

# Analyse par l'ADEME de l'exercice-pilote de stress-test climatique français

Note d'analyse



EXPERTISES

Août  
2021

## REMERCIEMENTS

La mise en place, le suivi de l'étude ainsi que la relecture ont impliqué :

Patrick Jolivet (ADEME)

## CITATION DE CE RAPPORT

Florian JACQUETIN, Mathieu GARNERO, Gaël CALLONNEC. 2021. Analyse par l'ADEME de l'exercice pilote de stress-test climatique français. 30 pages.

Cet ouvrage est disponible en ligne [www.ademe.fr/mediatheque](http://www.ademe.fr/mediatheque)

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

### **Ce document est diffusé par l'ADEME**

#### **ADEME**

20, avenue du Grésillé  
BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Projet de recherche coordonné par : Florian Jacquetin  
Direction / Service : Dir. Exécutive Prospective et Recherche

## SOMMAIRE

<b>LES POINTS À RETENIR .....</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUCTION ET CONTEXTE DE L'ANALYSE.....</b>	<b>5</b>
<b>2. METHODES ET PRINCIPAUX RESULTATS DE L'EXERCICE .....</b>	<b>6</b>
<b>3. COMMENTAIRE GENERAL SUR L'EXERCICE ET LA SUPERVISION DES RISQUES CLIMATIQUES.....</b>	<b>7</b>
(i) Pas de risque systémique de transition, mais une planification financière nécessaire	7
(ii) Choisir entre une approche par les risques ou une approche incitative .....	7
(iii) Les scénarios climatiques matérialisent des conséquences à long terme, dont les effets peuvent intervenir de façon plus anticipée.....	8
(iv) Les acteurs ne partagent pas le même référentiel du risque de transition .....	9
(v) Le choix des outils conditionne la position et l'adversité du scénario .....	10
(vi) Les spécificités du risque de crédit face aux scénarios de transition .....	10
(vii) Le risque de transition est autant un risque de scénario que de stratégie financière.	11
<b>4. LES SCENARIOS MACROECONOMIQUES DE TRANSITION.....</b>	<b>12</b>
(i) Le narratif SSP2 ne fait pas apparaître les risques de transition les plus marqués.....	12
(ii) La transition s'opère dans un cadre technologique plus ou moins favorable .....	13
(iii) Le choix d'un scénario central de transition ordonnée peut laisser penser qu'il est à la fois le moins adverse et le plus probable dans le futur.....	15
(iv) Les trois scénarios de transition ne sont pas représentatifs de l'ensemble des futurs envisageables et n'intègrent pas les risques les plus extrêmes.....	16
(v) Des chocs sectoriels agrégés comparables à notre évaluation de la SNBC, mais qui plaident pour une segmentation plus fine à l'avenir .....	17
<b>5. LES OUTILS ET HYPOTHESES DE MODELISATION .....</b>	<b>18</b>
(i) Les mécanismes de la transition énergétique nécessitent une modélisation macro-économique multi-sectorielle .....	18
(ii) La diversité des outils rend plus difficile la lisibilité et la cohérence des trajectoires	19
(iii) La modélisation multisectorielle et environnementale est source d'incertitudes.....	20
(iv) Le modèle multisectoriel gagnerait à être intégré dans la dynamique macroéconomique.....	21
<b>6. TRAITEMENT DU RISQUE PHYSIQUE.....</b>	<b>22</b>
<b>7. SENSIBILITE DES RESULTATS AUX HYPOTHESES .....</b>	<b>23</b>
<b>8. PROPOSITIONS POUR DES EXERCICES FUTURS.....</b>	<b>25</b>
(i) Sur les scénarios climatiques de transition.....	25
(ii) Sur les choix de modélisation .....	25
<b>ANNEXE 1 : RECOMPOSITION SECTORIELLE DANS LA SNBC .....</b>	<b>26</b>
<b>ANNEXE 2 : ORIGINE DE LA CONSOMMATION DANS LA SNBC .....</b>	<b>27</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>28</b>
<b>INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES.....</b>	<b>29</b>
<b>SIGLES ET ACRONYMES .....</b>	<b>29</b>

## LES POINTS À RETENIR

- L'exercice-pilote climatique mené par l'Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution (ACPR) est un exercice d'envergure inédite. Il a nécessité la mobilisation d'un large panel d'acteurs français et étrangers, le développement de nouveaux outils et métriques spécifiques ainsi que la coordination pendant un an de la quasi-intégralité des banques et assurances françaises par le superviseur. L'ADEME salue ce travail, dont les principaux résultats sont en ligne avec ses propres études prospectives (Stratégie nationale bas-carbone, Visions ADEME). L'agence encourage la poursuite de ces stress-tests par les superviseurs.
- Le risque de transition ne ressort pas comme un risque systémique fort pour les institutions financières françaises, compte tenu de leurs expositions modérées aux secteurs qui seraient les plus impactés dans les scénarios proposés. Le cadre des scénarios du NGFS de politiques coordonnées et aux effets progressifs produit à terme des chocs sectoriels importants, mais sans pour autant générer de chocs financiers majeurs sur les horizons correspondant à la maturité des portefeuilles.
- Bien que partant de trajectoires de prix du carbone correspondant aux standards des politiques de transition, les effets macroéconomiques des scénarios sont plutôt limités puisque les prix du carbone influencent peu la trajectoire tendancielle du PIB et l'économie française ne voit pas de recomposition sectorielle très significative.
- Pour de futurs exercices, des hypothèses complémentaires comme la matérialisation anticipée de chocs de type actifs échoués, la modification de l'accès aux financements suite à des annonces de politique publique ou de coalitions d'acteurs privés ou une correction macroéconomique brutale liée à une action désordonnée mériteraient d'être étudiés pour compléter l'analyse.
- Le prix du carbone comme principal levier de transition est un outil économiquement optimal, dans la mesure où il est le plus ciblé et le moins distorsif. De futurs stress-tests pourraient également inclure des leviers plus variés et potentiellement plus adverses économiquement car moins optimaux : réglementations, normes, interdictions...
- Les projections socioéconomiques et technologiques influent significativement sur les efforts (et donc les risques) liés à l'atténuation et conditionnent la capacité des institutions à supporter des pertes futures. En cohérence avec le cadre du NGFS, l'exercice-pilote retient des hypothèses socioéconomiques plutôt centrales. De prochains exercices pourraient inclure des scénarios plus extrêmes : monde fragmenté, productivité en berne, maturité contrariée des énergies renouvelables et des technologies de capture et séquestration du carbone.
- Le principal risque financier reste celui des dommages du changement climatique. L'exercice-pilote met en lumière les impacts considérables sur le passif des assurances. L'ADEME encourage l'évaluation de ces coûts pour l'ensemble de l'économie et la mesure des dégâts causés par une action limitée.

# 1. Introduction et contexte de l'analyse

---

L'Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution a initié en 2020 le premier exercice de supervision climatique de niveau mondial, dit « exercice-pilote » (ACPR, 2020). Cet exercice fait suite à un travail concerté de long terme, précédé par une analyse des risques du secteur bancaire et du secteur assurantiel, ainsi qu'un exercice d'entretiens avec les principaux groupes français en 2018. Enfin, ce travail a suivi la publication d'un guide à destination des superviseurs, associé à une première proposition de scénarios de référence au niveau mondial (NGFS, 2020).

En analysant la résilience des institutions financières face aux risques climatiques, les stress-tests climatiques doivent permettre aux acteurs d'anticiper les risques liés à leur stratégie d'investissement actuelle, et de réallouer les investissements financiers vers des actifs alignés sur des trajectoires de neutralité carbone. Ils constituent ainsi un élément-clé des futurs outils de la finance pour contribuer à l'atteinte des accords de Paris. Les risques climatiques incluent, selon la définition proposée par Mark Carney, les risques physiques (impact direct des événements climatiques et météorologiques sur les personnes et les biens), évalués de manière tendancielle, et de transition (processus d'ajustement vers une économie décarbonée), reflétant une planification politique plus ou moins élaborée.

Cet exercice n'est toutefois pas formellement, et selon la propre typologie de ses auteurs, un exercice de « stress-test ». Ce terme se réfère aux exercices périodiques des superviseurs et banques centrales visant à reproduire les effets d'un « choc sévère, mais plausible » sur une ou un groupe d'institutions financières. Dans ce cas, l'exercice-pilote ne simule aucune récession, mais une projection de croissance affectée par des hypothèses économiques et politiques différentes. Il ne mesure pas la solvabilité des institutions financières et ne leur impose pas d'exigence en capital réglementaire : il se rapproche plus d'un exercice dit d'analyse de scénarios. Pour les banques qui y participent, il n'est donc pas à ce stade un exercice réglementaire entrant dans le cadre du processus de surveillance et d'évaluation prudentielle (SREP), puisqu'il n'y a pas de prise en compte de risques climatiques dans l'évaluation du « buffer de capital » des institutions financières. De plus, cet exercice a été réalisé sur la base du volontariat<sup>1</sup>. Trois objectifs spécifiques sont toutefois associés à l'exercice :

- Un objectif de sensibilisation des institutions financières et d'incitation à intégrer, dans les stratégies de long terme, une vision de l'évolution de leurs activités et une évaluation des risques financiers liés au climat ;
- Un objectif d'évaluation du coût économique qui adviendrait si la stratégie des institutions financières s'éloignait des accords de Paris ; ceux-ci se traduiraient, dans l'exercice-pilote, par la mise en œuvre d'une transition dite « ordonnée » qui sert de scénario central à l'exercice ;
- Un objectif de développement méthodologique et d'intégration opérationnelle, à la fois du côté des superviseurs que du côté des institutions financières (outils de modélisation, données disponibles).

La Banque de France a invité un ensemble d'institutions françaises et étrangères à commenter les résultats publiés en mai 2021 ainsi que la méthodologie appliquée lors de cet exercice. L'ADEME a répondu favorablement et partagé ses réflexions dans cette étude. En premier lieu, l'ADEME soutient l'ACPR dans cette initiative, qui constitue, avec l'exercice biennal anglais de 2021, le premier exercice « *bottom-up* » (c'est-à-dire avec la participation directe des banques et assurances) d'une telle envergure mené par une banque centrale. L'ADEME fait le vœu que cet exercice soit progressivement étendu parmi les membres du NGFS et puisse servir d'exemple pour une généralisation de ce type d'exercices à travers le monde et propose au superviseur des pistes de développement pour de prochains exercices.

---

<sup>1</sup> L'ACPR note toutefois que les groupes participants représentent une part très significative de l'activité bancaire et assurantiel en France : 9 groupes bancaires (85 % du bilan bancaire) et 15 groupes d'assurance (75 % du bilan assurantiel).

