentation des taux, on peut s'attendre à une forte réactivité des assurés.

Actions de management

Aucune action de management n'a été retenue.

Calibration des chocs à l'actif

A l'actif, l'enjeu est la calibration des chocs de marché. Le choix fait ici a été de retenir les chocs de l'EIOPA. Ces derniers pourraient être affinés en utilisant par exemple la notation GREaT de LBPAM. Cette note permet de caractériser entreprises et états selon « la responsabilité de leurs pratiques et la contribution de leurs produits et services à la résolution des enjeux de durabilité »³⁰. Une notation faible entraînerait un choc faible, et inversement. De même pour le choc immobilier, un système de bonus-malus pourrait être intégré. Ces problématiques renvoient à la problématique plus générale de la granularité des projections, qui peut être une difficulté pour ce type de calculs. L'adaptation des modèles sera indispensable à moyen terme afin d'intégrer la dimension sectorielle dans la stratégie d'investissement sur l'horizon ORSA. De plus, on peut aussi noter que l'adaptation des règles de gestion et d'allocation d'actifs pourraient aussi être adaptées à ce cadre : désinvestissement de certains secteurs, exclusion de secteurs dans les réinvestissements... Enfin, on ne retrouve pas de notion de volatilité dans les exercices de stress tests étudiés, ni dans les scénarios NGFS. Cela explique pourquoi elle n'a pas été modélisée.

Calibration des chocs au passif

Le risque physique est limité dans le cadre de cette étude. L'augmentation de la mortalité n'est pas sévère et n'a que peu de conséquences. Un scénario sur un horizon temporel plus long, avec une augmentation de la température à +4°C aurait des conséquences beaucoup plus importantes.

La mise en cohérence des chocs techniques et des chocs à l'actif n'a pas été faite dans cet exercice, contrairement à ce qui peut être fait via le modèle NiGEM. On aurait pu aussi prendre en compte les impacts de la pollution et des maladies vectorielles sur la mortalité.

Stratégie et autres risques

Le risque lié au changement climatique est un risque long terme, et celui-ci est rarement intégré dans les business plans centraux. Le fait d'intégrer l'extra-financier dans le business plan central permettrait de prendre en compte les plans de transition, la sortie des secteurs carbonés ou les investissements dans les secteurs « verts ». Cela pourrait cependant impliquer une certaine baisse de la rentabilité, qu'il faudrait assumer.

Enfin, certains risques, comme le risque de réputation devrait aussi être pris en compte. De nos jours, il ne faut pas sous-estimer la puissance d'une mauvaise publicité sur les réseaux sociaux et des impacts que cela peut avoir sur une entreprise.

La question qui se pose à l'issue de cet exercice est : comment contribuer à la trajectoire de décarbonation tout en restant solvable ? Elle amène aux concepts d'adaptation, prévention et atténuation (Langrenney, Le Cozannet, & Merad, 2023).

³⁰ <https://www.lbpam.com/fr/notre-identite/notre-methode-d-analyse-isr>

5.4.2. Autres méthodologies d'intégration des risques lié au changement climatique dans l'ORSA

Dans son Enquête sur l'intégration des risques en matière de durabilité dans le système de gouvernance sous Solvabilité 2 (ACPR, 2025), l'ACPR détaille les pratiques de place sur l'intégration dans les politiques de souscription et provisionnement, la politique de gestion du risque d'investissement et la politique de rémunération, ainsi que dans l'ORSA. L'ACPR précise que les risques seuls les risques liés au changement climatique parmi les risques de durabilité sont évalués. L'horizon lointain préconisé par l'EIOPA est peu pris en compte (moins de 25% des organismes).

D'autres méthodologies d'intégration des risques liés au changement climatique dans l'ORSA pourraient être :

- Intégration des scénarios de long terme (exercices ACPR ou BCE, ou scénarios du NGFS). La difficulté principale des scénarios de long terme est la complexité opérationnelle ;
- Intégration dans le Besoin Global de Solvabilité, grâce à l'utilisation d'un scénario central ;
- Exploitation du scénario de court terme de l'exercice climatique de l'ACPR, en recalibrant les hypothèses ;
- Définition d'un scénario interne.

