

UNIVERSITÉ PARIS NANTERRE

Mémoire de recherche

**Les stress tests climatiques, entre
politique de stabilité financière et
tentative de transition écologique**

Auteur :
Florian BAUDOIN

Master :
Institution Économie Société

Référente :
Laurence SCIALOM

8 novembre 2022

Table des matières

- Introduction** **1**

- 1 Le développement des stress tests climatiques : origine financière, caractéristiques, enjeux et résultats provisoires** **8**
 - 1.1 De la gestion des risques financiers à la gestion des risques climatiques . . . 8
 - 1.1.1 Des risques financiers aux risques climatiques 8
 - 1.1.1.1 Les risques financiers classiques 8
 - 1.1.1.2 Les stress tests de solvabilité 9
 - 1.1.1.3 Les risques climatiques selon Mark Carney 10
 - 1.1.1.4 La relation entre risques financiers et risques climatiques . 13
 - 1.1.2 Des stress tests financiers aux stress tests climatiques 15
 - 1.1.2.1 Passage du stress test financier au stress test climatique . 15
 - 1.1.2.2 Les scénarios du NGFS 17
 - 1.1.2.3 Scénarios du NGFS utilisés dans l'exercice pilote de l'ACPR (2020) 20
 - 1.1.2.4 Scénarios utilisés par la BCE (2021) 21
 - 1.2 Paramètres et méthodes de stress tests climatiques pilotés par les institutions membres du NGFS 21
 - 1.2.1 État des lieux des travaux du NGFS 21
 - 1.3 Premiers résultats : manque de données et sensibilisation des acteurs . . . 24
 - 1.3.1 Résultat de l'enquête du NGFS 25
 - 1.3.2 Résultats de la BCE 2021 25
 - 1.3.3 Résultats de l'exercice de l'ACPR 2021 26

- 2 Les limites internes des exercices de stress tests et des scénarios du NGFS** **29**
 - 2.1 Un problème de temporalité 30
 - 2.1.1 Les différents horizons temporels des risques climatiques 30
 - 2.2 Sous-estimation des risques : un optimisme stratégique? 34
 - 2.2.1 Étude de la hausse moyenne des risques à la place de la hausse des évènements extrêmes 34
 - 2.2.2 Une transition optimiste 35

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.3 | Des scénarios trop restrictifs | 37 |
| 2.3.1 | Un scénario volontairement optimiste | 38 |
| 2.3.2 | Des scénarios trop proches | 39 |
| 2.3.3 | Bilan dynamique et hausse de la prime d'assurance : l'échec de l'efficience informationnelle | 40 |
| 3 | Un cadre analytique incohérent par rapport aux enjeux d'instabilité climatique | 42 |
| 3.1 | Des risques climatiques mal conceptualisés | 42 |
| 3.1.1 | Une transition par les prix normative et insuffisante | 42 |
| 3.1.2 | Sous-évaluation chronique des risques physiques | 47 |
| 3.2 | Un cadre scientifique peu cohérent avec l'objet d'étude | 50 |
| 3.2.1 | Difficultés autour du taux d'actualisation face au long terme du stress test climatique | 51 |
| 3.2.2 | Modèles d'évaluation intégrée (IAM) et à équilibre général (GEM) . | 54 |
| 3.2.3 | Risque systémique | 58 |
| 3.2.4 | Incertitude radicale | 61 |
| 4 | Repenser le stress test dans une optique prudentielle | 65 |
| 4.1 | Un cadre ambivalent de la politique climatique prudentielle | 65 |
| 4.1.1 | L'ambivalence de la politique prudentielle de gestion du risque de transition | 66 |
| 4.1.2 | L'aspect prudentiel des stress tests sacrifié au profit d'une politique promotionnelle | 67 |
| 4.2 | Le cadre prudentiel de la politique climatique | 69 |
| 4.2.1 | Les piliers de la régulation prudentielle des risques climatiques . . . | 69 |
| 4.2.2 | La gestion du risque climatique, les stress tests et la régulation prudentielle | 71 |
| 4.2.3 | Stabilité financière et monétaire face au réchauffement climatique . | 73 |
| 4.3 | Les limites du cadre prudentiel actuel aggravent l'instabilité climatique et influencent sur l'efficacité du stress test | 76 |
| 4.3.1 | Régulation macroprudentielle | 76 |
| 4.3.2 | Opacité, complexité, économie réelle et système monétaire interna- tional : les directions à prendre de la régulation prudentielle climatique | 78 |
| 4.3.3 | L'économie réelle, une difficulté supplémentaire pour un système financier fictif | 79 |
| | Conclusion | 81 |
| | Annexe | 83 |

Introduction

En 2021, l'ONG Reclaim Finance (2021) met au pilori une soixantaine de banques qui continuent d'augmenter les investissements dans les énergies fossiles (gaz, pétrole, charbon). Ces nouveaux investissements, à hauteur de 3 800 milliards de dollars en 2020, sont en contradiction avec les objectifs de réduction des émissions carbone : les principales banques mondiales investissent dans le *chaos climatique*.

FIGURE 1 – Banking on climate chaos



Source : Reclaim Finance (2021) et (2022), 12ème et 13ème rapport annuel

Ce rapport est pourtant précédé d'une décennie de prise de conscience et de déclarations tonitruantes de la part des acteurs financiers vis-à-vis du réchauffement climatique et de l'effondrement du vivant. En 2019, « BlackRock s'inquiète de la sous-évaluation du risque climat par les investisseurs en raison de leur vision court-termiste » (NOVETHIC 2019). Les assureurs s'inquiètent également de la situation. En 2022, ils s'alarment de leurs résultats, plombés par le Covid et les catastrophes naturelles des années précédentes (NOVETHIC 2022b). Pour l'organe de ré-assurance Swiss :Re, le changement climatique occasionne des coûts exorbitants pour les assureurs, obligeant à repenser le rôle des ré-assureurs (NOVETHIC 2022a). La hausse globale des risques physiques est encore mal prise

en compte par les assurances. Mais pour le réassureur Suisse, c'est aussi une opportunité. En effet, la principale activité des acteurs financiers réside dans la gestion du risque. Mark Carney, gouverneur de la Banque Centrale du Royaume-Uni (la BoE), déclare en 2015 vouloir *casser la tragédie des horizons* en intégrant la préservation du climat dans les arbitrages financiers (CARNEY 2015). Au delà des déclarations, on observe le développement des *Green Bonds*, les obligations vertes, censées permettre de réallouer les flux financiers des actifs *bruns* vers les actifs *verts*¹. En 2015, les accords de Paris comportent un volet financier censé permettre le verdissement du système financier. Sous l'impulsion du discours de Carney, la Task force for Climate Financial Disclosure (TCFD) puis du Network for Greening the Financial System (NGFS) vont constituer un réseau d'acteurs et de scientifiques. Ces acteurs ont pour but d'enclencher et d'accompagner la transition des acteurs financiers. Au niveau académique, après les travaux de Nordhaus (1992) puis de Stern (2007), le *Dasgupta review* paraît en 2019 (DASGUPTA 2021) et propose une vision plus globale (par delà le réchauffement climatique) des problématiques environnementales en économie. En France la revue de stabilité financière consacre un numéro entier sur la *Finance Climatique*. Face aux alertes répétées de la société civile et des scientifiques, force est de constater que les acteurs financiers (banques, assurances, fonds d'investissements, superviseurs, universitaires, ...) évoluent sur ces questions.

En revanche, cette profusion de réactions rend difficile l'analyse de la direction que prend cette *Finance Climatique*. Dans un article paru en 2019, Sarah Bracking (2019) décrit les différentes phases de financiarisation des questions environnementales. La dernière phase décrite par Bracking se concentre sur la *gestion des risques climatiques*. Cette approche prend de l'ampleur à partir du discours de Carney en 2015 qui modifie en profondeur la posture des superviseurs financiers vis-à-vis du changement climatique. Depuis, les milieux financiers s'accordent globalement sur le fait que le réchauffement climatique cause de nouveaux risques. Cette posture s'accompagne-t-elle de nouvelles politiques de la part des superviseurs ?

La financiarisation de l'environnement telle que la décrit Bracking ne permet en rien de lutter contre le réchauffement climatique. Au contraire, la gestion du risque peut apparaître comme un moyen de faire face à la hausse du risque plus qu'un moyen de le limiter. Ainsi, la responsabilité de la finance vis-à-vis du réchauffement climatique devient secondaire. Pour la finance, il ne s'agit pas de supprimer le risque climatique mais de le rendre mesurable et maîtrisable² afin d'assurer la viabilité de l'institution bancaire ou financière.

Pourtant, les expositions des acteurs financiers au risque climatique révèlent pour partie leur participation active à l'exploitation d'hydrocarbures. Cette exposition coupable concerne spécifiquement l'existence du risque dit de *transition* causé par des politiques climatiques affectant la valeur des actifs finançant des activités polluantes. De fait, les

1. Autrement dit, rediriger les flux financiers vers les activités faiblement émettrices.

2. Pour maîtriser un risque il faut auparavant le mesurer

rapports de Reclaim Finance (2021 et 2022) montrent bien l'implication du système financier dans les hydrocarbures. Les acteurs financiers, en particuliers bancaires, sont à la fois gestionnaires et générateurs des risques climatiques.

Urgence climatique, urgences environnementales

Depuis le premier rapport du GIEC publié en 1990, il est établi que le réchauffement climatique est une menace pour les sociétés humaines. Ce réchauffement est d'origine anthropique : la responsabilité des activités humaines dans le réchauffement ne fait aucun doute. Les rapports se sont succédés, tous chaque fois plus alarmants. En 2015, sur la base des derniers rapports parus en 2014, les accords de Paris conviennent qu'il faudrait dans l'idéal maintenir les températures en deçà de 1.5°C par rapport à l'ère pré-industrielle (environ 1850). Les engagements pris par les États et les parties prenantes (dont des entreprises, banques etc) sont censés suffire à assurer le maintien des températures bien en deçà des 2°C de réchauffement et le plus proche possible des 1.5°C³. Acclamés comme un grand succès de la diplomatie internationale, ces accords ont cependant de quoi inquiéter les prospectivistes : le GIEC expliquait déjà que le dépassement, même temporaire, de 1.5°C de réchauffement planétaire risquait de nous faire atteindre des « points de rupture » ou « points de non-retour » (*tipping points*). Une fois ces limites dépassées, les scientifiques prévoient des processus irréversibles et difficilement quantifiables, qui risqueraient d'augmenter le poids du réchauffement sur les sociétés humaines, et/ou de réduire la capacité de la biosphère à absorber le carbone conduisant à une accélération du réchauffement. Ces points de non-retour risquent d'être atteints dès 1.5°C de réchauffement, ce qui aggrave la dangerosité et l'incertitude du processus. Autrement dit, la dangerosité du dérèglement est avérée, mais son ampleur et les canaux de transmission demeurent imprécis.

Un fléau n'arrivant jamais seul, les scientifiques alertent également sur une dizaine de limites planétaires que les activités humaines sont susceptibles de dépasser. Le concept de limite planétaire est introduit en 2009 par une équipe de chercheurs de l'université de Stockholm (ROCKSTRÖM et al. 2009). Il définit les contraintes que nous devons respecter pour que la planète demeure habitable par l'espèce humaine. En 2009 sur les neuf limites planétaires à ne pas dépasser, deux étaient déjà critiques : le taux de chute de la biodiversité et le cycle de l'azote⁴ (cycle biogéochimique⁵). Le changement climatique venait en troisième position en termes de priorité. En 2015, le même groupe de scientifiques précise les choses : le cycle de l'azote est bel et bien perturbé. A propos de la chute de la biodiversité, les pertes en diversité génétique sont bel et bien dépassées mais on ignore à

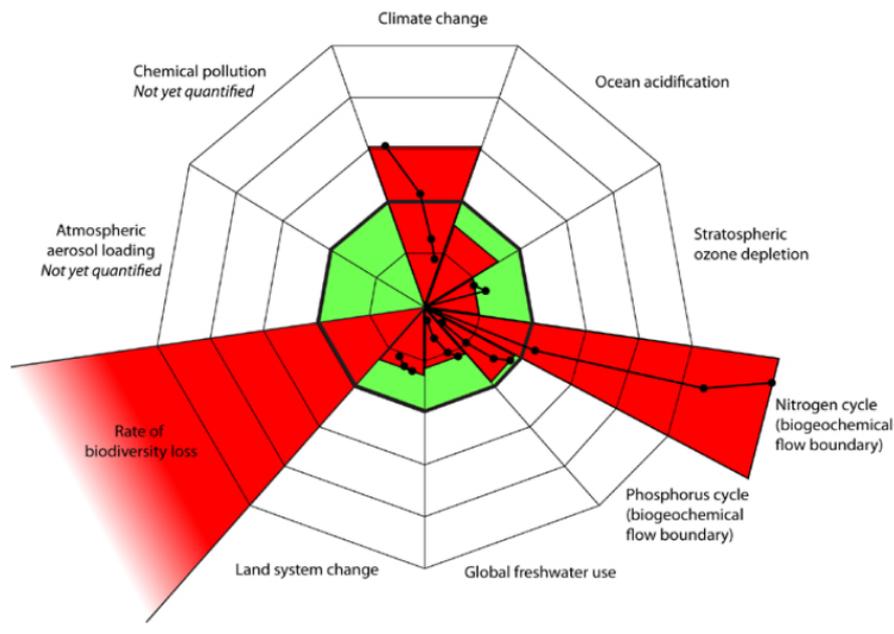
3. En réalité, nous verrons par la suite que les engagements pris lors des accords de Paris s'avèrent aujourd'hui insuffisants, même pour respecter l'objectif de 2°C de réchauffement.

4. *Nitrogen* en anglais

5. Un cycle biogéochimique est le processus par lequel passe un élément chimique comme l'azote, entre les trois réservoirs de la biosphère : la géosphère (la terre), l'atmosphère (l'air) et l'hydrosphère (l'océan). La perturbation d'un cycle de ce type affecte l'habitabilité des éco-systèmes.

quel point cette perte sera grave du fait d'incertitude sur l'importance de cette diversité génétique sur le fonctionnement des écosystèmes. En 2022, six limites ont été franchies notamment le cycle de l'eau douce et de la pollution chimique (CHAN 2022).

FIGURE 2 – Planetary Boundaries : Exploring the Safe Operating Space for Humanity (ROCKSTRÖM et al. 2009)



Le dépassement de ces limites planétaires est bien plus préoccupant que ce que laissent supposer les économistes. En effet, le franchissement d'un seul de ces seuils est susceptible d'entraîner des effets en cascade sur les autres limites planétaires. Les économistes étudient peu la variété des crises environnementales. Si la biodiversité est de plus en plus traitée, elle reste largement secondaire par rapport au réchauffement climatique et demeure la seule perturbation autre que climatique sérieusement abordée. Dans ce mémoire, nous suivrons ce même biais car nous tentons d'analyser la mise en place d'exercices de tests institutionnels qui s'intéressent uniquement au dérèglement climatique (les stress tests climatiques sont calibrés uniquement pour les risques financiers causés par le réchauffement climatique par définition). Cependant, il est possible que nous traitions par moment d'un possible élargissement du sujet aux autres limites planétaires (ou de la difficulté de séparer les conséquences des différentes crises environnementales sur le système financier). De plus, le cadre que nous essayons de développer est susceptible de s'élargir aux crises environnementales dans leur pluralité et leur gravité.

Adaptation et Atténuation

Le réchauffement climatique est un processus long caractérisé par une forte inertie. Les émissions passées déterminent d'ores et déjà un réchauffement certain jusqu'en 2040

environ (GIEC 2021). La politique climatique consiste donc également à l'adaptation de la société aux conséquences inévitables du réchauffement climatique.

Le système financier se voit ainsi soumis à deux tensions liées au changement climatique. D'une part, *l'adaptation* du système financier doit permettre d'augmenter la stabilité financière face aux turbulences économiques causées par le réchauffement climatique et par les politiques de transition. D'autre part, la transition (politique *d'atténuation*) consiste à passer du financement de l'économie actuelle à un financement durable ou soutenable. L'enjeu n'est pas anodin étant donné que la part des capitaux alloués aux énergies fossiles reste considérable. Un système financier *vert* consisterait à un régime où la majeure partie des capitaux serait dirigée vers des activités soutenables, à faible impact environnemental, peu émettrices etc. A minima, il s'agirait de tarifier les risques des financements des activités « sales » de sorte de considérablement les renchérir et les rationner. Les deux politiques climatiques, d'adaptation et de transition, dépassent très largement le système financier à lui seul. Cependant, l'interdépendance entre système financier et climat est suffisamment forte pour que ce soit un enjeu central concernant à la fois la transition écologique et la future stabilité du système financier.

Dans ce cadre, le développement de la *Finance Climatique* est encourageant. Le système financier, réputé pour ses cycles de court terme (3 à 5 ans) et sa recherche de rentabilité sacrifiant les objectifs économiques de long terme, souhaite prendre en compte un horizon temporel plus long pour tenter de gérer les enjeux du réchauffement climatique. Ce nouveau paradigme est courageux, en particulier dans le milieu des régulateurs financiers, attaché à la neutralité de marché⁶ et à l'indépendance des politiques monétaires vis-à-vis de la politique. En effet, rien dans la finance telle qu'elle fonctionne, ne permet a priori l'allocation de ressources sur une temporalité aussi longue : 30 ans pour la transition écologique selon les engagements des accords de Paris, 80 ans selon l'objectif de limitation du réchauffement à 2°C maximum, si possible 1.5°C.

Le discours de Mark Carney et les accords de Paris impulsent un nouveau cycle de *finance climatique* autour de la question de la gestion du risque. Cependant, l'intérêt de la finance pour les questions environnementales n'est pas nouveau. En effet, Sarah Bracking (2019) analyse la succession de quatre paradigmes. Le premier paradigme développe les marchés carbone. Il débute autour des premières négociations internationales sur le climat et les émissions de gaz à effet de serre dans les années 1990. Suit un cycle assez particulier qui se concentre sur les *services écosystémiques*. Ce cycle traite plus de la biodiversité que du réchauffement climatique. Cependant les méthodes de valorisation de ces *services* se basent en partie sur la comptabilité carbone développée lors de la première phase. Le troisième cycle consiste en la création d'un nouveau produit financier : les *obli-*

6. La neutralité de marché pour une banque centrale consiste à mener une politique aveugle au contenu de l'économie. Il s'agit de soutenir l'économie telle qu'elle existe sans aucune orientation stratégique. Cette neutralité est lié, historiquement et logiquement, à l'indépendance de la banque centrale d'un gouvernement. À propos du réchauffement climatique, il est reconnu que le Quantitative Easing mis en place après la crise des subprimes, du fait de sa neutralité, a conduit à soutenir les secteurs exploitants des hydrocarbures.

gations vertes ou *green bonds*. Ces trois phases ont pour point commun d'être additives au fonctionnement de la finance. On crée un nouveau marché, un nouveau produit, une nouvelle nomenclature. Elles connaissent toutes les trois un développement rapide, plus médiatique qu'empirique, et un échec plus ou moins cuisant. Les marchés carbone perdent de leur centralité dès la crise de 2008 dès lors qu'ils permettent aux entreprises polluantes de spéculer sur le prix du carbone, leur permettant de faire des profits sur le réchauffement climatique sans aucune réduction d'émissions réelle de leur part. Les obligations vertes sont largement décrédibilisées par les universitaires comme par la finance : ignorées par les institutions financières, elles composaient en 2016 à peine 1% des stocks d'actifs échangés. Comme le montrent GRANDJEAN et LEFOURNIER (2021) ces obligations vertes sont purement informatives. Elles ne permettent pas une réallocation des flux financiers. Les services écosystémiques ne semblent pas suffire à protéger les espaces naturels et la biodiversité. Cependant, ces différentes étapes ont permis le développement et la dissémination d'une comptabilité carbone homogène. Lorsque Carney expose son discours sur la tragédie des horizons en 2015, la finance dispose des outils pour développer une gestion des risques climatiques. En particulier les risques de *transition* sont identifiables selon qu'une entreprise émet beaucoup de carbone ou non.

Dans cette nouvelle perspective climatique, de nouvelles questions se posent aux superviseurs financiers. Alors qu'ils étaient en retrait lors des séquences précédentes, la centralité du risque financier implique des problématiques de régulation prudentielle. La publication de stress tests climatiques est caractéristique de cette manière de concevoir le climat au sein de la politique de stabilité financière. Défendue en particulier par le NGFS, réseau de banques centrales et régulateurs du système financier, cette politique prudentielle veut explorer les conséquences du réchauffement climatique et des politiques de transition sur la stabilité du système financier. Cependant, les publications déjà parues, ainsi que les recommandations du NGFS insistent sur l'importance de **sensibiliser** les acteurs financiers à la transition écologique afin de l'accompagner et d'assurer une meilleure allocation des ressources. Autrement dit, alors que le stress test financier classique a pour but principal la stabilité financière, le stress test climatique se situe entre la politique de stabilité financière et la politique de transition écologique.

Le stress test climatique est donc indissociable du superviseur financier. De ce fait il prend place dans un cadre de politique financière. Ce cadre pré-existant est initialement insensible aux questions environnementales. Nous étudierons également les relations entre le stress test climatique et les politiques de supervision financière habituelles.

Problématique :

Dans ce mémoire, nous nous concentrerons donc sur les balbutiements de la politique de stress test climatique. Étant donné qu'une bonne part des stress tests menés par les superviseurs et banques centrales membre du NGFS sont en cours, nous disposons de peu

d'exercices aboutis. Cependant les scénarios du NGFS et les enquêtes du NGFS auprès de ces membres permettent d'avoir un aperçu global de ce à quoi tendent les exercices de stress tests climatiques pour le moment mis en oeuvre. Il s'agit dans ce mémoire, de comprendre la logique dans laquelle s'inscrit le stress test climatique tel qu'il est promu par le NGFS et tel qu'il a commencé à être mis en place par certains superviseurs. On ne peut avoir une approche de simple observateur ex-post de cette politique prudentielle puisque celle-ci consiste à prévenir plutôt que guérir une instabilité causée par un processus nouveau. En première analyse, nous ne disposons pas de données pour évaluer l'efficacité de cette politique. Contrairement aux obligations vertes ou au marché carbone pour lesquels nous disposons d'un relatif recul qui nous permet de conclure (prudemment) que ces politiques sont mal adaptées au verdissement du système financier, les stress tests climatiques ne se prêtent pas à ce type de considération. Précisément, l'enjeu scientifique autour des risques climatiques est de développer une analyse ex-ante, avant que ces risques adviennent. Ainsi, la gestion des risques climatiques futurs nécessite un plus grand travail de problématisation, tant sur le contenu des risques à gérer que sur l'outil de stress test, son articulation avec les arbitrages habituels des acteurs financiers ainsi que la politique prudentielle classique menée par les superviseurs et/ou les banques centrales.

En étudiant le cadre méthodologique et institutionnel des stress tests climatiques, il s'agit de proposer une analyse critique d'un outil central dans la stratégie de régulation prudentielle des risques financiers relatifs au changement climatique. Cette analyse se concentre sur le début des publications du NGFS. En annexe page 83 sont rapportées les publications utilisées relatives aux quelques exercices ayant eu lieu. Cette analyse ne doit pas tirer une conclusion définitive sur l'intérêt et les limites des stress tests climatiques mais observer la direction prise par le NGFS au niveau méthodologique et politique. Pour ce faire, nous essaierons, dans la mesure des publications disponibles, de répondre aux questions suivantes. À quoi sert la politique de quantification des risques climatiques par stress tests ? Comment est-ce que les stress tests climatiques reproduisent les lacunes de la régulation financière classique ? Quelle vision du réchauffement climatique les stress tests climatiques véhiculent-ils ? Quelles directions alternatives pouvons-nous suggérer ?

Dans un premier temps nous observerons les caractéristiques des scénarios de stress climatiques proposés par le NGFS et mis en place par les régulateurs membres du réseau. Dans un second temps, nous étudierons les limites internes et développements possibles de cette méthode. Ensuite, nous nous intéresserons à ces limites externes, c'est-à-dire à la manière dont les scénarios du NGFS considèrent les problématiques climatiques comme *réductibles* aux arbitrages financiers dans un cadre méthodologique inadapté. Enfin, nous étudierons les possibles intégrations du stress test climatique au sein de la politique de réglementation financière.

Chapitre 1

Le développement des stress tests climatiques : origine financière, caractéristiques, enjeux et résultats provisoires

À la suite du discours de Carney, de nombreux superviseurs financiers vont commencer à publier des informations sur les risques financiers causés par le réchauffement climatique. La Banque des Pays-Bas, la Banque d'Angleterre, la Banque de France et la Banque Centrale Européenne font partie des précurseurs en la matière. Ces éléments permettent d'installer durablement la gestion des risques climatiques dans les discussions scientifiques et politiques.

1.1 De la gestion des risques financiers à la gestion des risques climatiques

1.1.1 Des risques financiers aux risques climatiques

1.1.1.1 Les risques financiers classiques

La gestion des risques financiers est une activité intrinsèque de la finance. L'activité de base d'une banque étant d'accorder des crédits et de collecter des dépôts, elle s'expose mécaniquement au risque que la dette ne soit pas remboursée dans son intégralité, c'est le risque de crédit. Mais les banques sont également exposées au risque de marché. L'un des canaux de celui-ci passe par les collatéraux. Ceux-ci sont des garanties accolées aux prêts accordés par les banques. La valeur de ces collatéraux peut évoluer fortement car ceux-ci sont valorisés aux prix du marché. Le risque de liquidité est plus complexe à saisir. Il concerne les deux côtés du bilan de la banque, de ce fait sa mesure est complexe. D'une part, l'accès à la liquidité dépend de la capacité de la banque à liquider des actifs (liquidité

de marché, du côté de l'actif du bilan des banques), d'autre part elle dépend de la capacité de la banque à mobiliser des fonds (liquidité de financement, du côté du passif du bilan des banques). Les deux côtés du bilan restent interdépendants, ce qui conduit aux spirales de liquidité. Enfin le risque opérationnel concerne les pertes susceptibles d'être portées par une banque suite à une erreur de fonctionnement interne. Ces quatre risques financiers auxquels les banques s'exposent sont illustrés dans le tableau 1.1.

Face à ces risques, la réglementation financière est censée garantir la stabilité du système financier, en particulier au niveau bancaire et assurantiel. La réglementation se situe à deux échelons. Un premier échelon international est cadré par les accords de Bâle (I, II et III). Le comité de Bâle propose des accords internationaux visant à réglementer les banques (en capital depuis Bâle 1 et également en liquidité depuis Bâle 3) et donc à assurer la stabilité financière. Les règles de Bâle sont transposées à l'échelle européenne dans des directives et des règlements. Pour les assurances, c'est l'IAIS qui propose un cadre prudentiel. Le deuxième échelon est national et implique d'une part l'application des réglementations internationales, d'autre part une politique plus discrétionnaire organisée par des superviseurs bancaires et financiers, souvent accolée à une banque centrale. En France cette stabilité financière est donc supervisée par l'ACPR pour les assurances et les banques qui ne sont pas considérées comme systémiques au niveau national et l'ABE et la BCE (pour les banques systémiques) au niveau Européen. Ces superviseurs nationaux veillent également à l'application de la réglementation de Bâle par les acteurs financiers nationaux. Les risques financiers sont les risques de crédit, de marché, opérationnels, et de liquidité.

1.1.1.2 Les stress tests de solvabilité

Le développement important des marchés financiers s'est accompagné d'une hausse de l'endettement privé et de la volatilité des cours boursiers. De ce fait, un bilan stable et peu risqué à une date t , peut s'avérer en réalité très risqué à une date $t+1$ suite à un retournement des conventions de marché. Les acteurs financiers n'ont pas attendu les régulations internationales pour élaborer des tests de résistance à des perturbations financières. Cependant les accords de Bâle I (1988), Bâle II (2004-2008) et Bâle III (2010) ont conduit à une utilisation *réglementaire* de ces tests financiers.

Le rapport de l'ADEME (JACQUETIN 2021) sur les stress tests climatiques résume le cadre d'un stress test financier classique (ie de solvabilité) : il s'agit d'un test de « sensibilité » à un choc ou une combinaison de chocs, soit historique (basé sur une crise passée) soit hypothétique. Les scénarios permettent de raisonner en scénario déterministe (on modélise un choc) et non stochastique (beaucoup plus complexe en particulier lorsqu'on souhaite modéliser des événements extrêmes de récession). Il existe deux motifs de l'exercice : soit microprudentiel (s'assurer de la solvabilité d'une banque en cas de choc), soit macroprudentiel (s'assurer de la stabilité du système financier dans son ensemble).

On essaie dans ce deuxième cas d'analyser les « effets de contagion » et la « rétroaction entre secteur financier et économie réelle ».

Pour étudier ce à quoi peut ressembler un stress test de solvabilité, observons ce qui se fait en Europe. L'ABE (Autorité Bancaire Européenne) met en place des tests de stabilité de l'ensemble de la zone euro en coordination avec les superviseurs nationaux (ECB 2021). En France c'est l'ACPR qui effectue ces études afin « d'évaluer la résilience du secteur bancaire de l'Union à une dégradation prononcée de l'environnement macro-économique et financier » (ACPR 2017). Ces tests concernent les six principaux groupes bancaires et étudient l'évolution des ratios prudentiels en situation adverse (c'est-à-dire avec un scénario de récession économique, de hausse du chômage etc). Le ratio étudié par l'ABE est le ratio CET1 (ratio de fonds propre de base de catégorie 1 sur actifs pondérés par les risques). Il s'agit d'un ratio de solvabilité bancaire. Depuis Bâle III, ce ratio doit être supérieur à 10%. C'est l'évolution de ce ratio qui est particulièrement étudiée dans la réalisation du stress test. La conclusion est interprétée par rapport à des seuils conventionnels : le scénario adverse simulé implique que le ratio CET1 passe en dessous de 10% pour la plupart des groupes bancaires (BNP Paribas, BPCE, la Banque Postale et la Société Générale), en revanche ce ratio ne diminue pas suffisamment pour considérer qu'il y ait un risque de solvabilité sur les banques françaises (ACPR 2021a). La valeur de référence qui ne doit pas être atteinte lors du stress test est de 5,5%. Aucun groupe français n'a un ratio inférieur à cette valeur critique (au niveau européen seulement une banque dépasse le seuil critique). De plus les résultats sont distribués par risques : le risque de crédit contribue en moyenne à la baisse du ratio de solvabilité de 3,8 points de pourcentage, le risque de marché de 1,1 points et le risque opérationnel de 0,9 points. Enfin ce test de résistance macroprudentiel permet de faire intervenir le deuxième pilier de la régulation financière qui impose une exigence supplémentaire en fonds propres, établie par les superviseurs financiers¹.

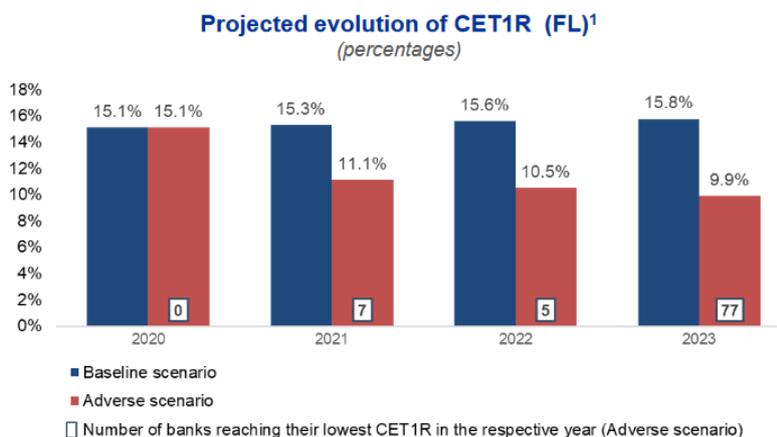
Ces stress tests remplissent deux objectifs pour les superviseurs. Le premier consiste à donner une idée de la stabilité du système financier en général et des principales banques prises isolément. Le second est de contrôler les pratiques bancaires en matière de respect des réglementations (ratio de solvabilité notamment). En effet, les ratios sont pour la plupart pondérés par les risques des actifs. Le calcul des risques est effectué par les banques. Les superviseurs ont besoin de s'assurer de la robustesse des calculs effectués par les banques. Ces tests de résistance permettent au superviseur d'aiguiller une politique prudentielle discrétionnaire.