## 2. Méthodes et principaux résultats de l'exercice

---

Créé en 2017, le NGFS (*Network for Greening the Financial System*) rassemble des banques centrales et superviseurs volontaires pour intégrer la gestion des risques financiers liés au climat. L'une de ses actions vise à promouvoir l'utilisation de scénarios climatiques comme outil d'analyse des risques. Le réseau a publié en juin 2020 ses « scénarios de référence de haut niveau », associés à quatre représentations possibles du futur socio-économique et climatique. Deux axes émergent pour classer ces scénarios :

- selon le degré de planification de la transition (ordonnée ou désordonnée) ;
- selon l'ambition de l'action publique menée (objectifs des accords de Paris atteints ou non).

Trois scénarios représentatifs ont été réalisés à partir de trois modèles d'évaluation intégrée (IAM) utilisés par la communauté scientifique du GIEC (GCAM<sup>2</sup>, MESSAGE<sup>3</sup>, REMIND<sup>4</sup>), à savoir :

- « hothouse world », scénario d'absence de transition et de statu quo, conduisant à un réchauffement climatique significatif et à une exposition marquée aux risques physiques ;
- « orderly transition », un scénario de transition progressive et anticipée ;
- « disorderly transition », un scénario de transition retardée, disruptive et non anticipée.

En s'appuyant sur ce cadre analytique, la Banque de France a choisi de représenter trois scénarios de transition complète (commun aux banques et assurances) et un scénario physique (limité aux assurances mais incluant des effets de rétroaction sur le système bancaire par effet « de second tour »).

Ces trois scénarios sont des trajectoires macroéconomiques, financières et sectorielles incluant un scénario central de transition ordonnée et deux scénarios adverses reflétant une transition désordonnée :

- Le scénario central et la variante 1 (transition retardée) sont calés sur les scénarios représentatifs ordonné et désordonné du NGFS et reproduisent les trajectoires de prix du carbone et de PIB.
- Plus adverse, la variante 2 (transition rapide) reproduit seulement une trajectoire de prix du carbone désordonnée et combine des hypothèses de productivité plus faibles pour représenter le retard technologique lié à un manque de maturité des énergies renouvelables.

Enfin, le scénario physique, aligné sur le RCP 8.5 du GIEC, est un scénario de sinistres météorologiques (scénario de catastrophes naturelles établi par la Caisse Centrale de Réassurance à partir des projections de Météo France) et de santé liée aux maladies vectorielles et à la pollution de l'air (scénarios du courtier en réassurance AON pour la France). Pour les expositions hors France, les assurances ont utilisé les données climatiques du NGFS. Le risque physique est supposé affecter uniquement le passif assurantiel.

Pour désagréger les scénarios macroéconomiques et sectoriels, la Banque de France a utilisé une suite de modèles (Allen, et al., 2020) combinant le modèle macroéconométrique NiGEM<sup>5</sup> et un modèle statique d'équilibre général multisectoriel (Devulder & Lisack, 2020) permettant d'affecter, pour quatre grandes zones (France, Europe, Etats-Unis, reste du monde), les hypothèses macroéconomiques (PIB, inflation, chômage, déficit et dette publiques), financières (taux d'intérêt, spread, taux de change, prix du pétrole) et sectorielles (production et valeur ajoutée pour 55 secteurs d'activité) associées à l'exercice.

Les banques participantes ont évalué l'impact de ces scénarios sur un ensemble de risques financiers et de segments de portefeuille, incluant risques de crédit (entreprises et ménages) et risques de marché (réévaluation des portefeuilles, risques souverain et de contrepartie) mais excluant risques opérationnels et de liquidité. De 12,5 % en 2019, le coût du risque (rapport des provisions passées sur expositions totales) atteindrait en 2050 15,8 % (transition ordonnée), 16,4 % (retardée) et 17,2 % (accélérée), soit un impact inférieur à ceux mesurés lors des stress-tests européens. Entre les deux scénarios les plus extrêmes (transitions ordonnée et accélérée), les pertes seraient concentrées sur le portefeuille *corporate* (+11,6 %, contribution de 75 %) et obligataire (+87,5 %, contribution de 22,5 %). Le portefeuille *retail* contribuerait peu (+0,5 %). Côté assurances, la multiplication par 2 à 5 des catastrophes naturelles contraindrait les établissements à augmenter les primes de 130 à 200 % d'ici 2050 (soit 2,8 % à 3,7 % de hausse par an).

---

<sup>2</sup> Global Change Assessment Model (PNNL).

<sup>3</sup> Model for Energy Supply Systems And their General Environmental Impacts (IIASA).

<sup>4</sup> REgional Model of Investment and Development (PIK).

<sup>5</sup> National Institute Global Econometric Model (NIESR).

### 3. Commentaire général sur l'exercice et la supervision des risques climatiques

---

#### (i) Pas de risque systémique de transition, mais une planification financière nécessaire

Les résultats publiés de la Banque de France sont en ligne avec les projections économiques réalisées périodiquement par l'ADEME. Selon les modélisations de la Stratégie nationale bas-carbone (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, 2020), un scénario de transition ordonnée pourrait générer de 3 à 4 points d'activité supplémentaire à horizon 2050 et ne modifierait que marginalement les trajectoires tendanciennes prévues en cas de statu quo.

Les risques économiques liés à la transition pourraient donc se matérialiser comme des écarts à cette trajectoire théorique optimale. Quels que soient les chocs adverses qui se matérialiseraient (temporalité et amplitude de l'action), ils ne pèseraient pas significativement sur l'économie française et ne sont pas de nature à causer un risque systémique pour le système financier.

Les institutions financières peuvent toutefois, à titre individuel, connaître d'importantes pertes sur les activités de crédit et de marché. Ces pertes dépendront à la fois de la trajectoire économique effectivement réalisée et de leur stratégie d'investissement, mais également des disruptions sectorielles qui accompagneront la transition et pourront conduire à un renouvellement des acteurs, en particulier dans les secteurs exposés. La supervision microprudentielle des risques climatiques doit donc être poursuivie par les banques centrales, à titre incitatif mais également réglementaire.

Si la transition est un processus progressif de moyen terme, l'ADEME soutient que le risque de transition pourrait également se manifester par des chocs de court terme, affectant aussi bien les portefeuilles de crédit que les activités de marché. Nous pensons notamment à la matérialisation de coûts d'actifs échoués : risque de fermeture brutale de grosse unité de production énergivores (centrale thermique, haut fourneau, raffinerie, aéroport, usine chimique...) avant même que les investisseurs n'aient pu amortir les coûts fixes, suite à des mesures réglementaires ou fiscales ; aux risques de chute brutale de la demande de certains produits (emballage ou produits plastiques jetables, produits phytosanitaires, véhicules thermiques), à la demande d'investissement (arrêt des investissements dans les travaux publics comme la construction de routes, de pont etc...); aux risques d'inadéquations de compétences sur le marché du travail et de capacité des secteurs peu émetteurs à absorber la main d'œuvre des secteurs carbonés.

Enfin, le principal risque climatique à couvrir reste le risque physique : en l'absence d'action d'atténuation additionnelle, la température moyenne en France pourrait, selon Météo France, augmenter de 4°C d'ici à 2100 et l'économie (et donc le système financier) serait alors très sérieusement affectée de façon systémique.

#### (ii) Choisir entre une approche par les risques ou une approche incitative

Pour ce premier exercice climatique, les objectifs et conditions de l'exercice ont été un cadre non-obligatoire (volontariat des institutions financières participantes) et une absence d'exigences en capital réglementaire. Il s'agit ainsi davantage d'un exercice d'appropriation des scénarios de neutralité climatique, sans conséquence incitative pratiques pour la (nécessaire) transition du secteur financier. L'hypothèse dite de « bilan dynamique », qui autorise les institutions à modifier la composition de leur portefeuille après 2025, permet de sensibiliser les établissements sur le caractère endogène du changement climatique, en leur faisant intégrer les conséquences de leur décisions d'investissement. Indispensable sur des horizons longs, puisque les portefeuilles doivent être rechargés, cette hypothèse interroge cependant sur la possibilité des acteurs à sous-estimer les risques auxquels ils sont exposés.

L'ADEME soutient l'appel des différents acteurs à poursuivre et renforcer les implications réglementaires des prochains exercices. Intégrer des contraintes en capital semble un pas important pour encourager la transition du secteur financier, mais un tel exercice semble difficile tant que ses conséquences sont

supposées se matérialiser à des horizons longs et que les outils et méthodologies ne seront pas suffisamment matures. De tels exercices à long terme resteront toutefois indispensables pour prendre toute la mesure d'une transition complète et d'une planète qui se sera significativement réchauffée.

Les observations concernent également le choix du scénario de référence. Le choix central d'une transition ordonnée et réussie apparaît pour beaucoup d'observateurs sujet à discussion car il ne correspondrait pas au futur le plus probable ou conduirait à une évaluation optimiste de la transition, car construite sur une optimisation inter-temporelle assez lointaine des contraintes (géo)-politiques, économiques et sociales. Il convient cependant de noter que cette approche est cohérente avec le cadre NGFS du scénario représentatif « orderly transition » et a fait l'objet d'une co-construction avec les institutions participant de façon volontaire à l'exercice. Sur cette question, l'ADEME développe dans la note un avis plus prononcé et propose de ne pas explicitement définir de scénario central. Toutefois, il est à noter que ce choix n'a aucune conséquence pratique : les institutions financières projettent leurs pertes indépendamment du scénario central. À ce titre, plus que le scénario de référence, c'est bien le choix de l'ensemble des scénarios, leur narratif et la méthodologie employée qui auront des conséquences pratiques directes pour le secteur financier.

En premier lieu, l'ADEME note que la plupart des critiques formulées peuvent venir de la multiplicité des objectifs affichés, dont certains peuvent apparaître difficilement conciliables. L'exercice ici vise à la fois à intégrer une approche des scénarios par les risques (mesurer la vulnérabilité des institutions face à plusieurs scénarios de transition) mais aussi une approche incitative (encourager les institutions à aligner leur stratégie financière sur une économie décarbonée). Dans la première approche, le panel très large des futurs possibles doit pousser les superviseurs à proposer un nombre important de scénarios, reflétant la plupart des extrêmes possibles et en retenant des hypothèses plutôt adverses. Dans un exercice bottom-up, on reconnaît toutefois que ce nombre est limité en pratique par les capacités des institutions pour décliner un nombre élevé de séries sur l'ensemble des segments de leurs activités, ce qui peut devenir chronophage en cas de panel trop large.