Conclusion

Ce mémoire propose l'intégration des risques de durabilité dans l'ORSA d'un assureur vie, comme requis par l'amendement au règlement délégué de Solvabilité 2, entré en vigueur le 2 août 2022. Un scénario climatique sur cinq ans, horizon du business plan, a été développé et appliqué à un assureur vie fictif. La perte sur le taux de couverture est significative.

Un des objectifs de l'Accord de Paris sur le climat sont de limiter le réchauffement climatique à +2°C par rapport à l'ère préindustrielle d'ici 2100. Le plan Fit for 55 vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre de 55% en 2030 par rapport à 1990. Ce sont deux cadres auxquels les réglementations auxquelles sont soumis les assureurs se sont adaptées. Le règlement délégué de Solvabilité 2 a été amendé en ce sens, et la Directive Solvabilité est en cours de revue, incluant les risques de durabilité. Les assureurs ont l'opportunité de contribuer fortement à l'atteinte de ces objectifs (Langrenay, Le Cozannet, & Merad, 2023). Le capital de solvabilité requis dans le pilier 1 ne permet pas de prendre de mesures fortes contre le risque lié au changement climatique car il mesure un risque de faillite à 0,5% sur une période annuelle. Même si l'EIOPA propose une surcharge en capital pour les actifs « bruns », incitant les assureurs à se désinvestir de ces industries, l'impact sur le long terme n'est pas quantifié. C'est pourquoi l'ORSA paraît être le rapport adéquat pour l'intégration de ces risques.

C'est pour cela que l'ACPR a mis en place deux exercices climatiques : un premier en 2020 suivi d'un second en 2023. Les deux exercices incluaient des scénarios de long terme jusqu'en 2050, posant la limite de l'horizon de temps incompatibles avec les business plans des assureurs. On note aussi que l'EIOPA a produit un exercice climatique à destination des institutions de retraite professionnelle en 2022. Il consistait en exercice de stress test instantané sur les bilans en normes locales et en valeur de marché. Enfin, un exercice similaire, le stress test *Fit-For-55* a été demandé aux autorités européennes de surveillance en décembre 2023, incluant les secteurs de la banque et des assurances. On constate donc que les exercices sont nombreux, traduisant la volonté des superviseurs de mobiliser la profession pour la prise en compte du risque lié au changement climatique.

Afin de mieux comprendre comment l'ACPR a produit les scénarios climatiques de ses deux exercices et d'étudier la possibilité de les reproduire, une étude de recherche a été conduite. Elle détaille comment, à partir des scénarios du NGFS, l'ACPR et la Banque de France, ont créé des modèles permettant d'obtenir des scénarios climatiques et des hypothèses exploitables par les assureurs. Le NGFS met en œuvre une suite de modèles, qui, à partir d'un narratif, produit des variables macroéconomiques, prenant en compte risques de transition et physique. A cela, l'ACPR et la Banque de France ajoutent des modules et obtiennent les hypothèses souhaitées. L'étude montre que sans ces modules l'obtention de scénarios climatiques s'avèrent compliqué.

Ainsi, une méthodologie de création de scénario climatique, se basant sur le business plan central d'un assureur vie fictif a été mise en place, afin d'intégrer cette étude dans le rapport ORSA de cet assureur. Le choc de transition calibré sur les chocs du stress test EIOPA 2022 a été appliqué en troisième année, caractérisant une réaction brutale des marchés financiers à un événement climatique de grande ampleur, une canicule similaire à celle de 2003. Le risque physique s'est matérialisé sous la forme d'un risque de mortalité. Le choc a eu un impact significatif sur le taux de couverture de l'assureur, qui reste tout de même solvable grâce à une position de départ solide. Contrairement aux scénarios à long terme, la dynamique du scénario court terme est brutale et traduit une transition vers une économie bas-carbone critique, ayant pour objectif de sensibiliser les décideurs sur leurs objectifs de stabilité financière, notamment dans le cadre de la production de leur résultat annuel.