1.1.1.3 Les risques climatiques selon Mark Carney

Le discours de Mark Carney (2015) est crucial dans la définition des risques climatiques. C'est en effet sa typologie des risques qui est aujourd'hui utilisée dans un ensemble

1. Nous reviendrons dans le dernier chapitre sur les différents piliers de régulation et sur la manière dont ils pourraient s'articuler dans le cadre d'un stress test climatique

FIGURE 1.1 – Évolution moyenne du ratio de solvabilité réglementaire (CET1) pour les principales banques européennes selon un scénario adverse, stress test 2021 mené par l’ABE sur l’ensemble de la zone euro



Source : ECB (2021)

Note de lecture : Face à un scénario adverse, le ratio de solvabilité réglementaire CET1 baisse en moyenne à 9.9% en 2023, soit légèrement en dessous du seuil réglementaire de 10%. 77 banques passent en dessous de cette limite réglementaire et devraient donc être renflouées en cas de scénario adverse.

de publications universitaires, de régulateurs, d’institutions financières et internationales. Dans ce discours il distingue les risques physiques, les risques de transition et les risques juridiques.

- **Les risques physiques** : Les risques physiques concernent la destruction de stocks d’actifs (feux de forêt, inondations, cyclones, montée du niveau de la mer...), la baisse de rentabilité d’entreprises exposées et/ou la détérioration des flux de revenus (impact sur le tourisme, sur la pêche, sur les récoltes ou sur les revenus des travailleurs des zones concernées etc.). Ces dommages physiques peuvent affecter directement la longévité du capital via une accélération de sa dépréciation. Selon Marc Carney, les risques physiques correspondent plus précisément aux « impacts aujourd’hui sur les passifs des assurances et la valeur des actifs financiers résultant des événements climatiques et météorologiques, telles que les inondations et les tempêtes qui endommagent les biens ou perturbent le commerce ». Pour les assurances, il s’agit principalement de maintenir leurs services malgré la hausse de la sinistralité. Pour les banques il s’agit de prendre en compte les effets du réchauffement climatique sur la production d’une part et sur leur fonctionnement d’autre part.
- **Les risques de transition** : L’origine anthropique du réchauffement climatique nécessite une action forte de l’homme sur le système économique pour le rendre soutenable. La décarbonation de l’économie est donc une priorité et est susceptible de

déstabiliser les marchés financiers. Le risque de transition peut aussi résulter d'une rupture technologique rendant possible une transition rapide ou d'un changement rapide des préférences individuelles et des normes sociales. La polarisation des anticipations de marché en réaction à de telles mutations dans la politique climatique, la technologie ou les comportements peut provoquer une forte dépréciation d'actifs adossés à des activités très carbonées, et cela avant leur amortissement complet, avec des effets en chaînes endogènes difficiles à évaluer. Mark Carney définit ces risques de la manière suivante : « Risques financiers liés au processus d'ajustement vers une économie bas-carbone. Changements de politiques, de technologies et risques physiques peuvent conduire à une réévaluation de la valorisation d'une large gamme d'actifs au moment où les coûts et les opportunités deviennent apparents ». Autrement dit, le choc de transition est ici caractérisé de manière *exogène* par la mise en place de politiques publiques de régulation, de chocs technologiques ou sociaux, extérieurs aux marchés financiers.

- **Le risque juridique** : est lié aux recours juridiques possibles de la part des générations futures à l'encontre des entreprises qui seront considérées comme responsables des catastrophes climatiques et environnementales liées au réchauffement climatique. Pour Mark Carney il s'agit des « potentielles conséquences à venir si des parties ayant souffert de pertes ou de dégâts dus aux effets du changement climatique cherchaient une compensation par ceux qu'ils tiendraient pour responsables. De telles procédures pourraient survenir dans plusieurs dizaines d'années, et elles pourraient potentiellement frapper plus durement les extracteurs et les émetteurs de carbone et, lorsqu'ils bénéficient d'assurance en responsabilité, leurs assureurs ». L'exemple de la faillite du fournisseur d'électricité californien PG&E illustre les conséquences financières de ce risque². En 2018 en Californie, un méga-feu fait 86 morts et détruit 14 000 habitations. Des citoyens vont porter plainte pour négligence de la part de l'entreprise : l'incendie s'est déclenché par des étincelles des lignes électriques et s'est répandu à cause du manque d'entretien autour des lignes de haute tension. Les plaintes vont coûter 30\$ milliards à l'entreprise, plus que ce que les assurances peuvent rembourser, et plus que ce que l'entreprise ne peut supporter, ce qui va conduire à la faillite de l'entreprise. Le risque juridique peut se transmettre à la fois aux assurances, mais aussi au système financier : la faillite a touché le groupe Vanguard. Ce cas est exemplaire mais il n'est pas isolé. Aux États-Unis, GANGULY et al. (2018) décomptent pas moins de 1000 litiges liés au changement climatique. En France, l'Affaire du siècle est le premier procès médiatique pour inaction climatique (Le Monde 2020). Le risque de procès climatique en France concerne pour le moment l'État mais pourrait bien se généraliser à d'autres acteurs. Ce risque juridique est peu traité d'un point de vue financier. Comme il est ignoré dans les stress tests, nous ne les traiterons pas dans cet exposé.

2. voir par exemple DEYRIS (2019) ou le Wall Street Journal (2019)

FIGURE 1.2 – Le directeur général de Pacific Gas and Electric plaide coupable pour 84 chefs d'accusation d'homicide involontaire



Cette nomenclature de risques financiers d'origine climatique a pour intérêt sa simplicité. Il traduit les enjeux climatiques dans le vocable financier et permet de faire prendre conscience aux acteurs financiers l'impact du réchauffement climatique sur leurs activités. Cependant, remarquons dès à présent que cette nomenclature a peu d'assise scientifique : elle ne repose pas, à l'origine, sur des publications scientifiques d'économistes ou de climatologues. La littérature scientifique utilise fréquemment cette nomenclature, bien au delà des superviseurs financiers (DEYRIS (2019), AGLIETTA et ESPAGNE (2016), BOLTON et al. (2020)).

1.1.1.4 La relation entre risques financiers et risques climatiques

Nous avons étudié deux nomenclatures de risques. La première est composée de quatre risques financiers. La seconde de trois risques financiers d'origine climatique. Afin d'étudier les canaux de transmission des chocs causés par le dérèglement climatique sur la stabilité financière, nous pouvons croiser ces deux nomenclatures afin d'explicitier la manière dont le climat va impacter les activités financières. C'est ce que fait la BCE dans un rapport³ repris par l'Ademe (JACQUETIN et al. 2021) dans le tableau 1.1.

Les risques physiques se transmettent au système financier par de nombreux canaux. Le premier canal, le plus évident, est la destruction d'infrastructures causée par des catastrophes naturelles d'origine climatique. En détruisant du patrimoine immobilier ou des infrastructures, les catastrophes naturelles sont susceptibles de dévaloriser les collatéraux utilisés par les banques pour se protéger du risque de crédit. Ces mêmes catastrophes peuvent faire changer les prix, par exemple sur les marchés agricoles, suffisamment pour pousser des entreprises à la faillite, ou pour engendrer une revalorisation des actifs. Enfin, une catastrophe naturelle peut générer des dysfonctionnements organisationnels, causées par exemple par une panne d'électricité. De même, une banque peut se trouver dans une crise de liquidité si elle subit des dégâts au niveau de ses distributeurs automatiques ou de ses réserves de cash suffisamment importants pour remettre en cause ses stocks de liquidité. Les risques physiques résident aussi dans la probabilité qu'une catastrophe naturelle

3. (ECB 2020)

TABLE 1.1 – Principales catégories de risques financiers, actifs et liens avec les risques climatiques

| Catégorie | Risque financier | Lien avec risque physique | Lien avec risque de transition |
|--|--|--|---|
| Risque de crédit/contrepartie | Risque qu'un emprunteur ne rembourse pas tout ou partie de son crédit aux échéances prévues | Valorisation des collatéraux dans les portefeuilles immobiliers, infrastructures | Hausse des coûts et baisse de la profitabilité de certaines activités liée à des signaux-prix |
| Risque de marché (taux, change, actions, matières premières) | Risque de perte qui peut résulter des fluctuations des prix des instruments financiers qui composent un portefeuille | Changement des attentes Volatilités et pertes liées à une revalorisation des actifs | Réévaluation rapide des actions et dettes des entreprises sur la base des cash-flow futurs anticipés (pertes, actifs échoués) |
| Risque opérationnel | Risque de pertes directes ou indirectes dues à une inadéquation ou à une défaillance des procédures de l'établissement | Perturbation liée aux dommages sur les immobilisations corporelles | Dégradation de la réputation Actions en justice |
| Risque de liquidité | Risque qu'une banque n'ait pas assez de liquidités pour répondre à ses engagements à court terme | Retrait de liquidité pour réparer les dommages physiques | Réévaluation des actifs liquides, affectant les coussins de liquidité |

Source : JACQUETIN, GARNERO et CALLONNEC 2021 à partir de ECB 2020 *Guide on climate-related environmental risks*

affecte profondément et durablement l'économie. Par exemple une vague de chaleur peut faire baisser durablement la productivité du travail et mettre à l'arrêt certains secteurs de l'économie du fait des conditions de travail trop dures ou d'une dépendance à l'eau de certains secteurs productifs. En plus de la destruction d'infrastructure (effet direct) les risques physiques font peser des risques financiers indirects en affectant profondément les systèmes socio-économiques. Les effets sur les institutions bancaires et financières sont cependant difficiles à anticiper.

La transition affecte le prix des actifs, leur rentabilité, ou la probabilité de défaut des entreprises polluantes. Le risque de crédit se concrétise principalement par la hausse de la probabilité de défaut. Le risque de marché est plus varié et concerne notamment *l'échouage d'actif*. Cet échouage consiste à une chute de la valeur d'un actif du fait d'un choc exogène (politique de transition, choc technologique etc). Par exemple, une politique de restriction des trajets en avion est susceptible de dégrader fortement la valeur des actifs des entreprises dans l'aéronautique. Le risque de liquidité vient des changements de liquidité des actifs, notamment du fait de l'imposition de régulation. Enfin le risque opérationnel de transition est plus strictement lié au risque juridique : il provient de la possibilité pour une entreprise d'être attaqué en justice pour inaction climatique, négligence etc. Ce risque peut-aussi provenir d'un mécanisme de *name and shame* faisant jouer la discipline de marché.

1.1.2 Des stress tests financiers aux stress tests climatiques

Après avoir explicité les risques financiers relatifs au changement climatique, nous devons analyser la manière dont les superviseurs passent d'un stress test financier à un stress test climatique. En effet, ce passage implique une transformation d'un outil qui n'est initialement pas conçu pour étudier des données climatiques.

On trouve la mise en place des premiers stress tests avant qu'un cadre réglementaire viennent les imposer. Les institutions financières, banques et assurances entre autres, mènent des exercices de stress internes afin de réajuster leur stratégie d'investissement de moyen terme pour les banques, et la prime d'assurance pour les assurances. Il s'agit de prime abord d'un outil de gestion des risques.

Par la suite, les accords de Bâle II (2004) et III (2010) vont imposer des piliers de réglementations qui incluent l'usage de stress tests. Ces accords imposent des ratios de solvabilité et de liquidité que les banques doivent respecter. Face à un scénario particulièrement adverse, le stress test vérifie la suffisance de ces ratios. Si les résultats vont en dessous d'un certain seuil, alors la banque doit augmenter ses fonds propres ou ses réserves de liquidité. En ce sens, le stress test classique sépare le risque de liquidité et le risque de solvabilité. Le risque de solvabilité est décomposable selon les trois risques financiers cités plus haut. Suite aux accords de Bâle III, les stress tests acquièrent un rôle dans la régulation macro-prudentielle. En effet, ces exercices estiment dans un exercice de second tour, l'effet de la transmission des risques d'une banque aux autres acteurs bancaires. De ce fait, il sert à mesurer les risques systémiques.

1.1.2.1 Passage du stress test financier au stress test climatique

D'après Laurent Clerc, directeur de la Direction d'étude et d'analyse des risques de l'ACPR et responsable de l'étude pilote de stress test climatique de l'ACPR (2021b), le stress test climatique est « inédit du fait de sa nature, de son horizon, et qu'il porte à la fois sur les banques et les assurances »⁴. Il explique les différences entre stress tests et stress tests climatiques, résumé dans le tableau 1.2 (CLERC 2020). On peut résumer ces différences selon deux axes. Le premier est temporel tandis que le second est lié aux canaux de transmission des risques climatiques.

Selon le cadrage de Laurent Clerc (2020) et du NGFS (2021a), la stabilité financière face au changement climatique est un enjeu de long terme. Ainsi les tests sont menés sur un horizon temporel bien plus long que les tests classiques (une trentaine d'années pour les risques climatiques contre 3 à 5 ans pour les risques classiques). Un autre enjeu de la temporalité spécifique du réchauffement climatique réside dans l'absence d'historicité. Dans les stress tests classiques, la plupart des chocs et des canaux de transmission sont déduits de l'analyse historique des chocs précédents (donc en utilisant des données passées

4. Interview dans la Revue Banque en septembre 2020 par Laure Bergala

que l'on projettent dans le futur). Le réchauffement climatique, en tant que processus nouveau, ne peut pas être étudié avec ce type de méthode. Le NGFS propose donc de se baser sur des scénarios climatiques. Ces derniers sont censés représenter les conséquences économiques et financières du processus de réchauffement. Enfin, la longue temporalité nécessite l'usage de modélisation complexe et de taux d'actualisation, ce qui n'est pas le cas pour un stress test classique.

Le second axe de modification réside dans la complexification et dans la précision supérieure nécessaire pour un exercice climatique. Les canaux de transmissions sont plus complexes à étudier que dans un cadre financier (un stress test de solvabilité ne nécessite pas de modélisation approfondie de rapport entre l'économie réelle et la finance). En effet les risques climatiques se manifestent d'abord dans des zones géographiques et dans des secteurs spécifiques. Les étudier nécessite de très bonnes connaissances sur l'ensemble des infrastructures et l'ensemble de la chaîne de production. Il faut que les institutions financières soient en mesure de connaître l'exposition géographique et sectorielle des entreprises et de leurs fournisseurs.

Ce léger descriptif du passage d'un stress test classique à un stress test climatique tel que le propose le NGFS révèle un changement important de cet outil de régulation. En effet il faut des données plus précises, avec une granularité sectorielle et géographique, et des hypothèses afin de calibrer un choc climatique. La modélisation nécessite l'usage de données climatiques. Elle utilise des hypothèses sur les politiques mises en place et sur le progrès technique. Celui-ci est considéré comme exogène.

TABLE 1.2 – Quelques spécificités des stress tests climatiques

| Caractéristiques | <i>Stress tests</i> standards | <i>Stress tests</i> climatiques | |
|------------------------------|--|--|---|
| | | Risque de transition (y compris risque de responsabilité) | Risque physique |
| Horizon | Court à moyen terme | Court, moyen et long terme | Court, moyen et long terme |
| Types de variables utilisées | Économiques et financières | Politiques climatiques et progrès technique | Politiques et données climatiques, progrès technique |
| Calibrage des chocs | Sur la base des chocs passés | Peu, voire pas, d'historique de chocs | Peu, voire pas, d'historique de chocs |
| Granularité | Nationale | Sectorielle et géographique | Sectorielle et géographique |
| Effets de rétroaction | En cours (par exemple, amplification financière) | En cours (interaction entre choix politiques et changement climatique) | Interaction climat/économie (largement à faire) |
| Taux d'actualisation | Peu utilisé (hormis pour l'assurance) | Important pour l'analyse des choix économiques à long terme | Important pour l'analyse des choix économiques à long terme |

Source : CLERC 2020

Le test de résistance de l'ACPR mené en 2020 et publié en 2021 montre bien les décalages entre stress tests de solvabilité et stress tests climatiques. Cet exercice pilote est *bottom-up*, c'est-à-dire que l'ACPR propose des scénarios adverses d'un point de vue climatique (hausse de la sinistralité et du prix du carbone) et les banques calculent leurs expositions, à partir de ces scénarios, selon leurs propres modèles internes. Les banques et assurances françaises sont testées sur un horizon temporel de 30 ans. En tant qu'exercice pilote, il met en exergue la nature différente des données nécessaires aux stress tests climatiques en comparaison des données financières habituellement utilisées dans les tests de solvabilité. Ainsi dans les bilans des premiers résultats, l'ACPR conclut « il semble important de ne pas s'arrêter uniquement sur les résultats chiffrés, mais sur les apprentissages que les organisations devront intégrer dans leur management des risques : un enrichissement des systèmes et savoir-faire ». En particulier, l'analyse sectorielle manque de nomenclature adaptée aux risques climatiques (ALLEN et al. 2020, ACPR 2021b). Afin de prolonger l'analyse temporelle, l'ACPR utilise des scénarios de 30 ans, décrits par le NGFS. Leur logique et leur utilisation est décrite ci-dessous. Ces différents scénarios permettent d'étudier les différences de « coûts du risque » en fonction des transitions entreprises.

1.1.2.2 Les scénarios du NGFS

Les scénarios utilisés la plupart du temps dans les publications des membres du NGFS sont construits par ce réseau de superviseurs (NGFS 2021a). Ce travail de publication des données est révélateur de la volonté de sensibiliser les acteurs financiers par un meilleur accès aux informations financières climatiques. La méthode des scénarios est censée permettre de gérer la situation d'incertitude radicale en posant des hypothèses. Elle s'éloigne d'une méthode par optimisation probabiliste, étant donné que nous sommes incapables de dire à quel point un scénario est probable ou non. Selon l'Ademe, il s'agit même d'un consensus : pour gérer l'incertitude radicale, la méthode des scénarios est un bon outil.

« Un consensus apparaît entre tous les acteurs : l'exposition aux risques climatiques doit se traduire [...] par des scénarios macroéconomiques et financiers suffisamment nombreux pour appréhender l'ensemble des incertitudes » (JACQUETIN et al.2021)

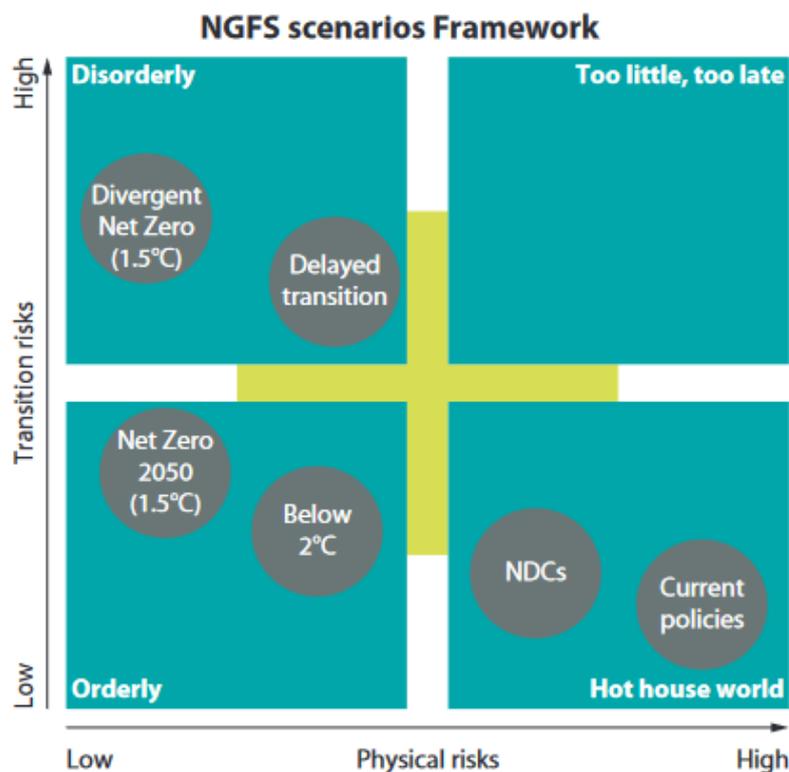
Les différents scénarios du NGFS traitent essentiellement de la transition et de son succès. En d'autres termes, ils projettent à la fois les conséquences du réchauffement climatique et les politiques d'atténuation menées par les pouvoirs publics. Le premier élément détermine les risques physiques, le second les risques de transition : « They provide a common reference point for understanding how climate change (physical risk) and climate policy and technology trends (transition risk) could evolve in different futures ». ⁵ Notons que le risque de transition consiste à la fois en changement technologique et en

5. Page internet des scénarios du NGFS <https://www.ngfs.net/ngfs-scenarios-portal/>

politique climatique. Dans les détails, le NGFS modélise 6 scénarios, représentés figure 1.3 en fonction des risques physiques et de transition :

- Un scénario *Net Zero 2050* qui correspond au scénario parfait dans lequel la transition se déroule de manière ordonnée (c'est-à-dire en coordination internationale avec la mise en place d'un prix du carbone au niveau mondial, qui augmenterait progressivement de manière anticipée). Ce scénario est le meilleur d'un point de vue climatique (on reste sur l'objectif des 1.5°C de réchauffement en fin de siècle) mais aussi d'un point de vue financier (les risques liés au climat sont les plus faibles dans ce scénario).
- Un scénario *divergent* ou *désordonné* qui atteindrait malgré tout la neutralité carbone en 2050, mais par une transition incertaine. En effet, ce scénario suppose une productivité plus faible de la transition (ie du secteur des énergies renouvelables) ainsi qu'une moindre efficacité des technologies de séquestration. Cette transition permet d'arriver à la même situation climatique (1.5°C en fin de siècle) mais avec une hausse des risques financiers liés à la transition et un prix du carbone qui augmente plus fortement (et de manière moins prévisible) après 2030.
- Un scénario *retardé* qui consiste en la mise en place d'un prix du carbone seulement à partir de 2030. Afin de rattraper le retard des émissions, le prix du carbone augmente plus fortement et abruptement. Les conséquences climatiques sont identiques, mais pas les risques de transition.
- Un scénario *en dessous de 2°C* conduit à ne pas avoir besoin d'une hausse du prix du carbone aussi importante que pour un maintien des températures autour de 1.5°C. Ce scénario conduit à un faible risque de transition mais à de plus forts risques physiques.
- Un scénario suivant les « *Nationally Determined Contributions* » issues des accords de Paris. Conformément aux accords de Paris, ces engagements sont insuffisants pour assurer le maintien des températures autour de 1.5°C. En effet, les accords de Paris engagent les pays à baisser les émissions de gaz à effet de serre en deçà de 2°C. L'esprit initial des accords était de renforcer les engagements au fur et à mesure afin d'assurer le maintien des températures le plus proche possible des 1.5°C.
- Un scénario *Business As Usual (BAU)* qui consiste en scénario sans transition. Il s'agit du scénario le plus pessimiste pour le climat puisqu'il conduirait à dépasser de plusieurs degrés les limites planétaires établies par les scientifiques à 1.5°C ou 2°C. Le dernier rapport du Giec conclut qu'une trajectoire de ce type conduirait à un réchauffement moyen de 4.4°C en 2100.

FIGURE 1.3 – Scénarios en fonction des risques physiques et de transition



Source : NGFS 2021b

Le NGFS défend une analyse en termes de scénario afin de pouvoir évaluer, comparer, les coûts et les avantages de chaque scénario climatique pour la finance. Les scénarios sont exprimés en termes de transition et de changement climatique. D’une part, on considère une transition plus ou moins bien menée. D’autre part, on considère les effets de cette transition sur le degré de réchauffement climatique et les risques physiques qui en découlent. Le NGFS traduit ces scénarios en termes de risques physique et de transition (voir figure 1.3). Ces deux risques sont relativement adverses car une absence de transition implique un faible risque de transition et un fort risque physique. À l’opposé un fort risque de transition implique pour la plupart des scénarios, une diminution du risque physique. Ces scénarios se distinguent principalement sur l’évolution du prix du carbone et le réchauffement climatique en fin de siècle. On pourrait exprimer dans ce cadre les risques financiers selon une évolution du prix du carbone. À l’exception d’un scénario dit *désordonné*, le NGFS suppose pour tous les scénarios le même progrès technique, le même type de politique (une hausse du prix du carbone), la même efficacité de la hausse du prix du carbone, le même mix énergétique, etc. La seule variable qui change en fonction de ces principaux scénarios est la courbe du prix du carbone (y compris pour le scénario désordonné, la plus faible productivité est compensée par un changement dans la courbe du carbone).

1.1.2.3 Scénarios du NGFS utilisés dans l'exercice pilote de l'ACPR (2020)

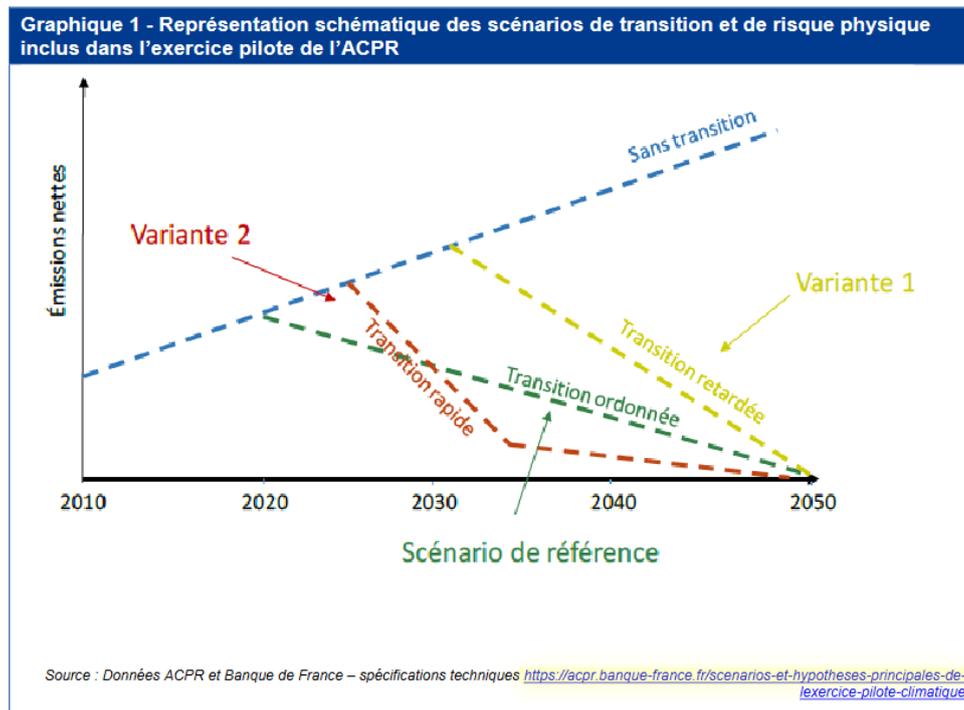


FIGURE 1.4 – Schéma des scénarios utilisés par l'ACPR dans l'exercice pilote de 2020. (ALLEN et al. 2020)

L'exercice pilote de l'ACPR utilise trois scénarios (ALLEN et al. 2020). Le scénario de base est identique à celui du NGFS, il s'agit d'une trajectoire optimale de transition ordonnée permettant l'atteinte de l'objectif de limitation de la hausse des températures à 1.5°C. Ensuite, l'ACPR propose un scénario retardé permettant également l'atteinte de la neutralité carbone en 2050 mais sans rattrapage du retard accumulé, ce qui implique un dépassement des 1.5°C de réchauffement mais un maintien en dessous des 2°C. Enfin, l'ACPR développe un modèle absent dans les scénarios du NGFS qui consiste en un scénario de transition accéléré dans lequel la transition commence plus tard mais est plus rapide que pour le scénario de base. Ce rattrapage permet de limiter le réchauffement à 1.5°C. L'exercice se déroule de la manière suivante : à chacune des institutions financières sont proposés les différents scénarios. Pour chacun, la banque ou l'assurance fait fonctionner ses modèles de gestion des risques internes et renvoie les résultats au superviseur. Le superviseur publie les résultats moyens en termes de hausse du coût du risque et de probabilité de défaut en fonction des scénarios. Par ailleurs, la méthode de bilan dynamique permet d'exposer (anonymement) les stratégies des banques. Il est intéressant d'observer que certaines banques ne changent pas leur stratégie d'investissement à un horizon de trente ans malgré l'explicitation des risques climatiques.

1.1.2.4 Scénarios utilisés par la BCE (2021)

Les scénarios utilisés par le stress test de la BCE viennent du NGFS. Ils font varier conjointement le type de transition et le degré de réchauffement. Le scénario de référence consiste encore en une transition optimale, permettant de respecter l'objectif de 1.5°C de réchauffement en fin de siècle. Le second scénario est une transition désordonnée impliquant des risques de transition supérieurs et un réchauffement de 2°C (donc des risques physiques également supérieurs). Le troisième scénario est un scénario de réchauffement basé sur une absence de transition. Ce scénario prend en compte les politiques qui ont commencé à être mise en place ce qui implique un réchauffement plus faible (environ 3°C) que dans les pires scénarios du GIEC (4.4°C en moyenne). La BCE conclut que l'ensemble des acteurs financiers ainsi que l'économie dans son ensemble a intérêt à une transition optimale.

1.2 Paramètres et méthodes de stress tests climatiques pilotés par les institutions membres du NGFS

1.2.1 État des lieux des travaux du NGFS

Au-delà de l'exercice de l'ACPR et de la BCE il est utile de mentionner un certain nombre d'autres exercices menés par des membres du NGFS. La banque du Pays Bas est préceuse dans l'étude de la gestion des risques climatiques (VERMEULEN et al. 2018, SCHELLEKENS et TOOR 2019, CALOIA et JANSEN 2021). Notamment SCHELLEKENS et TOOR (2019) étudient les expositions des acteurs financiers néerlandais (banques, assurances et fonds de pensions) à divers risques socio-environnementaux et climatiques. Un intérêt majeur de cette publication est sa bonne prise en compte de la situation climatique à l'international.

La banque centrale du Royaume-Uni (la BoE) est également pionnière en la matière. Elle a publié un premier test en 2019 puis un second en 2021 (BoE 2021) sur la base d'un stress test top-down, dont la méthodologie comme les conclusions sont similaires au test de la BCE. Les scénarios utilisés se rapprochent fortement de ceux du NGFS.

En dehors de ces deux banques préceuses⁶ ainsi que du stress test français et européen, il y a assez peu de publications de stress tests climatiques. Le NGFS a néanmoins publié une enquête menée auprès de ses superviseurs qui révèlent qu'un grand nombre de superviseurs sont en train de mener des tests de ce type ou d'en publier les résultats (NGFS 2021b). Pour ce mémoire, je ne pourrai pas utiliser d'autres travaux étant donné qu'une bonne partie des publications sont prévues au cours de l'année 2022. De plus, il y a

6. Nous utiliserons peu les publications de la Nederlandsche Bank et de la BoE car elles précèdent les conseils du NGFS tout en étant assez similaires aux publications de l'ACPR et de la BCE. Elles ne permettent pas d'éclairer la direction que prend le réseau de superviseurs au sein du NGFS et ne sont pas suffisamment différentes des exercices du NGFS pour apporter quelque chose à l'analyse.

mitigate these uncertainties most survey respondents consider multiple scenarios in their exercises ». Enfin, les superviseurs testent essentiellement les risques de crédit pour les banques et les risques de marché pour les assurances.

Cependant l'usage des scénarios varient selon deux approches issues des méthodes de stress tests de solvabilité.

- Top-down : Un exercice top-down est effectué par le superviseur financier indépendamment des institutions financières. Autrement dit, le superviseur impose des scénarios et simule des pertes pour chaque banque ou assurance en fonction de ses connaissances du bilan de ces institutions (l'exercice de la BCE, du Pays-Bas ou de la BoE sont top-down)
- Bottom-up : Un exercice bottom-up nécessite l'intervention des institutions financières. Les superviseurs proposent des scénarios et une méthodologie générale et la banque ou l'assurance fait tourner ses propres modèles afin de calculer son exposition. Les résultats sont renvoyés aux superviseurs qui les publient de manière anonyme ou non. L'exercice de l'ACPR est bottom-up, et la BCE prépare en 2022 un exercice bottom-up à la suite de l'exercice top-down de 2021. Les chercheurs de la BCE considèrent donc l'exercice bottom-up comme le débouché logique de l'exercice top-down, plus difficile à mettre en oeuvre mais plus important.