Le choix d'un scénario central tendrait alors à biaiser l'évaluation des risques en favorisant un futur plus probable et/ou moins adverse que les autres, et pourrait alors conduire à envoyer de mauvais signaux aux acteurs. Au contraire, dans la 2<sup>nd</sup>e approche, le superviseur fait explicitement le choix d'évaluer le coût d'un non alignement sur les accords de Paris, c'est-à-dire à mesurer les risques à réaliser une transition imparfaite (transition « désordonnée »), incomplète, voire inexistante (« politique inchangée »). L'exercice-pilote se classe plutôt selon cette approche précise et choisit un éventail ciblé de risques.

Une prochaine étape pourrait être de développer la première approche, par exemple en incluant dans les exercices règlementaires usuels (à des horizons de 2 à 3 ans) des scénarios de transition. L'ADEME reconnaît toutefois qu'une telle marche est soumise à de nouveaux défis méthodologiques et encourage le NGFS à poursuivre ses initiatives méthodologiques en concertation avec tous les acteurs (superviseurs, ministères, agences environnementales, ONG, partenaires académiques et grand public).

### **(iii) Les scénarios climatiques matérialisent des conséquences à long terme, dont les effets peuvent intervenir de façon plus anticipée**

L'exercice-pilote propose des scénarios reposant sur une trajectoire de prix du carbone relativement linéaires et progressifs qui produisent des chocs sectoriels sans affecter globalement les économies, il ne mesure pas la résilience d'une institution financière face à un choc extrême non anticipé. Bien que les principaux effets du changement climatique se matérialiseront à des horizons longs, il nous semble utile de proposer des chocs qui ne soient pas trop décalés dans le temps et d'envisager la matérialisation du risque sur des portefeuilles existants. Les incitations sont plus directes et efficaces si le risque commence à un horizon immédiat, comme cela est le cas pour la simulation d'une crise financière lors d'un stress-test. D'autre part, la probabilité de chocs violents de très court terme n'est plus à exclure : chocs liés à la soutenabilité sociale d'actions environnementales (pour les risques de transition), modification de l'anticipation des marchés sur la réalisation de la transition ou à des épisodes climatiques intenses (par exemple en France : bas niveau du Rhin en 2018, sécheresse de 2019, épisode de gel d'avril 2021). La réaction rapide des acteurs financiers (marché EU-ETS, agences de notation, spread des CDS<sup>6</sup> sur les

---

<sup>6</sup> Credit Default Swaps.



entreprises de secteurs carbonés) est susceptible d'une part de générer des risques de marchés, pris en compte dans l'exercice, mais également une modification des conditions de financement et de la notation de crédit des acteurs. Les modèles de notation interne des institutions financières, n'intègrent de fait pas nécessairement tous les paramètres permettant de tenir compte de ce type de réactivité, en anticipant les effets (progressifs et de seuils) de la trajectoire de taxation du carbone.

Des changements de ratings et de valorisation sur les marchés pourraient intervenir bien avant les horizons de long terme de la transition énergétique, les acteurs anticipant en pratique les conséquences à venir de la transition bas-carbone. Ainsi, bien que les effets du changement climatique deviendront plus sensibles à long terme, les effets sur les paramètres de crédit et financiers ont une probabilité élevée de se matérialiser plus tôt. Si les acteurs peuvent anticiper les effets de long terme de certaines mesures (comme la montée de la trajectoire carbone, le durcissement progressif de normes dans l'automobile, l'obligation croissante de rénovation dans le bâti...), les modèles de notation n'ont pas été conçus à cet effet et peuvent reposer plus exclusivement sur des données bilancielle et des comportements observés historiquement. Ainsi, bien que les agents ne soient pas « myopes » sur le futur, l'intégration des conséquences des scénarios pourrait être limitée sur le court terme dans leurs modèles de crédit. Il conviendrait donc d'approfondir la modélisation des effets de la transition dans les modèles de crédit, aux horizons de neutralité carbone mais également à court terme.

#### (iv) Les acteurs ne partagent pas le même référentiel du risque de transition

Dans le référentiel proposé par Mark Carney, les risques de transition regroupent de manière assez générale tous les risques « liés au processus d'ajustement vers une économie décarbonée » et à « la réévaluation des actifs découlant des évolutions politiques, technologiques et risques physiques »<sup>7</sup>. La définition du risque de transition peut ici être interprétée de manière variable par les acteurs. Quel scénario faut-il mesurer et par rapport à quoi mesure-t-on cette évolution, étant donné qu'il n'existe aucun futur plus certain qu'un autre ? S'agit-il du risque de faire la transition au lieu de l'inaction ? Du risque de mal faire la transition (ou, pour suivre le référentiel du NGFS, de la faire de manière « désordonnée ») ? Ou du risque de ne pas faire la transition, dans la mesure où les acteurs manqueraient alors l'émergence de nouvelles opportunités économiques ?

Le risque de transition a une portée particulière puisque, dans cette définition, il vise essentiellement à faire ressortir les risques des institutions financières à financer une économie carbonée. Dans une autre approche, il pourrait également se comprendre comme l'ensemble des conséquences économiques d'une action de transition<sup>8</sup>. Le risque de transition peut alors à la fois servir dans une approche par les risques ou fournir des incitations pour atteindre un objectif politique. Ici, l'exercice-pilote vise à évaluer les risques financiers d'une traduction incomplète des objectifs des accords de Paris et mesure plus spécifiquement le risque de « transition désordonnée », où l'élément déclencheur est lié au degré d'action publique environnementale et ses conséquences économiques et financières à long terme.

Faut-il dès lors considérer la transition comme un futur acquis ? La question se pose notamment au regard de l'horizon étudié. Un acteur qui anticiperait à tort la transition pourrait connaître des pertes, mais doit-on alors parler de risque de transition, au risque de le décourager de l'accompagner ? Dans tous les cas, il apparaît que le risque de transition est autant un risque de scénarios qu'un risque de stratégie financière.

<sup>7</sup> "Finally, transition risks: the financial risks which could result from the process of adjustment towards a lower-carbon economy. Changes in policy, technology and physical risks could prompt a reassessment of the value of a large range of assets as costs and opportunities become apparent."

<sup>8</sup> Les scénarios de référence du NGFS (phase I) tendent d'ailleurs à faire paraître la transition ordonnée comme plus adverse que le statu quo (hors risques physiques). Au niveau français, l'ADEME juge toutefois que le scénario SNBC générerait un gain économique. Dans tous les cas, une transition correctement planifiée est supposée ne pas influencer significativement la trajectoire tendancielle de l'économie.

## (v) Le choix des outils conditionne la position et l'adversité du scénario

Les modèles macroéconomiques dédiés à l'étude du changement climatique, en particulier les modèles multisectoriels, produisent des résultats très hétérogènes sur les effets d'une action de transition. Cela vient du nombre élevé de paramètres, d'hypothèses spécifiques ne traduisant pas de réalité politique précise (ex : redistribution des recettes, politique monétaire) mais aussi des fondements théoriques pour représenter l'équilibre des marchés ou le comportement des agents (Jacquetin, 2021). Une même action de transition peut alors être évaluée de plusieurs manières selon les circonstances et les conditions de l'exercice. Par exemple, l'action de transition ordonnée peut à la fois être considérée comme adverse sur le PIB domestique, comme lors de l'exercice canadien avec un modèle d'équilibre général, ou opportune, comme lors de l'exercice hongrois avec un modèle macroéconométrique (cf. Figure 1).

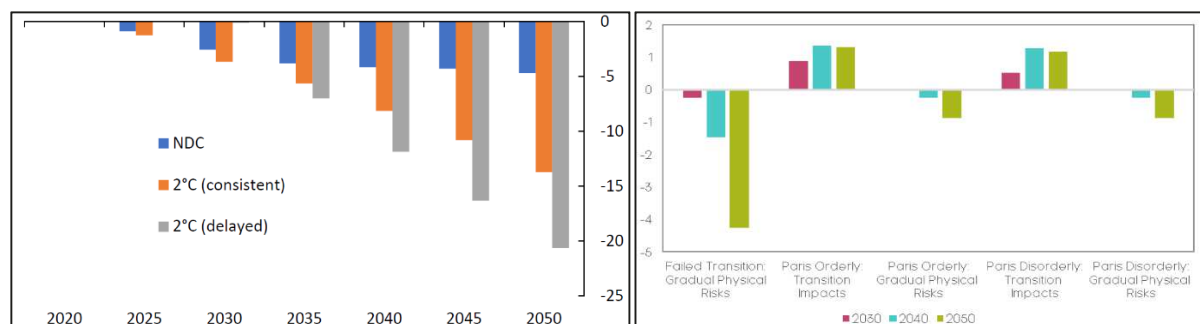


Figure 1 : Adversité des scénarios de transition selon l'exercice canadien (gauche) et l'exercice hongrois (droite)

Source : Ens et Johnston (2020), Cambridge Econometrics (2021).

Dans le cadre de la synthèse d'un scénario climatique, deux nouvelles sources d'incertitude (IPCC, 2013) peuvent donc être prises en compte, à la fois pour le risque physique et le risque de transition :

- Le risque lié à la sensibilité technique, qui regroupe ici au sens large l'ensemble des paramètres technologiques et climatiques qui font varier les résultats du modèle (par exemple : le taux d'actualisation, la préférence pour le présent, les élasticités de substitution inter et intra-sectorielles, la sensibilité de la température aux concentrations atmosphériques...)
- Le risque lié aux différences inter-modèles, découlant de choix structurels de modélisation (par exemple : le niveau de granularité sectorielle, le niveau de désagrégation des fonctions de production, la source du financement de l'économie, le comportement des agents...)

Ces deux dimensions d'incertitude sont inhérentes à tout exercice de modélisation mais sont plus limitées dans un stress-test classique (horizon court, modèles agrégés). C'est pourquoi cette dimension peut être complétée dans les exercices d'évaluation des risques par, à titre d'exemple, des tests de robustesse et de sensibilité sous-jacents au choix des outils et à leurs calibrations. En l'état des travaux encore pionniers sur les exercices climatiques, et parallèlement à la réalisation d'exercice « bottom-up » permettant une appropriation des risques climatiques par les institutions, nous encourageons les superviseurs à étudier et si possible publier des analyses « top-down » sur la sensibilité des portefeuilles à ces hypothèses.

## (vi) Les spécificités du risque de crédit face aux scénarios de transition

Evaluer les conséquences d'un scénario de transition macroéconomique sur les risques de crédit est une tâche complexe. Au niveau des agrégats sectoriels (production et valeur ajoutée), la transition peut bénéficier ou non à un secteur, sans que l'on sache si les acteurs sont devenus plus ou moins vulnérables. En effet, une activité soutenue pourra se faire avec les mêmes acteurs du secteur ou de nouveaux entrants (destruction créatrice). Pour le risque de crédit d'une banque, le taux de défaillance sera croissant avec ces mutations sectorielles susceptibles d'entraîner le défaut d'acteurs existants (ex : transition énergétique, électrification des transports, digitalisation, e-commerce, économie circulaire...).