La Banque de France a dit : « Les impacts retenus doivent être illustratifs des ordres de grandeur en jeu, mais les scénarios ne préjugent pas de ce qu'il est probable ou souhaitable qu'il adienne. Au contraire, ces scénarios présentent un caractère adverse assumé » (Banque de France, 2021). C'est ce que nous avons mis en œuvre dans ce mémoire. De nombreuses limites ont été relevées comme la probabilité du scénario, des risques de transition et physique non mis en regard, de nombreuses hypothèses non prises en compte. L'intérêt a surtout été porté sur la compréhension de la construction de tels scénarios. Outre l'impact chiffré, il est nécessaire de sensibiliser et de former de l'ensemble des acteurs de l'entreprise.

L'intégration des risques de durabilité pourrait être pris en compte dès la création du business plan central de l'entreprise. Cela permettrait d'anticiper leurs impacts sur le résultat projeté ainsi que sur toutes les métriques financières associées. L'extra financier doit désormais être intégré dans toutes les directions de l'entreprise, de la stratégie à la gestion des risques.

Bibliographie

- 2DII. (2017). *Transition Risk Toolbox Scenarios, Data, and Models*.
- ACPR. (2015). *NOTICE « Solvabilité II » - Système de gouvernance*.
- ACPR. (2019). *Les assureurs français face au risque de changement climatique*.
- ACPR. (2021). *Les principaux résultats de l'exercice pilote climatique 2020*.
- ACPR. (2024). *La situation des assureurs soumis à Solvabilité II en France fin 2023*.
- ACPR. (2024). *Les principaux résultats de l'exercice climatique sur le secteur de l'assurance*.
- ACPR. (2024). *Revue de la directive Solvabilité 2 : vers un régime proportionné*.
- ACPR. (2025). *Enquête sur l'intégration des risques en matière de durabilité dans le système de gouvernance sous Solvabilité 2*.
- Allen, T., & al. (2020). *Climate-Related Scenarios for Financial Stability Assessment: an Application to France*.
- Banque de France. (2021). *Élaborer des scénarios de transition climatique pour gérer les risques financiers*.
- Carney, M. (2015). *Breaking the tragedy of the horizon – climate change and financial stability*.
- CNP Assurances. (2023). *Rapport Investissement Responsable*.
- Commission européenne. (2021). *RÈGLEMENT DÉLÉGUÉ (UE) 2021/1256 DE LA COMMISSION du 21 avril 2021 modifiant le règlement délégué (UE) 2015/35 en ce qui concerne l'intégration des risques en matière de durabilité dans la gouvernance des entreprises d'assurance et de réassurance*.
- Direction générale du Trésor . (2021). *Guide pédagogique Décret d'application de l'article 29 de la Loi énergie-climat*.
- EIOPA. (2021). *Opinion on the supervision of the use of climate change risk scenarios in ORSA*.
- EIOPA. (2022). *2022 IORP Climate Stress Test*.
- EIOPA. (2022). *Application guidance on running climate change materiality assessment and using climate change scenarios in the ORSA*.
- ESA. (2024). *Fit-for-55 climate scenario analysis*.
- Garrido, J., & al. (2024). *Livre vert - Risque climatique et impact en assurance*.
- Institut des Actuaire. (2023). *Guide réglementaire Durabilité*.
- Langrenay, T., Le Cozannet, G., & Merad, M. (2023). *Adapter le système assurantiel français face à l'évolution des risques climatiques*.
- NGFS. (2022). *NGFS Scenarios for central banks and supervisors*. Récupéré sur https://www.ngfs.net/sites/default/files/medias/documents/ngfs_climate_scenarios_for_central_banks_and_supervisors_.pdf
- NGFS. (2023). *NGFS Scenarios for central banks and supervisors*. Récupéré sur https://www.ngfs.net/sites/default/files/medias/documents/ngfs_climate_scenarios_for_central_banks_and_supervisors_phase_iv.pdf
- NGFS. (2024). *NGFS Climate Scenarios Technical Documentation V5.0*.
- NGFS. (2024). *NGFS long-term scenarios for central banks and supervisors*. Récupéré sur https://www.ngfs.net/sites/default/files/medias/documents/ngfs_scenarios_main_presentation.pdf

NGFS. (2025). *NGFS Short-Term Climate Scenarios Technical Documentation*.