Il est également intéressant d'observer les objectifs annoncés par les superviseurs de ces études. Trois possibilités de réponses s'offraient aux enquêtés : deux objectifs prudentiels (micro ou macro) et un objectif d'analyse économique.

- Macroprudentielle : l'objectif est d'étudier les risques et leurs impacts sur l'ensemble du système financier, en particulier sur les dynamiques de dettes et d'investissement. Lorsqu'un stress test est conduit pour des raisons macroprudentielles, il est censé permettre la mise au point ou la justification de réglementation du type ratio de leviers ou coussin contra-cyclique. On notera cependant dans les faits que les annonces sont en deçà de la réalité : l'exercice de l'ACPR est censé répondre à des motifs macroprudentiels alors même que c'est un exercice essentiellement bottom-up qui ne traite que du risque de crédit et n'est pas à même de traiter des risques systémiques tels qu'expliquer en troisième partie. 23 enquêtes mentionnent ce motif.
- Microprudentielle : le motif microprudentiel est de vérifier que les institutions financières prennent bien en compte les risques physiques et de transition. Ce motif est moins cité que le premier, pourtant les méthodes utilisées, laissent à penser que c'est d'abord dans une dynamique microprudentielle que les superviseurs mettent en place ces tests de résistance. 18 enquêtes mentionnent ce motif.
- Macroéconomique : l'analyse macroéconomique est plus minoritaire. Elle consiste à étudier les effets de la hausse des risques climatiques sur les variables macroéco-

nomiques usuelles (inflation, croissance, emploi etc). Seulement 10 enquêtes mentionnent ce motif.

D'autres motifs étaient proposés autour du développement de savoir-faire au sein des institutions de supervisions et au sein des institutions financières.

Enfin, les superviseurs se concentrent sur le risque de transition, traité par toutes les enquêtes tandis que seulement la moitié traite du risque physique. D'après le NGFS, cet intérêt pour la transition plus que pour les risques physiques tient au fait que les risques physiques les plus critiques se matérialiseront plus tard dans le siècle (après 2050) et nécessitent donc des projections plus difficiles à mettre en place. De plus, les risques physiques seraient trop localisés pour pouvoir être implémentés dans des modèles qui demeurent principalement nationaux. Par ailleurs, la prise en compte du risque physique nécessite souvent l'intervention de services de recherches météorologiques nationaux.

Pourtant, en ce qui concerne les enquêtes ayant trait aux deux risques, l'horizon temporel n'est pas forcément plus long. Le raisonnement que tente de mettre en place le NGFS en traitant dans le même cadre les deux risques est un arbitrage entre risque physique et risque de transition. Ces deux risques sont adverses : une transition ambitieuse (et donc avec un fort risque) implique un réchauffement moindre (et donc un risque physique moindre).

Enfin, les enquêtes utilisent différents types de bilan. Soit le bilan est statique (les banques ne changent pas leurs investissements au cours de l'exercice) soit il est dynamique (dans ce cas, les banques peuvent changer leur bilan en fonction des scénarios). Un bilan dynamique implique un scénario bottom-up ou en tout cas, un scénario mixte, puisque la participation des institutions financières est nécessaire pour avoir une idée des changements stratégiques entrepris par les institutions bancaires.

1.3 Premiers résultats : manque de données et sensibilisation des acteurs

Insistons sur le caractère évolutif de notre objet d'étude. Il me semble important de rappeler ici que bon nombre d'enquêtes sont en cours de parution et que je ne me base que sur deux exercices terminés et ayant fait le fruit d'une publication. Deux éléments justifient cette étude précoce. D'une part, l'urgence climatique nous impose des études ex-ante des phénomènes climatiques et de leurs impacts sur les systèmes sociaux et économiques, et ce à des fins d'adaptation et d'atténuation du changement climatique. D'autre part, les premiers résultats et les enquêtes de parcours du NGFS permettent également d'analyser la direction que prennent les études de stress tests climatiques.

1.3.1 Résultat de l'enquête du NGFS

Le NGFS (2021b) constate des difficultés communes rencontrées par les enquêtes en cours. Le manque de précision des données est récurrent. Par ailleurs, les superviseurs affirment que le stress test n'a pas pour vocation à fonder une régulation prudentielle des risques climatiques. Cette régulation peut être évoquée à long terme mais pas dans l'immédiat. Plus spécifiquement, les exercices menés ne sont pas effectués dans un cadre de publication d'information obligatoire. Lorsque le NGFS explique que ces exercices sont à objectifs prudents, cette justification ne doit pas être mésinterprétée. Il s'agit principalement de documenter et d'informer les institutions financières sur les risques climatiques, et non pas de réguler de manière contraignante les banques. Les résultats utilisent des indicateurs communs comme le coût du risque et la probabilité de défaut. L'étude du risque de crédit est centrale, au détriment du risque de marché. De même, les scénarios se concentrent sur le risque de transition, au détriment des scénarios de dommages climatiques. Les scénarios du NGFS sont utilisés tels quels ou comme référence dans toutes les études, avec des apports nationaux pour la modélisation du climat (apport des institutions météorologiques nationales par exemple).

1.3.2 Résultats de la BCE 2021

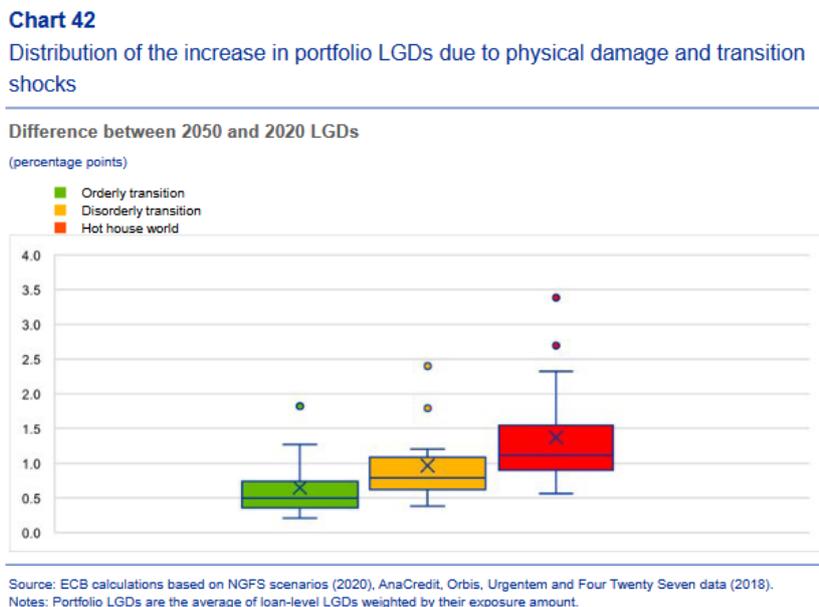
Le stress test de la BCE (ALOGOSKOUFIS et al. 2021) est un exercice top-down ambitieux étudiant les expositions climatiques d'un très grand nombre d'entreprises et d'institutions financières. Les données utilisées recourent à la fois des données financières des entreprises ainsi que des données sur les expositions climatiques. L'exercice se concentre sur la transition et observe que qu'elle que soit la transition effectuée, le scénario de business as usual comporte plus de pertes et de risques pour toutes les institutions financières étudiées. Plus spécifiquement, la transition écologique limite les pertes causées par les risques climatiques à 4% du PIB en fin de siècle contre 10% sans transition⁷. Les risques physiques concernent les inondations, la montée du niveau de la mer et les incendies. Le risque de transition comporte seulement des variations différentes du prix du carbone.

L'analyse sectorielle montre une exposition importante de l'agriculture du fait à la fois de sa sensibilité au réchauffement climatique mais aussi de la forte intensité d'émission de la production agricole. Les autres secteurs très impactés sont les secteurs en relation avec l'extraction et l'exploitation d'hydrocarbure.

Le risque de crédit est approché par la hausse de la probabilité de défaut et des pertes en cas de défaut (voir figure 1.6). Ce sont ces deux indicateurs qui sont utilisés pour analyser les différences sectorielles et entre scénarios. Ces deux indicateurs permettent de calculer les pertes attendues qui sont plus faibles dans le scénario de transition que dans

7. Notons sur ce point que cette estimation ne tient pas la critique scientifique. Les projections du GIEC prévoient sans transition un monde apocalyptique avec plus de 3 milliards de personnes impactés par le réchauffement climatique (GIEC 2021), bien loin des 10% de pertes économiques. Cela décrédibilise l'exercice ainsi que la méthode utilisée, comme nous le verrons plus loin.

FIGURE 1.6 – Évolution des pertes en cas de défaut (LGD) en fonction des scénarios climatiques



Source : *Stress test climatique de la BCE (ALOGOSKOUFIS et al. 2021)*

le scénario de réchauffement important. La hausse des pertes est principalement causée par le risque physique.

Le risque de marché est estimé seulement sur un sous-échantillon de données. Il s'agit d'estimer « la sensibilité du prix des titres aux mouvements des facteurs de risque de marché dus aux risques climatiques ». Cependant, ces mouvements étant anhistoriques, l'enjeu est de taille. La publication note que le NGFS ne fournit pas de cadre méthodologique pour appréhender ce risque. La BCE développe donc un modèle interne pour estimer l'effet des risques climatiques sur les spreads de crédit. Pour cela, c'est également la probabilité de défaut qui est utilisée en continuité du calcul des risques de crédit. Le risque de marché semble être moins important que le risque de crédit mais suit la même dynamique temporelle et géographique.

1.3.3 Résultats de l'exercice de l'ACPR 2021

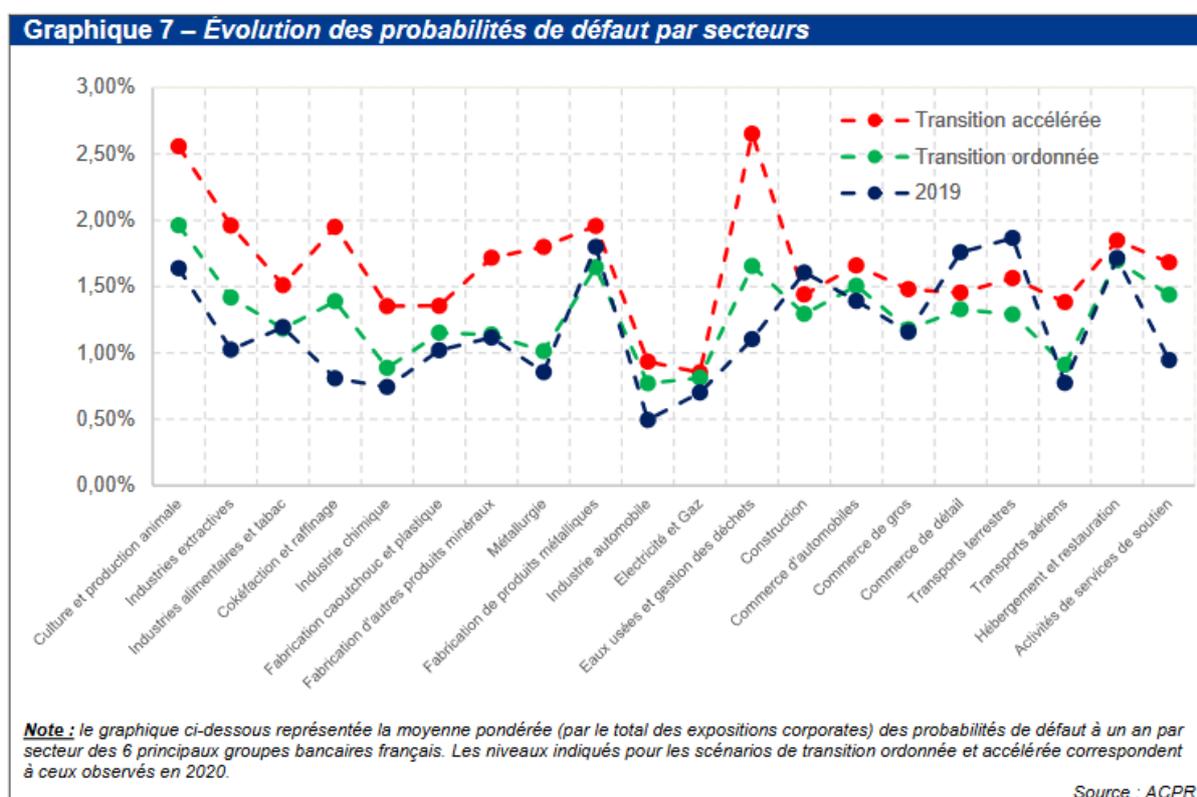
L'ACPR (2021b) insiste en termes de résultat qu'un intérêt majeur de l'exercice est d'avoir permis de sensibiliser les institutions engagées dans l'enquête à propos de leurs pratiques. De plus, il s'agit pour l'ACPR d'analyser les lacunes, notamment en matière de données, de leurs études habituelles.

L'exercice pilote de l'ACPR est à l'heure où j'écris ses lignes le stress test bottom-up le plus aboutit. Il considère conjointement le risque physique et le risque de transition. Encore une fois le risque de crédit est le seul risque traité en profondeur : il est calculé à partir de l'évolution de la probabilité de défaut et du coût du risque sur les institutions

financières puis par secteurs et zone géographique. De plus, l'ACPR mène également une enquête sur les assurances françaises face au réchauffement climatique.

La hausse du risque de crédit provient principalement du portefeuille corporate à près de 60%. Le portefeuille Européen représente 74.2% des expositions. On ne mesure que les expositions directes, en ignorant les expositions indirectes du reste de la chaîne de valeur, souvent localisées dans des pays beaucoup plus sujets aux risques physiques que l'Europe. Ainsi l'ACPR prévient que « [cette étude] ne tient pas compte des risques de contagion, de rupture des chaînes d'approvisionnement ou d'amplification observés généralement lors des épisodes de tensions ou de crises financières ».

FIGURE 1.7 – Exposition au risque de crédit par secteur : évolution de la probabilité de défaut



Source : ACPR 2021b

Les deux secteurs les plus exposés sont le secteur des eaux usées et de la gestion des déchets et le secteur agricole. Le fait de baser la transition seulement sur un prix du carbone implique une assez faible exposition des secteurs producteurs d'hydrocarbure : ce ne sont pas eux qui supporteront la totalité des coûts de la transition.

En matière de risque physique, les conclusions sont optimistes : en dehors d'une hausse de 130 à 200% de la prime d'assurance, le rapport conclut à une exposition modérée des institutions bancaires et assurancielles françaises. L'ACPR souligne également, comme le NGFS et la BCE, les difficultés en matière d'accès aux données géographiques et sectorielles à l'échelle adéquate.

L'ACPR conclut sur un constat de manque de données et de résultat volontairement optimiste. Cependant, le bon déroulé de l'exercice, son caractère novateur et la sensibilisation des acteurs leur suffisent pour conclure à un succès du stress test.

Chapitre 2

Les limites internes des exercices de stress tests et des scénarios du NGFS

Les publications du NGFS sont globalement optimistes. Le rapport d'activité de l'année 2021 (NGFS 2022) est introduit par Frank Elderson¹, Ravi Menon², et Sabine Mauderer³. Tous les trois se félicitent des avancées entreprises depuis quatre années d'existence du réseau. L'année dernière, le réseau s'est élargi à une centaine de membres. Pourtant, en dehors de neufs rapports en 2021, il y a peu d'avancées concrètes : peu d'engagements viennent conforter ces quatre ans de travaux. Dans ce cadre d'optimisme forcé, les scénarios climatiques continuent de prévoir un réchauffement *seulement* de 1.5°C, alors que l'atteinte de cet objectif semble de plus en plus éloignée.

Dans cette partie, nous allons étudier la perspective du NGFS et ses limites internes, c'est-à-dire les contradictions du raisonnement en considérant les hypothèses et le cadre méthodologique comme pertinent. Il s'agit d'écarter volontairement les critiques sur le type de test mené, leurs soubassements prudentiels, les interactions avec les autres pans de la politique de stabilité financière etc. Nous choisissons ici de ne traiter ni de la restriction du champ d'application des stress tests du NGFS sur une seule catégorie de risque ni des difficultés ou controverses méthodologiques ou épistémiques. Ces difficultés, traitées dans le chapitre suivant, regroupent entre autres les controverses autour du taux d'actualisation ou des modélisations. Il nous semble effectivement que ces critiques, légitimes, sont externes à l'exercice du NGFS. Elles interrogent le cadre de l'outil plus que l'outil en lui-même. Ces éléments seront étudiés en troisième partie de ce mémoire, et permettront de déboucher sur des propositions pour repenser la place et la méthode générale du stress test dans la politique de stabilité financière des superviseurs financiers.

Par critique interne, nous entendons principalement faire nôtre, le temps de cette seconde partie, le raisonnement des superviseurs financiers. Il consiste, promouvoir la sensi-

1. Président du NGFS et ancien directeur exécutif de la De Nederlandsche Bank, membre du directoire de la Banque centrale européenne

2. Président du NGFS, Directeur de l'autorité monétaire du Singapour

3. Vice-présidente du NGFS et membre du bureau exécutif de la Deutsche Bundesbank

bilisation des acteurs financiers sans aucune régulation contraignante. D’après ma lecture de ces travaux, l’objectif du NGFS est de modifier progressivement les calculs internes du risque des actifs, calculs effectués par les banques et qui déterminent les exigences réglementaires en fonds propres. Dans cet optique, il serait possible d’éviter la tragédie des horizons⁴ en améliorant les anticipations des agents financiers. Ce raisonnement peut se justifier pour des institutions financières comme les banques qui ont des stratégies financières de moyen terme mais qui pourraient tout à fait dans leur plan stratégique élargir la temporalité de leurs calculs financiers. En rabattant dans le présent les coûts du changement climatique en 2050, le NGFS pense pouvoir *casser la tragédie des horizons*. Il s’agit donc de constater une défaillance informationnelle de marché, et de *réparer* le marché par la publication d’informations par les superviseurs. Nous raisonnerons donc *comme si* le réchauffement climatique n’était qu’une défaillance de marché liée à un manque d’information, ce qui est contestable, mais qui correspond au raisonnement mené par Mark Carney et le NGFS.

Nous considérerons donc que la tragédie des horizons n’est qu’une question de mauvaise information.

2.1 Un problème de temporalité

Comme énoncé en première partie, le changement principal pour passer d’un stress test de solvabilité à un stress test climatique réside dans le passage d’un horizon temporel de quelques années à quelques dizaines d’années. Ce nouvel horizon temporel concentrent logiquement les premières difficultés.

2.1.1 Les différents horizons temporels des risques climatiques

La temporalité du réchauffement climatique est intrinsèquement différente de celle des cycles financiers. En effet, les stress tests financiers classiques modélisent l’évolution du bilan des banques sur 3 à 5 ans (DARNÉ et al. 2013). Autrement dit, les superviseurs estiment que les marchés financiers connaissent des turbulences sur une temporalité de 3 à 5 ans. Pour les phénomènes climatiques, il s’agit d’une temporalité tout à fait différente.

Ce réchauffement futur est évalué selon deux processus. Le premier processus de moyen terme est lié à un réchauffement certain. Du fait des émissions déjà émises, nous savons que le climat se réchauffera pendant encore une vingtaine, voire une trentaine d’années, avant de possiblement refroidir. Ce décalage entre les actions et leurs effets est causé par la forte inertie du climat. Ensuite s’ajoute un critère de *transition* : comme expliqué plus haut, plusieurs scénarios climatiques sont modélisés en fonction d’hypothèses sur les mesures dites d’atténuation du réchauffement climatique, c’est-à-dire des mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Ces mesures d’atténuation ne peuvent servir qu’à un

4. consistant à sous-estimer les coûts climatiques futurs face aux coûts présents de la transition

horizon temporel supérieur à 20 ans (si ce n'est 30). La figure 2.1 montre en effet que les différents scénarios du GIEC divergent très faiblement avant 2050. Autrement dit, entre un scénario de *business as usual* et un scénario de réduction drastique et immédiate des émissions, le GIEC prévoit une hausse des températures à l'horizon 2050 assez proche. En revanche à l'horizon 2080-2100 la divergence entre scénario est très marquée. Le réchauffement est estimé à +4.4°C pour le scénario *business as usual* (SSP5-8.5) contre +1.4°C pour le scénario le plus optimiste de réduction des émissions (SSP1-1.9).

TABLE 2.1 – Scénario climatique du GIEC sur la température moyenne à la surface de la Terre 2020-2100

| Scenario | Near term, 2021–2040 | | Mid-term, 2041–2060 | | Long term, 2081–2100 | |
|----------|----------------------|------------------------|---------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| | Best estimate (°C) | Very likely range (°C) | Best estimate (°C) | Very likely range (°C) | Best estimate (°C) | Very likely range (°C) |
| SSP1-1.9 | 1.5 | 1.2 to 1.7 | 1.6 | 1.2 to 2.0 | 1.4 | 1.0 to 1.8 |
| SSP1-2.6 | 1.5 | 1.2 to 1.8 | 1.7 | 1.3 to 2.2 | 1.8 | 1.3 to 2.4 |
| SSP2-4.5 | 1.5 | 1.2 to 1.8 | 2.0 | 1.6 to 2.5 | 2.7 | 2.1 to 3.5 |
| SSP3-7.0 | 1.5 | 1.2 to 1.8 | 2.1 | 1.7 to 2.6 | 3.6 | 2.8 to 4.6 |
| SSP5-8.5 | 1.6 | 1.3 to 1.9 | 2.4 | 1.9 to 3.0 | 4.4 | 3.3 to 5.7 |

Source : *Rapport du GIEC sur les bases physiques du réchauffement climatique (GIEC 2021)*

Le NGFS souhaite faire intégrer la réalité du réchauffement climatique aux arbitrages des agents financiers par la gestion du risque physique et du risque de transition. Il s'agit de générer une prise de conscience de la part des acteurs financiers des risques financiers climatiques, mais également de leur caractère adverse : comme je l'ai expliqué plus haut, le risque physique et le risque de transition sont adverses l'un à l'autre. Autrement dit pour les agents financiers, il s'agit de mener un arbitrage intertemporel entre les coûts de transition de moyen terme et les coûts physiques de long et très long terme. Pourtant, ces scénarios ne permettent pas de traiter de la divergence des risques physiques. En effet, pour avoir une réelle divergence de coûts environnementaux, il faudrait prendre des temporalités encore plus longues.

L'exercice pilote de l'ACPR illustre bien ces difficultés. Pour l'étude du risque physique, le scénario utilisé vient de la CCR⁵ qui est l'organisme le plus à même de mettre

5. La CCR est un ré-assureur public détenu entièrement par l'État. Elle a le rôle d'un ré-assureur en dernier ressort. Elle propose des couvertures illimitées pour les catastrophes naturelles. Les assurances transmettent une partie des cotisations de leurs clients au profit de la CRR qui aura le rôle de mutualiser le coût des catastrophes naturelles que les assurances ne peuvent pas prendre en compte du fait de pertes trop importantes. Autrement dit, derrière les assurances françaises, c'est la CCR qui est aux premières loges des conséquences physiques du réchauffement climatique. C'est donc cet organisme qui projette l'effet de la hausse des sinistres sur le coût du risque dans un rapport antérieur à l'exercice de l'ACPR

au point ce type d'exercice. Il prévoit l'effet du réchauffement climatique en matière de risque physique selon un scénario d'inaction climatique. Seul ce scénario est utilisé pour les risques physiques, séparément de tout risque de transition. Autrement dit, contrairement au discours général du NGFS, l'exercice de l'ACPR ne permet pas de mettre en place un arbitrage financier entre risque physique et risque de transition. Pour cela il faudrait d'une part, prendre un horizon temporel plus long, d'autre part, inclure des risques physiques et de transition dans le même scénario. C'est ce que regrette également le rapport de la BCE sur le stress test effectué par l'ABE (ECB 2021). Les publications ne permettent pas d'appréhender conjointement les coûts du réchauffement et de la transition dans le même exercice (en dehors de la publication de la BCE⁶). En effet, la transition ne sera pas indépendante du risque physique, elle va se dérouler dans un contexte où les risques physiques sont déterminés à augmenter. Pour consolider cet argument, nous pouvons nous appuyer sur Thierry Cohignac⁷ qui convient que « Le climat de 2050 est la conséquence des gaz à effet de serre déjà émis à l'heure actuelle : quel que soit le scénario de transition que l'on retienne, cela n'influera que faiblement sur le risque physique dans trente ans, du fait de la forte inertie du climat [...]. En revanche, si l'on se projette après 2050, la dualité entre le risque physique et le risque de transition joue à plein » (LEBOUCHER 2021). Autrement dit, les acteurs ayant mis en place l'exercice semblent avoir conscience de ses limites. Pourtant, Thierry Cohignac insiste sur l'arbitrage nécessaire entre risque physique et risque de transition : « en effet, une absence de mesures en faveur de la lutte contre le changement climatique (risque de transition faible) conduit à une augmentation des émissions de gaz à effet de serre (risque physique élevé) à l'horizon 2050 et plus, alors que des mesures très drastiques (risque de transition élevé) afin de réduire les émissions pourraient atténuer le risque physique à moyen ou à long terme. Les assureurs et les actuels ont un rôle important à jouer dans la quantification du risque de transition et du risque physique **afin de trouver le meilleur équilibre entre ces deux risques** ». De même, l'ACPR insiste en conclusion qu'une « meilleure prise en compte du risque de changement climatique est [...] nécessaire pour favoriser une meilleure allocation des ressources et assurer le financement de la transition ». Dans ce cadre, le stress test, grâce à sa capacité à quantifier les risques, doit être un moyen de permettre l'équilibrage entre le risque physique et le risque de transition.

Si on considère comme Thierry Cohignac que le stress test doit permettre « d'équili-

(CCR 2018)

6. Le test de la BCE prend bien en compte les risques physiques et de transition dans la même analyse. Cependant la BCE fait deux analyses. La première en matière de conséquences macroéconomiques de la transition ou d'absence de transition. Cette projection s'effectue jusqu'à la fin du siècle (2100), par une modélisation *IAM* classique (cf partie III). Cependant, la stabilité financière n'est abordée qu'à l'horizon 2050. Les risques physiques et de transition sont présents dans tous les scénarios mais étant donné l'horizon temporel l'arbitrage se fait entre un monde avec un très fort réchauffement (*Business as usual*) et une transition ordonnée. Si la conclusion demeure au profit du scénario de transition optimale, le coût du réchauffement pour la stabilité financière devrait se faire à un horizon plus long.

7. Directeur Adjoint Réassurances et Fonds Publics de la CCR et risk manager chez AXA

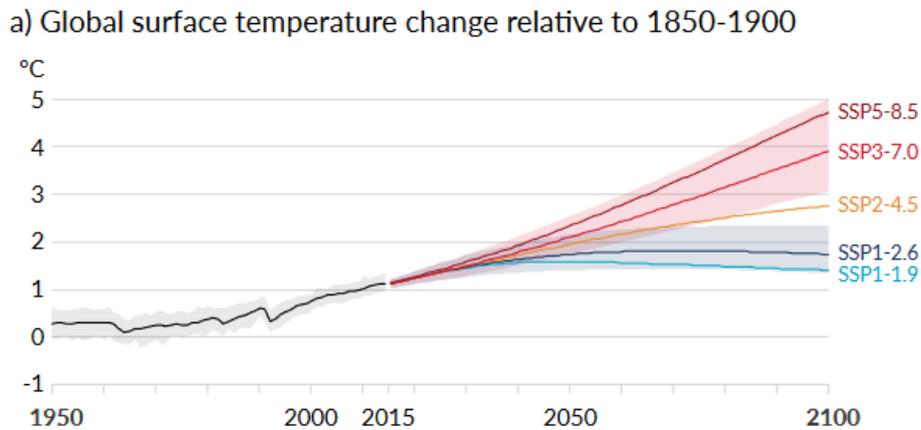
brer »(c'est-à-dire, arbitrer entre) les deux types de risques, il faut gérer l'hétérogénéité temporelle intrinsèque à ces deux risques. L'enjeu d'un arbitrage entre risques physiques et risques de transition réside précisément dans cette temporalité différenciée : la transition a lieu à un horizon de 30 ans et est susceptible de réduire les risques physiques à un horizon supérieur à 30 ans, pas (ou peu) avant. En 2050, les risques de transition seront toujours à un horizon de 0 à 30 ans alors que les risques physiques seront à gérer à un horizon toujours supérieur (au moins 20 ans et principalement supérieur à 30 ans). Dans l'objectif du NGFS d'atteindre une allocation des ressources optimale simplement en publiant des informations, il est nécessaire d'utiliser des méthodes et analyses qui explicitent ces temporalités hétérogènes. On constate donc une première difficulté particulièrement problématique dans cette doctrine financière de gestion de la crise climatique par publication d'informations : quelles sont les informations pertinentes à publier ? Sur quelle temporalité ? Quelles méthodes de calcul pour que ces informations soient comprises et utilisées par les acteurs financiers ? Autrement dit, comment construire des indicateurs légitimes aux yeux des acteurs financiers ? BOISSINOT et HELLER (2020) notent que « la plupart des « scénarios climatiques » sont incomplets : il s'agit le plus souvent de scénarios décrivant une transition bas-carbone de manière normative, mais qui ne présentent pas de trajectoire physique cohérente avec ce scénario ».

Le saut temporel à effectuer est considérable et difficilement franchissable d'un point de vue méthodologique. Rallonger les anticipations des agents financiers à trente ans est déjà très ambitieux, la fin de siècle (soit des scénarios de 80 ans) semble, pour le moment, inatteignable. La temporalité choisie par la plupart des acteurs du NGFS révèle en réalité un focus sur la transition climatique, et non pas sur un arbitrage entre risque physique et risque de transition. En effet, depuis les accords de Paris en particulier les objectifs de réduction des émissions carbonees sont fixés par rapport à la date butoir de 2050. En se concentrant sur un scénario de 30 ans, les enquêtes étudient principalement ce chemin de transition, laissant au second plan les risques physiques.

Enfin, le NGFS ainsi que l'ACPR ou l'ADEME considèrent qu'étudier l'effet du climat sur une temporalité courte, similaire au cycle financier, est inutile. Par exemple, Laurent Clerc, coordinateur de l'exercice pilote de l'ACPR, explique dans un article paru dans la revue L'Actuariel que « le risque climatique physique se matérialisera surtout à long terme » (LEBOUCHER 2021). Dans le même numéro, Pierre Valade⁸ ajoute : « il s'agit non pas de tester l'impact d'un phénomène brutal générant des pertes extrêmes et ponctuelles, mais d'étudier une tendance entraînant des décalages continus dans les équilibres techniques de certains marchés » (LEBOUCHER 2021). Ce choix n'est pas anodin et peut être motivé par une sous-estimation des risques financiers de court terme liés au climat.

8. Actuaire et président de la commission ERM de l'institut des actuaires

FIGURE 2.1 – Hausse moyenne de la température à la surface terrestre en fonction des différents scénarios



Source : *Rapport du GIEC 2021*

2.2 Sous-estimation des risques : un optimisme stratégique ?

2.2.1 Étude de la hausse moyenne des risques à la place de la hausse des évènements extrêmes

Les superviseurs se focalisent donc sur **une hausse moyenne du risque**. Il s'agit à la fois d'une politique d'adaptation (notamment rendre le système financier résilient face à la hausse de la sinistralité) et d'une politique d'atténuation (inciter les acteurs financiers à accepter la transition en insistant sur le coût du réchauffement climatique). Cette hausse du risque physique est étudiée par la CCR (2018) qui publie un rapport en 2018 avec l'aide de MétéoFrance. Il est essentiel de souligner son expertise ancienne en matière de projection climatique. En particulier, l'institut a développé dès les années 90 le modèle ARPEGE qui permet de modéliser l'évolution du climat à l'horizon 2050. De même, la CCR a une expertise importante en modélisation de court terme sur les coûts des catastrophes climatiques. Ces modélisations permettent d'estimer les sinistres ou aléas qui ensuite sont traduits par la CCR en coûts. De l'autre côté, la CCR estime également l'évolution des expositions. Ce scénario moyen à un intérêt macroéconomique indéniable : proposer une estimation des coûts assez solide et facilement interprétable. Ainsi, le rapport de la CCR explique que « à l'horizon 2050, le coût des catastrophes naturelles augmenterait de 50% avec le scénario RCP 8.5 du fait de l'augmentation de la fréquence et de la sévérité des événements, de l'élévation du niveau de la mer et de la concentration des populations dans les zones à risques »⁹ (CCR 2018). Ainsi, ce type de quantification

9. Le scénario RCP 8.5 correspond au scénario de business as usual sans politique climatique sérieuse avec un réchauffement en fin de siècle autour de 4.4°C.

permet d'insister sur les politiques d'adaptation à mettre en oeuvre dans l'économie réelle pour limiter les expositions. Cependant, en matière d'exposition financière, ce scénario moyen cache la hausse des événements extrêmes. En effet, la socialisation des risques dans un régime assurantiel implique une répartition gaussienne des risques (WEITZMAN 2009). La forte hausse des risques très élevés n'est pas prise en compte par les systèmes assurantiels et par le régime Cat Nat. La seule hausse de la prime d'assurance risque d'être insuffisante. Ainsi la CCR est amenée à jouer un rôle plus important mais ce point pose des questions politiques : d'où viendront les flux financiers du ré-assureur en dernier ressort ? Des assureurs, de l'État ou des ménages ?