Ainsi, la construction top-down d'un scénario de transition, en partant d'une évaluation des secteurs gagnants et perdants, peut être adaptée à des portefeuilles actions où les gains compenseront les pertes.

Par contre, dans le cas du risque de crédit (près de 90 % des RWA dans les banques européennes), les gagnants d'un secteur ne viendront pas compenser les défaillances des perdants et la hausse du coût du risque des banques sur ce secteur sera proportionnelle à la dispersion des bénéfices/pertes liées à la transition au sein du secteur. Un secteur potentiellement clé et illustratif à ce sujet est le BTP : il y est attendu une diminution des travaux publics routiers et des grandes infrastructures en béton avec une croissance parallèle des nombreux chantiers de rénovation. La croissance du secteur dans des scénarios de transition pourra reposer sur une baisse d'activité des promoteurs sur du neuf, et un fort essor de PME et PMI non cotées de la rénovation dans du bâti existant. D'après les résultats de l'exercice pilote, ce secteur voit une baisse de son coût du risque selon les évolutions des paramètres de crédit anticipées par les institutions financières dans le cadre de cet exercice bottom-up. Une analyse plus fine viendrait s'assurer que la variation des indices sectoriels ne profite pas uniformément à l'ensemble des acteurs d'un secteur et que les enjeux de la transition sont bien intégrés dans les modèles internes des établissements.

### (vii) Le risque de transition est autant un risque de scénario que de stratégie financière

De manière simplifiée, il existe un risque financier lorsque l'évolution de la composition du portefeuille d'actifs ne correspond pas à l'évolution de la rentabilité pondérée des secteurs (si l'on suppose comme Gordon, que la rentabilité anticipée d'un actif est égale à la somme actualisée de ses rendements et donc du ratio profits sur titre). Ainsi, dans un scénario d'inaction excluant le coût des dommages, le risque financier reste limité si les institutions privilégient l'achat d'actifs d'industries énergivores (et en l'absence de hausse exponentielle du prix des combustibles fossiles générant une récession). Au contraire, dans un scénario de transition, il y a risque financier si celles-ci privilégient l'achat d'actifs d'industries énergivores. Le risque sera moindre si la transition est retardée, à moins qu'il y ait récession et coûts échoués à terme.

Contrairement aux exercices d'évaluation macroéconomique usuels, il ne s'agirait donc pas d'analyser seulement les écarts macroéconomiques entre un scénario de référence et un scénario alternatif, mais aussi d'analyser pour chaque scénario de transition, qu'il soit ordonné ou non, le risque financier que courent les établissements financiers dans le cas où elles auraient anticipé la transition (ou non). L'exercice pourrait alors consister, non plus seulement à une analyse de scénarios, mais à une analyse de stratégies financières dans un scénario donné, que l'ADEME présente de manière hypothétique :

- i. Evaluer les effets économiques et financiers d'une transition ordonnée avec anticipation parfaite des institutions financières (les institutions achètent des actifs/offrent des crédits aux filières vertes et diminuent la part des actifs des industries énergivores dans leur portefeuille) relativement aux effets d'une transition ordonnée avec anticipation imparfaite (elles modifient peu et/ou trop tardivement la composition de leur portefeuille).
- ii. Evaluer les effets économiques et financiers d'une transition désordonnée où les institutions ont un rôle précurseur (elles achètent des actifs/offrent des crédits aux filières vertes et diminuent la part des actifs des industries énergivores dans leur portefeuille) relativement aux effets d'une transition désordonnée avec anticipation myope ou imparfaite avec attitude réfractaire (elles ne modifient pas ou tardivement la composition de leur portefeuille).

Dans le cas ordonné, la trajectoire de la valeur tutélaire du carbone est linéaire et modérée (comme l'a montré la commission Quinet) et les risques de récession à terme faibles si le puits de carbone est conséquent et si le reste du monde adopte un comportement coopératif. Dans le cas désordonné, la trajectoire carbone est quasi-exponentielle et les risques de récession d'autant plus importants avec des coûts échoués et/ou des puits de carbone restreints. Dans les deux cas, l'offre de crédits aux filières vertes devrait croître à mesure de leur essor (à moins de supposer qu'elles seront financées par l'Etat, l'autofinancement et/ou l'achat direct par les ménages sans intermédiation, ce qui est peu probable).

Dans le cas ordonné, le risque financier pourrait être conséquent si les institutions n'anticipent pas la transition (risque de défaut de crédit des secteurs énergivores, perte de rentabilité des portefeuilles d'actions et obligations). Dans le cas désordonné, le risque financier pourrait être limité à court terme si les institutions n'anticipent pas, mais il devrait être plus important à terme puisque le risque de défaut de crédit et de perte de rentabilité pourrait être davantage amplifié par la récession. On pourrait comparer ces résultats à un scénario d'inaction, pour vérifier si la rentabilité financière d'un scénario de transition ordonnée y est supérieure (cas du double dividende), bien que celui-ci apparaisse peu soutenable (hausse du prix des combustibles fossiles exponentielle et coût des dommages climatiques irrémediables).

## 4. Les scénarios macroéconomiques de transition

### (i) Le narratif SSP2 ne fait pas apparaître les risques de transition les plus marqués

L'ACPR s'appuie sur les scénarios de référence du NGFS pour y prélever les narratifs de ses scénarios macroéconomiques : les hypothèses socio-économiques (les projections d'activité à long terme et la population active) et les hypothèses de politique publique (les prix du carbone, associées à une cible d'abattement contrainte notamment par les hypothèses technologiques et l'importance future des technologies d'élimination du CO<sub>2</sub>, intégrant le développement des technologies de capture et séquestration du carbone (CSC) et le boisement et reboisement des terres.

Les projections de long terme reproduisent les hypothèses du scénario SSP2 « *middle of the road* », scénario conservateur qui reproduit les tendances économiques historiques observées<sup>9</sup>. Ce scénario occupe une position relativement centrale parmi les différentes projections du GIEC, autant en terme de projections économiques (*cf.* Figure 2) qu'en termes d'enjeux d'atténuation (*cf.* Figure 3). En particulier, les hypothèses de productivité semblent optimistes, étant donné le ralentissement généralisé de la productivité du travail observé depuis la crise de 2008. C'est pourquoi la plupart des hypothèses de long terme réalisées par les institutions internationales ont pu surévaluer les gains effectivement réalisés sur la période 2010-2020, hors choc Covid (*cf.* Tableau 1). Ce ralentissement est aussi marqué en France (Cette, Corde, & Lecat, 2017) (Sode, 2016) que dans l'ensemble des pays développés (Conseil d'orientation des retraites, 2020) et les pays émergents (Aubry, Boisset, François, & Salomé, 2018). Les raisons évoquées sont multiples et font débat parmi les économistes : effets structurels des crises économiques, affaiblissement de l'innovation, diffusions technologiques en berne, déficit d'investissement, moindre mobilité des facteurs dans les pays émergents, etc. Cette incertitude pèse sur les projections de long terme et pousse les différentes institutions à prendre des précautions, comme le COR qui réalise plusieurs variantes de productivité dans ses projections de retraite jusque'en 2070<sup>10</sup>.

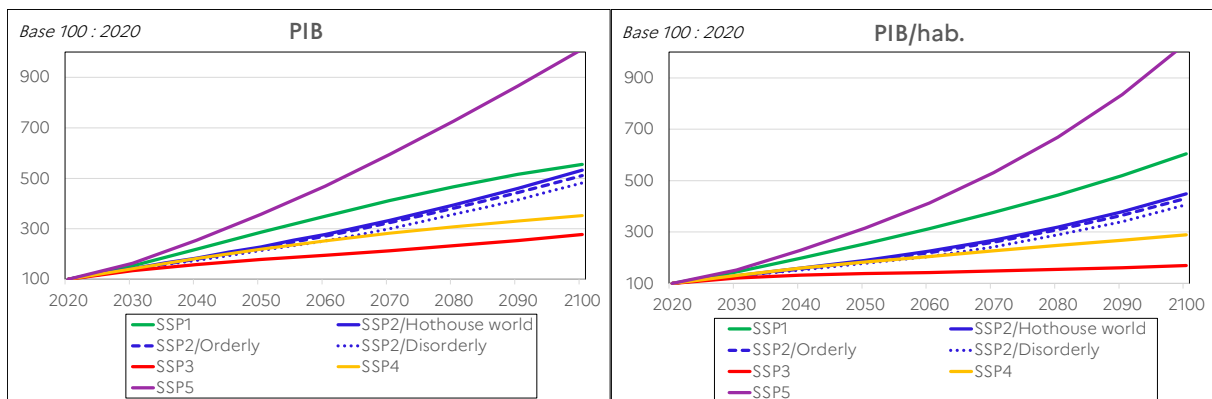


Figure 2 : Hypothèses socioéconomiques des scénarios GIEC et NGFS

Lecture : Les trajectoires sont issues de leur modèle marqueur respectif<sup>11</sup>. Les hypothèses socioéconomiques du scénario « *hothouse world* » sont calibrées sur la trajectoire de référence du GIEC (SSP2). Dans les scénarios restants (*orderly/disorderly*), elles sont « *semi-endogènes* » (à l'origine calibrées, mais modifiées *ex-post* par les hypothèses politiques de transition du nouveau scénario).

Sources : Riahi et al. (2017), NGFS (2020).

<sup>9</sup> Les différents SSP offrent un panel de narratifs extrêmement variés : Sustainability (SSP1), Middle of the Road (SSP2), Regional Rivalry (SSP3), Inequality (SSP4) et Fossil-Fuel Development (SSP5).

<sup>10</sup> Voir le rapport annuel du COR (2020) : « Les cibles de long terme des scénarios 1 %, 1,3 %, 1,5 % et 1,8 % définissent un éventail des possibles jugé suffisamment large pour apprécier les perspectives des retraites en France. L'hypothèse la plus favorable correspond à la croissance de la productivité horaire sur longue période (1980-2018), la moins favorable correspond à la période d'après crise (2010-2019). L'hypothèse intermédiaire (1,3 %) reflète, quant à elle, la croissance de la productivité sur la période 1990-2019. »

<sup>11</sup> IMAGE (SSP1), MESSAGE (SSP2, NGFS Hothouse world), AIM (SSP3), GCAM (SSP4, NGFS Orderly transition), REMIND (SSP5, NGFS Disorderly transition).

Calibrer les hypothèses socio-économiques dans un modèle macroéconomique est un exercice souvent périlleux et qui ne fait pas consensus. En général, les gains de productivité du travail sont dotés d'une tendance déterministe constante supposée reproduire les tendances historiques passées. Cette tendance est souvent calibrée ad-hoc par les économistes : en première approche, elle ne biaise pas significativement les résultats macroéconomiques, en particulier lorsque l'économiste évalue l'écart relatif entre deux scénarios.