THE SHIFT PROJECT & IFPEN. (2019). *ÉTAT DES LIEUX ET LIMITES DE LA MODÉLISATION ÉNERGIE-CLIMAT AU NIVEAU MONDIAL*.

Table des figures

Figure 1 - Projection de la solvabilité de CNP ClimaVie sur 5 ans	9
Figure 2 - Exposition sectorielle de CNP ClimaVie au 31/12/2023 (tronqué à 15%) selon le stress test IORP	10
Figure 3 - Cadre analytique des scénarios de long terme de l'ACPR	11
Figure 4 - Projection de la solvabilité de CNP ClimaVie sur 5 ans selon l'exercice climatique	13
Figure 5 - CNP ClimaVie solvency elements' projection over 5 years	17
Figure 6 - CNP ClimaVie's sector exposure as of 31/12/2023 (truncated to 15%) according to the IORP stress test	18
Figure 7 - Modelling architecture	19
Figure 8 - Projection of CNP ClimaVie's solvency over 5 years according to the climate stress test	21
Figure 9 - Stratégie d'investissement responsable de CNP Assurances	34
Figure 10 - Dates clés du Green deal européen	35
Figure 11 - Les trois piliers de l'information extra-financière	37
Figure 12 - Frise chronologique article 29 LEC	38
Figure 13 - Les différents niveaux de la norme Solvabilité 2	39
Figure 14 - Bilan Solvabilité 2 simplifié	40
Figure 15 - Représentation schématique du SCR	41
Figure 16 - Pieuvre des SCR de la formule standard	42
Figure 17 - Frise chronologique des publications Solvabilité 2 incluant les risques de durabilité	46
Figure 18 - Frise chronologique révision 2020	47
Figure 19 - Etapes de l'évaluation de la matérialité	51
Figure 20 - Exemple de mapping entre les risques liés au changement climatique et les risques prudentiels	52
Figure 21 - Comparaison des horizons de temps du business et du changement climatique	52
Figure 22 - Exemples de matrices de matérialité à court, moyen et long terme	53
Figure 23 - Etapes de définition d'un scénario climatique	53
Figure 24 - Allocation d'actifs (à gauche) et expositions géographiques des actifs de CNP ClimaVie (à droite)	58
Figure 25 - Projection de la solvabilité de CNP ClimaVie sur 5 ans	61
Figure 26 - Evolution de la part des SCR modulaires au cours de la projection	61
Figure 27 - Scénarios de transition de l'exercice pilote climatique	65
Figure 28 - Projections des émissions liées aux énergies fossiles suivant quatre profils d'évolution des gaz à effet de serre du GIEC	65
Figure 29 - Les 6 scénarios du NGFS phase III	70
Figure 30 - Variations de PIB dans les scénarios Below 2°C (trait plein) et Delayed Transition (trait pointillé)	72
Figure 31 - Evolution du taux souverain 10 ans dans les trois scénarios	72
Figure 32 - Impacts sectoriels des scénarios Below 2°C (gauche) et Delayed Transition (droite) en déviation par rapport au scénario de référence	73