Enfin, même si on se concentre sur la France ou l'Europe, les rapports du GIEC sont beaucoup moins optimistes que les publications des superviseurs : « la France, qui concentre environ 50 % des expositions des institutions financières françaises, ou l'Europe, qui en recouvrent environ 75 %, sont relativement moins impactées que d'autres zones géographiques selon les projections du Groupe d'experts Intergouvernementaux sur l'Évolution du Climat (GIEC) qui sont utilisées dans cet exercice ». Dire que les zones géographiques dans lesquelles on identifie les expositions françaises sont moins impactées n'implique pas une absence de risque dans ces zones. De ce fait, en particulier en Europe méridionale, les risques sont élevés et ce à relativement court terme. Un facteur supplémentaire non-pris en compte est le degré d'adaptation. Comme l'explique le deuxième volet du rapport du GIEC (2022a), l'adaptation conditionne fortement les coûts réels du réchauffement climatique. Aucune analyse par scénario n'est faite sur ce point.

Dans le dernier rapport du GIEC on peut identifier quatre principaux risques pour la France : les vagues de chaleur, les diminutions de rendements agricoles, les pénuries d'eau et les inondations. Ces risques vont s'accroître tous individuellement mais aussi conjointement. Les sécheresses à répétition réduisent la capacité des sols à absorber l'eau, ce qui augmente le risque d'inondation. D'après le Réseau Action Climat ¹⁰ (2022) , « ces risques ne sont toutefois pas les seuls, et peuvent de plus générer des risques en cascade ». Les relations entre ces risques tout comme les événements extrêmes sont gommés par une analyse de hausse moyenne des sinistres. Ainsi, l'estimation de l'ACPR de la BCE et des scénarios du NGFS semble être une estimation basse des risques physiques et de leurs coûts.

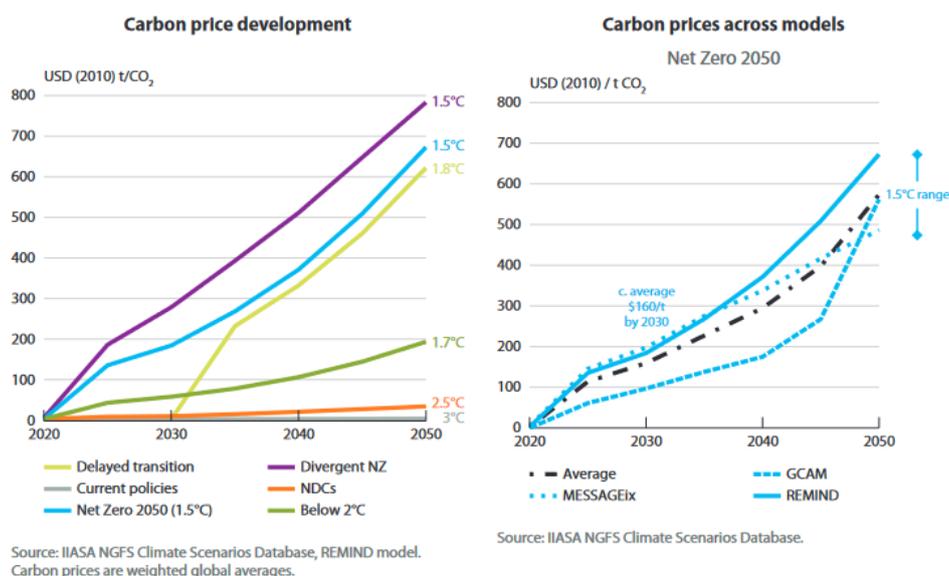
2.2.2 Une transition optimiste

Enfin, le scénario de la transition s'appuie sur une hausse du prix du carbone (voir graphique 2.2). Cette trajectoire est supposée suffire à l'atteinte d'un objectif climatique. Il s'avère que cette hausse pourrait ne pas être suffisante. En dehors de l'hypothèse (déjà très problématique) que le seul risque de transition vient d'une hausse du prix du carbone,

10. Le Réseau Action Climat (RAC) est un réseau d'ONG françaises actives dans les mouvements écologistes. Ils font office de référence dans la vulgarisation et la traduction des rapports scientifiques en propositions politiques et articles grand public.

on peut s'étonner de la faiblesse de cette hausse. Des scénarios moins optimistes prenant en compte les points de ruptures projettent des scénarios bien plus inquiétants. Ainsi, même le NGFS admet que « studies that have assessed the potential impacts from tipping points on policy responses find that emissions prices should be up to eight times higher » (NGFS 2021a). Les points de rupture (ou point de non retour) correspondent à des conséquences du réchauffement climatique conduisant à des effets en cascade difficilement mesurables et dont les conséquences sont irréversibles. Par exemple, pas plus tard que cette année, des scientifiques ont pointé la mort des « *palse* » ou *plateaux tourbeux* en Europe du Nord et en Sibérie (VIGLIONE 2022). Ces palse sont des buttes de tourbière gelées qui stockent des quantités importantes de carbone. On parle de permafrost car le sol est gelé depuis la dernière glaciation. Une fois que ces tourbières dégèlent, le carbone contenu dans le sol est libéré dans l'atmosphère. Ces tourbières courent alors un grand risque de se détruire et donc de ne jamais plus stocker de carbone. C'est pourquoi on parle de *point de basculement* ou de *non-retour*. Il s'agit d'un cercle vicieux du réchauffement climatique qui diminue le *budget carbone* que l'on peut dépenser en respectant les objectifs de 1.5°C ou 2°C. Ce type de processus implique une possible remontée brusque du prix du carbone dès qu'on mesure le dépassement d'un *tipping point*. De ce fait, il est logique que les rares études ayant essayé d'implémenter ces phénomènes d'emballement non linéaires du réchauffement climatique trouvent une évolution du prix du carbone huit fois supérieure à celle proposée initialement par le NGFS.

FIGURE 2.2 – Évolution du prix du carbone selon les scénarios, Portail du NGFS



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

Insistons sur le fait que les effets d'une transition écologique sur la stabilité financière ne sauraient se résumer à un changement de prix des émissions de carbone. Cependant, deux raisons justifient, au moins dans un premier temps, l'usage de cette méthode. La

première est la simplicité d'ajouter à des modélisations macrofinancières un prix du carbone. Ce faisant, les superviseurs admettent réduire le risque de transition à un risque qu'ils sont déjà capables de gérer : un risque inflationniste sur certains biens. La seconde est le développement historique de la comptabilité carbone. En effet, depuis les premiers rassemblements internationaux sur le climat (en particulier depuis la conférence de Rio en 1992) la comptabilité carbone occupe une place centrale dans la politique internationale climatique et dans les négociations climatiques. Sarah Bracking (2019) montre que la comptabilité carbone se développe dès la première phase de verdissement de la finance, alors que les débats commencent à émerger autour d'une taxe carbone ou d'un marché carbone. De même CRETI et OLIVIER 2020 insistent sur le caractère ancien des outils de pricing du carbone (ou de la pollution) au sein des entreprises, afin de gérer la pollution. Ces outils étaient utilisés dans un premier temps dans une dynamique de pollueur-payeur de dédommagement des victimes de la pollution, pas dans une dynamique de réduction des émissions.

Cet historique des relations entre système financier et réchauffement climatique induit une relative facilité, et donc une relative rapidité, de la mise en place de test de stress de transition. Étant donnée l'urgence de la situation et de la mise en place de politiques publiques dans tous les secteurs, cet avantage n'est pas négligeable. Cependant, le contenu de ces scénarios par les prix n'est pas cohérent avec l'objectif de sensibilisation des acteurs financiers aux turbulences climatiques. On pourrait soupçonner le NGFS de vouloir minimiser la transition de manière à ce qu'elle soit acceptée par les acteurs financiers, plutôt que de proposer une transition réaliste, qui soit réellement susceptible d'atteindre les objectifs climatiques, avec des coûts possiblement plus importants pour les acteurs financiers, et donc moins acceptables.

2.3 Des scénarios trop restrictifs

La méthode par scénarios s'impose aux yeux des superviseurs pour faire face à l'incertitude qui recouvre le processus de réchauffement climatique et sa matérialisation en risque physique et de transition. Cependant, dans le cadre du NGFS, elle n'est pas utilisée de manière suffisamment pertinente. BOISSINOT et HELLER (2020) expliquent dans un article publié dans la Revue d'Économie Financière en 2020 qu'il existe deux formes de modélisation prospective : la projection et le scénario. La projection se base sur des phénomènes connus facilement computables dans des modèles prospectifs. Au contraire les scénarios permettent d'aborder des sujets contenant plus d'incertitudes. Leur usage par le NGFS acte la situation d'incertitude radicale vis-à-vis du changement climatique : « la plupart des approches de la représentation du futur doivent dompter le risque (les États du monde futur peuvent être appréhendés de manière probabiliste) et l'incertitude (les États du monde futur ne sont pas probabilisables, voire ne peuvent pas être décrits ; KNIGHT

(1921)) ». Boissinot et Heller opposent d'un côté la prévision qui cherche à documenter un « futur probable » à des scénarios qui documentent des « futurs plausibles ». Cette pratique « reconnaît explicitement que les scénarios ne sont pas des prédictions, mais des futurs possibles qui sont élaborés pour permettre aux dirigeants d'envisager un avenir qui ne soit pas surdéterminé par le prolongement de tendances passées ». Ce cadre exploratoire est adéquat pour étudier les effets de moyen terme du réchauffement climatique. Au sein de ces scénarios, il faut « distinguer des scénarios représentant des « futurs possibles » que l'action publique devrait chercher à éviter (non-compatibilité avec l'Accord de Paris), d'autres scénarios, conformes aux objectifs climatiques de la communauté internationale (« futurs souhaitables (2 °C) ») et, au sein de cet ensemble, des scénarios normatifs « optimaux » dans la mesure où la transition bas-carbone est réalisée de manière efficace ». Pour résumer, la méthode des scénarios, contrairement à la projection, permet de gérer l'incertitude tant en termes de réchauffement que de transition et d'orienter les acteurs financiers vers la meilleure transition qui respecte les accords de Paris et qui minimise les risques de transition. On se situe bien dans le paradigme de faille informationnelle du marché : la publication d'informations doit aider à prendre une décision optimale malgré l'incertitude. Plus spécifiquement, le stress test doit amener les acteurs financiers à se diriger vers la transition ordonnée permettant le maintien des températures autour de 1.5°C.

2.3.1 Un scénario volontairement optimiste

Nous avons déjà expliqué en quoi les stress tests climatiques étudiés sont optimistes quant aux risques financiers climatiques traités. Cependant, l'optimisme conduit également au sein des scénarios à exclure toute récession économique sur les 30 prochaines années.

Dans un stress test classique, on fait généralement l'hypothèse d'une récession économique à court terme. Autrement dit, les scénarios économiques testés sont pessimistes. Dans les stress tests climatiques étudiés, les scénarios de récession sont supprimés pour une durée de 30 ans. On se situe donc dans un cadre inverse de scénario optimiste. A quoi peut servir un scénario optimiste lors d'un test sur la stabilité du système financier ? Le but de ce test n'est-il pas plus précisément de modéliser des scénarios pessimistes ? Le choix d'écarter toute récession économique sur une durée de trente ans sous-entend la volonté de rassurer les milieux financiers sur la transition écologique. On peut donc en conclure que ce scénario volontairement optimiste s'éloigne de l'objectif de test de stabilité financière et se rapproche d'un objectif de sensibilisation des acteurs financiers à la transition écologique

Cet optimisme joue à court terme (éviction des événements climatiques extrêmes et plausibles à court terme, imputables au réchauffement climatique) mais aussi à plus long terme (politiques a fortiori insuffisantes pour mener à bien la transition, engendrant donc un réchauffement et des risques physiques bien plus grands qu'anticipés).

2.3.2 Des scénarios trop proches

En plus d'être optimistes, les scénarios proposés varient relativement peu sur la période. En effet seuls les prix relatifs évoluent. Tous les scénarios supposent une relative efficacité de la politique mise en oeuvre (ce qui est très loin d'être certain). La proximité entre les différents scénarios du NGFS est soulignée dans les résultats de l'exercice de l'ACPR (2021b) : « une difficulté rencontrée par les institutions ayant participé à l'exercice tient à la faible variabilité entre les différents scénarios proposés par l'ACPR. Ce point avait déjà été identifié par l'ACPR, ce qui l'avait conduit à ajouter aux scénarios publiés par le NGFS, un scénario de transition accélérée ». Autrement dit, l'ACPR a essayé d'anticiper cette difficulté en créant un scénario spécifique, ce qui n'a pas suffi. Dans le cadre du NGFS, cet échec est particulièrement problématique. Comme l'explique Laurent Clerc dans la Revue d'Économie Financière (CLERC 2020), « Dans un exercice de stress test, le choix des scénarios est déterminant pour évaluer les pertes potentielles des institutions financières. Dans le cas des risques climatiques, compte tenu de la très grande incertitude qui entoure à la fois le rythme et l'ampleur de ce changement du climat, et en l'absence de données permettant de le paramétrer, les scénarios visent à fournir un large spectre d'évolutions possibles. ». Ici, le NGFS comme l'ACPR ne permettent pas de fournir un spectre suffisamment large pour faire face à l'incertitude. Deux hypothèses s'offrent à nous : soit l'incertitude est surestimée et l'analyse par scénario n'est pas pertinente, soit l'incertitude est effectivement importante et dans ce cas les scénarios ne sont pas cohérents avec l'objet d'étude. On reviendra en troisième partie sur cette question en justifiant qu'il s'agit bien de la seconde possibilité : nous sommes bien en situation d'incertitude radicale. Plus spécifiquement, concluons sur le fait que dans le cadre méthodologique de pricing du carbone, c'est à dire en gardant des scénarios basés uniquement sur l'évolution du prix du carbone, il aurait été possible de prendre des hypothèses plus hétérogènes permettant de traiter un plus grand nombre de réalités possibles.

Il s'agit d'une critique centrale de l'outil car dans le cadre de pure sensibilisation informationnelle développé par le NGFS, comment penser que les banques et assurances vont changer leurs comportements face à des projections où l'incertitude est pratiquement supprimée et où les scénarios conservés sont optimistes ?

On peut commencer à esquisser la ligne de crête sur laquelle se situe les superviseurs financiers. Ne souhaitant pas effrayer les marchés financiers en jouant les Cassandres, ils préfèrent publier des rapports peu ambitieux. Ainsi, les premiers scénarios et les exercices pilotes sous-évaluent les effets du réchauffement climatique. La priorité des superviseurs est donc de préserver la confiance sur les marchés. Le cadre d'institutionnalisme monétaire développé par Michel Aglietta et André Orléan (2002) permet de comprendre cela. Le superviseur financier a un rôle hiérarchique sur les institutions bancaires garantissant la confiance entre agents bancaires. S'il commence à s'intéresser au réchauffement climatique c'est que celui-ci est susceptible de gripper cette confiance. Cependant, une publication alarmiste sur les risques financiers climatiques pourrait envoyer un message

brutal vis-à-vis des marchés financiers et donc risquerait d'engendrer une récession. Le danger d'une publication pessimiste est d'autant plus fort que nombre d'ONG et d'universitaires parlent de *bulle carbone* à propos du sur-financement du secteur des énergies fossiles (CARBON TRACKER 2015, DEYRIS 2019). Ainsi, on peut raisonnablement penser que les superviseurs financiers ont peur (et probablement à juste titre) de l'éclatement de cette bulle¹¹. Cependant, une fois qu'on intègre ce raisonnement stratégique des superviseurs, on peut douter fortement de leur capacité à publier des informations suffisamment fortes pour faire bouger les lignes. Les résultats de l'exercice pilote de l'ACPR en matière de changement de stratégie des banques et assurances françaises témoignent de cela.

2.3.3 Bilan dynamique et hausse de la prime d'assurance : l'échec de l'efficacité informationnelle

Les stress tests financiers classiques ont pour habitude de modéliser l'évolution de la valeur des actifs d'une banque face à un choc financier sans que la banque puisse changer de stratégie d'investissement. Ce point est justifié par la temporalité courte de ces tests. Sur une période de 3 à 5 ans, le bilan des banques ne connaît généralement pas de grand changement stratégique. Cependant, cet argument n'est pas valable pour les scénarios climatiques qui s'écoulent largement au-delà de l'horizon stratégique des banques. C'est pourquoi le stress test bottom-up de l'ACPR laisse les banques faire évoluer leur stratégie d'investissement et donc leur bilan au fur et à mesure du scénario de transition envisagé. Pour autant, cette stratégie d'évaluation ne va pas sans poser un certain nombre de problèmes.

L'interprétation des résultats est difficile. En effet, les banques sont dans une situation d'interaction stratégique avec les superviseurs financiers. Autrement dit, les informations qu'elles donnent à l'ACPR pendant le test ne sont pas neutres. On ne peut pas penser que les acteurs financiers vont volontairement dévoiler leur stratégie d'investissement à long terme. D'autant plus que pour ce test, l'ACPR « a demandé aux participants de projeter leur portefeuille de placements en tenant compte de multiples indicateurs économiques et financiers, avec des différences selon les zones géographiques et les secteurs [...]. Le marché actions a été divisé en 55 secteurs : les modèles ne sont généralement pas conçus avec autant de finesse » (Mélissande Sanchez dans LÉBOUCHER 2021). La précision des données est sensible pour les banques (informations stratégiques) mais elle est aussi difficile à gérer. Les banques n'ont pas forcément la capacité de projeter leur stratégie d'investissement aussi précisément : l'ACPR note que les banques n'ont pas modifié leur bilan dans les projections, conduisant à suivre passivement la transition. Plus grave encore, deux banques continuent à financer les secteurs très polluants à la même hauteur qu'avant la transition. Ces éléments peuvent s'interpréter comme un échec du cadre informationnel du NGFS :

11. c'est à dire de la concrétisation du risque de transition dans sa dimension financière

en présence d'informations, les banques sont soit passives, soit conservatrices. De même, la seule réaction des assurances face à la hausse des risques physiques est de proposer une hausse des primes d'assurance (*insurance as usual*). Or, la hausse des événements climatiques extrêmes est susceptible de remettre en cause du modèle assurantiel. De plus, une hausse de la prime d'assurance est susceptible de faire baisser le taux de biens assurés pour les particuliers (ménages comme entreprises) et donc pourrait engendrer une hausse de l'instabilité financière.

Ces éléments, s'ils sont très négatifs vis-à-vis des stress tests du NGFS, n'impliquent pas leur inutilité. En première analyse, ils sont susceptibles d'engager des changements dans la réglementation informationnelle. Par exemple on peut penser à une exigence de publication de données au niveau géographique et sectoriel adéquat pour mieux quantifier les risques climatiques. Cependant, les rédacteurs des rapports semblent se contenter de la publication d'informations en espérant pouvoir développer une quantification des risques suffisamment solide pour que les institutions financières s'en emparent dans leurs modèles de gestion interne sans aucune réglementation contraignante.

Notre analyse nous conduit à penser que les superviseurs ayant mené des stress tests climatiques se trouvent sur une ligne de crête. Ils essaient de traiter du climat sans effrayer les marchés financiers, minimisant ainsi la réalité (forcément inquiétante) au profit d'une hypothétique sensibilisation progressive des acteurs financiers. Garantir la stabilité financière de court terme théoriquement peu menacée par le réchauffement climatique vient affecter la capacité du stress test climatique à prévenir de plus grandes instabilités futures. La tragédie des horizons est très loin d'être résolue.

Chapitre 3

Un cadre analytique incohérent par rapport aux enjeux d'instabilité climatique

L'analyse minutieuse des premiers exercices de stress tests climatiques montrent une minimisation des risques tant physiques que de transition. Cette minimisation est également liée à un cadre méthodologique peu pertinent pour approcher les instabilités économiques causées par le réchauffement climatique.

3.1 Des risques climatiques mal conceptualisés

3.1.1 Une transition par les prix normative et insuffisante

L'ensemble des scénarios climatiques utilisés dans les stress tests climatiques s'intéresse uniquement à l'évolution du prix du carbone. Les risques de transition sont calculés à partir de ces scénarios. Il existe en réalité un grand nombre de risques de transition qui ne passent pas par une trajectoire du prix du carbone. En particulier parce que l'évolution du prix du carbone n'est en aucun cas le garant d'une transition vers une économie à faible émission. Beaucoup d'hypothèses sont sous-jacentes au calcul du chemin optimal de transition. Sans vouloir être exhaustif, notons tout de même que ne sont pas pris en compte la faisabilité de la transition, l'existence d'innovation verte dans l'ensemble des secteurs, les inégalités entre pays et les inégalités nord-sud, les rapports géopolitiques entre puissances, la distinction entre les besoins vitaux incompressibles des besoins non vitaux (par exemple, se déplacer en avion pour aller voter) etc.

Dans les controverses scientifiques, qu'il ne s'agit pas de résoudre ici, on peut citer les débats autour de la croissance verte et du *découplage* entre la production et les énergies vertes (voir notamment HICKEL et KALLIS 2020 pour un recensement des travaux empiriques sur la crédibilité d'une trajectoire de séparation entre productions et émissions). Pour le moment, aucun découplage n'a été observé au niveau de la production mondiale.

La baisse des émissions observée au niveau national de certains pays développés vient généralement de la délocalisation des industries polluantes dans les pays en développement. Les auteurs en concluent que le découplage total est peu plausible. C'est pourtant sur cette base que repose les scénarios de long terme, notamment celui de la BCE (2021). Dans l'exercice de 2021, la transition n'a un coût sur le PIB que de 2%. Pourtant, celle-ci est censée permettre d'atteindre l'objectif de 1.5°C de réchauffement, et repose donc sur le verdissement de la croissance économique. Les scénarios utilisés sont donc problématiques soit en matière de stabilité financière vis-à-vis du risque de transition (qui sous-estimerait très largement son coût sur la croissance économique) soit vis-à-vis du risque physique qui serait très largement sous-estimé étant donné les lacunes de la transition.

Il est nécessaire d'approfondir cette critique en nous concentrant sur le prix du carbone. En effet, le montant du prix est déjà soumis à une forte incertitude. La non-linéarité du processus de réchauffement climatique implique que la trajectoire de prix du carbone peut fortement évoluer en cours de transition, faisant exploser les risques de transition sans anticipation possible pour aucun des acteurs. C'est un point supplémentaire d'incertitude : la difficulté d'anticipation des risques climatiques vaut tant pour les superviseurs que pour les acteurs privés de la finance. En dehors de l'incertitude sur le prix du carbone, il faut insister sur le fait que le pricing du carbone fait partie d'un ensemble plus vaste de mesures tantôt utiles, tantôt nécessaires, tantôt vitales. Dans cet ensemble, la hausse du prix du carbone n'est pas la seule mesure susceptible de pénaliser les acteurs financiers sous la forme du risque de transition. CRETI et OLIVIER (2020) expliquent qu'il y a plusieurs politiques de pricing du carbone. Compensations, échanges de quotas sur un marché carbone, taxe carbone, taxe du carburant ou sur les produits hautement carbonés, derrière cette variété de solutions se cache une uniformité de moyen d'action : décarboner l'économie par un signal-prix permettant d'internaliser une externalité négative. Entre cette théorie et la pratique, il y a un monde. Tout d'abord car le signal-prix n'est pas homogène : « les prix réglementaires du carbone couvrent actuellement environ 20 % des émissions mondiales ». En plus de ne pas être appliqués sur l'ensemble des produits émetteurs, ils sont trop faibles, « généralement inférieurs aux prix des énergies fossiles ». Même en augmentant la réglementation, il est probable que cette politique demeure insuffisante. En particulier car quelles que soient la logique et l'ambition de la régulation, « avec le pricing du carbone, les pollueurs conservent le choix entre : cesser leurs opérations, réduire les émissions issues de ces opérations, ou émettre autant voire plus en payant pour cela ». Cette logique ne peut avoir un effet positif que si les activités carbonées ne voient pas leur rentabilité augmenter, du fait de facteurs complètement exogènes à la transition, en même temps que le prix du carbone augmente.

Pour prendre la mesure du problème, il faut se concentrer sur l'extraction d'hydrocarbure. Il s'agit de la première source d'émission, et de loin d'après l'Agence Internationale de l'Énergie (BOUCKAERT et al. 2021). Le marché de l'énergie n'est pas un marché comme les autres, il est caractérisé par une faible concurrence, voire aucune, une demande peu

TABLE 3.1 – Variété des politiques publiques environnementales

| Catégorie d'instruments | Instruments | Exemple |
|-----------------------------------|--|--|
| Économiques | Fiscalité, subventions, marché de droits à polluer, pilotage du mix énergétique | Composante carbone, TICPE, Bonus-malus automobile, marché EU-ETS, programmation pluriannuelle de l'énergie |
| Légaux | Normes d'émissions, techniques, de produits, de mise sur le marché, interdictions | Normes européennes relatives aux émissions de CO2 des voitures & véhicules utilitaires légers, interdiction de vente des véhicules thermiques d'ici 2040 |
| Informationnels | éco-label, audits | Étiquette climat du diagnostic DPE |
| D'aménagement et d'infrastructure | Amélioration des réseaux, aménagement du territoire, politiques de R&D et de formation | Amélioration des réseaux de transport public, stratégie pour l'hydrogène décarboné |

Source : Tableau 4 du rapport de l'ADEME (JACQUETIN, GARNERO et CALLONNEC 2021) modifié et mis en page par l'auteur

élastique au prix (pour une grande part, la dépense énergétique est incompressible, tant pour les entreprises que pour les ménages), une fluctuation du prix causée par des aléas géopolitiques, etc. Le marché des hydrocarbures est réputé difficilement abordable sous les mécanismes classiques du marché. Le signal-prix a ici un effet a fortiori très faible. Pour pouvoir inverser la courbe des émissions au niveau mondial (et pas seulement en délocalisant les émissions), il serait plus prudent d'utiliser l'ensemble des outils à disposition. Parmi ceux-ci, les normes prescriptives semblent être au moins aussi essentielles qu'un prix du carbone. Ces normes permettent à la fois d'obliger les producteurs à satisfaire des normes environnementales, mais peuvent aussi permettre l'interdiction de la production de certains biens ou services trop polluants et/ou inutiles. Par exemple, en 2021, la convention citoyenne pour le climat a proposé d'interdire les vols intérieurs en cas d'alternative en train de moins de 4h. Ce type d'instruments utilisé par des pouvoirs publics ambitieux aurait a fortiori des effets sur les valeurs boursières des entreprises dans l'aviation.

Même si ces autres politiques climatiques ne sont pas réductibles à une évolution des prix relatifs, elles demeurent susceptibles d'influencer plus ou moins fortement la stabilité financière. L'ADEME (JACQUETIN et al. 2021) développe une vision plus globale du risque de transition dans son rapport en réponse à l'exercice pilote de l'ACPR (2021b). Le tableau 3.1 est un résumé d'un tableau plus complet du rapport de l'ADEME. Celui-ci différencie cinq types de politiques de transition. Le pricing du carbone ne concerne

que le premier type, les instruments économiques. Pourtant, une bonne part des enjeux semblent se concentrer sur les instruments légaux, informationnels, d'infrastructures¹, ... Les politiques publiques susceptibles d'impacter le plus fortement les agents financiers sont les politiques économiques et légales. Signalons tout de même que les politiques de recherche et développement conditionnent largement le progrès technique, supposé exogène dans les scénarios du NGFS.

En dehors des instruments économiques, les instruments légaux sont incontestablement des sources de risques financiers importants. Les normes (quelles qu'elles soient) sont susceptibles, bien plus que les prix, de créer des chocs d'offre ou de demande sur la production et l'utilisation d'énergies fossiles.

Malgré l'aspect systémique de la transition, il faut bien dire que les énergies fossiles représentent sans aucun doute l'un des plus gros enjeux de la transition. En effet, ceux-ci sont responsables de 56.6% des émissions anthropiques (GIEC 2007). Afin de pouvoir atteindre les objectifs fixés par les accords de Paris, il faudrait d'après l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) qu'aucun nouveau projet pétrolier et gazier ait lieu (BOUCKAERT et al. 2021). WELSBY et al. (2021) sont beaucoup moins optimistes : il faudrait laisser inexploitées 90% des ressources de charbon connues et 60% des réserves de pétrole et de gaz. Ces éléments sont mis en avant depuis le début des années 2010 sous la dénomination *d'échouage d'actif* ou de *bulle carbone*. L'ONG Carbon Tracker observent en 2011 que « l'ensemble des réserves de charbons, pétroles et gaz déjà acquises par les 200 plus grosses firmes d'énergies fossiles est [...] supérieur [...] au montant maximal d'hydrocarbures brûlables en maintenant le réchauffement sous 2°C » (DEYRIS 2019). C'est ce qui conduit Carbon Tracker à parler de *bulle carbone*. La valeur d'un grand nombre d'actifs est sur-évaluée du fait de la nécessité de ne pas exploiter des ressources d'hydrocarbures déjà valorisées. Il s'agit pour reprendre les termes de l'ONG de « carbone non exploitable ». En 2013, les 200 entreprises liées aux hydrocarbures étudiées détiennent 4 000 milliards de dollars d'actifs fossiles (CARBON TRACKER 2015), dont les trois quarts sont accolés à des réserves qui devraient rester inexploités pour rester dans un scénario de réchauffement à 2 °C. En réalité un scénario plus prudent, prenant en compte les incertitudes autour des technologies de stockage de carbone, conduirait à ne pas exploiter plus de 80% des ressources actuellement détenues par les entreprises (toujours vis-à-vis d'un objectif de 2°C).

Cette réalité est d'autant plus glaçante que la diminution de l'usage d'énergie fossile risque de se répercuter sur l'ensemble de la chaîne de production. C'est notamment ce que montrent CAHEN-FOUROT et al. (2020) et GODIN et al. (2021). Deux figures sont utilisées par les auteurs pour illustrer la dépendance de l'ensemble des secteurs aux énergies

1. Notons sur ce point que les instruments d'aménagements du territoire, de développement et rénovation des infrastructures impliquent un financement préalable conséquent et une rentabilité faible. A priori la finance privée est assez mal placée pour prendre en charge ce type d'investissement sans mise en place d'outils tels que les TLTRO, voir notamment (COUPPEY-SOUBEYRAN 2020)

fossiles. La première est la *pyramide inversée* (CAHEN-FOUROT et al. 2020). Le secteur fondamental de l'économie est l'énergie (et en particulier l'énergie fossile qui est la première énergie utilisée dans l'économie mondiale aujourd'hui). L'économie est modélisée par un modèle input-output dans lequel le secteur premier est l'extraction d'hydrocarbure. On modélise ainsi la dépendance des autres secteurs à l'énergie fossile. Ensuite, dans GODIN et al. (2021), avec une méthodologie similaire, les auteurs modélisent l'effet de l'échouage d'actif sur les autres secteurs. Ils parlent ainsi d'une *cascade d'échouage*². Ces cascades d'échouages viennent de la capacité de l'industrie fossile à faire échouer des actifs dans d'autres secteurs. D'après eux, c'est le secteur avec le plus haut potentiel de transmission d'instabilité dans le reste de l'économie (l'échouage d'actif dans le secteur des hydrocarbures a le plus haut potentiel de transmission aux autres secteurs de l'économie).