Scénarios de long terme	Croissance moyenne annuelle (%)
SSP (GIEC)	4,1-4,3 %
Scénarios de référence (NGFS)	4,2 %
<b>Observée (hors année 2020)</b>	<b>2,6%</b>

Tableau 1 : Comparaison de différentes projections d'activité mondiale sur la période 2010-2020

Les trois scénarios de transition de l'ACPR (et en particulier le scénario ordonné et la variante 1) ne représentent pas de chocs macroéconomiques marqués et en particulier aucune récession, ce qui est l'élément central d'un exercice de stress-test financier usuel. Cette nouvelle propriété peut convenir à un scénario « climatique » de long terme, puisque dans tous les cas l'économie ne pourrait subir une récession prolongée sur une période si longue, entraînant la mise en défaut de l'ensemble des contreparties en portefeuille. Il convient toutefois de noter que des hypothèses trop optimistes pourront toujours conduire les établissements à sous-estimer les risques intrinsèques, alors que de simples exercices de prospective par scénarios peuvent s'accommoder d'hypothèses de productivité plus variables (les écarts entre scénarios étant, au premier ordre, peu dépendants des hypothèses socio-économiques communes).

Enfin, des hypothèses de productivité et d'activité très différentes peuvent significativement influencer les coûts d'abattement nécessaires pour atteindre la neutralité carbone<sup>12</sup>. Un narratif plus sobre en énergie limiterait l'action d'atténuation nécessaire et les risques associés à un scénario de transition (ex : SSP1). Au contraire, une hypothèse de développement plus soutenu s'accompagnerait d'une croissance dynamique mais pourrait être plus exposée au risque de transition, notamment désordonnée (SSP5). Enfin, en l'absence de coopération, le narratif SSP3 affiche à la fois la projection la plus faible d'activité mais aussi les efforts d'atténuation les plus importants. S'il apparaît central et conservateur parmi les trajectoires socioéconomiques partagées (ni trop optimiste, ni trop adverse), le narratif SSP2 n'explore pas suffisamment les risques les plus extrêmes où les améliorations autonomes de l'intensité énergétique des technologies et de leur contenu carbone seraient contrariées (Riahi, et al., 2017). Ces hypothèses contraindraient encore davantage les politiques publiques et leur temporalité.

## (ii) La transition s'opère dans un cadre technologique plus ou moins favorable

L'action publique est ici caractérisée par l'évolution des prix du carbone, associée aux hypothèses technologiques précédemment citées ainsi qu'aux hypothèses de capture et séquestration du carbone. Concernant ces dernières, les scénarios du NGFS font des hypothèses que l'ADEME juge relativement ambitieuses. Bien qu'elles se placent dans la lignée des travaux du GIEC, elles sont à la fois associées aux scénarios de transition les plus aboutis (SSP2 2.6 et 1.9, respectant respectivement des limites de hausse 2°C et 1,5°C) et s'appuient sur une forte maturité de ces technologies ainsi que des courbes d'apprentissage les plus favorables. De telles hypothèses pourraient tendre à minimiser les risques financiers liés à la transition<sup>13</sup> et l'effort à mettre en œuvre. En pratique, la valeur tutélaire du carbone est très sensible aux puits de carbone estimés, comme l'ont démontré les travaux de la commission Quinet (cf. Tableau 2). Concernant la maturité technologique, la variante 2 permet de capter une partie de ces effets.

<sup>12</sup> Par exemple, Heutel (2012) souligne qu'en période d'expansion, le capital est plus productif et le coût d'opportunité de l'abattement par rapport à l'investissement serait donc important.

<sup>13</sup> Voir Riahi (2017) : "CCS plays an important role in many of the mitigation scenarios even though its deployment is subject to large uncertainties".

Modèles		2030		2050	
Technico-économiques	TIMES	322	288	1 365	2 451
	POLES	253	351	1 958	3 513
Macro-économiques sectoriels	IMACLIM	168	168	1 453	3 122
	IMACLIM (myope)	228	-	3 328	-
	ThreeME	143	143	511	2 389
	NEMESIS	185	185	-	-
<b>Moyenne</b>		221		2 233	
<b>Minimum-maximum</b>		<b>143</b>	<b>351</b>	<b>511</b>	<b>3 513</b>

Tableau 2 : Valeur tutélaire du carbone pour des puits compris entre 75 (orange) et 95 MtCO<sub>2</sub>e (bleu)

Source : France Stratégie (2019), La valeur de l'action pour le climat.

Note : Prix du carbone exprimé en €2016/tCO<sub>2</sub>e.

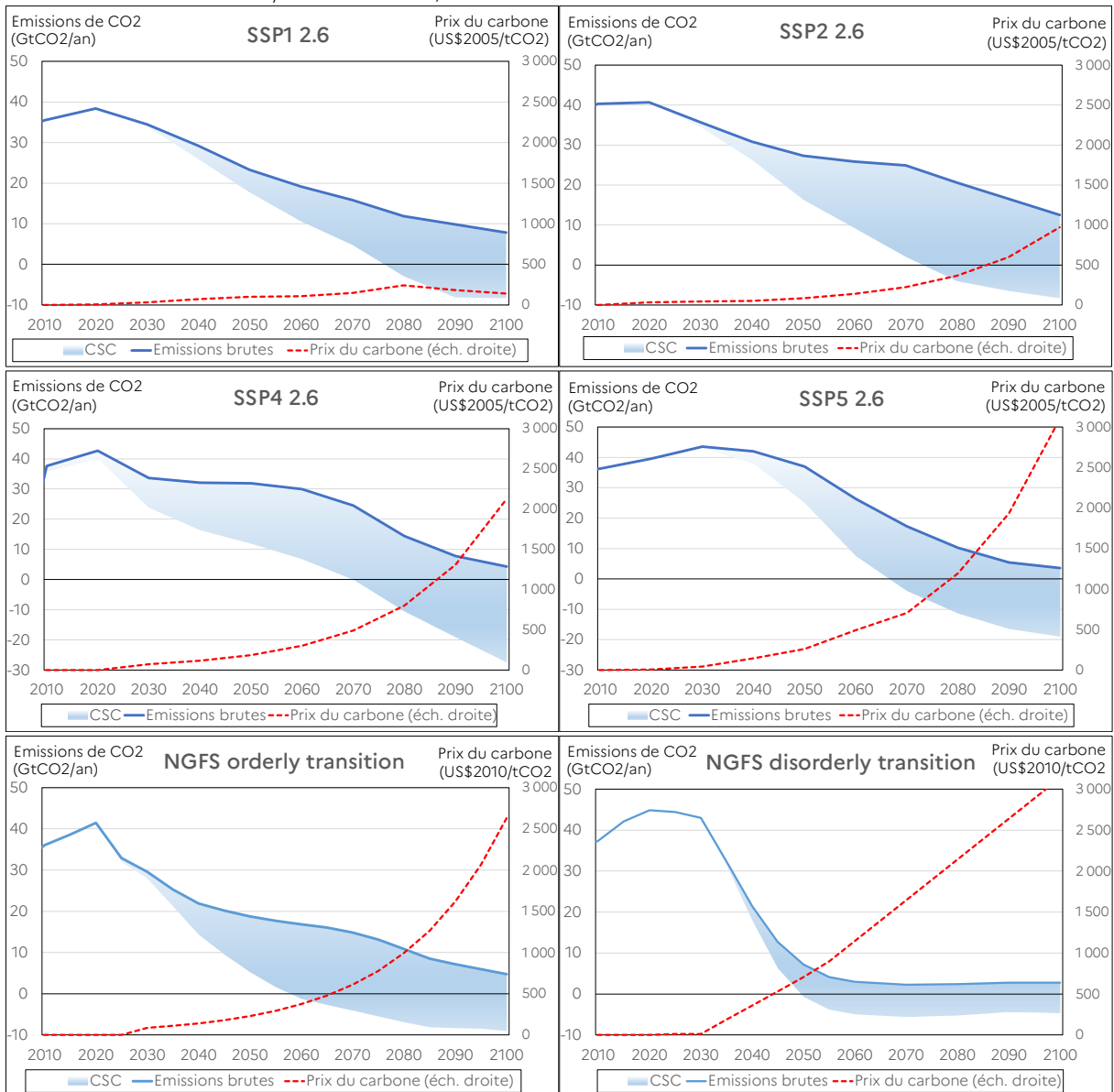


Figure 3 : Efforts d'atténuation associés aux scénarios du GIEC et du NGFS

Note : Trajectoires compatibles avec le RCP 2.6 et le maintien d'un réchauffement inférieur à 2°C. Celles-ci sont associées à leur modèle marqueur. Le RCP 2.6 n'est pas considéré comme atteignable par le scénario SSP3. Les prix du carbone doivent être comparés avec prudence car issus de modèles différents.

(iii) **Le choix d'un scénario central de transition ordonnée peut laisser penser qu'il est à la fois le moins adverse et le plus probable dans le futur**

Les risques financiers liés au climat font face à une incertitude radicale : incertitude liée à la mise en place de l'action collective et à ses conséquences, incertitude liée au changement climatique et à ses conséquences. C'est pourquoi la plupart des modèles, qui reposent en partie ou entièrement sur données passées, sont incapables d'évaluer correctement les effets de mécanismes qui n'ont pas encore été pleinement observés à ce jour. Aucun acteur ne peut encore définir de façon certaine quelle est la trajectoire la plus probable ou encore quelle sera la trajectoire future optimale économiquement. Les travaux d'analyse coût-bénéfice réalisés par la recherche académique et marqués par les travaux de Nordhaus, ont beaucoup trop de limitations théoriques pour être conclusifs.

C'est pourquoi la définition des « risques liés au climat » ne fait pas consensus parmi les acteurs. À la fois parce qu'on ne peut exprimer clairement lesquels des risques de transition et des risques physiques vont prédominer à un horizon donné. Sur le seul risque de transition, les acteurs ne partagent pas non plus le même référentiel. À titre d'exemple, lors de l'évaluation de la Stratégie nationale bas-carbone, l'ADEME et le CIRED ont conclu que la nouvelle trajectoire de neutralité générerait, rapporté à une précédente SNBC moins ambitieuse, un gain de PIB similaire, de l'ordre de 3 à 4 points à l'horizon 2050 (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, 2020).

L'exercice-pilote fait au contraire le choix de placer le scénario de transition ordonnée (considérée comme une trajectoire compatible avec la SNBC) comme scénario central. Ce choix n'a pas de conséquence pratique pour les institutions financières<sup>14</sup>, mais en aura certainement un en termes de communication et d'incitation. Les impacts macroéconomiques et les pertes sont exprimés à la fois en évolution dans chaque scénario mais aussi en écart à cette transition ordonnée, et les pertes (ou gains) le seront par rapport au portefeuille de référence qui s'y matérialise. C'est pourquoi les scénarios semblent relativement peu adverses : les trajectoires diffèrent essentiellement par leur temporalité.