Figure 33 - Ecart des spreads corporate en bps par rapport au 31/12/2022 - secteur Energy	74
Figure 34 - Variation par rapport au scénario de référence de la valeur des classes d'actifs en 2035 et 2050 par scénario	75
Figure 35 - Suite des événements physiques du scénario court terme	78
Figure 36 - Événements du scénario court terme et impacts	78
Figure 37 - Impact sur le PIB français et de la zone euro (en % différence avec le scénario de référence)	80
Figure 38 - Taux souverain français 10 ans du scénario court terme	81
Figure 39 - Courbe des taux EIOPA avec VA du scénario court terme	81
Figure 40 - Chocs action moyens (2025 - 2027) du scénario court terme	82
Figure 41 - Ecart moyen (2025 - 2027) des spreads corporate par rapport à 2022 du scénario court terme	83
Figure 42 - Exposition sectorielle de CNP ClimaVie au 31/12/2023 selon le stress test climatique court terme	88
Figure 43 - Exposition sectorielle de CNP ClimaVie au 31/12/2023 (tronqué à 15%) selon le stress test IORP	89
Figure 44 - Évolutions des prix du carbone et émissions en CO2 dans l'UE et dans le Monde dans les scénarios Below 2°C et Delayed Transition	93
Figure 45 - Cadre analytique des scénarios de long terme de l'ACPR	95
Figure 46 - Comparaison entre la phase III et la phase IV des scénarios du NGFS	97
Figure 47 - La suite de modèle du NGFS	100
Figure 48 - Diagramme simplifié des éléments intégrés dans les Integrated Assessment Models (IAM)	102
Figure 49 - Structure simplifiée du modèle GCAM	103
Figure 50 - Structure simplifiée du modèle REMIND-MAGPIE	104
Figure 51 - Structure simplifiée du modèle MESSAGE-GLOBIOM	104
Figure 52 - Ecart entre les modèles sur les prix du carbone et le PIB dans le scénario de transition ordonnée	105
Figure 53 - Trajectoires des émissions de CO2 (REMIND-MAGPIE)	109
Figure 54 - Taux d'intérêt long terme (REMIND-MAGPIE) en sortie du NiGEM	110
Figure 55 - Scénario climatique de 2024 à 2028	115
Figure 56 - Evolution de l'OAT 10 ans de 2023 à 2028	116
Figure 57 - Courbes des taux d'intérêt sans risque de l'EIOPA du stress test IORP	117
Figure 58 - Evolution du CAC40 de 2023 à 2028	117
Figure 59 - Chocs sur le prix des actions au 31/12/2026 par rapport au 31/12/2025	118
Figure 60 - Chocs sur les spreads de crédit corporate au 31/12/2026 par rapport au 31/12/2025	118
Figure 61 - Valeurs de l'ICAF sur la période de référence 1961-1990, et jusqu'en 2022	121
Figure 62 - Projection de la solvabilité de CNP ClimaVie sur 5 ans selon l'exercice climatique	124
Figure 63 - Evolution de la part des SCR modulaires au cours de la projection selon l'exercice climatique	125
Figure 64 - Classification GICS	136

Liste des tableaux

Tableau 1 - Bilan Solvabilité 2 de CNP ClimaVie au 31/12/2023	8
Tableau 2 - Eléments de solvabilité de CNP ClimaVie au 31/12/2023	9
Tableau 3 - CNP ClimaVie solvency 2 balance sheet at 31/12/2023	16
Tableau 4 - CNP ClimaVie solvency 2 elements at 31/12/2023	17
Tableau 5 - Les trois piliers de l'information extra-financière	36
Tableau 6 - Liste des publications Solvabilité 2 incluant les risques de durabilité	45
Tableau 7 - Bilan comptable de CNP ClimaVie au 31/12/2023	59
Tableau 8 - Bilan Solvabilité 2 de CNP ClimaVie au 31/12/2023	59
Tableau 9 - Eléments de Solvabilité de CNP ClimaVie au 31/12/2023	60
Tableau 10 - SCR de CNP ClimaVie au 31/12/2023	60
Tableau 11 - Comparaison des exercices climatiques ACPR 2020 et 2023	67
Tableau 12 - Taux de dérive de la sinistralité du scénario court terme	79
Tableau 13 - Risques physiques et de transition des scénarios du NGFS phase III	99
Tableau 14 - Chocs de surmortalité appliqués	123
Tableau 15 - Secteurs « bruns » et « verts » de l'exercice climatique court terme ACPR	137
Tableau 16 - Chocs actions et spreads corporate du stress test IORP 2022	138
Tableau 17 - Taux souverains français du stress test IORP 2022	139
Tableau 18 - Liste des régions en sortie du modèle NiGEM NGFS v1.24.2[REMIND-MAgPIE 3.3-4.8]	140
Tableau 19 - Liste des variables France en sortie du modèle NiGEM NGFS v1.24.2[REMIND-MAgPIE 3.3-4.8]	141