Une politique de transition ne peut donc pas éviter de générer des instabilités financières. Plus spécifiquement, deux questions se posent : l'accompagnement de l'échouage des actifs et l'effet de cet échouage sur le reste de l'économie et des institutions financières, au niveau national et international. Un stress test climatique peut servir à documenter ces mécanismes, encore faut-il aborder le sujet. Dans les stress tests de la BCE, de l'ACPR, de la BoE, ainsi que dans les scénarios du NGFS, le terme n'est pas utilisé. Ainsi l'un des plus gros risques climatiques est ignoré. En effet cet échouage ne peut se modéliser uniquement par une évolution du prix du carbone : il s'agit d'imputer par des causes extra-financières la chute de valeur des actifs financiers. C'est ce que fait par exemple JUNG et al. (2021) dans un article universitaire en proposant une mesure du risque de transition basée sur l'évolution d'un indicateur (nommé CRISK) qui se concentre sur la potentielle insuffisance en capital d'une institution financière face à un choc de transition. Le choc consiste en une chute de 50% du rendement des actifs *échoués* (c'est-à-dire des actifs accolés à l'exploitation d'hydrocarbures). De ce fait l'article propose une mesure accessible d'un risque de marché. Cependant ce risque de marché n'est mesuré que sur du court terme (un choc de marché) et non sur le long terme. De même, l'institut Rousseau estime les risques de transition en fonction du ratio d'actifs fossiles sur les fonds propres, permettant d'estimer, sans stress tests, l'exposition des banques au risque de transition.

Si l'échouage d'actif n'est pas mentionné dans les stress tests climatiques des superviseurs membres du NGFS, il s'agit d'une conséquence directe de la transition par pricing du carbone. Plus généralement cette méthode a du mal à prendre en compte les risques de marché (dont fait partie l'échouage d'actif). En effet, dans les sources étudiées ci-dessus, c'est le risque de crédit qui est au centre de l'analyse. A long terme, le risque de marché est beaucoup plus difficile à prendre en compte (le plus simple est de l'estimer par un choc, et non par une hausse progressive d'un prix). Pour le stress test de la BCE, alors que l'étude analyse plus de 1600 groupes bancaires pour le risque de crédit, le risque de marché est calculé seulement pour 78 institutions bancaires par l'élasticité de la probabilité

2. En anglais dans l'article : capital stranding cascade

de défaut aux fluctuations du marché. En conceptualisant le principal risque de marché sous la forme d'échouage d'actifs fossiles, il est possible de mieux prendre en compte ce risque, et d'en calculer l'effet sur la stabilité financière, au moins à court terme.

3.1.2 Sous-évaluation chronique des risques physiques

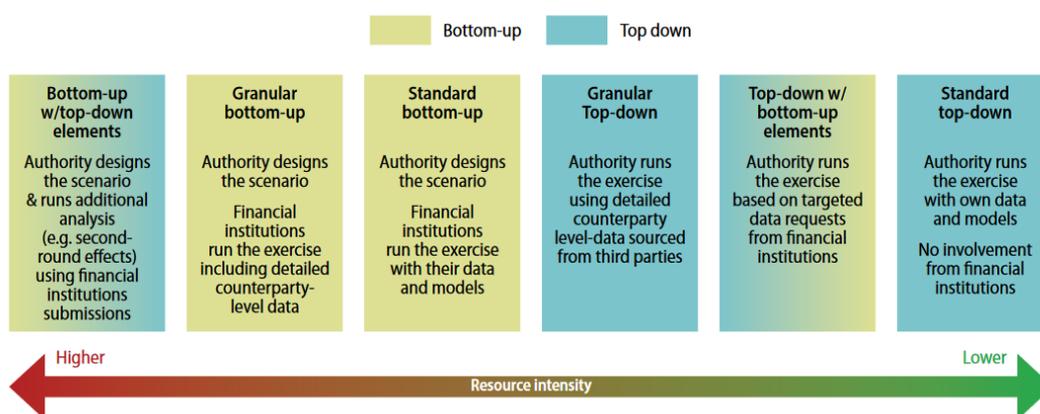
La difficulté de la prise en compte des risques physiques réside dans leur grande diversité. En effet, former un cadre d'analyse cohérent permettant de comprendre à la fois les sécheresses, les gels printaniers détruisant les récoltes, la submersion des côtes, les cyclones, les inondations ou encore les vagues de chaleurs n'est pas évident. Généralement, les stress tests se concentrent sur quelques risques physiques. Par exemple, l'exercice de la BCE ne traite que des inondations, de la montée du niveau de la mer (submersions) et des incendies. Pour le cas de la France il manque en particulier la sécheresse et les vagues de chaleur qui causent d'ores et déjà des stress hydriques à répétition. L'hétérogénéité des risques en fonction des zones géographiques interroge la pertinence d'un test à l'échelle de la zone euro. La Fédération Française de l'Assurance (FFA 2021) estime qu'en France métropolitaine, la sécheresse représente 72.6% des coûts des sinistres causés par le réchauffement climatique.

L'ACPR traite des *dommages physiques* concernés par le régime assurantiel de Catastrophe Naturelle : sécheresses, inondations, submersions marines, cyclones. Cependant ce cadre ne permet de considérer que le coût des pertes physiques et pas les perturbations économiques d'une catastrophe naturelle. Ainsi la sécheresse n'est abordée que dans un cadre de perte agricole. Rien n'est mentionné sur les difficultés que peut rencontrer l'ensemble des activités de productions en cas de sécheresse ou de vague de chaleur importante et prolongée. Ensuite, les risques sont abordés individuellement, sans scénario avec addition des catastrophes. La prise en compte financière des risques physiques demande une grande précision et des évaluations croisées, notamment en cas de succession de sinistres, succession dont la probabilité d'occurrence augmente avec le réchauffement. Ce travail de synthèse est un travail de long court, il est logique que les exercices pilotes ne traitent pas de tous les risques. En revanche, il s'agit d'une limite de l'outil car face à l'urgence de l'action il est problématique de se reposer sur des méthodes qui nécessitent encore de longues recherches avant de pouvoir proposer des résultats satisfaisants. Pourtant, assumer la diversité de ces risques physiques est possible dans les stress tests. En effet, un scénario n'a pas besoin d'être exhaustif à lui seul. La construction d'une pluralité de scénario doit permettre de prendre en compte une pluralité d'évènement extrême.

La minimisation des risques physiques conduit l'ACPR et la BCE à conclure à une exposition modérée des agents financiers à ces derniers (pour la BCE par exemple, les catastrophes climatiques causées par le réchauffement généreraient une perte de 10

Le type de risque n'est pas la seule difficulté révélée par ces premiers exercices. L'ACPR note la difficulté d'accès aux données notamment en matière de localisation des actifs. La

FIGURE 3.1 – Quantité de données nécessaires par type de stress test



Source : NGFS 2021b

globalisation de la chaîne de production rend difficile l'estimation des expositions géographiquement situées. Cette difficulté se pose au niveau des exercices top-down et bottom-up mais pour des raisons différentes. Pour les exercices top-down comme celui de la BCE, la lourdeur de l'estimation réside dans la quantité de données nécessaires pour estimer les expositions. En effet, comme le note le NGFS (voir tableau 3.1) certains modèles nécessitent une quantité de données difficile à utiliser dans des stress tests fréquents et répliquables. Un exercice top-down simple a l'intérêt de ne pas nécessiter trop de données. Ajouter des analyses sectorielles est plus difficile et les éléments de second tour (nécessaire pour la régulation macroprudentielle du risque systémique) sont d'autant plus lourds à implémenter dans un modèle. À l'opposé, les exercices bottom-up sont compliqués pour les banques car elles ne disposent pas de la localisation de la chaîne de production des entreprises auxquelles elles prêtent. Contrairement aux exercices top-down qui permettent d'imputer ce type d'information par des bases de données réglementaires collectées par le superviseur, la banque se retrouve seule pour un exercice bottom-up, et avec des moyens de calcul et de traitement des données beaucoup plus réduits, d'autant plus qu'il s'agit d'un risque peu pris en compte initialement. Par exemple, la banque du Pays-Bas quantifiait les expositions aux stress hydriques des agents financiers néerlandais dès 2019 grâce à des données de localisation de la chaîne de production (SCHELLEKENS et TOOR 2019). Elle expliquait qu'en 2050, 40% de la population mondiale vivra dans des zones connaissant des stress hydriques fréquents. 17% des actifs détenus par les banques néerlandaises sont exposés. Ainsi, en amont du stress test, des études sur les expositions, en particulier à l'international, peuvent faire bien mieux que des stress tests bottom-up.

À propos de la hausse des sinistres, le stress test de l'ACPR se concentre sur les assurances. Les effets sur leurs modèles sont plus simples à estimer que sur le bilan des banques. L'ACPR prévoit une hausse moyenne de la sinistralité affectant les assurances. Ces dernières ne voient en revanche aucun problème : il suffirait selon elles de faire augmenter la prime d'assurance pour garantir la continuité du modèle assurantiel. Jusqu'à

quand cette hausse est-elle possible ? Dans l'horizon du test de l'ACPR, 2050, cela signifie une hausse de la prime de 2 à 3% par an soit entre 130 et 200% en 30 ans, bien plus que la croissance du PIB. Cependant, faute de données sur le comportement des agents (ménages comme entreprises), l'ACPR n'en tire pas de conclusion sur la potentielle baisse des biens assurés. Pourtant la baisse du taux d'assurance (c'est-à-dire la part des actifs, entreprises, ménages assurés dans l'économie) serait logique, et problématique à long terme. Elle ferait monter bien plus qu'attendue la probabilité de défaut des entreprises du fait du risque physique³.

Enfin, la sous-estimation du risque physique est patente dans l'approche utilisée. La hausse moyenne des sinistres cache par définition, les événements extrêmes (WEITZMAN 2009). En particulier, le processus de réchauffement conduit à l'aplatissement de la distribution des événements climatiques. Les événements extrêmes augmentent plus vite que la médiane conduisant à une distribution non centrée des événements à anticiper. Les événements climatiques voit la queue de distribution supérieur augmenter au fur et à mesure que le climat se réchauffe. Ces éléments réduisent la capacité d'anticipation d'assurance et de gestion des risques des acteurs climatiques. En effet, comme le note BOLTON et al. (2020), « traditional approaches to risk management consisting in extrapolating historical data based on assumptions of normal distributions are largely irrelevant to assess future CRR [Climate Related Risks]. Indeed, both physical and transition risks are characterised by deep uncertainty, nonlinearity and fat-tailed distributions ». Le réchauffement climatique et la hausse des risques physiques posent problème tant sur l'absence de données historiques (phénomènes nouveaux) que sur les hypothèses de distribution normale. Les prévisions sont d'autant plus incertaines que les phénomènes de réchauffement et de traduction en termes de catastrophe naturelle sont non-linéaires. Pour développer ce paradigme, Bolton et ses co-auteurs introduisent le concept de *cygne vert*. Celui-ci fait référence au cygne noir (TALEB 2005), définis comme étant difficilement anticipables, ils sont catastrophiques (les effets sont gigantesques) et sont rationalisés ex-post. L'adaptation du cygne noir à la crise environnementale n'est pas si évidente mais conserve un intérêt particulier. En effet les cygnes verts demeurent peu anticipables mais sont certains (contrairement aux cygnes noirs). On peut d'ores et déjà prévoir des perturbations rares et extrêmes. La rationalisation des événements climatiques devrait être ex-ante, cependant ses effets demeurent difficilement prévisibles. En particulier, les canaux de transmission au système financier demeurent largement méconnus. L'incertitude est d'autant plus grande qu'elle est aussi stratégique : elle dépend des politiques d'adaptation entreprises avant la catastrophe.

Du point de vue des scénarios climatiques, inclure les cygnes verts dans l'analyse

3. La hausse de la prime d'assurance doublé de la hausse des risques peut aussi conduire les banques à restreindre l'accès au crédit, et donc à diminuer le financement, en particulier dans les secteurs géographiques à risque. Cette dynamique conduirait potentiellement à accentuer les inégalités de développement dans le monde et dans chaque pays en fonction de l'exposition géographique aux risques physiques.

signifierait de proposer des scénarios de catastrophes naturelles pour estimer l'exposition du système financier à des catastrophes peu probables mais aux conséquences massives ainsi qu'étudier les canaux de transmission de la catastrophe naturelle vers le système financier.

Expliciter les incertitudes existantes autour des risques physiques est crucial. En effet, cela permet conjointement d'analyser l'intérêt d'une méthode de scénarios climatiques de stress tests, et de comprendre les limites des scénarios utilisés jusqu'alors. Les estimations d'évolutions de la sinistralité sont des *estimations moyennes*. Il y a donc d'une part un intervalle de confiance, d'autre part, comme expliqué plus haut des événements extrêmes. Il est donc utile de modéliser des scénarios pessimistes reposant sur une estimation haute de la sinistralité. Dans le cadre d'un stress test, ce type de projection se justifie complètement, y compris à court terme. Les projections du GIEC calculent la hausse de la sinistralité selon des indicateurs qui se prêtent beaucoup mieux à ces scénarios : par exemple dans un scénario de réchauffement de 2 degrés, le nombre d'évènements de sécheresse grave qui avaient lieu une fois tous les 10 ans, auront lieu trois fois tous les 10 ans. Le stress test pourrait donc tester un scénario de deux ou trois ans de sécheresses extrêmes. Le stress test climatique peut servir à modéliser l'effet d'une combinaison de chocs climatiques à plus ou moins long terme. Ce type d'exercice permettrait d'estimer de manière plus sérieuse l'effet du réchauffement climatique sur la stabilité financière.

Le cadre d'analyse des risques n'est pas suffisant et trop complexe : on peut attendre longtemps avant d'avoir les avancées méthodologiques nécessaire à l'intégration de tous les risques énoncés, échouage d'actif et cygnes verts inclus. On va voir par la suite que le cadre méthodologique économique est également problématique.

3.2 Un cadre scientifique peu cohérent avec l'objet d'étude

Le cadre scientifique utilisé dans les stress tests climatiques se situe au croisement de la macroéconomie financière et de l'économie de l'environnement. De ce fait il croise des modèles et concepts issus de champs disciplinaires différents dans un objectif d'étudier un sujet complexe par des modélisations macroéconomiques : la stabilité financière. Le cadre épistémologique de la modélisation macroéconomique dominante est assez peu pertinent pour traiter des instabilités financières. Il repose sur une vision de la macroéconomie défendue notamment par le prix Nobel Robert Lucas et consiste à s'intéresser prioritairement aux évolutions des variables macroéconomiques et leurs relations respectives. Les modèles doivent être capables de modéliser ces co-évolutions, sans forcément avoir besoin de les expliquer par des hypothèses réalistes. La priorité du modèle est dans l'adéquation du résultat avec la réalité. Cette modélisation est microfondée, en opposition aux modèles keynésiens des années 70. Ce fondement microéconomique des modèles est censé permettre au modèle de prendre en compte la réaction des agents à la politique publique. Dans notre cas, la capacité du modèle à prendre en compte l'anticipation des acteurs

dans la mise en place de la politique de transition est tout à fait justifiée. Cependant, le microfondement usuel basé sur la théorie du choix rationnel peut être problématique, notamment du fait du cadre d'incertitude radicale empêchant les individus de prendre des décisions rationnelles. Ensuite, le *conséquentialisme méthodologique*⁴, proposant des modèles aux hypothèses irréalistes et à la capacité d'explication faible mais à la capacité de prédiction forte, n'a pas de sens. Le phénomène climatique étant un phénomène nouveau, on ne peut valider le modèle par test vis-à-vis des données passées (comme c'est le cas habituellement, en particulier avec les modèles à équilibre général). Le test et la sélection du modèle ne peuvent donc pas se faire sur les critères habituels. Pourtant, c'est dans ce cadre et avec ces outils que les tests de résistance climatiques sont effectués. Nous allons donc étudier dans les détails l'inadéquation des outils utilisés par les superviseurs, pour esquisser la direction que devrait prendre la modélisation de la stabilité financière face au réchauffement climatique.

3.2.1 Difficultés autour du taux d'actualisation face au long terme du stress test climatique

La temporalité longue du scénario climatique a conduit les superviseurs à utiliser des taux d'actualisation. Pourtant ces taux posent un certain nombre de problèmes tant théoriques qu'empiriques.

Le taux d'actualisation génère à intervalle régulier des débats importants en économie de l'environnement. En effet, il s'agit d'une controverse scientifique qui court au moins depuis la publication du rapport STERN (2007), remis par l'économiste Nicholas Stern au gouvernement britannique et qui fait office de publication de référence sur l'impact économique du réchauffement climatique et sur les mesures à prendre pour atténuer le réchauffement. Il est immédiatement remis en cause par l'économiste William Nordhaus sur le taux d'actualisation utilisé. En effet, Stern utilise un taux d'actualisation très faible (1,4%), considérant que l'utilité d'une unité de consommation future est très proche de la valeur d'une unité de consommation aujourd'hui. A l'opposé, William Nordhaus proposait un taux d'actualisation de 4,5% (NORDHAUS 1992).

Un article de HOURCADE et LECOCQ (2005) développe les différentes approches du taux d'actualisation. Celui-ci intervient dans le cadre d'une analyse cout-bénéfice que l'on peut écrire de la manière suivante :

$$\sum_t \frac{Benefices_t - Cout_s_t}{(1 + \rho)^t}$$

Dans l'expression ci-dessus, le taux d'actualisation est ρ . Il peut se réécrire :

4. Cette perspective a notamment été défendue par Milton Friedman dans le courant monétariste mais recouvre la plupart des modélisations macroéconomiques post-1970.

TABLE 3.2 – Évaluation numérique du taux d’actualisation

| Paramètre | Valeur |
|-----------|-------------|
| δ | 0% à 4% |
| g | 1% à 3% |
| ν | 0.8% à 1.6% |
| ρ | 0.8% à 8.8% |

Source : LECOCQ et HOURCADE 2005, adaptée par l’auteur

$$\rho = \delta + g\nu$$

Avec δ le taux d’escompte social, aussi appelé taux de préférence pure pour le présent. Dans le cas d’une solidarité intergénérationnelle, $\delta = 0$. g est le taux de croissance optimale de l’économie (ou le taux de croissance anticipé). ν est la dérivée de l’utilité marginale de la consommation du revenu, c’est-à-dire la vitesse à laquelle décroît l’utilité marginale de la consommation lorsque le revenu augmente. Le produit $g\nu$ correspond à l’effet de richesse. Celui-ci est négatif si l’utilité marginale du revenu diminue lorsque le revenu augmente. Dans ce cadre, Hourcade et Lecocq recensent les différentes valeurs proposées par les économistes dans le tableau 3.2.

Depuis que l’économie environnementale⁵ utilise des modèles avec taux d’actualisation, le choix du taux est loin de faire consensus. MERTENS et al (2006) montrent que ρ doit être égale à g . C’est-à-dire que le taux d’actualisation devrait être égale au taux de croissance anticipé. Cette démonstration n’est cependant pas prise en compte dans les modélisations, notamment celle de Nordhaus qui continue d’utiliser des taux plus élevés impliquant une dévalorisation des valeurs futures. Les scénarios climatiques du NGFS sont donc logiquement sujets à ce type de biais.

Cette controverse illustre la complexité de l’horizon temporel considéré dans le calcul de l’arbitrage risque de transition - risque physique. Dans la réalité, il est impossible de supposer des acteurs anticipant la conjoncture économique, financière et climatique sur 80 ans (ni pour un horizon de 30 ans comme c’est le cas dans les scénarios du NGFS).

Cette controverse illustre les limites d’une méthodologie basée sur des anticipations rationnelles d’un horizon temporel aussi long, et de phénomènes aussi complexes. Pour cela, on peut s’appuyer sur l’analyse de GIRAUD (2021). Selon lui, l’hypothèse d’anticipation rationnelle qui est à la base de toute modélisation macroéconomique implique un taux d’actualisation. Ce taux permet de ramener un flux de revenu futur escompté à la valeur des revenus d’aujourd’hui. L’anticipation est fondamentale dans la théorie du taux d’actualisation. Cet outil est dans un premier temps utilisé dans la sphère des investissements

5. Cette source date de 2004 : le débat sur le taux d’actualisation court depuis bien longtemps. Il n’y a toujours pas de consensus sur les taux utilisés.

publics. Il permet de comparer des projets d'investissement de long terme selon leurs coûts et leurs bénéfices sur une durée plus ou moins longue. Le premier taux d'actualisation est utilisé en France par Jules Dupuis, ingénieur des ponts et chaussées, afin d'estimer par une analyse coût-bénéfice la rentabilité d'un projet d'infrastructure (CARBONNIER 2021).

Pour Giraud, cette hypothèse est un préalable à tout « procès en capitalisation ». Autrement dit, l'usage du taux d'actualisation découle du cadre d'anticipation rationnelle. Celle-ci consiste à préférer le présent d'autant plus que l'incertitude est grande, ce qui ne va pas pour nous arranger. Sachant que l'incertitude va croissante du fait du réchauffement climatique, les acteurs pourraient être incités à privilégier les revenus présents aux revenus futurs de manière croissante. Cette propriété conduit Giraud à parler de « pousse-au-crime méthodologique » (GIRAUD 2021) et on comprend bien pourquoi : elle incite les agents à ne pas essayer d'allonger leur horizon d'anticipation sous prétexte que ce ne serait pas rationnel dans un contexte de grande incertitude.

Cependant il faut ici différencier le cadre d'une politique publique (la transition écologique par exemple) et l'anticipation des acteurs. Du point de vue de la supervision financière, les profits d'une politique publique ne s'évaluent pas comme du point de vue d'une banque. Pour comprendre la différence entre l'anticipation du futur d'un agent isolé, et celle d'un superviseur ou d'une autorité publique, il faut comprendre les justifications à la survalorisation du présent. Rappelons donc qu'un taux d'actualisation supérieur au taux de croissance anticipé suppose que nous valorisons plus la consommation des générations actuelles que celles des générations futures. CARBONNIER (2021) analyse les différents arguments qui justifient la plus grande valorisation des revenus présents par rapport aux revenus futurs. Il en conclut que le taux d'actualisation supposé supérieur à 1 est fondé sur une analyse micro-économique, considérant rationnel le fait que les individus préfèrent le présent. En particulier, les individus survalorisent d'autant plus le présent que le futur est incertain (en relation avec l'aversion au risque). Dans le cadre environnemental qui est multi-générationnel, la survalorisation du présent n'est pas pertinente car « aucun des mécanismes expliquant les choix individuels qui favorisent le présent ne peuvent être étendus au niveau collectif ». Ce constat implique pour Carbonnier que l'usage d'un taux d'actualisation pour les politiques environnementales « relève bien plus d'un égoïsme générationnel que d'une méthodologie rigoureuse ».

Ainsi le taux d'actualisation est à la fois sujet à controverse scientifique mais montre aussi des perspectives différentes pour un superviseur ou pour une institution financière. Ce n'est pas la seule limite de l'outil. FAVEREAU (2010) définit l'axiomatisation de la théorie standard sur la base d'un premier axiome de rationalité économique, et d'un second d'équilibre général. L'axiome de rationalité repose sur le calcul d'une espérance mathématique dans laquelle le temps n'est pas pris en compte. C'est le taux d'actualisation qui permet d'élargir (considérablement) le champ d'application de la théorie économique à des problèmes intertemporels. Cependant la conception du temps sous-jacente à l'usage du taux d'actualisation est un temps « liquide ». En effet, il suppose que le temps est

réversible. Une décision à un instant t est profitable par rapport aux anticipations à l'instant t . L'irréversibilité de la décision implique que le calcul coût-bénéfice ne peut suffire à la décision. L'incertitude force à adopter une perspective politique. C'est également la perspective de Keynes dans le chapitre 12 de la *Théorie Générale* (KEYNES 1936) lorsqu'il traite de l'irréversibilité de l'investissement. Dans le cas des émissions et de la transition, l'analyse par scénarios du NGFS souffre de ces mêmes lacunes. Dans le cadre du scénario considéré comme optimal, on arbitre entre le coût de l'émission et le coût de son abattement. Cependant, le coût de l'émission est calculé selon les informations et les anticipations actuelles, sans prendre en compte l'irrévocabilité des émissions et de leurs conséquences. Il s'agit d'une sur-estimation des émissions que l'on peut effectivement commettre et qui pourrait avoir des effets désastreux soit de réajustement brutal du prix du carbone soit d'explosion des risques physiques liés à un réchauffement bien plus élevé qu'attendu. Insistons sur ce point que si les émissions sont à moitié réversibles (avec un degré d'incertitude important autour de la productivité des technologies de stockage de carbone) le réchauffement ne l'est pas : un réchauffement au delà de 1.5°C même temporaire (réchauffement actuellement très probable) a des conséquences importantes, à long terme, imprévisibles. L'exemple des tourbes de Sibérie évoqué plus haut ⁶ le montre bien : dépassé certains seuils, les écosystèmes *meurent*, pour toujours. Du moins, pour une temporalité bien supérieure aux projections socio-économiques praticables. La méthode des scénarios, en souhaitant superviser uniquement par anticipation et mécanisme de marché, est contrainte d'utiliser un taux d'actualisation. Le superviseur doit alors arbitrer entre un taux réaliste par rapport aux comportements des acteurs financier (taux élevé, favorisant d'autant plus les stratégies court-termistes que l'incertitude est grande) et un taux réaliste par rapport à la valorisation sociale du futur (définition initiale du taux d'actualisation), qui diverge fortement de la valorisation du futur pratiquée individuellement par les agents financiers. Cet arbitrage n'est pas nécessaire dans un stress test de solvabilité qui se concentre sur la stabilité financière du cycle financier. En conclusion, le cadre méthodologique du NGFS conduit à utiliser des outils peu pertinent pour étudier l'instabilité financière causée par le réchauffement climatique. Le taux d'actualisation n'est pas le seul problème.

3.2.2 Modèles d'évaluation intégrée (IAM) et à équilibre général (GEM)

Le taux d'actualisation est utilisé dans un cadre standard d'économie de l'environnement, dans des modèles dit *d'évaluations intégrées* (Integrated Assessment Models, IAM). Le premier modèle de ce type est développé par NORDHAUS (1992), il s'agit plus précisément d'un modèle dynamique intégré climat-économie (DICE). Il provient de re-

6. Carbon Brief (VIGLIONE 2022)

cherches menées par Nordhaus dès 1977 sur l'offre et la demande d'énergie notamment fossile (NORDHAUS 1977). Autrement dit, le but initial n'est pas de modéliser l'effet du réchauffement climatique. Il faudra attendre 1992 pour avoir une application du modèle au réchauffement climatique avec une estimation des conséquences économiques des émissions. Les conclusions de Nordhaus sont complètement aberrantes, elles projettent des pertes très faibles pour un réchauffement que tous les scientifiques en dehors des économistes considèrent apocalyptique. En 2018, Nordhaus récidive avec une prévision de perte de 10% de PIB pour un réchauffement de 6°C. Les climatologues en rient encore, l'économiste australien Steve Keen aussi : il titre en 2020, suite à l'attribution du prix nobel de 2018 à Nordhaus « The appallingly bad neoclassical economics of climate change » (KEEN 2021).

Nordhaus est un cas extrême d'aberration économiciste, considérant pouvoir parler du réchauffement climatique sans avoir jamais lu de publication scientifique sur le climat. Heureusement, tous les économistes ne sont pas dogmatiques à ce point. D'autres estimations des dégâts causés par le réchauffement climatique sur l'économie ont donné lieu à des publications plus intéressantes. Le rapport de Nicholas Stern (2007) (STERN 2007) en fait partie. Celui-ci conclut à des pertes qui seraient équivalentes à la crise de 1929 ou aux deux guerres mondiales (l'estimation haute est de 20% de perte de PIB en fin de siècle). De plus, le rapport documente très bien l'incertitude autour des résultats, notamment en matière d'aggravation de la situation. Une trajectoire d'émission mène à un objectif de température qui se situe dans un intervalle de confiance. Cet intervalle de confiance est une première évaluation de l'incertitude : un objectif à 2°C signifie que la température est susceptible de monter bien au-dessus de 2°C. Cependant, si certains usages des modèles IAM et DICE sont plus pertinents que l'usage qu'en fait Nordhaus, ils n'en demeurent pas moins problématiques d'un point de vue méthodologique.

Comme énoncé plus haut, le taux d'actualisation mobilisé dans ces modèles pose problème, mais ce n'est pas le seul point discutable. Le statut de la fonction de perte en particulier est un obstacle. C'est par celle-ci que passe l'effet du changement climatique sur l'économie. Le changement climatique est à moitié exogène. S'il est bien fonction des émissions produites par l'économie, il n'a pas de rôle structurant sur l'économie. Les pertes sont modélisées par des petits chocs exogènes qui occasionnent des pertes indépendantes les unes des autres, ne mettant pas en cause la stabilité du système tant économique que financier. Autrement dit, dans un modèle IAM, le climat n'affecte pas les variables de long terme (taux de croissance *naturel*, taux de chômage à l'équilibre, etc). Il n'a pas d'effet durable sur la structure de l'économie. Cette perspective est directement liée à l'équilibre général qui empêche de penser les déséquilibres structurants. L'équilibre général du modèle suppose un état stable de l'économie « perturbée uniquement par des chocs exogènes de petite amplitude » (GIRAUD 2021). L'apport du modèle IAM par rapport aux autres modèles d'équilibre général est sa capacité à calculer les pertes causées par le réchauffement climatique. De plus cette fonction est imputée de manière exogène. Il n'est

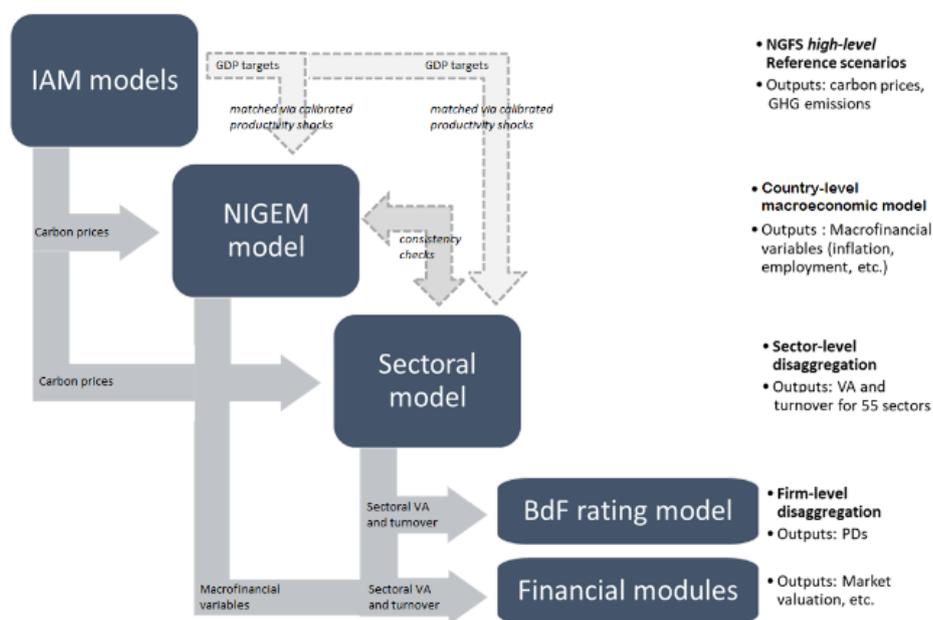
pas possible de trouver une méthodologie parfaite permettant d'imputer les pertes futures causées par le réchauffement climatique. Une méthode unique a cependant peu de chance de rendre compte de l'incertitude de ces prévisions.

Dans ce cadre, de nombreux économistes proposent de privilégier des modèles qui intègrent l'effet du climat non comme une fonction de perte exogène mais comme un processus affectant durablement l'ensemble des variables économiques. Sur ce point, les modèles en déséquilibre permettent plus aisément de modéliser les effets du réchauffement à long terme. En effet, ces modèles permettent d'intégrer des déséquilibres permanents causés par le réchauffement climatique, parfois avec des fonctions de pertes similaires aux IAM. C'est notamment le cas de BOVARI et al. (2018) qui modélisent dans un modèle stock-flux cohérent l'effet du réchauffement climatique avec la même fonction de perte que DIETZ et STERN (2015) mais trouvent des résultats bien plus pessimistes. Ce type de modèle raisonne en déséquilibre perpétuel avec une dynamique propre déterminée par les grandes variables macroéconomiques (marché du travail, endettement, crédit bancaire) et par l'effet du réchauffement climatique, qui est mis au même plan que les autres variables. De ce fait, le processus de réchauffement est susceptible de déterminer la croissance économique à part entière. Plus spécifiquement, la modélisation de Bovari et al projette un effet du réchauffement qui s'observe près de 30 ans plus tôt que la modélisation IAM de Dietz et Stern. D'autres propositions sont faites en direction de modèles incluant les lois de la thermodynamique et sont donc plus réalistes sur les arbitrages énergétiques et sur les gains de productivité des technologies vertes (voir par exemple PELLEGRIS 2020).