La dimension du risque de l'exercice-pilote est alors principalement captée par l'amplitude du choc de taxation, en particulier la variante 1 « retardée » (cf. Figure 4) : à court terme, le scénario ordonné est plus adverse (puisqu'avec une action publique immédiate), tandis qu'à long terme, le scénario retardé prend le dessus (puisque le rattrapage nécessite une action plus abrupte). Selon le modèle utilisé et l'hypothèse de recyclage, d'autres institutions pourraient parvenir à une conclusion inverse ; ce débat fait écho, en macroéconomie environnementale, à la théorie du « double dividende ». L'ADEME reconnaît que cette théorie ne fait pas consensus parmi les acteurs et restera, en l'absence de recul historique suffisant, encore ouverte au débat, mais souligne que cette incertitude devrait être représentée dans le travail des superviseurs. Le modèle Three-ME utilisé par l'ADEME et l'OFCE permet par exemple d'obtenir un gain économique et environnemental d'une taxation environnementale, en particulier lorsque le recyclage des recettes est ciblé pour alléger des impôts et taxes distorsifs (Callonnec & Combaud, 2019) et que les industries soumises à l'ETS restent exonérées.

De plus, au contraire des chocs financiers usuels<sup>15</sup> supposés impacter négativement toutes les institutions, la transition énergétique fait ressortir certains secteurs gagnants. Une institution financière pourrait se révéler gagnante, même dans un scénario que le superviseur présenterait comme adverse. Dès lors, si l'on cherche à mesurer les risques dans leur ensemble le plus étendu, la notion de scénario central paraît moins pertinente, et ce d'autant qu'elle pourrait conduire par erreur à interpréter ce scénario de transition ordonnée comme étant à la fois le moins adverse mais aussi le plus probable. Pour autant, choisir un autre scénario plus conservateur (comme un scénario d'inaction ou de *business as usual*) pourrait également se révéler encore plus contreproductif : dans son analyse des travaux du NGFS, les associations *Oil Change International* et *Reclaim finance* craignent que des projections d'investissements dans des activités non durables donnent la perception aux acteurs économiques que ceux-ci restent nécessaires voire inévitables (Ioualalen & Schreiber, 2021).

<sup>14</sup> L'évaluation des pertes des institutions financières est réalisée à partir des scénarios exprimés « en niveau », et pas en écart relatif à une trajectoire de référence.

<sup>15</sup> Ces chocs sont en général reproduits à partir d'évènements passés : récessions économiques, faillites financières, dégradation de la note d'un Etat, hausse des spread...



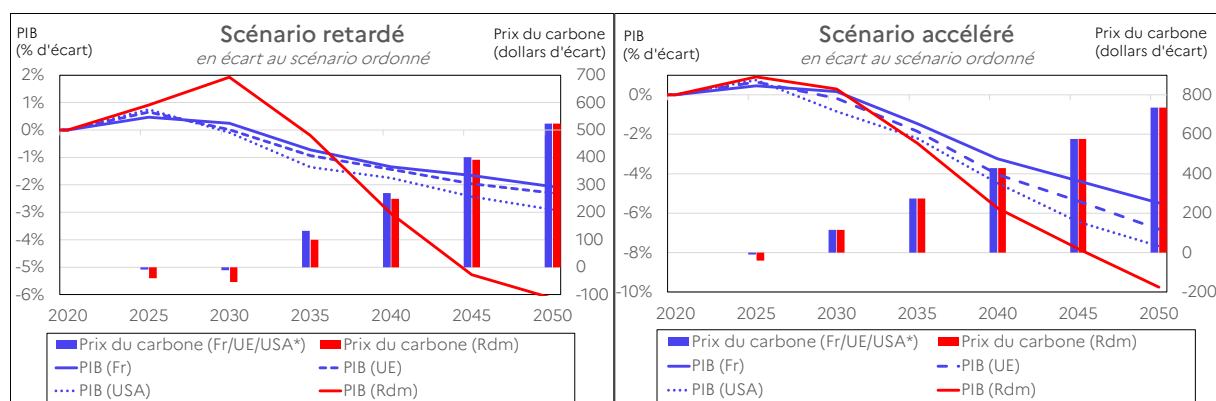


Figure 4 : Scénarios macroéconomiques de l'ACPR

Source : Scénarios ACPR

\* Les prix du carbone USA diffèrent très marginalement des prix FR/UE.

Lecture : En 2030 (2050) le PIB est relevé de 0,3 % (inférieur de 2,1 %) dans le scénario retardé par rapport au scénario ordonné, alors que les prix du carbone y sont inférieurs de 11 dollars (supérieurs de 533 dollars).

Pour comparer les impacts macroéconomiques et les impacts sur les portefeuilles, l'ADEME propose donc de ne pas définir explicitement de scénario central, notamment puisque celui-ci apparaît inadapté à un exercice d'évaluation des risques financiers liés au climat (voir section suivante).

Une plus grande diversité des scénarios devrait ainsi permettre de positionner les acteurs financiers par rapport à des scénarios de transition ou d'absence de transition : dans quel(s) scénario(s) chaque acteur est-il le plus vulnérable ? Est-il bien positionné pour soutenir une politique plus volontariste de décarbonation de l'économie ?

**(iv) Les trois scénarios de transition ne sont pas représentatifs de l'ensemble des futurs envisageables et n'intègrent pas les risques les plus extrêmes**

L'exercice-pilote s'est basé sur deux cases de la matrice du NGFS : celles de la transition ordonnée et celle de la transition désordonnée. Ces familles peuvent être associées à des scénarios « prospectifs », où la trajectoire macroéconomique est conditionnée à l'atteinte d'un objectif environnemental (Jacquetin, 2021). Ces scénarios correspondent ici à des trajectoires déterministes relativement linéaires et conservatrices. De futurs exercices d'évaluation des risques devront nécessairement évaluer des scénarios où le risque se matérialise « en queue de distribution » (*fat-tail risks*). Ces scénarios ont une faible probabilité de matérialisation mais auront les conséquences économiques et sociales les plus lourdes.

L'ADEME suggère aux superviseurs de proposer d'autres types de scénarios, *a minima* un scénario d'inaction<sup>16</sup> (« politique inchangée ») et des scénarios basés sur des narratifs plus sévères (ex : SSP3/SSP5), qui ne seraient pas alors nécessairement calibrés pour respecter une trajectoire prédéfinie et aboutiraient, par exemple, à une transition incomplète. Les institutions financières pourraient alors évaluer l'état de leurs pertes futures selon un panel assez large de futurs ainsi que des options plus adverses, ce qui reste l'objet d'un stress-test.

Il est difficile d'évaluer précisément la probabilité des scénarios de transition qui ne se basent pas sur la reproduction d'événements historiques déjà observés, sauf à développer des modèles microfondés et « stock/flow consistant » qui échappent à la critique de Lucas. On pourra donc davantage parler de plausibilité que de probabilité d'occurrence les concernant. Un autre axe pour les qualifier est le champ des possibles qui est couvert et la sévérité de ces scénarios pour l'économie. L'ADEME considère que, dans le cadre de cet exercice pilote, le champ est assez restreint avec trois scénarios d'atteinte de la neutralité carbone en 2050 par des chemins de prix du carbone continus et coordonnés à un niveau

<sup>16</sup> Dans leurs exercices prospectifs respectifs, la Banque du Canada, la Banque d'Angleterre ou la Banque de Hongrie ont choisi d'inclure ce scénario d'inaction (avec ou sans risques physiques selon les exercices).



mondial. Des approches moins idéales, de type *stop-and-go* des politiques climatiques, d'absence d'atteinte des objectifs ou d'absence de coopération internationale devraient permettre d'explorer des scénarios également plausibles mais de sévérité supérieure.

(v) **Des chocs sectoriels agrégés comparables à notre évaluation de la SNBC, mais qui plaident pour une segmentation plus fine à l'avenir**

Le scénario sectoriel (ici celui de transition ordonnée), associé à l'atteinte de la neutralité carbone en 2050, ne fait pas apparaître de choc sectoriel majeur pour l'économie française. Ce résultat agrégé est globalement analogue à l'évaluation de la SNBC par l'ADEME (cf. Figure 5). Une vision plus détaillée fait cependant ressortir des évolutions plus marquées dans la modélisation ADEME : baisse de l'intensité énergétique française, quasi-disparition du secteur pétrolier et du gaz naturel, effets d'entraînement massifs dans les services liés aux investissements de rénovation énergétique et relocalisation de l'activité des pays exportateurs vers des pays importateurs de combustibles fossiles. Les raisons sont essentiellement liées aux choix et hypothèses de modélisation sectorielle (voir section suivante), mais aussi éventuellement à une trajectoire de prix du carbone plus forte dans le scénario ADEME.