Annexes

A. Classification GICS

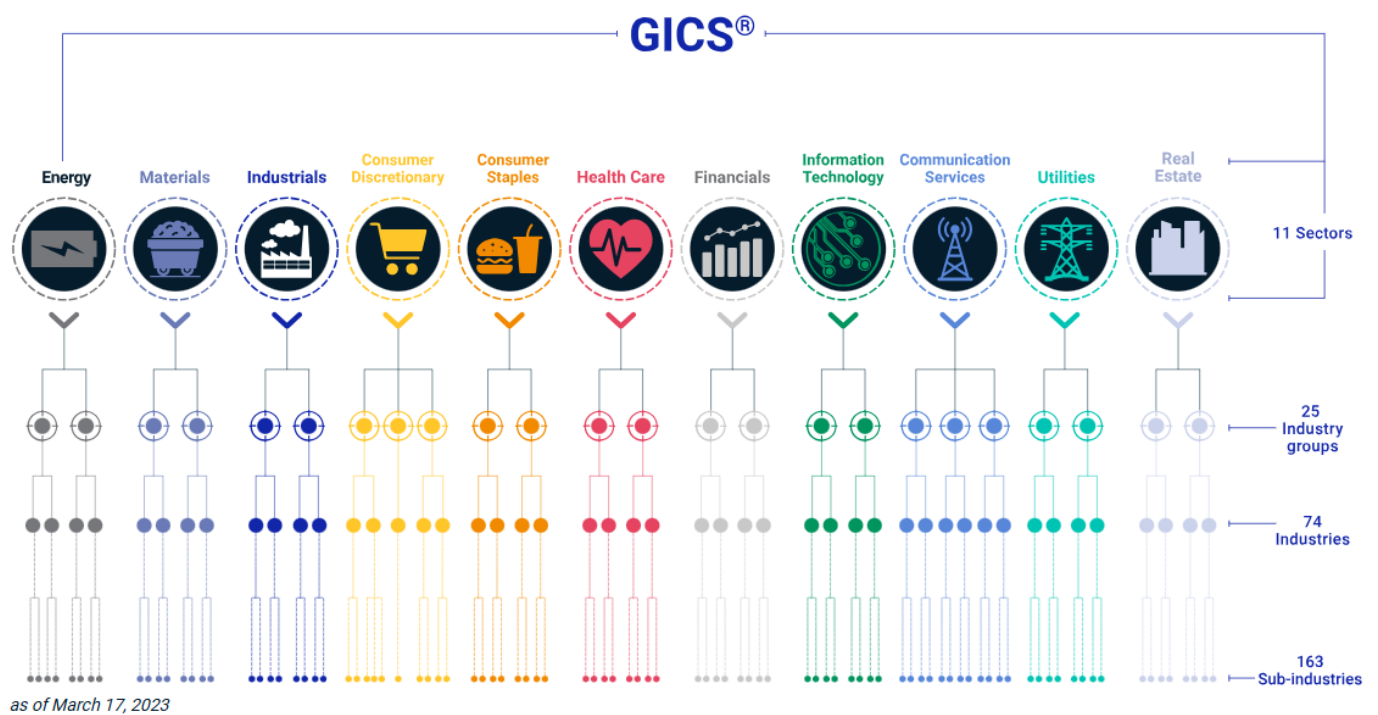


Figure 64 - Classification GICS

B. Secteurs « bruns » et « verts » de l'exercice climatique court terme ACPR

Secteurs
Communications
Consumer Cyclical
Banks
Insurers
Other Financial Institutions
Technology
Basic Materials
Consumer Non-cyclical
Energy
Industrial
Utilities
Real Estate

Tableau 15 - Secteurs « bruns » et « verts » de l'exercice climatique court terme ACPR