Enfin, quel que soit le modèle utilisé, les fonctions de pertes prévoyant une hausse moyenne des risques sont sujettes à la même critique que les scénarios physiques traités plus haut : les phénomènes à modéliser ne sont pas complètement appréhendables par des indicateurs moyens.

Ce détour par une analyse du contenu des modèles IAM et d'équilibre général n'est pas superflu. En effet, tout comme pour le taux d'actualisation, l'usage de modèles d'équilibre général est justifié par l'allongement temporel du test de résistance. Alors que dans un stress test classique, la temporalité courte ne nécessite pas de modéliser l'économie par des modèles complexes (des hypothèses sur l'évolution des taux de croissances, de chômage, d'inflation suffisent sans avoir besoin de modélisation adjacente), dans le cadre des stress tests climatiques, des modèles sont utilisés. Dans le modèle de la BCE (2021) par exemple, un modèle IAM est utilisé pour modéliser les pertes subies par les agents économiques en cas d'absence de transition. Le rapport de l'ADEME (JACQUETIN et al. 2021) de cadrage méthodologique à destination de l'ACPR insiste aussi sur l'importance de l'usage de modèle à équilibre général. Il préconise l'usage de modèles DSGE ou IAM. L'ACPR utilise le modèle NiGEM (voir figure 3.2), un modèle à équilibre général qui permet de se concentrer sur la transition mais est dépourvu de fonction de perte (ALLEN et al. 2020). Un modèle IAM est utilisé pour estimer le prix du carbone nécessaire pour atteindre les objectifs des accords de Paris. Enfin, les modèles standards disposent rarement d'un

FIGURE 3.2 – Structure de modélisation du stress test de l'ACPR



Source : ALLEN et al. 2020

secteur financier. C'est en particulier le cas des modèles DSGE qui ne permettent pas en première instance de modéliser les perturbations financières (SERGI 2018), mais c'est aussi le cas pour le modèle NiGEM utilisé par l'ACPR : le module financier est additif, il n'est pas au centre de la dynamique de croissance économique de long terme. De plus, ces modèles ont déjà fait la preuve de leur incapacité à rendre compte des instabilités et des crises financières, en particulier en 2008. Francesco Sergi explique notamment que suite à la crise, la réaction des macroéconomistes partisans de ce type de modèle a été d'expliquer les écarts entre les projections et la réalité par un manque de complexité des modèles DSGE sur le volet financier (SERGI 2017). De ce fait, la tendance est à la complexification de modèles déjà très complexes, ce qui va à l'encontre des principes de bases de l'économétrie et du machine learning. En effet, selon le principe de parcimonie, le modèle est censé arbitrer entre le nombre de variables et la complexité des relations d'une part, capables de décrire les données existantes d'une part, et la capacité prédictive du modèle d'autre part. Cette capacité prédictive est amoindrie lorsque le modèle cherche à reproduire telles quelles les données existantes. Pour le cas du réchauffement climatique, ce travers des modèles DSGE devrait être suffisamment évident : l'enjeu n'est pas de reproduire les données passées mais de prédire les grandes tendances d'un futur particulièrement incertain. De plus, la complexité des modèles empêche d'explicitier les arbitrages souvent politiques effectués par le modélisateur. Cet usage technocrate du modèle pose donc des problèmes politiques et d'éthique intergénérationnelle.

A propos du choix des modèles, MERCURE et al. (2019) proposent à l'inverse d'utiliser des modèles dont les hypothèses sont facilement explicites. Le but est notamment d'as-

surer la bonne transmission des résultats en termes de politique publique. Ils préconisent ainsi d'utiliser des modèles en déséquilibre comme les modèles stock-flux cohérents. Ceux-ci sont mieux adaptés pour prendre en compte les phénomènes monétaires et financiers (les marchés financiers ne composent pas un module ajouté au modèle de base comme c'est le cas dans les modèles d'équilibre général). De plus, comme expliqué plus haut, un modèle basé sur des déséquilibres constants permet de mieux endogénéiser le réchauffement climatique dans les dynamiques macroéconomiques. Comme l'explique Gaël Giraud (2021) « dans le cadre de la crise climatique en cours, les déséquilibres s'enchaînent et on ne peut attendre d'être à un point d'équilibre pour agir ».

3.2.3 Risque systémique

Les lacunes du cadre d'analyse des stress test ne résident pas seulement dans les modèles utilisés. La conception du risque financier est aussi un enjeu mal considéré. Tant sur le risque climatique que physique, le NGFS et les superviseurs traitent les risques climatiques comme des risques *systemiques*, qui nécessitent donc une politique prudentielle spécifique. D'une certaine manière, cela tombe sous le sens. En tant que processus long, impactant l'ensemble des écosystèmes et donc a fortiori l'ensemble de l'économie, le réchauffement climatique génère des risques sur le système économique et financier dans son ensemble. Pourtant, le terme de risque systémique en finance a originellement un sens assez différent. Développé notamment par AGLIETTA (1991), ce risque systémique est défini comme endogène au fonctionnement des marchés financiers. Il est dit systémique car il se transmet par la perception des acteurs financiers et par leurs interdépendances. De plus, il affecte la stabilité financière globale. Ainsi, il faut différencier l'évènement ou le processus systémique (le réchauffement climatique) du risque systémique. Un évènement systémique correspond soit à « un choc néfaste ou une mauvaise nouvelle concernant une ou plusieurs institutions financières, ou un marché financier, [qui] se répercute en chaîne sur d'autres institutions ou d'autres marchés » (AGLIETTA et VALLA 2017), soit à une catastrophe : « Un choc macroéconomique [qui] affecte simultanément les conditions financières d'un grand nombre d'institutions et de marchés, et induit une réaction négative commune ». L'évènement est bien exogène mais pas sa propagation sur les marchés financiers : « c'est la propagation des chocs qui provoque une amplification endogène à incidences macroéconomiques ».

Dans ce cadre, le processus de réchauffement ne peut être que systémique. De par son ampleur, il concerne par définition la totalité du système économique et financier. Ce processus est cependant susceptible d'engendrer des chocs difficilement prédictibles aux mécanismes de transmission endogènes, liés aux interdépendances entre acteurs.

AGLIETTA et ESPAGNE (2016) reviennent sur la systémicité de ce risque. En particulier, leur analyse porte sur les mécanismes endogènes à la finance qui rendent les banques très exposées aux risques climatiques. Trois mécanismes sont identifiés :

- L'adaptation plus ou moins forte des sociétés au réchauffement climatique : l'adaptation aux risques climatiques physiques ou de transition suppose l'anticipation de ceux-ci. Même dans un cadre libéral comme celui de Carney, les économistes admettent que les agents financiers sont incapables d'anticiper des termes suffisamment longs pour pouvoir prendre en compte cette adaptation. Plus spécifiquement sur les risques physiques, l'adaptation peut vouloir dire deux choses : soit désertifier les territoires trop à risques, soit mener des politiques d'investissement pour adapter les infrastructures aux conséquences probables du réchauffement. Cette adaptation est tout simplement absente des publications usuelles du NGFS, des superviseurs et des économistes. Pourtant, comme l'explique le second volume du rapport du GIEC paru en mars 2022 (GIEC 2022a), l'adaptation des sociétés au réchauffement fait partie des enjeux cruciaux. Plus de 3 milliards de personnes sont susceptibles d'être impactées par le réchauffement. D'où la nécessité d'intégrer dans toute la chaîne de production des éléments d'adaptation. Le manque de considération des acteurs financiers vis-à-vis des politiques d'adaptation est donc endogène aux marchés financiers et implique une amplification des risques climatiques, en particulier physiques.⁷
- L'interconnexion des agents : nous différencions deux types d'interconnexion entre agents financiers. La première est l'interconnexion purement financière. Les institutions financières sont interconnectées par les échanges qu'elles effectuent entre elles sur les marchés financiers. La régulation financière demeure insuffisante sur ce point (COUPPEY-SOUBEYRAN et al. 2018), ce qui implique une amplification endogène des risques qu'ils soient climatiques ou non. Le second élément est plus spécifique aux risques climatiques, il s'agit de la globalisation de la chaîne de valeur. Dans ce cadre économique, les agents financiers sont conduits à s'exposer à des chaînes de valeurs dont ils ignorent la localisation de toutes ses composantes, et donc des expositions aux risques physiques. Cette exposition n'est pas qu'informationnelle : la mondialisation de la chaîne de production implique mécaniquement une hausse de l'exposition à une catastrophe très grave mais localisée.
- L'intensité informationnelle des contrats : Ce dernier canal d'amplification est purement informationnel. Il est également endogène car ce sont les institutions financières ou la réglementation financière qui décident du contenu informationnel des contrats. En d'autres termes, le contenu des contrats en matière de localisation de la production, d'empreinte environnementale, d'émission de gaz à effets de serre est un canal de transmission et d'amplification des risques climatiques⁸. Suite à une catastrophe, les marchés financiers peuvent réagir de deux manières. Soit les agents

7. On peut également ajouter que la financiarisation de l'économie a conduit à la baisse de l'investissement productif de long terme, nécessaire pour les stratégies d'adaptation au changement climatique.

8. Ce principe fonctionne pour l'ensemble des risques environnementaux, pas seulement pour la crise climatique

financiers avaient anticipé la catastrophe, c'est-à-dire avaient déjà intégré dans leurs modèles de gestion des risques cette catastrophe prévisible, et dans ce cas la stabilité financière n'est pas mise en péril. Soit les agents financiers n'avaient pas pris (ou mal pris) en compte cette catastrophe et dans ce cas la stabilité financière est impactée : hausse de la probabilité de défaut et du coût du risque non-anticipée, perte de confiance... Plus spécifiquement, moins les agents financiers disposent d'informations pour contrer cette perte de confiance, plus le risque de déboucher sur une crise systémique est grand. En effet, si suite à la catastrophe, les acteurs financiers sont incapables de réévaluer les risques à court terme et donc le prix des actifs, en estimant quels actifs sont touchés par les dégâts climatiques et quels actifs ne le sont pas, les agents perdent confiance dans le marché (confiance méthodique⁹) ce qui est susceptible de mettre à l'arrêt les marchés financiers. Étant donné que les institutions financières ne sauraient anticiper la totalité des futurs possibles, en particulier dans une situation d'incertitude climatique, ce canal de transmission du risque climatique est également endogène.

Il faut reprendre le terme de quantification dans le sens de DESROSIÈRES (2013). La quantification ou la fabrication de statistiques consiste à fabriquer des indicateurs qui permettent de rendre compte d'une réalité. Ils ont une part d'arbitraire, notamment dans la délimitation du sujet. Ainsi, il est logique que la quantification des risques climatiques entreprise par les stress tests soit toujours imparfaite. D'une part, il me semble qu'il serait possible de limiter ces imperfections. D'autre part, ces imperfections impliquent des risques systémiques. Ni les superviseurs par des stress tests top-down, ni les institutions bancaires et financières par des modèles internes ou des stress tests bottom-up ne permettent a priori de gérer les canaux de transmission et d'amplification des risques systémiques. C'est pourquoi, au-delà de la croyance dans l'efficacité des marchés, il est nécessaire de proposer un cadre de stress test qui soit aussi réglementaire, c'est-à-dire que la quantification ne serve pas à une illusoire responsabilisation des agents mais à nourrir, améliorer, outiller un cadre réglementaire plus large.

Ce constat implique de repenser le rôle du stress test d'une part ainsi que le rôle des superviseurs financiers. Les effets de retour, grâce auquel les stress tests de solvabilité mesuraient les risques systémiques ne sont pas encore d'actualité pour les stress tests climatiques. Sans scénario de récession on a du mal à voir comment ce type d'outil pourrait être implémenté dans les stress tests climatiques actuels du NGFS. Les stress tests semblent donc incapables de désamorcer une situation qui est déjà explosive. Une publication de test sérieuse est susceptible de déclencher une crise financière mais elle n'en serait pas la cause, plutôt un catalyseur. Les causes sont plus profondes et anciennes. Les hésitations des superviseurs ne font probablement que reporter à plus tard une crise qui

9. Pour Aglietta et Orléan citeaglietta2002monnaie, la monnaie est acceptée parce que les agents ont confiance en elle. Il y a trois types de confiance. Le premier type est dit méthodique. Elle permet la circulation des dettes et des créances et donc la circulation monétaires. Sans cette confiance sur les marchés financiers, les échanges se grippent voire s'arrêtent.

semble inéluctable.

3.2.4 Incertitude radicale

FIGURE 3.3 – Page d’accueil du site internet des scénarios du NGFS



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

Le réchauffement climatique fait resurgir une vieille querelle scientifique autour de l’anticipation des acteurs vis-à-vis du futur. Dans un cadre économique standard, les agents optimisent leurs comportements de consommation ou de production en prenant en compte l’existence de différents états du monde. Cette optimisation est rendue possible si et seulement si les états du monde sont connus et probabilisables. Frank Knight donnait en 1921 (KNIGHT 1921) une définition de l’incertitude radicale comme différente des situations habituellement considérées par les économistes. Une situation d’incertitude radicale est une situation dans laquelle les futurs états du monde ne sont pas probabilisables, soit parce qu’ils sont inconnus, soit parce qu’il est impossible de leur donner une probabilité. KEYNES (1936) distinguait également une situation *incertaine* d’une situation *risquée* dans laquelle les agents sont capables d’arbitrer en fonction de probabilités subjectives et des différents états du monde possibles. Autrement dit, contrairement à un cadre d’analyse traditionnelle, le futur est imprédictible. Cette situation a des conséquences en termes de modélisation prospective. Et c’est nul autre que Robert Lucas qui l’affirme : « in cases of uncertainty, economic reasoning (e.g. efficient markets hypothesis) would be of no value »¹⁰. L’hypothèse d’efficacité des marchés est à la base des modèles cités plus haut : le taux d’actualisation autant que les modèles IAM ou à équilibre général (NiGEM, DSGE) ne fonctionnent que dans un cadre où la rationalité des agents est possible. Dans le cadre d’incertitude, il faut trouver d’autres fondements micro-économiques

10. citer dans CHENET, RYAN-COLLINS et LERVEN 2019

pour les comportements des acteurs financiers.

Le réchauffement climatique nous met dans une situation d'incertitude radicale à court terme. Il faut distinguer ce dont on est certain et ce dont la science ne peut que donner des scénarios prospectifs, très imparfaits en matière de conséquences socio-économiques. Nous savons que le réchauffement climatique existe, est d'origine anthropique, va causer des catastrophes humaines, sociales, écologiques et économiques à plus ou moins court terme, et que plus on agit lentement, plus ses conséquences seront graves. Ce cadre d'analyse est certain. Nous savons que sans actions humaines sur le système économique, toute notre civilisation menace de s'effondrer. Nous savons qu'il est vital de réduire nos émissions carbone le plus rapidement possible. Toutefois, le processus de réchauffement anthropique est complexe et comporte un grand nombre d'incertitude, autant dans son déroulement que dans les mesures à mettre en place pour limiter le réchauffement climatique ET ses conséquences. De prime abord, les rapports du GIEC estiment et quantifient les conséquences du réchauffement en termes de hausse générale de la sinistralité. Autrement dit, une hausse des événements extrêmes, à la fois dans la gravité et dans leur fréquence d'occurrence : plus de catastrophes naturelles et des catastrophes naturelles plus graves. La première difficulté méthodologique réside dans le cumul des catastrophes. Comme expliqué plus haut, un scénario moyen a de fortes limites dans sa capacité à décrire ce qui va réellement se passer puisqu'il conduit à moyenniser des événements extrêmes. La question que se pose à nos économies est : sommes nous prêt à vivre plusieurs années de sécheresse sur l'ensemble du continent européen ? Et dans les pays en développement ? Rappelons que ces phénomènes extrêmes sont :

1. difficilement modélisables du fait de l'absence de données passés
2. probables à l'horizon 2050 (même en se maintenant en dessous de 1.5°C, ce qui est pratiquement impossible à l'heure actuelle).
3. imprédictibles (on sait ce qui va suivre mais on ne sait pas quand). Autrement dit, l'intensité informationnelle en matière de prédiction des sinistres est faible, et conduit à la fois à limiter la capacité d'anticipation des acteurs financiers, mais aussi à augmenter les canaux d'amplification des risques climatiques endogènes aux marchés financiers.

Un deuxième type d'éléments qui est difficile à quantifier sont les boucles de rétroactions climat, économie, système financier. En effet, les effets du réchauffement climatiques ont forcément des effets sur la productivité du travail, les marges des entreprises, la capacité des entreprises à écouler leur production, de possibles ruptures de la chaîne de production internationale etc. Autrement dit, il est difficile d'avoir une modélisation synthétique de scénarios climatiques réalistes tant le nombre de variables et d'interactions à modéliser est grand.

Ainsi ces scénarios de transition sont très incertains, en termes de temporalité, d'efficacité et de mise en place. De plus, ils sont susceptibles d'interagir négativement avec des catastrophes physiques (ou géopolitique...). En effet, la transition est censée avoir lieu sur une temporalité ou le GIEC prévoit déjà une aggravation des conséquences du réchauffement climatique en particulier dans les pays en développement mais aussi dans les pays développés.

Le dernier point important en termes d'incertitude réside dans la non-linéarité et les points de non-retour du réchauffement. En effet, les scientifiques mettent en garde depuis longtemps sur l'existence de niveaux de réchauffement qui auraient des conséquences irréversibles et imprévisibles. Dépasser ces seuils de tolérance mettraient gravement en jeu les conditions d'habitabilité de la terre pour les humains. Ces points de non-retour commencent au-delà de 1.5°C de réchauffement d'après le dernier rapport du GIEC. Autrement dit, il est probable aujourd'hui, que même dans le cas où nous agirions maintenant, il soit impossible de rester en-deçà de ces points de rupture. Est-ce à dire que nous sommes déjà condamnés? En conférence de presse lors de la sortie du rapport sur l'adaptation au changement climatique parut en mars 2022 (GIEC 2022a), les scientifiques du GIEC insistent sur le fait que « chaque centième de degré compte »¹¹.

Notre sujet d'étude (l'instabilité financière climatique) conjugue donc incertitude radicale du scénario de perturbation endogène de l'économie et du système financier par le réchauffement, et certitude de l'aggravation incontrôlable des perturbations en cas d'absence de politique de transition ou en cas de manque d'ambition en matière de politique de transition. Cette incertitude pose trois problèmes dans les mécanismes décisionnels (LECOCQ et HOURCADE 2005). En effet, la base des raisonnements économiques se concentre sur la maximisation de l'utilité espérée. En situation d'incertitude radicale, cela pose trois difficultés :

- Difficulté à rendre compte des comportements face à des risques à la probabilité faible mais aux conséquences désastreuses (tels que les cygnes noirs).
- L'incertitude endogène (ou stratégique), c'est-à-dire qui dépend de nos propres décisions et conduit à des équilibres multiples.
- Identification de l'ensemble des états du monde nécessaire à l'axiome de complétude qui caractérise la théorie du choix rationnel.

A partir de ces difficultés Lecocq et Hourcade proposent de développer une action à la rationalité séquentielle. Cette rationalité séquentielle permet de prendre en compte la valeur de l'information futur. Elle consiste en une stratégie évolutive, à chaque date on implémente à la fois les incertitudes sur l'information future et les éléments apportés

11. <https://www.youtube.com/watch?v=VKhoVnC31Nk>

par les nouvelles informations présentes. Cependant cette rationalité séquentielle ne permet pas d'assurer les investissements de long terme, en particulier car ils sont irréversibles.

En s'appuyant sur la rationalité séquentielle, on peut mieux comprendre la perspective du NGFS, sans pour autant confirmer son adéquation avec la réalité. Comme le notent notamment CHENET et al.(2019), les publications du NGFS concluent systématiquement à la nécessité de développer plus d'informations. L'ACPR comme la BCE obtiennent les mêmes résultats. En attendant, le stress test ne sert qu'à constater le manque de données. Dans une perspective de rationalité séquentielle, les superviseurs prennent en compte l'information future avant d'agir afin d'avoir un meilleur cadre pour la politique prudentielle. De ce fait, en prenant en compte le coût de l'information future, les superviseurs retardent tant la transition écologique que la politique prudentielle climatique. Dans le même article, Chenet propose un principe de précaution climatique. Ce principe est justifié par une logique prudentielle : la posture attentiste des superviseurs va conduire à des risques physiques exponentiels. Ces risques vont générer de grosses pressions sur la stabilité financière, ce qui justifie l'action des banques centrales ex-ante quel que soit leur mandat. La quantification imparfaite des risques financiers implique de revoir la copie à la baisse en prenant un autre critère d'action : le principe de précaution. Ce principe est pertinent pour dénoncer le manque d'ambitions de la politique des banques centrales en matière de verdissement du système financier. Cependant, il ne s'intéresse pas à la politique prudentielle en tant que telle. Celle-ci est complètement diluée dans une politique qui se veut être un déclencheur de la transition écologique (politique que nous nommons par la suite une *politique promotionnelle* en se basant sur les travaux de BAER et al. (2021)). Dans la suite nous analyserons donc à quoi pourrait ressembler un stress test climatique intégré au sein d'une politique prudentielle respectant un principe de précaution climatique.

Chapitre 4

Repenser le stress test dans une optique prudentielle

Il s'agit d'ouvrir la réflexion de ce mémoire sur l'utilité et l'importance des stress tests climatiques dans l'optique du « *principe de résilience* » (BOLTON et al. 2020), opposé à la recherche de l'efficacité économique ou financière. Ce principe peut être compris comme analogue au *principe de précaution* pour la politique promotionnelle mais concerne plus spécifiquement la politique prudentielle. La politique promotionnelle consiste pour la banque centrale à mener des politiques d'accompagnement de la transition écologique. Autrement dit, il s'agit de politique d'atténuation du réchauffement climatique.

Du fait de l'absence de publication synthétique sur le sujet, le prochain chapitre est plus exploratoire et vise à étudier les possibilités d'un stress test climatique articulé avec les autres pans de la politique de verdissement du système financier ET les autres pans de la politique prudentielle de stabilité financière. En effet, les articles critiques vis-à-vis de la gestion des risques climatiques se contentent d'expliquer le peu d'intérêt de la gestion des risques pour la politique promotionnelle. En revanche, ils traitent peu des enjeux de stabilité financière face au processus de dérèglement climatique (CHENET et al. 2019, COUPPEY-SOUBEYRAN 2020). Pour le dire autrement, il me semble que contrairement aux cygnes noirs, nous ne pouvons attendre la rationalisation ex-post et de la régulation aux cygnes verts. Il nous faut donc développer dès maintenant un cadre d'étude, de rationalisation et d'action à propos des instabilités financières causées par le réchauffement climatique.

4.1 Un cadre ambivalent de la politique climatique prudentielle

Les scénarios et stress tests climatiques semblent constituer un pilier fondamental de la politique de verdissement du système financier. C'est notamment le positionnement du NGFS qui développe ces scénarios dans l'optique d'une application régulière et générale

de tests de résistance des institutions bancaires et financières face au réchauffement. Il est donc utile d’essayer de décrire le cadre prudentiel dans lequel ces stress tests s’insèrent, tant en matière *prudentielle* (garantir la stabilité du système financier) que *promotionnelle* (enclencher la transition).

4.1.1 L’ambivalence de la politique prudentielle de gestion du risque de transition

Une politique strictement prudentielle en matière de réchauffement climatique devrait a priori se concentrer sur l’effet du climat sur le système financier. Le risque climatique est en première instance un risque physique. La politique doit à la fois atténuer ce risque en réduisant les émissions de gaz à effet de serre (GIEC 2022b) et adapter les systèmes socio-économiques par une politique d’adaptation proposée par le deuxième volume du GIEC (2022a).

Évidemment la réalité est plus complexe : le système financier est partie prenante du réchauffement climatique, parce qu’il est à la base du financement des activités responsables des émissions, en particulier parce qu’il continue, en dépit de toute considération rationnelle sur le long terme, d’investir dans de nouvelles exploitations d’hydrocarbures (RECLAIM FINANCE 2022). C’est à partir de ce rôle de financement des activités émettrices que le thème de risque de transition se développe chez les superviseurs. Le climat pose un double enjeu à la stabilité financière : d’une part les risques physiques, d’autre part les risques de transition. Si cette dichotomie est utile pour prendre en compte une large gamme d’enjeux financiers, elle peut apparaître trompeuse. En effet, en aucun cas les deux risques ne sont de même nature. Les risques physiques sont des risques vitaux pour l’existence de la vie humaine tandis que les risques de transition n’impactent que le système financier, à la limite le système économique en cas de crise grave.

Le cadre prudentiel climatique développé notamment par le NGFS considère le risque de transition comme plus important que le risque physique. En analysant les discours émanant de la BCE, BAER et al. (2021) décrivent les changements de doctrine en matière climatique. Les superviseurs financiers, en particulier au niveau européen, sont alignés sur la doctrine de la neutralité de marché. La banque centrale conçoit son rôle comme neutre : elle ne doit pas influencer le marché en incitant ou en dissuadant certains secteurs. Ce paradigme limite fortement les politiques promotionnelles au niveau monétaire comme financier (DEYRIS 2022 pas encore publié). De ce fait, c’est au sein de la politique prudentielle que viennent se greffer les politiques promotionnelles. Il s’agit d’une ambiguïté stratégique classiquement utilisée par les banquiers centraux et superviseurs financiers qui doivent concilier les intérêts contradictoires de la puissance publique, des acteurs financiers (qui participent à la réglementation) et des pressions de la société civile. Ce faisant, la banque centrale agit dans un paradigme que VAN’T KLOOSTER (2021) appelle un *keynésianisme technocratique*. Il s’agit de jouer sur les ambiguïtés et les contradictions du

discours libéral et monétariste des traités afin de faire passer, dans le cadre des traités, des éléments qui n’y figuraient pas initialement. Cependant ce passage suppose de réduire les enjeux climatiques à un cadre susceptible de s’ancrer dans la neutralité de marché. La politique prudentielle climatique de la BCE fait jouer cette ambiguïté à plein afin de faire entrer en son sein des éléments promotionnels, d’où l’importance que prend le risque de transition au détriment du risque physique. En particulier la quantification des risques est perçue tant par ses défenseurs (CLERC 2020) que ses détracteurs (CHENET et al. 2019) comme un moyen de transition et non une politique prudentielle.

Notons que cette ambivalence financière comporte des sources extra-financières. Les publications scientifiques sur le climat insistent régulièrement sur les deux piliers de la politique climatique : adaptation et atténuation. Cette dichotomie permet d’insister sur le fait que le réchauffement est déjà en cours et implique des dégâts à court et moyen terme. Ceux-ci doivent être considérés dans les politiques publiques, y compris financières (c’est à ce niveau qu’interviennent les politiques prudentielles). À l’inverse, le réchauffement doit être limité, ou atténué, et c’est à ce niveau qu’intervient la politique de transition ou promotionnelle. Cependant, le dernier rapport du Giec sur l’adaptation insiste : la première politique d’adaptation, c’est l’atténuation. En effet, dépassé un certain stade de réchauffement, les sociétés humaines seront incapables de s’adapter. On perçoit bien la délicate séparation entre politiques d’adaptation et d’atténuation, politiques prudentielle et promotionnelle. Il est cependant significatif que, contrairement aux climatologues pour lesquels la politique d’atténuation est première, les superviseurs considèrent l’adaptation comme étant capable d’intégrer tout ou partie de la politique promotionnelle. Le stress test, tout comme la politique prudentielle, aurait donc intérêt à être intégré à un cadre promotionnel, sans pour autant supplanter ce cadre. Il est important de préserver une relation entre le cadre promotionnel et prudentiel. Cependant, pour le climat, la politique prudentielle ne peut servir à mener une politique promotionnelle efficace.

Ainsi les stress tests climatiques subissent l’intégration d’une dimension forte de politique promotionnelle, contrainte par la neutralité de marché. Il n’est pas du ressort de ce mémoire de dire ce que pourrait être une politique promotionnelle. Certains outils semblent pourtant revenir fréquemment : un Quantitative Easing vert, une pénalisation des actifs bruns, les green TLTRO, etc. Ces outils promotionnels sont néanmoins contradictoires avec la neutralité de marché.

4.1.2 L’aspect prudentiel des stress tests sacrifié au profit d’une politique promotionnelle

La quantification des risques climatiques par stress tests et scénarios climatiques est une politique informationnelle initialement prudentielle. Elle est censée permettre aux agents de mieux gérer leurs risques sans pour autant changer en profondeur leurs straté-

gies d'investissement. Le stress test en particulier est un outil intrinsèquement prudentiel. Dans les exercices menés par le NGFS, la BCE ou l'ACPR, le risque de transition supplante largement le risque physique. Le NGFS révèle que tous les stress tests ou scénarios climatiques en cours se concentrent sur un scénario de transition avec parfois (mais pas toujours) une mention des risques physiques. On peut faire l'hypothèse que les superviseurs concernés considèrent que le risque physique est moins important et plus éloigné que le risque de transition. Il me semble que la publication de la BCE est révélatrice de cette perspective. Il est en effet répété dans l'ensemble du rapport que le système financier, les entreprises, les banques, y compris celles très impliquées dans les hydrocarbures, sont gagnantes en cas d'une transition ordonnée mais perdantes en cas d'un réchauffement important. Ainsi, le stress test est utilisé dans une optique promotionnelle, mettant au second plan l'analyse de la stabilité financière. Face au dérèglement climatique, ce cadre d'analyse institutionnelle donne une explication puissante de la minimisation des risques de transition et physiques analysés aux chapitres 2 et 3. Comme la politique promotionnelle ne peut passer par les canaux les plus adaptés (financement de long terme, QE vert, pénalisation du brun, abandon de la neutralité de marché), elle supplante les objectifs prudentiels dans les canaux initialement prudentiels. Le but n'est plus d'analyser la résilience du marché mais d'inciter ses acteurs à engager la transition écologique. Le stress test climatique devient donc une politique prudentielle-promotionnelle.

On peut en revanche s'étonner que cette politique ne repose sur aucune contrainte (y compris informationnelle). Il serait possible d'avoir une réglementation promotionnelle, c'est-à-dire une réglementation, inspirée d'outils prudentiels comme le stress test, ayant pour but de favoriser et de promouvoir la transition. En effet il existe des politiques incitatives avec une part de contrainte qui consisteraient par exemple à afficher la part des expositions aux actifs fossiles pour chaque banque. Ce n'est pas le cas : le stress test climatique est utilisé dans un cadre promotionnel non contraignant. En effet, celui-ci n'implique ni de réglementation des informations à publier de la part des banques (réglementation faible), ni de ratios réglementaires (réglementation forte). Aucun acteur n'exprime la volonté de mettre en place une réglementation contraignante. Il faudrait des études supplémentaires pour expliquer cela, on peut toutefois revenir sur les travaux de BAER et al. (2021), BONNEUIL et al. (2021), CRETI et al. (2020) qui décrivent tous, sur des sujets différents, la capture et le détournement de la régulation par les entreprises, institutions bancaires et financières devant être régulées. Ainsi, la perspective des superviseurs est commune à celle des institutions polluantes (en particulier des banques) qui pèsent de tout leur poids pour avoir recours à des solutions *de marché*¹ plus qu'à des solutions réglementaires.