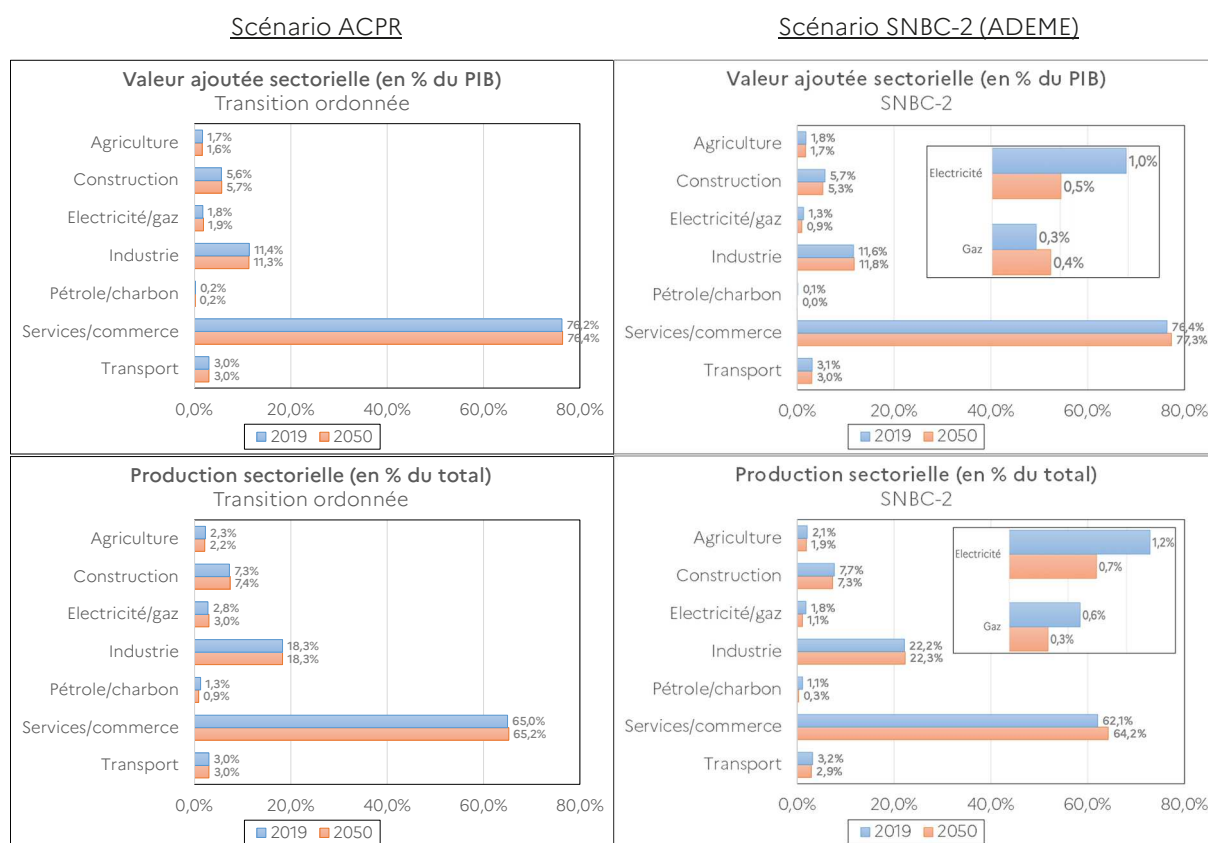


Figure 5 : Evolution des activités sectorielles françaises dans les scénarios ACPR et ADEME

Sources : Scénarios ACPR et simulations ADEME.

Note : la désagrégation sectorielle simplifiée vient de nomenclatures, sources et années de calibration différentes, ce qui explique les faibles écarts en 2019 sur les productions sectorielles.

Dans le scénario SNBC modélisé par l'ADEME (2020), la plupart des secteurs connaissent une hausse significative de leur intensité capitaliste sous l'effet des investissements de rénovation et d'efficacité énergétique (cf. Annexe 1). Les secteurs importateurs de combustibles fossiles (gaz et pétrole notamment) bénéficient aussi d'effets de relocalisation significatifs et de créations d'emplois domestiques sous l'effet de la hausse des prix énergétiques (cf. Annexe 2). Au sein du secteur gaz/vapeur/chaaleur, l'utilisation du gaz naturel est supposée disparaître d'ici 2050 au profit d'une montée en puissance des énergies renouvelables (biogaz et géothermie notamment) et de l'électrification des usages.

## 5. Les outils et hypothèses de modélisation

---

### (i) Les mécanismes de la transition énergétique nécessitent une modélisation macro-économique multi-sectorielle

Comme le note l'ACPR, l'analyse de scénarios de risque climatique nécessite l'utilisation d'outils spécifiquement adaptés à l'exercice :

- un horizon temporel très long (1), nécessaire à la représentation de la matérialisation à long terme des risques financiers liés au climat ;
- une dimension internationale (2) et sectorielle (3), liée à des activités financières françaises très internationalisées et à la prise en compte de l'hétérogénéité des expositions des secteurs aux risques climatiques.

Cet exercice est donc d'un genre relativement nouveau. Les projections socio-économiques liées au climat ne sont d'ordinaire pas aussi poussées. La Stratégie nationale bas-carbone française est évaluée à partir de modèles centrés sur l'économie nationale. De leur côté, les institutions internationales (GIEC, AIE) proposent des trajectoires très agrégées, notamment à des fins de planification économique et politique. Cela est notamment lié au fait que les modèles macroéconomiques, outils nécessaires à la synthèse de ces scénarios, ne sont en général pas aussi granulaires. Les modèles couplant à la fois désagréments sectorielle et géographique sont rares, ont des accès souvent restreints et leur utilisation est limitée à des experts dans des grandes institutions de recherche. Pour maîtriser tous les aspects de ces outils, considérés par beaucoup comme des « boîtes noires », les superviseurs pourront poursuivre les réflexions et concertations avec les différents acteurs de modélisation pour faire évoluer la méthodologie.

Le choix du modèle NiGEM fait sens dans la mesure où il fait référence parmi les institutions financières ; son utilisation y est déjà répandue et ses fondements théoriques suffisamment transparents, c'est par ailleurs un des rares modèles macroéconomiques internationaux caractéristique nécessaire pour tenir compte des expositions des groupes financiers français. Sa représentation des échanges commerciaux entre les pays en fait également un outil particulièrement intéressant pour représenter les conséquences d'un scénario de transition mondiale lié aux évolutions de l'activité, aux effets de compétitivité-prix d'une taxe et définir des scénarios financiers plausibles issus de ces déséquilibres. Toutefois, il ne propose pas de désagrégation sectorielle et ne représente qu'un seul facteur de production énergétique associé à une fonction de production très agrégée (dite de « Cobb-Douglas »). Cette représentation en fait un outil encore limité pour la modélisation fine des risques de transition, qui se limitent ici essentiellement aux risques de sobriété<sup>17</sup>, de récession face à une hausse de la fiscalité de l'énergie ainsi qu'un possible impact sur la productivité totale des facteurs. Un scénario de transition ferait apparaître d'autres mécanismes : effets d'efficacité énergétique<sup>18</sup> et effets de substitution et de transfert d'activité vers des produits et activités moins émetteurs de gaz à effet de serre, conséquences à la fois de mesures économiques comme une taxe carbone, mais aussi des évolutions technologiques ou des nouvelles normes et réglementations. Si l'impact agrégé est globalement cohérent (cf. §4(v)), les multiples effets de la transition ne peuvent être correctement représentés qu'à partir de modèles sectoriels plus granulaires et des fonctions de production plus étendues. Dans le cadre de l'exercice pilote, l'ACPR utilise dans un deuxième temps un modèle sectoriel pour prendre en compte une partie de ces effets, y compris les interactions sectorielles données par une matrice input-output.

Selon cette modélisation, le portefeuille *retail* semble peu affecté par le risque de transition : les variables retenues (PIB et chômage) présentent une trajectoire favorable. De fait, en l'absence de politique de formation efficace, inter et intra sectorielle, une part de la main-d'œuvre pourrait être exposée au risque de chômage. Enfin, dans l'exercice, les revenus tirés de la taxe carbone sont redistribués aux ménages. En présence de gains de pouvoir d'achat moins dynamiques, d'une politique de redistribution moins efficace

---

<sup>17</sup> La sobriété énergétique consiste à réduire son besoin de service énergétique et à limiter la production et/ou la consommation.

<sup>18</sup> L'efficacité énergétique consiste à réduire la quantité d'énergie nécessaire pour répondre à un service énergétique donné, en investissant dans des équipements possédant un meilleur rendement énergétique (isolation des logements, véhicules moins consommateurs...).

et de contraintes réglementaires (obligation de travaux de rénovation), la hausse des prix du carbone pourrait également significativement peser sur la solvabilité des ménages.

Les principaux modèles dédiés à l'étude du changement climatique reposent sur la théorie de l'équilibre général walrassien. À l'origine statiques, ces modèles ont connu de multiples développements et ont de nombreux avantages pour l'étude des politiques environnementales (représentation fine des interconnexions sectorielles de l'économie, de l'équilibre des marchés, du commerce international). Ces modèles sont toutefois restrictifs en termes d'évaluation des risques financiers. Il y est supposé que l'offre détermine la demande et celle-ci n'a pas d'effet rétroactif sur la production. L'évolution du stock de capital est déterminée par un stock d'épargne qui lui-même dépend de paramètres exogènes (population et productivité du travail). La monnaie y est supposée neutre et la politique monétaire n'a pas d'incidence sur l'investissement ou sur l'activité. Ce type de modèle apparaît moins approprié pour traiter les crises financières.

Pour apprécier l'impact de la finance sur l'économie, il pourrait être pertinent de prendre en compte la création monétaire en supposant que les taux d'intérêt équilibrent l'offre et la demande de monnaie (ou l'offre de monnaie s'ajuste à la demande en fonction des taux) et non l'épargne et l'investissement. Des modèles néo-keynésiens semblent alors plus adaptés. Plusieurs modèles candidats ont pu être expérimentés par des banques centrales à titre exploratoire (cf. Tableau 3). Dans des exercices « top-down », la Banque du Canada a par exemple utilisé le modèle CGE EPPA (Ens & Johnston, 2020), tandis que la Banque de Hongrie s'est reposée sur le modèle macroéconométrique E3ME (Cambridge Econometrics, 2021). La Banque de France, en employant NIGEM, utilise un modèle néo-keynésien intégrant des rigidités nominales et une règle de Taylor.

	EPPA	E3ME
Nom complet	Emissions Prediction and Policy Analysis	Energy-Environment-Economy Global Macro-Economic
Institution	Massachusetts Institute of Technology (USA)	Cambridge Econometrics (UK)
Catégorie	Modèle d'équilibre général walrassien	Modèle macroéconométrique néo-keynésien
Politique monétaire	Neutralité de la monnaie	Règle de Taylor (l'offre de monnaie s'ajuste en fonction des taux)
Investissement et financement de l'économie	L'épargne finance l'économie et l'investissement	La création monétaire finance l'investissement

Tableau 3 : Autres modèles candidats pour un stress-test climatique

## (ii) La diversité des outils rend plus difficile la lisibilité et la cohérence des trajectoires

La représentation des scénarios a nécessité au total l'utilisation de trois modèles très différents par leur nature, permettant de réaliser les trois étapes successives :

- Les modèles « IAM » ont permis de déterminer, à la fois les hypothèses socioéconomiques communes (PIB des différentes régions) ainsi que l'hypothèse d'action publique pour chaque scénario, une valeur cible du carbone, associée à l'atteinte des objectifs des accords de Paris ;
- Le modèle NiGEM permet de représenter, à partir de ces deux trajectoires, les scénarios macroéconomiques au niveau national (PIB<sup>19</sup>, inflation, matières premières, taux d'intérêt, taux de change) ;
- Le modèle multisectoriel statique permet enfin de désagréger les scénarios macroéconomiques nationaux au niveau sectoriel (production et valeur ajoutée).

<sup>19</sup> Seule la variante 2 ne se cale pas explicitement sur la trajectoire de référence du NGFS.

Plusieurs séries apparaissent communes à ces 3 modèles, et notamment : le PIB, le prix du carbone et les gains de productivité. Pour maintenir la cohérence au cours de l'exercice, la Banque de France a décidé d'aligner chacune des trajectoires macroéconomiques l'une sur l'autre. Cet alignement est réalisé en pratique en ajustant les gains de productivité du travail, variable exogène souvent calibrée par l'utilisateur à une valeur de référence destinée à reproduire des tendances passées.