C. Chocs actions et spreads du Stress test IORP 2022

NACE codes	SECTOR	Equity Prices	Corporate Credit Spreads
		% change	parallel shock in bp
A01	Crop and animal production	-11,50%	143
A02-A03	Forestry and fishing	-11,80%	146
B05-B09	Mining & Quarrying	-37,80%	467
C10-C12	Food products	-12,30%	152
C13-C18	Textiles	-10,90%	134
C19	Manufacturing Petroleum	-32,20%	397
C20	Chemicals	-12,70%	157
C21-C22	Pharmaceutical	-11,10%	137
C23	Manufacturing Mineral & non-metal	-20,40%	252
C24-C25	Metals	-15,30%	189
C26-C28	Computer & Electronic	-11,10%	138
C29-C30	Motor vehicles	-11,20%	139
C31-C33	Furniture	-9,80%	121
D35	Electricity & Gas	-23,00%	284
E36-E39	Water collection	-13,10%	162
F41-F43	Construction	-11,50%	143
G45-G47	Wholesale	-13,40%	165
H49	Transport via Land & Pipeline	-22,60%	279
H50	Water transport	-12,70%	157
H51	Air transport	-14,20%	176
H52-H53	Warehousing	-10,80%	133
L68	Real estate activities	-12,00%	148
Other	Other	-14,30%	177

Tableau 16 - Chocs actions et spreads corporate du stress test IORP 2022

Adverse Scenario Sovereign Yields										
Country/Region	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y	6Y	7Y	8Y	9Y	10Y+
France	91,1	94,4	97,7	101	104,3	107,6	110,9	114,2	117,5	120,8

Tableau 17 - Taux souverains français du stress test IORP 2022

D. Liste des régions en sortie du modèle NiGEM (NGFS phase V)

Model	NiGEM NGFS v1.24.2[REMIND-MAgPIE 3.3-4.8]	⌵
Scenario	Net Zero 2050	⌵
Étiquettes de lignes ⌵		
NiGEM NGFS v1.24.2[Africa]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Argentina]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Asia]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Australia]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Austria]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Belgium]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Brazil]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Bulgaria]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Canada]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Chile]		
NiGEM NGFS v1.24.2[China]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Croatia]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Czech Republic]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Denmark]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Developing Europe]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Egypt]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Estonia]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Europe]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Finland]		
NiGEM NGFS v1.24.2[France]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Germany]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Greece]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Hong Kong]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Hungary]		
NiGEM NGFS v1.24.2[India]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Indonesia]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Ireland]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Italy]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Japan]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Latin America]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Latvia]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Lithuania]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Malaysia]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Mexico]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Middle East]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Netherlands]		
NiGEM NGFS v1.24.2[New Zealand]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Norway]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Poland]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Portugal]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Romania]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Russia]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Singapore]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Slovakia]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Slovenia]		
NiGEM NGFS v1.24.2[South Africa]		
NiGEM NGFS v1.24.2[South Korea]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Spain]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Sweden]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Switzerland]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Taiwan]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Turkey]		
NiGEM NGFS v1.24.2[United Kingdom]		
NiGEM NGFS v1.24.2[United States]		
NiGEM NGFS v1.24.2[Viet Nam]		
NiGEM NGFS v1.24.2[World]		
Total général		

Tableau 18 - Liste des régions en sortie du modèle NiGEM NGFS v1.24.2[REMIND-MAgPIE 3.3-4.8]