1. Autrement dit, des solutions qui font intervenir la discipline de marché plus que la loi. Cette division entre discipline de marché et réglementation est cependant très bancal puisque c'est la loi qui fait le marché. On peut interpréter cet argument de manière plus *conservatrice* : la défense de la discipline de marché consiste à défendre le statu quo de la réglementation actuelle, dont on sait à quel point elle laisse peu de place à la responsabilité des institutions financières du fait de la présence d'acteurs systémiques et des politiques d'assouplissement des banques centrales. (voir partie 4.3)

Enfin, insistons sur le retournement opéré par les superviseurs financiers. Alors que le GIEC défend le primat de l'atténuation sur l'adaptation (GIEC 2022b), par stratégie technocratique, les superviseurs font passer des éléments promotionnels faibles dans des outils prudentiels, conduisant à une perte importante en matière prudentielle. En effet, pour inciter les banques à entreprendre la transition, le NGFS propose des scénarios qui la valorisent facticement, au détriment d'une prise en compte réaliste des risques de transition. Pourtant, la politique prudentielle demeure importante. D'une part dans sa capacité à permettre de faire face à la multiplication des catastrophes naturelles, d'autre part dans sa capacité à faire anticiper (et donc à faciliter) la transition. Mais dans notre perspective, la politique prudentielle ne permet pas d'enclencher la transition, simplement de l'accompagner. Il ne s'agit pas de revendiquer une autonomie entre prudentielle et promotionnelle, mais plutôt d'assumer une politique prudentielle qui suit une politique promotionnelle (dans la même perspective que le GIEC). La transition normative décrite plus haut devrait être remplacée par l'étude de la résistance du système financier dans un cadre prudentiel plus large et plus réaliste. Dans cette optique, nous essaierons de décrire ce à quoi pourrait ressembler un stress test climatique pleinement prudentiel, c'est-à-dire qui permet effectivement d'étudier et de réguler le système financier en fonction des expositions climatiques réelles (cygnes verts, échouages, risques systémiques etc).

4.2 Le cadre prudentiel de la politique climatique

4.2.1 Les piliers de la régulation prudentielle des risques climatiques

On observe trois piliers de la régulation prudentielle des risques financiers. Ces trois piliers sont réglementés dès les accords de Bâle II (adoptés en 2004) et permettent de préciser la législation prudentielle. Le premier pilier est le plus important, il est issu du premier accord de Bâle, et réglemente les exigences en fonds propres. Ces exigences sont calculées par rapport à la valeur des actifs des banques pondérés par les risques de crédit et de marché. Cette pondération pose encore aujourd'hui de nombreux problèmes (COUPPEY-SOUBEYRAN et al. 2018). Dès 2004, cette première approche semble insuffisante pour réguler le système financier, notamment à cause du risque systémique complètement ignoré par les pondérations microprudentielles². De ce fait il existe deux autres piliers. Le second est relatif aux fonds propres des banques. Il regroupe des outils plus discrétionnaires aux mains du superviseur ainsi que des mesures macroprudentielles

2. Par définition, une pondération des actifs par les risques selon les modes de calcul internes à une banque ne peuvent pas prendre en compte les interconnexions entre les agents et le niveau de risque général. On peut dire en quelque sorte que la rationalité des banques est mise en échec par les interactions stratégiques des acteurs financiers. Cependant ce n'est pas le seul problème de la régulation microprudentielle. La pondération étant basée sur les modes de calculs internes des banques, celle-ci est facilement sujette à la capture des institutions bancaires.

comme les coussins contra-cycliques. Afin de prendre des décisions, notamment de recapitalisation des banques, les stress tests peuvent aider à le superviseur dans l'usage des outils prudentiels de ce pilier. En particulier les stress tests de solvabilité avec effet de second tour permettent d'évaluer le risque systémique et donc d'étudier le risque systémique. Par l'évaluation de l'exposition au risque systémique d'une banque, le superviseur peut ré-hausser les exigences en capital contra-cycliques. Enfin le dernier pilier est relatif aux exigences de divulgation d'informations aux contreparties des banques. Ce pilier a deux rôles. D'une part il permet aux superviseurs d'exiger la transmission d'informations et de données stratégiques. D'autre part, il implique une publication officielle de certaines informations, censée aider les investisseurs à prendre les bonnes décisions d'investissement. Théoriquement, la deuxième partie de ce pilier est censée faire jouer la discipline de marché grâce à un mécanisme de *name and shame*. Un stress test de solvabilité classique sert pour les deux niveaux de ce pilier de régulation. Le premier niveau permet au superviseurs de vérifier que les modes de gestion interne du risque sont corrects par rapport au pilier 1. Autrement dit, ces informations stratégiques permettent de vérifier que la pondération des actifs par les risques effectuée par les banques et déterminant les exigences en fonds propre au nom du pilier 1 ne sous-estime pas les risques. Les résultats du test sont publiés officiellement par le superviseur, répondant donc à la deuxième partie du pilier.

Du côté des stress tests climatiques, le compte n'y est pas. Le NGFS n'articule le stress test climatique par rapport à aucun des trois piliers. Dans le cas d'un stress test classique, celui-ci serait accompagné d'une recapitalisation de la banque en cas de dépassement d'un certain seuil. Dans le cas de la discipline de marché (troisième pilier) il faudrait que les résultats du stress test soient publics au niveau bancaire, ce qui n'est pas le cas. Comme nous l'avons expliqué dans les deux premières parties, c'est pourtant dans cette optique que les stress tests sont conceptualisés : former une prise de conscience des risques climatiques par les marchés financiers afin de faire jouer les mécanismes de marché. Cependant, comme nous l'avons rappelé, nos connaissances ainsi que nos méthodes de quantification, de comptabilité et de modélisation du risque climatique sont encore largement insuffisantes pour être prises en compte de manière crédible par les agents financiers. On peut donc soutenir avec le NGFS que la stratégie de non publication est la bonne (ces stress tests sont des exercices pilotes qui permettront dans le futur la mise en place de publications officielles plus robustes d'un point de vue méthodologique et donc plus à même d'être intégré dans les calculs des acteurs financiers). Une question subsiste : pour quand ? L'urgence de la situation climatique et du système financier est un résultat indiscutable qui doit être considérée comme une contrainte absolue.

4.2.2 La gestion du risque climatique, les stress tests et la régulation prudentielle

Comment considérer les stress tests climatiques en relation avec ces trois piliers ?

Comme je l'ai énoncé ci-dessus, la stratégie du NGFS semble se diriger vers le troisième pilier en négligeant les deux premiers. Il semble difficile à ce niveau de défendre le caractère suffisant de ce pilier. Le signal peu lisible d'un stress test climatique ne pourrait faire jouer la discipline de marché. De plus, l'exposition commune aux énergies fossiles ainsi que le caractère systémique des banques et assurances à réguler empêchent les mécanismes de marché de faire intégrer les risques aux banques. Les mécanismes incitatifs du marché ne peuvent fonctionner.

On peut s'appuyer sur un débat entre la Financial Stability Institute (FSI) (COELHO et RESTOY 2022) un think tank du BIS et du comité de Bâle d'une part, et les ONG *Climate Risk Review* (CRR) (WOODALL 2022) et *Climate Safe Lending Network* (CSLN 2022) d'autre part.

Tout d'abord, la FSI défend que le pilier 1 ne serait pas adapté car il se concentrerait sur les risques financiers des banques sur le court terme. De plus, ce premier pilier réglementerait des exigences en capital sur une base d'événements passés (backward looking) ce qui ne serait pas approprié pour le réchauffement climatique (anticipation d'événements pas encore advenus). « Given the longer time horizons and the higher degree of uncertainty associated with the materialisation of climate-related financial risks, standard Pillar 1 instruments might be suboptimal in addressing such risks » (COELHO et RESTOY 2022). En particulier, la FSI défend l'inutilité de la hausse d'exigence de capital pour le brun ou la baisse de l'exigence de capital pour le vert. Au contraire le pilier 2 serait plus approprié car plus flexible. Ce cadre prudentiel consisterait donc en une régulation microprudentielle, en particulier basée sur des scénarios et stress tests capables de s'assurer de la solvabilité des banques en scénario climatique adverse. Dans ce sens le FSI se situe dans la ligne du NGFS. En particulier, il est bien difficile de comprendre en quoi consiste ces stress tests. De ce fait il s'agirait d'un élargissement du pilier 2 qui s'appuierait sur des mesures de réglementation discrétionnaire en fonction de résultats de stress test ou scénario. Cependant cette discussion paraît bien théorique. Rien dans le papier ne permet de projeter à quoi ressemblerait cette régulation. Notamment car comme le note la Climate Risk Review, la plupart des outils du pilier 2 sont soit additionnels au pilier 1 soit inutilisés. La régulation proposée par le FSI ne permet pas d'intégrer une vision globale de la régulation financière climatique. Le stress test est difficilement intégrable à ce cadre.

En réalité, se contenter du deuxième pilier semble problématique.. En particulier, on peut regretter la définition restrictive du premier pilier. En effet le FSI s'appuie sur une définition "naturelle" du risque financier. Alors même que la définition de ce risque n'est

pas définitive : « what counts as risk-based is not set in stone » (WOODALL 2022). A l'opposé d'une vision *naturalisante* du risque financier, la CRR et le CSLN défendent une vision différente du pilier 1. Pour le FSI, ce dernier est "risk based" c'est-à-dire relatif au risque financier tel que le calcul les banques. Pour le CRR ou le CSLN, le pilier 1 est certes "risk based" mais surtout au centre de la régulation financière, déterminant l'efficacité des piliers deux et trois. Pour le CSLN, il est « based upon financial stability risk ». De ce fait, le risque climatique, menaçant la stabilité financière, est tout à fait légitime à être intégré dans la régulation du premier pilier. Les propositions autour de ce premier pilier sont pragmatiques : elles permettent de mettre en place des seuils en dessous desquels les banques doivent se recapitaliser. Pour les risques climatiques, l'Institut Rousseau propose un ratio d'actif fossile sur fonds propre (GIRAUD et al. 2021).

Dans le cadre de l'élaboration des stress tests, cette stratégie me semble plus pragmatique. Tout d'abord, elle permet de se référer à des statistiques bancaires simples et disponibles tout de suite. De plus, elle ne fait pas reposer l'ensemble des politiques prudentielles sur la discipline de marché. Ce faisant, un stress test climatique demeure relatif au troisième pilier, mais permet de renforcer des régulations contraignantes en fonds propres du deuxième pilier, lui-même complémentaire de la régulation du premier pilier. Le premier pilier explicite et réglemente les risques, en particulier en se focalisant sur les secteurs les plus à risques, le second pilier teste de manière plus souple la stabilité du système financier et des acteurs financiers face à ces risques, selon les ratios établis dans le premier pilier, afin de réactualiser les exigences en fonds propres en fonction de l'évolution des conventions de marché, des stratégies et des spécificités des banques³. De ce fait, il n'est pas nécessaire d'attendre des progrès méthodologiques conséquents pour mettre en place une régulation. Le stress test se met en place sur la période des risques financiers et permet d'augmenter les exigences de capital des banques le cas échéant. Ces mécanismes permettent :

1. De peser sur le financement des activités polluantes
2. D'assurer la mise en place de mécanismes de régulation prudentielle sur les risques de transition en fonction de stress test (court terme) et de scénario (long terme).

Nous pouvons nous appuyer sur l'exercice mené par JUNG et al.(2021) pour illustrer l'intérêt de ce type de démarche. Par une mesure simple de l'exposition à l'échouage d'actif, les auteurs modélisent l'effet d'un choc (baisse de la valeurs des actifs fossiles). Ce type d'exercice, plus simple, sur une temporalité plus faible, pose moins de problèmes méthodologiques et permettent a fortiori d'accoler plus rapidement au test des exigences réglementaires. Cependant, ils ne permettent pas de produire des arbitrages entre risques physiques et de transition. Je fais l'hypothèse qu'en séparant d'un côté des stress tests de court terme à but réglementaire et prudentiel, des scénarios de long terme (dépourvus

3. En particulier, ce pilier sert à maîtriser les canaux d'amplification endogène du risque climatique, notamment sous forme de coussins contra-cyclique.

de chocs) permettant d'anticiper le poids du changement climatique et de la transition sur l'économie et le système financier, les outils gagneraient en clarté et en efficacité. Ils seraient plus facilement utilisables tant pour les objectifs de réglementation que d'anticipation.

Comme il a été annoncé plus haut, la politique prudentielle en matière de risque climatique est sujette à un grand nombre de contraintes contradictoires. L'urgence tout d'abord face au réchauffement climatique : plus on agit tardivement, plus il faudra agir fort et plus il sera impossible de garantir la stabilité financière face à la politique de transition. Il faut avoir conscience que cette politique de transition est largement extra-financière, mais le système financier a la capacité de capturer, freiner ou empêcher une transition. Le déclenchement d'une crise économique et/ou financière est susceptible de reculer la mise en place de la transition écologique. Il me semble qu'il est important, sans forcément rentrer dans les détails des débats sur les leviers de régulation prudentielle face aux perturbations causées par le réchauffement climatique, d'insister sur le manque d'articulation entre les publications de stress tests et le reste des mécanismes de réglementation prudentielles. Autrement dit, à mon sens, les résultats insuffisants des premiers stress tests et scénarios climatiques menés autour du NGFS pâtissent d'un manque de vision de régulation prudentielle. Construire des stress tests sans proposer de cadre réglementaire me semble être un exercice incapable de relever les enjeux de stabilité financière, encore plus les enjeux de transition écologique.

4.2.3 Stabilité financière et monétaire face au réchauffement climatique

La préoccupation des banquiers centraux vis-à-vis du réchauffement climatique ne concerne pas que la stabilité financière. En effet, la politique monétaire est susceptible de connaître des difficultés grandissantes en fonction du degré de réchauffement. Pour le cas de la BCE, les préoccupations de stabilité monétaire sont présentes depuis peu (DÉES et WEBER 2020). En particulier, la revue stratégique de la BCE mentionne le changement climatique dès 2019. La place de celui-ci reste dans les faits complètement marginale dans les politiques des banques centrales. Pourtant, de nombreuses interactions existent entre risques climatiques, stabilité financière et stabilité monétaire.

Comme l'explique Dees et al 2020, « même si les impacts économiques et financiers du changement climatique restent pour le moment incertains, ils se traduiront vraisemblablement par des chocs qui affecteront à la fois l'offre et la demande des économies et en modifiera l'équilibre, tant en termes de quantités que de prix ». Il s'agit en quelques sortes du retour du réel dans l'abstraction du marché. On ne peut échanger que ce qui a été extrait, transformé, assemblé, acheminé. Les perturbations climatiques sont susceptibles d'interrompre chacune de ces étapes de productions (choc d'offre). La demande s'en trouve

aussi affectée : hausse de la mortalité, restriction de la consommation, baisse du pouvoir d'achat (choc à la baisse) ou au contraire reconstruction d'infrastructures impliquant une hausse de la demande. Les prix comme les quantités bougent. L'épisode du covid illustre bien cette succession de chocs. Dans un premier temps, le confinement cause un choc de demande, faisant chuter l'activité dans une myriade de secteurs (tourisme, restauration, etc) et faisant augmenter la consommation de certains biens (farine, masque, etc). La production n'arrive pas à suivre ce qui fait augmenter les prix ou occasionne des ruptures de stock. En fin de premier confinement, l'économie repars mais par à-coup, avec des inégalités en termes de secteurs mais aussi par zone géographique. De ce fait, dès l'été 2020, certains biens viennent à manquer. La succession de confinements, dé-confinements, restrictions, levée des restrictions engendrent dès l'été 2021 des poussées inflationnistes en Europe (la demande repars à la hausse mais certains secteurs sont incapables de reprendre l'activité comme en période pré-covid, choc d'offre et de demande). Par la suite l'inflation débouche sur une hausse de la demande énergétique supérieure à la hausse de l'offre, qui conduit à une hausse du prix du pétrole en automne 2021. Hausse qui sera alimentée dans le secteur de l'énergie par le déclenchement de la guerre entre la Russie et l'Ukraine en février 2022. Ce conflit conduira également à une hausse du prix des denrées alimentaires du fait de rupture d'approvisionnement en blé et en huile de tournesols.

Le covid tout comme la guerre en Ukraine ne sont pas des chocs strictement climatiques. En revanche, ces deux crises ont montré à quel point les économies de marché réagissent aux chocs matériels. La forte intégration internationale implique que les économies nationales, et donc a fortiori les systèmes financiers, sont mécaniquement impactés par les phénomènes climatiques ou géopolitiques du monde entier.

Avant de penser à une exposition financière aux risques climatiques, il est intéressant d'observer que c'est par l'inflation que les risques climatiques se matérialisent en premier. La difficulté pour la politique monétaire étant alors de faire face à un choc d'offre, sans capacité budgétaire. Car l'inflation climatique n'est pas causée par une économie qui surchauffe (auquel cas la hausse du taux d'intérêt est une politique pertinente). Dans ce cadre, le relèvement des taux est susceptible d'engranger des instabilités financières d'autant plus fortes que la croissance ne peut pas doper le système économique.

L'objectif de la politique monétaire de contrôler l'inflation risque d'être mise en échec de manière systématique par le réchauffement. D'autant plus que les modèles utilisés ne permettent pas de prendre en compte l'effet du réchauffement climatique sur les grandes variables macroéconomiques. Non seulement le réchauffement est susceptible de générer des poussées inflationnistes, mais celles-ci sont difficiles à anticiper, et très hétérogènes ce qui entraîne des distorsions des prix relatifs.

Pour comprendre le lien avec la stabilité financière et la politique monétaire, il faut revenir sur les canaux de transmission de cette dernière : « les conditions financières, la valorisation des actifs et les anticipations de l'inflation ». Cette anticipation s'annonce ardue. La valorisation des actifs et les conditions financières sont susceptibles d'être sur-

déterminés par des événements exogènes à l'économie. DEES et al. (2020) distinguent quatre canaux possiblement mis à mal par l'instabilité climatique.

- Le taux d'intérêt : mis à mal par la hausse des risques climatiques. En augmentant l'incertitude de long terme, le taux d'intérêt naturel baisse ce qui restreint la marge de manoeuvre de la banque centrale.
- Le crédit bancaire : ce canal suppose que les institutions bancaires sont sensibles à la politique d'assouplissement quantitatif. Cependant, l'incertitude relative aux risques climatiques et à l'exposition mal connue des actifs est susceptible de diminuer la sensibilité des intermédiaires financiers qui n'auront de cesse de restreindre le crédit, quelle que soit la politique de la banque centrale. Cet assouplissement est d'autant plus problématique qu'il dope la spéculation. De plus en soutenant l'ensemble de l'économie sans différencier les activités, il a continué à encourager le financement des énergies fossiles (GIRAUD et al. 2021).
- Le prix des actifs. Ici aussi le changement climatique est susceptible d'impacter le prix des actifs de manière exogène et non-anticipé (en particulier à propos des infrastructures, de l'immobilier etc).
- L'inflation : celle-ci est de moins en moins déterminée par la politique de la banque centrale et de plus en plus difficile à anticiper.

Ces éléments appellent à modifier la manière de penser la politique monétaire. Notamment sa place, devenue dominante (monetary dominance) au détriment de la politique budgétaire dans la plupart des pays développés, en particulier dans la zone euro. Cette nouvelle réalité de l'instabilité monétaire invite à intégrer, au sein des stress tests, ces chocs d'offre et de demande inflationnistes. Quel effet sur le système financier peut avoir une poussée non-anticipée de l'inflation ? Et le relèvement des taux plus rapide qu'anticipé est-il susceptible de générer une crise financière ? ou économique ? Quels effets sur le taux de chômage, le pouvoir d'achat, la marge des entreprises et par là, sur la probabilité de défaut des ménages et des entreprises ? Ces éléments ouvrent d'autant plus de dimensions de court terme au stress tests et aux scénarios climatiques. Pour les étudier, il faut encore se poser les bonnes questions au départ. Prendre le sujet de la stabilité financière climatique en termes d'arbitrage complexe entre stabilité financière, transition, emploi, et maîtrise de l'inflation permet à mon sens de donner un rôle macroéconomique plus prononcé au stress test. Ceux-ci peuvent permettre, en simulant des chocs d'offres inflationnistes causés par des catastrophes climatiques, d'étudier les canaux de transmissions des instabilités climatiques vers le système financier, de proposer des politiques de régulations, de relance ou d'assouplissement, et surtout de diminuer l'incertitude. Le rétablissement de la confiance vis-à-vis des anticipations d'inflation est un enjeu inabordable par les stress tests du NGFS. Ce point est étonnant puisqu'il s'agit en partie de rester

dans le cadre purement informationnel : on teste la résistance du système économique et financier afin d'améliorer l'anticipation des acteurs tant sur l'inflation que sur la politique monétaire en cas de catastrophe climatique. Sur la trentaine d'exercice en cours au sein du réseau de superviseurs, une seule publication mentionne ce type d'enjeux (NGFS 2021b), il s'agit de la banque centrale de Colombie (REINDERS et al. 2021)) : « They explored how supply shocks due to climate-related disasters or steep increases of the carbon tax could bring about monetary policy dilemmas between supporting economic activity and reducing inflation »(NGFS 2021b). Cependant, dans le rapport de la banque centrale colombienne, les termes *inflation* ou *monetary policy* ne sont pas mentionnés.

4.3 Les limites du cadre prudentiel actuel aggravent l'instabilité climatique et influent sur l'efficacité du stress test

Le stress test climatique ne saurait permettre à lui seul de gérer les risques financiers climatiques. Ainsi, les lacunes macroprudentielles, l'opacité et la concentration des acteurs bancaires limitent l'intérêt des outils de stress tests.

4.3.1 Régulation macroprudentielle

Dans la régulation prudentielle classique, on distingue la régulation microprudentielle basée sur le calcul des risques au niveau des acteurs financiers (banques, assurances, etc) et la régulation macroprudentielle relative au risque systémique du système financier. Ce deuxième type de régulation prend source dans une vision holiste de la finance et des risques financiers : la totalité des risques financiers est supérieure à la somme des risques individuels. La régulation macro-prudentielle a été au coeur des débats des accords de Bâle III. En effet, l'absence de régulation macroprudentielle a été interprétée comme un déterminant de la gravité de la crise des subprimes. Cependant, cette régulation macroprudentielle n'est pas suffisante et demeure soumise à la régulation microprudentielle (COUPPEY-SOUBEYRAN et al. 2018). Le coussin contracyclique en est un bon exemple : il consiste en une exigence en capital supplémentaire lorsque la conjoncture financière est en hausse pour éviter l'apparition d'une bulle. L'exigence de capital est ainsi relevée dans le cas où la réglementation en capital ne suffit pas à empêcher l'apparition de bulle financière. Logiquement, ce type de régulation reste insuffisante. De plus, face au réchauffement climatique, il n'y a pas de "cycle du carbone". Si Carbon Tracker parle de *bulle carbone* (CARBON TRACKER 2015) on ne peut pas imaginer que le cours du carbone suive les mêmes fluctuations spéculatives que les cours boursiers, en particulier après les échecs retentissants des marchés carbone. La contrainte environnementale est une contrainte en termes de plafond d'émission à ne pas dépasser. Le coussin contra-cyclique nécessite l'exis-

tence d'un cycle, autrement dit il est inutile pour la gestion du risque de transition (LE QUANG et SCIALOM 2021).

Pour autant, les mesures contracycliques ne sont pas toutes à rejeter. Le risque climatique se transmet par des canaux de transmissions qui eux sont cycliques (interconnexions, sous-estimations des risques financiers y compris climatique dans la phase ascendante du cycle financier, etc). Ces éléments soulignent l'importance de ratios de fonds propres sectoriels permettant un renforcement de la régulation macroprudentielle sur les secteurs particulièrement exposés aux risques d'origine climatique. Cette perspective implique d'intégrer pleinement l'aspect prudentiel et non-promotionnel du stress test. En effet, on étudie la mise en place de mesures contracycliques face au risque climatique de la manière suivante : le risque climatique préexiste à la finance et aux banques. Cependant, en période d'expansion financière, les banques s'exposent aux risques climatiques plus que de raison. Ces expositions sont d'autant plus problématiques que les institutions bancaires sont interconnectées par leurs échanges et leurs expositions communes. De ce fait le stress test climatique, s'il doit permettre une gestion macroprudentielle du risque climatique, doit sortir du cadre promotionnel : on parle de traiter le risque climatique comme complètement exogène du système financier car la part systémique et en particulier pro-cyclique du risque climatique réside dans l'amplification endogène du risque.

LE QUANG et SCIALOM (2021) défendent la mise en place d'un cadre de régulation macro-prudentielle. Ils analysent la crise du covid comme un cas d'école pour comprendre ce que signifient les politiques prudentielles en situation d'incertitude radicale. Les ratios de leviers permettent la mise en place de régulation sans avoir besoin de mesurer précisément les coûts et risques du réchauffement climatique. Cette stratégie est d'autant plus pertinente que comme nous l'avons signalé précédemment, les risques sont inquantifiables⁴. Enfin, les auteurs insistent sur l'existence d'un moyen peu utilisé, l'exigence sectorielle en capital. En commençant par les secteurs dont on est certain qu'ils contribuent activement au réchauffement et qu'ils sont sujets au risque de transition. L'idée est de faire preuve d'une approche pragmatique et progressive : au fur et à mesure que la quantification des risques climatiques s'affine, les régulateurs seront libres de modifier les secteurs concernés. Cependant cette stratégie permet de quitter la posture actuelle du NGFS dénoncée notamment par CHENET et al. (2019) sous l'expression *wait and see*.

En matière de ratio réglementaire on peut en distinguer deux types : soit un ratio de levier soit un ratio pondéré par les risques. Le premier est essentiellement macroprudentiel et ne nécessite pas de stress test a fortiori. On peut cependant penser que le test de résistance demeure un bon outil pour évaluer l'intérêt et l'efficacité de la réglemen-

4. En s'appuyant sur la sociologie de la quantification de Alain Desrosières, il ne s'agit pas de dire qu'une chose est quantifiable ou inquantifiable, mais plutôt que la quantification des risques climatiques, du fait du grand degré d'incertitude, ne permet pas de *tenir la critique*. Le risque quantifié ne sera pas reconnu comme légitime et donc ne sera pas intégré dans le calcul des agents. Au contraire, adjoindre une réglementation à une quantification plus simpliste mais aussi plus compréhensible du risque, lui donne de la légitimité.

tation macroprudentielle. Ces ratios peuvent être sectoriels, ce qui est particulièrement approprié pour pénaliser le financement des hydrocarbures et faire face en même temps au risque de transition. Le second en revanche est essentiellement microprudentiel et nécessite la mise en place de stress test pour s'assurer du respect de la réglementation. Pour les risques climatiques, les deux pratiques se justifient. Les stress tests sont cependant d'abord microprudentiels, d'autant plus lorsqu'ils sont bottom-up. Cependant, deux arguments peuvent aller en faveur de stress tests accolés à la politique macroprudentielle. La première est le risque systémique lié aux expositions physiques. En effet, ce type de test pourrait permettre de vérifier que les banques sont prêtes à subir des chocs causés par des catastrophes climatiques. Ce type de test pourrait se faire dans le cadre des stress tests de solvabilité (puisque c'est bien de la solvabilité des banques qu'il est question), selon des modalités très similaires. Il suffit d'intégrer aux scénarios adverses la spécificité d'une récession causée par une catastrophe climatique. Par exemple, une vague de chaleur cause des pertes agricoles, un ralentissement de la croissance, une baisse de la productivité du travail, l'arrêt de certaines zones de production du fait du manque d'eau ou de l'impossibilité de travailler ou de se déplacer dans ces conditions. Ce dernier élément est purement macroprudentiel et se rapproche plus d'un scénario climatique de court ou moyen terme. Il peut permettre d'ajouter une réglementation contracyclique du risque physique basée sur des coussins réglementaires supplémentaires. Pour cela, il faudrait effectuer un second tour dans l'exercice permettant d'évaluer les interactions entre les banques. Cet outil n'a pas un rôle de quantification précise du risque qui permettrait de le gérer correctement mais vise plutôt à poser des limites de solvabilité en dessous desquelles une banque pose problème pour la stabilité du système financier.

4.3.2 Opacité, complexité, économie réelle et système monétaire international : les directions à prendre de la régulation prudentielle climatique

Le covid en a été un exemple paradigmatique : une crise environnementale est un révélateur de nos fragilités. Il est presque certain que les futures crises climatiques auront un effet similaire. Il est donc crucial d'anticiper autant que faire se peut la hausse de l'instabilité financière causé par les risques climatiques. C'est le principe de résilience proposé par BOLTON et al. (2020) et évoqué précédemment. Cependant ce principe est loin d'être atteignable simplement avec un stress test.

Tout d'abord, la complexité et l'opacité du système financier empêchent d'étudier les nouvelles expositions climatiques. En particulier, notons les limites de la réglementation post-subprimes énoncées par COUPPEY-SOUBEYRAN et al. (2018). Cette réglementation peine à lutter contre la concentration du secteur bancaire. De ce fait, les acteurs systémiques largement responsables de l'amplification et de l'internationalisation de la crise financière de 2008, sont encore trop peu régulés. La banque Wells Fargo considérée comme

systémique par le FSB détient un montant d'actifs fossiles (c'est-à-dire possiblement de futurs actifs échoués) équivalent à 130% de ces fonds propres (Institut Rousseau 2021). En France, le Crédit Agricole est à 95% (GIRAUD et al. 2021).

Par ailleurs, la réglementation de Bâle III ne permet pas de réguler les institutions participant à la finance de l'ombre (shadow banking) par lesquels les risques climatiques peuvent se transmettre d'agent en agent sans aucune gestion actualisée des risques climatiques. En plus de la finance de l'ombre, il faut ajouter les innovations financières qui avaient également été un vecteur important de transmission et de mauvaise gestion des risques dans la crise des subprimes. Ces innovations rendent les produits financiers très complexes. Cette complexité empêche a fortiori de réévaluer le risque du produit en fonction des risques climatiques nouvellement étudiés. Autrement dit, la complexité des produits financiers empêche les agents d'actualiser les risques de leurs actifs en fonction de ce que le processus de réchauffement et les avancées de la recherche scientifique révèlent.

Enfin la globalisation économique et financière implique mécaniquement une plus grande exposition au réchauffement climatique, en particulier en matière de risque physique. La diversification de la localisation géographique des expositions est certes un outil efficace de gestion des risques physiques. Cependant, la globalisation des chaînes de valeur implique qu'un évènement extrême dans certaines zones du globe peut générer des perturbations graves dans le système économique et financier mondial. Ces éléments invitent à reconsidérer l'étude du stress test dans une perspective internationale. Il faudrait dans l'idéal avoir un cadre méthodologique et des données au niveau du système monétaire international. Pour cela le NGFS pourrait être un bon candidat (puisqu'il est composé d'une centaine de superviseurs financiers à travers le globe) seulement s'il sort de l'ambiguïté stratégique décrite ci-dessus.

4.3.3 L'économie réelle, une difficulté supplémentaire pour un système financier fictif

La crise climatique a la potentialité de remettre en cause certaines positions méthodologiques de la science économique. En effet, tout comme une guerre avec la Russie fait changer profondément et rapidement les règles de neutralité politique de la banque centrale. Les différents canaux, mal connus, d'actions et de rétroactions entre la finance et les conséquences du réchauffement climatique sont susceptibles de mettre à mal la théorie financière. En effet, celle-ci, tout comme l'économie standard, s'intéresse aux valeurs monétaires et pas (ou peu) aux quantités et à la question des ressources. Les dépendances matérielles commencent à faire l'objet de travaux (CAHEN-FOUROT et MAGALHÃES 2020, MAGALHÃES, FRESSOZ, JARRIGE, LEVILLAIN et al. 2018) mais ceux-ci ne traitent pas des implications financières, notamment en matière de déséquilibre sur les marchés. La difficulté de l'économie financière à traiter des relations entre la finance et l'économie réelle, en particulier les flux de matière, est décrite par GRANDJEAN et LEFOURNIER

(2021).

Par ailleurs, le concept de cycles d'accumulation pourrait gagner en pertinence. Du fait de turbulence climatique et de politique de transition restrictive pour la croissance, les économies capitalistes pourraient revoir les caractéristiques du cycle d'accumulation. En particulier, la croissance faible des pays développés pourrait s'accroître sous l'effet conjoint de la hausse des sinistres, de la hausse du coût de l'assurance, d'une baisse de la productivité du travail, et de politique de transition restreignant l'activité économique, en particulier dans les secteurs très polluants ou superflus. Les contours d'un cycle d'accumulation de ce type, dans l'hypothèse d'un maintien du système capitaliste, implique une hausse des instabilités financières.

En ce sens, l'outil de scénario climatique fondé sur une méthodologie prenant en compte les instabilités financières et économiques (modèle en déséquilibre) est un outil pertinent puisqu'il permet de traiter des tendances de long terme selon des hypothèses plus ou moins pessimistes. Cependant on ne considère plus ici un test de résistance. Ce qui est testé n'est pas un choc mais plus la résilience du système dans un environnement tendanciellement plus incertain et adverse. Ce type de scénario permettrait d'intégrer un grand nombre de problématiques ignorées par les scénarios du NGFS. Effet sur l'emploi, relations internationales (en particulier effet de la transition et du réchauffement sur les économies du Sud), poussés inflationnistes, tensions sur le système monétaire international sont autant d'éléments intégrables à des scénarios climatiques. Cependant ceux-ci s'éloignent mécaniquement des seules considérations financières. Pour trouver une utilité à ces scénarios, il faut considérer la politique de stabilité financière comme intrinsèquement liée avec le modèle de croissance.

Conclusion

Le développement récent des stress tests climatiques effectués par les superviseurs financiers est révélateur de changements profonds au sein des institutions financières. En effet, le développement d'un discours officiel sur la finance climatique accompagne une redéfinition du rôle de la supervision financière et du mandat de la Banque Centrale. Les banquiers centraux acceptent doucement l'idée que le réchauffement climatique va mettre en cause la stabilité financière - et probablement la stabilité monétaire - mais n'ose pas encore ouvrir la boîte de Pandore de la neutralité de marché.

Cependant, la plupart des superviseurs, en particulier du côté de l'Union Européenne, refusent de remettre en cause la neutralité de marché de la banque centrale. De ce fait, la politique promotionnelle visant à atténuer le réchauffement climatique s'en trouve affaiblie. Celle-ci passe par l'approche par les risques et donc par la politique prudentielle, notamment par des stress tests, projetant les effets d'une hypothétique transition par les prix. Ce faisant, l'intérêt prudentiel du stress test s'en trouve profondément affecté. En souhaitant inciter les acteurs à participer à la transition, le superviseur est contraint à minimiser les risques et à mettre la transition du système financier au centre des scénarios, au détriment des risques physiques. Les conclusions des exercices déjà effectués ne permettent pas de proposer une quelconque régulation financière. Enfin, le développement de l'exercice demande beaucoup de temps pour se mettre en place, une ressource dont nous manquons cruellement.

C'est en effet la plus grande limite de l'exercice : pour que le stress test prudentiel devienne promotionnel, il faudrait allonger la temporalité de calcul de plusieurs dizaines d'années supplémentaires, afin d'articuler dans le même exercice d'anticipation la transition écologique (une trentaine d'années) et les conséquences physiques divergentes du réchauffement (au moins une cinquantaine d'années).

Au contraire de ce cadre trop complexe d'un point de vue économique et minimaliste d'un point de vue climatique, nous proposons une ébauche de ce à quoi pourrait ressembler un stress test réellement adapté aux enjeux prudentiels climatiques. Tout d'abord, il semble pertinent de se séparer de la logique institutionnelle consistant à conserver la neutralité de marché. Celle-ci contraint surtout la politique promotionnelle, moins la politique prudentielle. En matière prudentielle, il me semble que c'est l'optimisme des superviseurs qui empêche de produire des analyses et des outils pertinents. En effet, en pensant qu'une

transition simple est possible sans turbulence financière grave, les superviseurs maintiennent un discours rassurant, proposant une transition par des mécanismes de marché, sans aucune réglementation ou annonce de réglementation, susceptible de perturber les marchés. Comment comprendre sinon la suppression de toutes références aux échouages d'actifs, aux cygnes verts, ou à une simple récession économique, pourtant présentes dans les scénarios calibrés pour les stress tests de solvabilité ?

En acceptant pleinement la crise climatique, les superviseurs gagneraient à partir du point inverse : la crise financière est certaine, ou au moins très probable. Son amplitude l'est en revanche beaucoup moins, d'où l'importance de la politique (prudentielle entre autres). Cependant, la probabilité que quoi que nous fassions le réchauffement atteigne des points supérieur à deux degrés existe. Il ne s'agit pas d'un évènement que l'on peut rejeter sous un seuil de probabilité confortable. Alors que le dernier rapport du GIEC enterre quasiment les 1.5°C, l'Inde connaît une vague de chaleur en plein mois d'avril, 3.4 milliards d'humains sont susceptibles d'être touchés par les conséquences du réchauffement. Il semble rationnel de partir de la catastrophe pour aboutir à une conclusion moins pessimiste. Il me semble en tout cas que ce serait le rôle de la science de prendre le pire comme possible pour aboutir à des solutions permettant d'y échapper (ou d'augmenter nos chances d'y échapper). C'est ce que le philosophe Jean-Pierre Dupuy nomme un catastrophisme éclairé (DUPUY 2009). Il consiste à rejeter les tentations apocalyptiques des collapsologues⁵ sans pour autant rejeter l'hypothèse d'un effondrement. Pour le dire en utilisant un vocable économiste, le pire n'est pas certain mais il demeure probable. Ce faisant, on se donne les armes pour forger un système économique et financier plus résilient.

Enfin, il faut rappeler qu'aucun système économique ou financier ne sera stable au-delà d'un certain seuil de réchauffement. Sans politique promotionnelle, aucune politique prudentielle ne saura préserver le fonctionnement d'un quelconque système financier.

Cet exposé détaillé des méthodes, discours et utilisations de la quantification des risques par stress test climatique alimentera, je l'espère, les discussions sur le cadre méthodologique à utiliser face au réchauffement climatique. Il est vrai que ce dérèglement est bien plus qu'une grande défaillance de marché généralisé. Le cadre économique qui l'a si longtemps associé à une simple (mais grave) défaillance, est donc a fortiori aussi défaillant. Une nouvelle macroéconomie environnementale nécessiterait de partir d'un travail analytique plus important et de donner moins de place aux modélisations. Il devrait revenir sur le conséquentialisme et le cadre lucasien remis en cause dans cet exposé car incapable de s'adapter à l'étude de processus futurs incertains. Mais les limites des cadres scientifiques passés n'ont jamais été suffisantes à invalider la science en elle-même, et la science économique peut encore s'adapter pour faire face à l'incertitude radicale climatique.

5. voir Servigne et al 2015 (SERVIGNE et STEVENS 2015) sur la collapsologie, pour une critique intéressante de la collapsologie voir *Le pire n'est pas certain* de Catherine et Raphael Larrère 2020 (C. LARRÈRE et R. LARRÈRE 2020)

Annexe

| Exercices de Stress tests climatiques et publications associées | | |
|---|---|---|
| Institution | Exercice | Publication(s) |
| Nederlandsche Bank | Test des risques de transition énergétique | VERMEULEN et al. 2018 |
| | Exposition des banques néerlandaises aux risques socio-environnementaux | SCHELLEKENS et TOOR 2019 |
| | Test de stabilité face aux inondations | CALOIA et JANSEN 2021 |
| Bank of England | Stress test climatique bien-nal | BOE 2021 |
| NGFS | Cadrage des enquêtes et scénarios climatiques | NGFS 2021a et NGFS 2021b |
| Banque de France, ACPR | Exercice pilote bottom-up | Méthodologie : ALLEN et al. 2020 Résultats : ACPR 2021b |
| BCE | Stress test top-down 2021 | Méthodologie : ECB 2020 Résultats : ALOGOSKOUFIS et al. 2021 |

Bibliographie

- ACPR (juill. 2017). *Site internet du groupes des superviseurs bancaires francophones*. fr. URL : <https://acpr.banque-france.fr/europe-et-international/banques/instances/groupes-des-superviseurs-bancaires-francophones> (visité le 02/05/2022).
- (2021a). *Résultats des tests de résistance 2021 menés par l'ABE et la BCE*.
- (mai 2021b). *Une première évaluation des risques financiers dus au changement climatique Les principaux résultats de l'exercice pilote climatique 2020*. fr. Rapp. tech. 122. ACPR. URL : <https://acpr.banque-france.fr/les-principaux-resultats-de-lexercice-pilote-climatique-2020> (visité le 07/05/2022).
- AGLIETTA, M. (1991). “Le risque de système”. In : *Revue d'économie financière La sécurité des systèmes financiers : 1/ Les causes de tensions*.18, p. 61-89. URL : https://www.jstor.org/stable/42902898?casa_token=i0xDmG1IU3EAAAAA%3Av-MuWqeDZ5a7PS1MR0zJge6dm5VwjPiDPEqyyqwyqR09ITXff-hhIxd9ydEOE82K5s1YvT1_6b4fk1JeU70BJaahRDKvax1XjzPgnHAyr01JglW86-No&seq=1 (visité le 28/04/2022).
- AGLIETTA, M. et E. ESPAGNE (avr. 2016). *Climate and finance systemic risks, more than an analogy? The climate fragility hypothesis*. en. Rapp. tech. 2016-10. Publication Title : Working Papers. CEPII research center. URL : <https://ideas.repec.org/p/cii/cepiddt/2016-10.html> (visité le 03/03/2022).
- AGLIETTA, M. et A. ORLÉAN (2002). *La monnaie : entre violence et confiance*. Odile Jacob.
- AGLIETTA, M. et N. VALLA (2017). *Macroéconomie financière*. FR. Repères. Paris : La Découverte. URL : <https://www.cairn.info/macroeconomie-financiere--9782707192509.htm>.
- ALLEN, T. et al. (2020). “Climate-Related Scenarios for Financial Stability Assessment : An Application to France”. en. In : *SSRN Electronic Journal*. URL : <https://www.ssrn.com/abstract=3653131> (visité le 29/04/2022).
- ALOGOSKOUFIS, S. et al. (2021). *ECB economy-wide climate stress test : Methodology and results*. eng. ECB Occasional Paper 281. ISBN : 978-92-899-4835-7. Frankfurt a. M. : European Central Bank (ECB). URL : <http://hdl.handle.net/10419/246212>.
- BAER, M., E. CAMPIGLIO et J. DEYRIS (2021). “It takes two to dance : Institutional dynamics and climate-related financial policies”. In : *Ecological Economics* 190. ISBN : 0921-8009 Publisher : Elsevier, p. 107210.

- BoE (2021). *Key elements of the 2021 Biennial Exploratory Scenario : Financial risks from climate change*. Rapp. tech. Bank of England. URL : https://www.bankofengland.co.uk/_api/foundation/pdf/HtmlToPdf?url=%2Fsitecore%2Fcontent%2FBoE%2FHome%2FStress%20testing%2F2021%2Fkey-elements-2021-biennial-exploratory-scenario-financial-risks-climate-change%3Fpdf%3D1.
- BOISSINOT, J. et T. C. HELLER (2020). “Scénarios climatiques en finance”. FR. In : *Revue d'économie financière* 138.2. Place : Paris Publisher : Association d'économie financière, p. 55-68. URL : <https://www.cairn.info/revue-d-economie-financiere-2020-2-page-55.htm>.
- BOLTON, P., M. DESPRES et al. (2020). *The green swan : central banking and financial stability in the age of climate change*. en. OCLC : 1137398964. URL : <https://www.bis.org/publ/othp31.pdf> (visité le 27/04/2022).
- BOLTON, P., M. DESPRÉS, L. AWAZU PEREIRA DA SILVA et al. (juin 2020). ““Green Swans” : central banks in the age of climate-related risks”. In : *Bulletin de la Banque de France* 229.8. URL : https://publications.banque-france.fr/sites/default/files/medias/documents/820154_bdf229-8_green_swans_vfinale.pdf (visité le 03/03/2022).
- BOLTON, P., M. DESPRÉS, L. A. PEREIRA DA SILVA et al. (2020). “Penser la stabilité financière à l'ère des risques écologiques globaux – Vers de nouveaux arbitrages entre efficacité et résilience des systèmes complexes”. FR. In : *Revue d'économie financière* 138.2. Place : Paris Publisher : Association d'économie financière, p. 41-54. URL : <https://www.cairn.info/revue-d-economie-financiere-2020-2-page-41.htm>.
- BONNEUIL, C., P.-L. CHOQUET et B. FRANTA (oct. 2021). *Total face au réchauffement climatique (1968-2021)*. fr-FR. URL : <https://www.terrestres.org/2021/10/26/total-face-au-rechauffement-climatique-1968-2021/> (visité le 07/11/2021).
- BOUCKAERT, S. et al. (2021). “Net Zero by 2050 : A Roadmap for the Global Energy Sector”. In.
- BOVARI, E., G. GIRAUD et F. MC ISAAC (2018). “Coping with collapse : a stock-flow consistent monetary macrodynamics of global warming”. In : *Ecological Economics* 147, p. 383-398.
- BRACKING, S. (2019). “Financialisation, climate finance, and the calculative challenges of managing environmental change”. In : *Antipode* 51.3. ISBN : 0066-4812 Publisher : Wiley Online Library, p. 709-729.
- CAHEN-FOUROT, L., E. CAMPIGLIO et al. (2020). “Looking for the Inverted Pyramid : An Application Using Input-Output Networks”. In : *Ecological Economics* 169.C. Publisher : Elsevier. URL : https://econpapers.repec.org/article/eeeecolec/v_3a169_3ay_3a2020_3ai_3ac_3as092180091930624x.htm (visité le 26/04/2022).
- CAHEN-FOUROT, L. et N. MAGALHÃES (2020). “Matter and regulation : socio-metabolic and accumulation regimes of French capitalism since 1948”. In : Publisher : WU Vienna University of Economics and Business.

- CALOIA, F. et D.-J. JANSEN (2021). “Flood risk and financial stability : Evidence from a stress test for the Netherlands”. In : Publisher : De Nederlandsche Bank Working Paper.
- CARBONNIER, L. (2021). *L’actualisation dans les analyses coûts-bénéfices*. fr. URL : <http://blogs.alternatives-economiques.fr/carbonnier/2021/12/14/1-actualisation-dans-les-analyses-couts-benefices> (visité le 27/04/2022).
- CARNEY, M. (2015). *Breaking the Tragedy of the Horizon – climate change and financial stability*. Speech.
- CCR (sept. 2018). *Conséquences du changement climatique sur le coût des catastrophes naturelles en France à horizon 2050*. Rapp. tech. CCR MétéoFrance.
- CHAN, K. (2022). *A sixth planetary boundary has been crossed due to human activity - Curation*. en-GB. URL : <https://curationcorp.com/blog/a-sixth-planetary-boundary-has-been-crossed-due-to-human-activity/>,%20https://curationcorp.com/blog/a-sixth-planetary-boundary-has-been-crossed-due-to-human-activity/ (visité le 10/05/2022).
- CHENET, H., J. RYAN-COLLINS et F. van LERVEN (2019). “Climate-Related Financial Policy in a World of Radical Uncertainty : Towards a Precautionary Approach”. en. In : *SSRN Electronic Journal*. URL : <https://www.ssrn.com/abstract=3520224> (visité le 10/01/2022).
- CLERC, L. (2020). *Évaluer les risques et les vulnérabilités et sensibiliser les acteurs financiers au risque de changement climatique : le rôle des stress tests*. URL : <https://www.cairn.info/revue-d-economie-financiere-2020-2-page-225.htm> (visité le 26/02/2022).
- (mars 2021). “Prise de conscience du risque climatique et de sa dimension systémique”. fr. In : *Annales des Mines - Responsabilite et environnement* 102.2, p. 6-9. URL : <https://www-cairn-info.faraway.parisnanterre.fr/revue-responsabilite-et-environnement-2021-2-page-6.htm> (visité le 02/03/2022).
- CLIMAT, R. A. (fév. 2022). *6e rapport du GIEC : quelles sont les conséquences réelles du changement climatique ?* fr_FR. URL : <https://reseauactionclimat.org/6e-rapport-du-giec-queelles-sont-les-consequences-reelles-du-changement-climatique/> (visité le 03/05/2022).
- COELHO, R. et F. RESTOY (2022). *The regulatory response to climate risks : some challenges*. FSI Briefs 16. FSI.
- COUPPEY-SOUBEYRAN, J. (2020). “Le rôle de la politique monétaire dans la transition écologique : un tour d’horizon des différentes options de verdissement”. fr. In : p. 31.
- COUPPEY-SOUBEYRAN, J. et al. (2018). “Dix ans après la crise financière, comment enseigne-t-on la finance ?” In : *Notes & Etudes*.
- CRETI, A. et R. OLIVIER (2020). “Prix du carbone, stratégies d’entreprises et transformation énergétique”. FR. In : *Revue d’économie financière* 138.2. Place : Paris Pu-

- blisher : Association d'économie financière, p. 105-117. URL : <https://www.cairn.info/revue-d-economie-financiere-2020-2-page-105.htm>.
- DARNÉ, O., G. LEVY-RUEFF et A. POP (2013). “Calibrating initial shocks in bank stress test scenarios : an outlier detection based approach”. In.
- DASGUPTA, P. (2021). *The economics of biodiversity : the Dasgupta review*. Rapp. tech. Hm Treasury.
- DÉES, S. et P.-F. WEBER (2020). “Les conséquences du changement climatique pour la politique monétaire”. In : *Revue d'économie financière* 138.2, p. 243-257.
- DESROSIÈRES, A. (2013). *Pour une sociologie historique de la quantification : L'argument statistique I*. Presses des Mines via OpenEdition.
- DEYRIS, J. (2019). “Les risques financiers climatiques”. In : *Information et débats* 61.
- DIETZ, S. et N. STERN (mars 2015). “Endogenous Growth, Convexity of Damage and Climate Risk : How Nordhaus' Framework Supports Deep Cuts in Carbon Emissions”. In : *The Economic Journal* 125.583, p. 574-620. eprint : <https://academic.oup.com/ej/article-pdf/125/583/574/26439219/ej0574.pdf>. URL : <https://doi.org/10.1111/eoj.12188>.
- DUPUY, J.-P. (2009). *Pour un catastrophisme éclairé. Quand l'impossible est certain : Quand l'impossible est certain*. Média Diffusion.
- EBA (juill. 2021). *EBA publishes the results of its 2021 EU-wide stress test*. en. URL : <https://www.eba.europa.eu/eba-publishes-results-its-2021-eu-wide-stress-test> (visité le 08/05/2022).
- ECB (2020). *Guide on climate-related and environmental risks*. Rapp. tech.
- (2021). *SSM-wide stress test 2021*. URL : https://www.bankingsupervision.europa.eu/press/pr/date/2021/html/ssm.pr210730_aggregate_results~5a1c5fb6bd.en.pdf.
- FAVEREAU, O. (2010). “La place du marché”. fr. In : *L'activité marchande sans le marché ?* Sous la dir. d'A. HATCHUEL, O. FAVEREAU et F. AGGERI. Presses des Mines, p. 111-131. URL : <http://books.openedition.org/pressesmines/1239> (visité le 04/05/2022).
- FFA (2021). *Impact du changement climatique sur l'assurance à l'horizon 2050*. étude.
- FINANCE, R. (mars 2022). *Banking on Climate Chaos 2022*. en-US. Rapp. tech. URL : <https://reclaimfinance.org/site/en/2022/03/30/banking-on-climate-chaos-report-2022/> (visité le 07/05/2022).
- FRANCE CULTURE (avr. 2022). *Ce que dit le dernier rapport du GIEC*. URL : https://www.youtube.com/watch?v=0D_1RyuprE8 (visité le 02/05/2022).
- FRESSOZ, J.-B. (2020). *Le mythe de la transition énergétique*.
- GANGULY, G., J. SETZER et V. HEYVAERT (déc. 2018). “If at First You Don't Succeed : Suing Corporations for Climate Change”. In : *Oxford Journal of Legal Studies* 38.4, p. 841-868. URL : <https://doi.org/10.1093/ojls/gqy029> (visité le 05/08/2022).

- GIEC (2021). *Climate Change 2021 : The Physical Science Basis*. Summary for policy-makers.
- (2022a). *Climate change 2022 Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Summary for policymakers.
- (2022b). *Climate Change 2022 : Mitigation of Climate Change*. Summary for policy-makers.
- GIRAUD, G. (2021). “Les modèles économiques et financiers face à la polycrise écologique”. FR. In : *Annales des Mines - Responsabilité et environnement* 102.2. Place : Paris Publisher : F.F.E., p. 10-13. URL : <https://www.cairn.info/revue-responsabilite-et-environnement-2021-2-page-10.htm>.
- GIRAUD, G. et al. (2021). “Fossil assets : the new subprimes? How funding the climate crisis can lead to a financial crisis-June 2021”. In.
- GODIN, A. et al. (mars 2021). *Capital stranding cascades : The impact of decarbonisation on productive asset utilisation*. Working Paper 4094e3ee-0cf8-4a0e-861f-a76a89202433. Agence française de développement. URL : <https://econpapers.repec.org/paper/avgwpaper/en12201.htm> (visité le 26/04/2022).
- GRANDJEAN, A. et J. LEFOURNIER (2021). *L'illusion de la finance verte*. Éditions de l'Atelier.
- HICKEL, J. et G. KALLIS (2020). “Is green growth possible?” In : *New political economy* 25.4. ISBN : 1356-3467 Publisher : Taylor & Francis, p. 469-486.
- JACQUETIN, F., M. GARNERO et G. CALLONNEC (2021). *Analyse par l'ADEME de l'exercice pilote de stress-test climatique français*. Rapp. tech. ADEME, p. 30. URL : <https://finance-climact.fr/wp-content/uploads/2021/09/ADEME-2021-Analyse-par-lADEME-de-lexercice-pilote-de-stress-test-climatique-francais-v2.pdf>.
- JUNG, H., R. F. ENGLE et R. BERNER (sept. 2021). *Climate Stress Testing*. en. SSRN Scholarly Paper 3931516. Rochester, NY : Social Science Research Network. URL : <https://papers.ssrn.com/abstract=3931516> (visité le 04/05/2022).
- KALINOWSKI, W. et H. CHENET (2020). “Pour un « Whatever it takes » climatique”. fr. In : p. 30.
- KEEN, S. (oct. 2021). “The appallingly bad neoclassical economics of climate change”. In : *Globalizations* 18.7. Publisher : Routledge _eprint : <https://doi.org/10.1080/14747731.2020.1807856> p. 1149-1177. URL : <https://doi.org/10.1080/14747731.2020.1807856> (visité le 27/04/2022).
- KEYNES, J. M. (1936). “Théorie générale de l'emploi, de la monnaie et de l'intérêt”. In : *Edition PAYOT, Paris*.
- KLOOSTER, J. van't (2021). “Technocratic Keynesianism : a paradigm shift without legislative change”. In : *New Political Economy*. Publisher : Taylor & Francis, p. 1-17.
- KNIGHT FRANK, H. (1921). “Risk, uncertainty and profit”. In : Publisher : Hart, Schaffner & Marx.

- LARRÈRE, C. et R. LARRÈRE (2020). *Le pire n'est pas certain-Essai sur l'aveuglement catastrophique*. Premier Parallèle.
- LE QUANG, G. et L. SCIALOM (2021). "Better safe than sorry : Macroprudential policy, Covid 19 and climate change". In : *International Economics*. Publisher : Elsevier.
- LEBOUCHER, S. (mars 2021). "Les compagnies dans l'étau des stress tests climatiques". In : *L'Actuariel* 40. URL : <https://www.lactuariel.fr/metier/les-compagnies-dans-letau-des-stress-tests-climatiques/>.
- LECOCQ, F. et J.-C. HOURCADE (mars 2005). "Le taux d'actualisation contre le principe de précaution ? : Leçons à partir du cas des politiques climatiques". fr. In : *L'Actualité économique* 80.1, p. 41-65. URL : <http://id.erudit.org/iderudit/%20010753ar> (visité le 27/04/2022).
- LEVY-RUEFF, G. et A. POP (nov. 2016). *Calibrating Initial Shocks in Bank Stress Test Scenarios : An Outlier Detection Based Approach*. en-GB. URL : <https://publications.banque-france.fr/en/economic-and-financial-publications-working-papers/calibrating-initial-shocks-bank-stress-test-scenarios-outlier-detection-based-approach> (visité le 03/05/2022).
- LIND, R. C. (1995). "Intergenerational equity, discounting, and the role of cost-benefit analysis in evaluating global climate policy". In : *Energy Policy* 23.4-5. Publisher : Elsevier, p. 379-389.
- MAGALHÃES, N., J.-B. FRESSOZ, F. JARRIGE, T. LE ROUX et al. (2019). "The physical economy of France (1830–2015). The history of a parasite?" In : *Ecological economics* 157. ISBN : 0921-8009 Publisher : Elsevier, p. 291-300.
- MAGALHÃES, N., J.-B. FRESSOZ, F. JARRIGE, G. LEVILLAIN et al. (2018). "L'économie matérielle de la France (1830-2015). L'histoire d'un parasite?" fr. In : p. 34.
- MERCURE, J.-F. et al. (sept. 2019). "Modelling innovation and the macroeconomics of low-carbon transitions : theory, perspectives and practical use". In : *Climate Policy* 19.8. Publisher : Taylor & Francis _eprint : <https://doi.org/10.1080/14693062.2019.1617665>, p. 1019-1037. URL : <https://doi.org/10.1080/14693062.2019.1617665> (visité le 03/03/2022).
- MERTENS, J.-F. et A. RUBINCHIK-PESSACH (2006). "Intergenerational Equity and the Discount Rate for Cost-Benefit Analysis". en. In : *SSRN Electronic Journal*. URL : <http://www.ssrn.com/abstract=949714> (visité le 04/05/2022).
- MONDE, L. (2020). « *L'affaire du siècle* » : *l'Etat condamné pour « carences fautives » dans la lutte contre le réchauffement climatique*. URL : https://www.lemonde.fr/planete/article/2021/02/03/climat-1-etat-condamne-pour-carences-fautives-dans-l-affaire-du-siecle_6068613_3244.html (visité le 05/04/2022).
- NETWORK, C. S. L. (2022). *The Climate Safe Lending Network response to the Basel Committee on the supervision and management of climate-related financial risks*. Rapp. tech.

- NGFS (juin 2021a). *NGFS Climate Scenarios for central banks and supervisors*. en-GB. Rapp. tech. NGFS. URL : <https://www.ngfs.net/en/ngfs-climate-scenarios-central-banks-and-supervisors-june-2021> (visité le 07/05/2022).
- (2021b). *Scenarios in Action : a progress report on global supervisory and central bank climate scenario exercises*. en-GB. NGFS publication. URL : <https://www.ngfs.net/en/scenarios-action-progress-report-global-supervisory-and-central-bank-climate-scenario-exercises> (visité le 07/05/2022).
- (2022). *Annual report 2021*. NGFS Publication. NGFS, p. 12. URL : <https://www.ngfs.net/en/annual-report-2021>.
- NORDHAUS, W. D. (1977). “Economic Growth and Climate : The Carbon Dioxide Problem”. In : *The American Economic Review* 67.1. Publisher : American Economic Association, p. 341-346. URL : <http://www.jstor.org/stable/1815926> (visité le 08/05/2022).
- (1992). “An Optimal Transition Path for Controlling Greenhouse Gases”. In : *Science* 258.5086. Publisher : American Association for the Advancement of Science, p. 1315-1319. URL : <http://www.jstor.org/stable/2880417> (visité le 08/05/2022).
- NOVETHIC (2019). *BlackRock s’inquiète de la sous-évaluation du risque climat par les investisseurs en raison de leur vision court-termiste*. fr. URL : <https://www.novethic.fr/actualite/finance-durable/isr-rse/blackrock-s-inquiete-de-la-sous-évaluation-du-risque-climat-par-les-investisseurs-147208.html> (visité le 02/05/2022).
- (2022a). *Alerte sur les catastrophes climatiques au coût toujours plus élevé et si mal assuré*. fr. URL : <https://www.novethic.fr/actualite/economie/isr-rse/alertes-sur-les-catastrophes-climatiques-au-cout-toujours-plus-eleve-et-si-mal-assure-150699.html> (visité le 07/05/2022).
- (2022b). *Le coût des catastrophes naturelles atteint des sommets... et inquiète les assureurs*. fr. URL : <https://www.novethic.fr/actualite/finance-durable/isr-rse/le-cout-des-catastrophes-naturelles-atteint-des-sommets-en-debut-d-annee-150083.html> (visité le 02/05/2022).
- ORLÉAN, A. (2011). *L’Empire de la valeur*. fr. Seuil. URL : <https://www.seuil.com/ouvrage/1-empire-de-la-valeur-andre-orlean/9782757854426> (visité le 16/11/2021).
- PELLEGRIS, A. (2020). “Comment mesurer la contribution de l’énergie à la croissance économique?” fr. In : *Mondes en développement* n°192.4, p. 103. URL : <http://www.cairn.info/revue-mondes-en-developpement-2020-4-page-103.htm?ref=doi> (visité le 10/11/2021).
- RECLAIM FINANCE (2021). *Banking on Climate Chaos 2021*. fr-FR. Rapp. tech. URL : <https://reclaimfinance.org/site/2021/03/24/banking-on-climate-chaos-2021-rapport-sur-le-financement-des-energies-fossiles/> (visité le 07/05/2022).

- REINDERS, H. J. et al. (2021). “Not-So-Magical Realism : A Climate Stress Test of the Colombian Banking System”. In : Publisher : World Bank Group.
- ROCKSTRÖM, J. et al. (2009). “Planetary boundaries : exploring the safe operating space for humanity”. In : *Ecology and society* 14.2. Publisher : JSTOR.
- RUTH, M. (avr. 2013). *Integrating Economics, Ecology and Thermodynamics*. en. Google-Books-ID : aq7zCAAAQBAJ. Springer Science & Business Media.
- SCHELLEKENS, G. et J. van TOOR (2019). *Values at risk ? Sustainability risks and goals in the Dutch financial sector*. Rapp. tech. Nederlandsche Bank.
- SERGI, F. (2017). “De la révolution lucasienne aux modèles DSGE : réflexions sur les développements récents de la modélisation macroéconomique”. Thèse de doct. Université Panthéon-Sorbonne-Paris I.
- (2018). “DSGE models and the lucas critique. A historical appraisal”. In : *UWE Bristol, Economics Working Paper Series*.
- SERVIGNE, P. et R. STEVENS (2015). *Comment tout peut s’effondrer. Petit manuel de collapsologie à l’usage des générations présentes : Petit manuel de collapsologie à l’usage des générations présentes*. Média Diffusion.
- STERN, N. (2007). *The Economics of Climate Change : The Stern Review*. Cambridge : Cambridge University Press. URL : <https://www.cambridge.org/core/books/economics-of-climate-change/A1E0BBF2F0ED8E2E4142A9C878052204>.
- TALEB, N. (2005). “The black swan : Why don’t we learn that we don’t learn”. In : *NY : Random House*. Publisher : Citeseer.
- TOUPET, M. et al. (avr. 2022). *Climat : la France en péril | Panoramiques*. fr. URL : <https://www.mediapart.fr/studio/panoramique/climat-la-france-en-peril> (visité le 09/05/2022).
- TRACKER, C. (oct. 2015). *674 milliards de dollars d’investissement annuel dans des actifs de combustibles fossiles « non exploitables »*. fr-FR. URL : <https://carbontracker.org/674-milliards-de-dollars-dinvestissement-annuel-dans-des-actifs-de-combustibles-fossiles-non-exploitables/?lang=fr> (visité le 26/04/2022).
- VERMEULEN, R. et al. (2018). *An energy transition risk stress test for the financial system of the Netherlands*. Rapp. tech. Nederlandsche Bank.
- VIGLIONE, G. (mars 2022). *‘Imminent’ tipping point threatening Europe’s permafrost peatlands*. Carbon Brief. URL : <https://www.carbonbrief.org/imminent-tipping-point-threatening-europes-permafrost-peatlands>.
- WEITZMAN, M. L. (2009). “On modeling and interpreting the economics of catastrophic climate change”. In : *The review of economics and statistics* 91.1. ISBN : 0034-6535 Publisher : The MIT Press, p. 1-19.
- WELSBY, D. et al. (sept. 2021). “Unextractable fossil fuels in a 1.5 °C world”. en. In : *Nature* 597.7875. Number : 7875 Publisher : Nature Publishing Group, p. 230-234. URL : <https://www.nature.com/articles/s41586-021-03821-8> (visité le 04/05/2022).

- WOODALL, L. (2022). *Pillar politics : which part of the Basel framework is best for tackling climate risks ?* URL : <https://www.climateriskreview.com/p/pillar-politics-which-part-of-the> (visité le 08/05/2022).
- WSJ (2019). “PG&E : The First Climate-Change Bankruptcy, Probably Not the Last”. In : *WSJ*. URL : <https://www.wsj.com/articles/pg-e-wildfires-and-the-first-climate-change-bankruptcy-11547820006> (visité le 05/04/2022).
- ZHONGMING, Z. et al. (2021). “Climate Action Tracker Global update–Glasgow’s 2030 credibility gap : net zero’s lip service to climate action”. In.