E. Liste des variables en sortie du modèle NiGEM (NGFS phase V)

Model	NiGEM NGFS v1.24.2[REMIND-MagPIE 3.3-4.8]
Scenario	Net Zero 2050
Region	NiGEM NGFS v1.24.2[France]
Étiquettes de lignes	
Carbon pricing : \$ per Tn CO2(combined)	
Carbon pricing : \$ per Tn CO2(physical)	
Carbon pricing : \$ per Tn CO2(transition)	
Central bank Intervention rate (policy interest rate) : %(combined)	
Central bank Intervention rate (policy interest rate) : %(physical)	
Central bank Intervention rate (policy interest rate) : %(transition)	
Coal price : US\$ per barrel (equiv(combined)	
Coal price : US\$ per barrel (equiv(physical)	
Coal price : US\$ per barrel (equiv(transition)	
Consumption (private(combined)	
Consumption (private(physical)	
Consumption (private(transition)	
Domestic demand(combined)	
Domestic demand(physical)	
Domestic demand(transition)	
Effective exchange rate(combined)	
Effective exchange rate(physical)	
Effective exchange rate(transition)	
Energy consumption (total) : Mntoe(combined)	
Energy consumption (total) : Mntoe(physical)	
Energy consumption (total) : Mntoe(transition)	
Equity prices(combined)	
Equity prices(physical)	
Equity prices(transition)	
Exchange rate FRA Franc: per US\$(combined)	
Exchange rate FRA Franc: per US\$(physical)	
Exchange rate FRA Franc: per US\$(transition)	
Exports (goods and services(combined)	
Exports (goods and services(physical)	
Exports (goods and services(transition)	
Gas price : US\$ per barrel (equiv(combined)	
Gas price : US\$ per barrel (equiv(physical)	
Gas price : US\$ per barrel (equiv(transition)	
Gov. consumption(combined)	
Gov. consumption(physical)	
Gov. consumption(transition)	
Gross domestic income: Euro Bn(combined)	
Gross domestic income: Euro Bn(physical)	
Gross domestic income: Euro Bn(transition)	
Gross Domestic Product (GDP)(combined)	
Gross Domestic Product (GDP)(physical)	
Gross Domestic Product (GDP)(transition)	
Gross operating surplus(combined)	
Gross operating surplus(physical)	
Gross operating surplus(transition)	
House prices (residential(combined)	
House prices (residential(physical)	
House prices (residential(transition)	
Imports (goods and services(combined)	
Imports (goods and services(physical)	
Imports (goods and services(transition)	
Inflation rate : %(combined)	
Inflation rate : %(physical)	
Inflation rate : %(transition)	
Investment (gov.(combined)	
Investment (gov.(physical)	
Investment (gov.(transition)	
Investment (private sector(combined)	
Investment (private sector(physical)	
Investment (private sector(transition)	
Long term interest rate : %(combined)	
Long term interest rate : %(physical)	
Long term interest rate : %(transition)	
Long term real interest rate : %(combined)	
Long term real interest rate : %(physical)	
Long term real interest rate : %(transition)	
Oil price : US\$ per barrel(combined)	
Oil price : US\$ per barrel(physical)	
Oil price : US\$ per barrel(transition)	
Productivity (output per hour worked): Euro Bn(combined)	
Productivity (output per hour worked): Euro Bn(physical)	
Productivity (output per hour worked): Euro Bn(transition)	
Quarterly consumption of coal : Mntoe(combined)	
Quarterly consumption of coal : Mntoe(physical)	
Quarterly consumption of coal : Mntoe(transition)	
Quarterly consumption of gas : Mntoe(combined)	
Quarterly consumption of gas : Mntoe(physical)	
Quarterly consumption of gas : Mntoe(transition)	
Quarterly consumption of non-carbon : Mntoe(combined)	
Quarterly consumption of non-carbon : Mntoe(physical)	
Quarterly consumption of non-carbon : Mntoe(transition)	
Quarterly consumption of oil : Mntoe(combined)	
Quarterly consumption of oil : Mntoe(physical)	
Quarterly consumption of oil : Mntoe(transition)	
Real personal disposable income(combined)	
Real personal disposable income(physical)	
Real personal disposable income(transition)	
Revenue from CB or BCA tax: Euro Bn(combined)	
Revenue from CB or BCA tax: Euro Bn(physical)	
Revenue from CB or BCA tax: Euro Bn(transition)	
Trend output for capacity utilisation(combined)	
Trend output for capacity utilisation(physical)	
Trend output for capacity utilisation(transition)	
Unemployment rate : %(combined)	
Unemployment rate : %(physical)	
Unemployment rate : %(transition)	
Volume energy use as a share of GDP : Bn US\$(PPP)(combined)	
Volume energy use as a share of GDP : Bn US\$(PPP)(physical)	
Volume energy use as a share of GDP : Bn US\$(PPP)(transition)	
Total général	

Tableau 19 - Liste des variables France en sortie du modèle NiGEM NGFS v1.24.2[REMIND-MAGPIE 3.3-4.8]