Cette méthode permet une cohérence entre les principales trajectoires (prix du carbone et PIB). Cependant, elle ne corrige pas les différences structurelles entre les modèles et peut limiter leur pleine compréhension. Par exemple, il est fait l'hypothèse que la trajectoire des prix du carbone « IAM » (qui ici correspond au principal levier de transition) permet d'atteindre la neutralité carbone au niveau mondial. En pratique, cette valeur est soumise à de nombreuses incertitudes, et son évaluation dépend elle-même de la méthodologie et des familles de modèles retenus. Ainsi, une certaine trajectoire carbone peut aboutir à la neutralité dans un modèle, mais être insuffisante dans un autre. Le groupe de travail sur la valeur tutélaire du carbone faisait ressortir, à l'horizon 2030, une valeur comprise 143 € et 351 € (France Stratégie, 2019). Cette valeur gagnerait aussi à être régionalisée en fonction des efforts d'atténuation respectifs des pays.

La cohérence des trois outils est ici assurée par le fait qu'aucune série économique (autre que le PIB et les prix du carbone) ou environnementale (émissions) n'apparaît plus d'une fois. Par exemple, le modèle NiGEM ne représente pas les émissions et ne permet donc pas de vérifier l'atteinte de la neutralité. En pratique, des hypothèses différentes de gains de productivité peuvent sensiblement modifier les propriétés des trajectoires : celles-ci ne sont alors plus les mêmes que celles des IAM<sup>20</sup>. La calibration des gains de productivité apparaît donc comme un facteur important qui sert de variable d'ajustement. En pratique, il est difficile de donner un sens économique à ces nouveaux gains de productivité : ils influencent la trajectoire macroéconomique (prix, activité, commerce extérieur) mais ne correspondent pas à une hypothèse économique ou à un choc de transition spécifique. S'ils sont dynamiques, ils permettent de limiter les pertes économiques en soutenant une baisse des coûts de production et des gains de pouvoirs d'achat ; ici, ils assurent la cohérence avec une trajectoire de PIB mondiale, donnée par les IAM<sup>21</sup> mais ils influent également sur l'ensemble de la dynamique macroéconomique et sectorielle.

L'ADEME encourage à poursuivre les travaux pour tendre vers un cadre unifié qui permette de rendre plus lisible le narratif choisi par le superviseur et définir les hypothèses appliquées, à la fois sur les chocs de transition et les hypothèses socio-économiques (gains de productivité). Cela impliquerait, par exemple, de ne plus reposer spécifiquement sur l'ensemble des hypothèses du NGFS<sup>22</sup> et de se fier aux résultats d'un seul modèle sans essayer de reproduire une trajectoire prédéfinie. Si des modèles satellites doivent être appliqués pour réaliser une expansion de scénarios nécessaires (comme pour la représentation fine des différents taux d'intérêt), le superviseur pourrait s'assurer qu'une même hypothèse n'est pas représentée plusieurs fois. On peut cependant concevoir un bouclage des trois modèles précités plus haut pour peu que la dynamique soit déterminée par NiGEM.

### (iii) La modélisation multisectorielle et environnementale est source d'incertitudes

Contrairement aux exercices de stress-tests usuels, les outils employés sont beaucoup plus désagrégés et nécessitent des fondements théoriques et empiriques beaucoup plus détaillés :

- Sur le plan théorique, les modèles sont issus de plusieurs courants de pensée et représentent différemment les réactions des agents face à de nouvelles politiques publiques. En particulier, des modèles dits « walrassiens » auront tendance à donner une image plus pessimiste d'une politique environnementale<sup>23</sup>, là où des modèles dits « keynésiens » peuvent donner une représentation moins abrupte, en particulier en présence de politiques de redistribution<sup>24</sup>.

<sup>20</sup> Les IAM étant walrassiens, l'introduction d'une taxe carbone (même redistribuée) entraîne une perte sèche. La trajectoire du PIB y est peut-être sous-évaluée, comme la valeur tutélaire du carbone.

<sup>21</sup> Excepté pour la variante 2.

<sup>22</sup> Les trajectoires du NGFS apparaissent indicatives et ne s'appliquent pas strictement aux spécificités de l'économie française.

<sup>23</sup> Selon la théorie de l'équilibre général, l'application d'une taxe environnementale générerait une « perte sèche » économique, dans la mesure où la nouvelle situation ne serait plus optimale pour les agents.

<sup>24</sup> Les modèles peuvent alors corriger des distorsions ou des imperfections de marché préexistantes.

- Sur le plan empirique, des modèles multisectoriels associent un nombre très important d'équations économiques, ce qui alourdit considérablement le besoin en séries historiques et le nombre de paramètres à fixer notamment pour rendre compte des interactions et consommations intermédiaires ; certaines de ces données sont souvent difficiles à estimer proprement alors que les modèles apparaissent très sensibles à certaines d'entre elles<sup>25</sup>.

Dans ce nouveau type d'exercices, l'analyse des scénarios aura des conséquences très concrètes pour les établissements et l'évaluation de leur solvabilité. Comme les exercices des superviseurs reposent sur l'analyse de la vulnérabilité, la méthodologie et les outils peuvent volontairement être retenus pour leur caractère adverse. Le choix d'un modèle est donc une étape cruciale et, s'il apparaît difficile à ce jour de partager une même définition de la transition entre institutions et d'éviter les critiques et potentiels biais de prospectifs, il est important d'être transparent sur les propriétés de ces outils et d'évaluer la robustesse des hypothèses, en particulier face aux paramètres les plus sensibles (politique monétaire, calibration des fonctions de production, état initial de l'économie...). Nous saluons les efforts faits par la Banque de France dans le partage des méthodologies et données. Nous voyons également l'intérêt de poursuivre sur cette voie en analysant de façon comparée les propriétés et résultats des modèles utilisés dans le cadre de l'exercice pilote avec d'autres approches existante pour construire des scénarios de transition.

Enfin, les risques de transition reposent sur des leviers d'action différents (chocs fiscaux, technologiques, réglementaires, comportementaux...). Les modèles macroéconomiques sont particulièrement adaptés pour représenter les deux premiers leviers cités, et la Banque de France a choisi de se reposer sur le prix du carbone comme principal levier d'action. C'est en effet l'outil économique le plus direct et optimal efficace pour diminuer les émissions et c'est le levier privilégié lors de tous les exercices de supervision climatique menés jusqu' alors. Son utilisation pose toutefois la question de la redistribution des recettes générées, et les trajectoires économiques apparaissent encore là aussi très dépendantes, à la fois de la catégorie de modèles utilisés mais aussi de la redistribution privilégiée (ici un crédit d'impôt aux ménages, cf. Tableau 4).

Scénario	Effet sur le PIB (% d'écart)		Effet sur l'emploi (milliers d'emplois d'écart)	
	2030	2050	2030	2050
Scénario central	0,2	0,1	35	21
Recyclage 100 % ménages	0,2	0,1	31	24
Recyclage 100 % entreprises	0,1	0,1	24	21
Recyclage mixte via les cotisations sociales	0,2	0,1	45	31
Recyclage mixte au prorata des recettes ménages et entreprises via l'impôt sur les sociétés	0,2	0,1	37	22
Recettes utilisées à des fins de consolidation budgétaire	-0,1	0	-36	-14

Tableau 4 : Impacts macroéconomiques d'une taxe carbone de 100 €/tCO<sub>2</sub> selon le recyclage (modèle Three-ME)

Source : Callonnec & Combaud (2019).

#### (iv) Le modèle multisectoriel gagnerait à être intégré dans la dynamique macroéconomique

La combinaison du modèle statique multisectoriel développé par les chercheurs de la Banque de France permet de représenter ex-post la désagrégation sectorielle des impacts et les arbitrages par les agents entre différents biens selon leur niveau de taxation. Toutefois, dans cette modélisation « séparée » de NiGEM, la trajectoire macroéconomique ne sera pas influencée par les effets d'entraînement que pourraient exercer les évolutions de la demande globale induites par les transferts sectoriels. Celle-ci est

<sup>25</sup> Par exemple, les élasticités de substitution sectorielles entre facteurs de production, qui conditionnent les transferts d'activité.

supposée profondément modifier le tissu économique et provoquer des transferts d'activité majeurs (investissements, emploi, commerce extérieur) qui vont en retour influencer l'économie nationale. Séparer les deux outils peut donc induire un biais de prospective, et ces mécanismes gagneraient à être représentés dans un seul outil à travers un bouclage macroéconomique. Enfin, certaines propriétés propres au modèle (d'équilibre général) vont ici influencer les résultats macroéconomiques : l'absence de capital dans la fonction de production (qui limite les effets d'entraînements liés aux investissements d'efficacité énergétique), une offre de travail exogène et une absence de chômage (qui limite les phénomènes de relocalisation entre importateurs et exportateurs de combustibles fossiles), ainsi qu'un mix énergétique divisé entre deux vecteurs électricité/gaz et pétrole/charbon (qui limite les substitutions entre sources d'énergie).

## 6. Traitement du risque physique

---

Le risque physique apparaît plus difficile à appréhender par sa nature et l'exercice de la Banque de France est également le premier parmi les superviseurs à l'évaluer directement. Ce champ est encore au stade d'études et de recherche académique et les premières méthodologies seront nécessairement exploratoires et devront être affinées.

L'ADEME reconnaît la difficulté d'inclure ce risque dans des scénarios économiques, en particulier par l'intégration de « fonctions de dommages » dont la pertinence théorique et empirique a été abondamment contestée dans la littérature. Pourtant, les coûts du changement climatique toucheront certainement toute l'économie. Une revue de littérature réalisée par l'ADEME fait ressortir de nombreux canaux de propagation pour la seule économie française : rendements agricoles, sylvicoles et piscicoles, productivité du travail, pertes de capital, demandes et rendements énergétiques... Ces risques touchent les activités productives des entreprises et beaucoup n'apparaissent à ce jour pas couvertes par les assurances. Dans le cas où elles le seraient, elles toucheraient nécessairement les primes d'assurance et donc *in fine* les assurés économiques.

L'exercice-pilote a fait un pas important en couvrant les dommages aux biens et les risques de maladies et de décès. Toutefois, l'exercice ne tient pas compte des perturbations économiques liés aux dommages (qu'ils soient assurés ou non). Les répercussions d'une hausse des primes d'assurance, prises en compte dans l'exercice, pourront aussi faire l'objet d'un approfondissement. Ainsi, les réponses de l'industrie restent insatisfaisantes : d'une part les assureurs ont considéré que l'intégralité des coûts des sinistres pouvait être absorbé par les clients, y compris l'hypothèse de rééquilibrage du régime CATNAT en France nécessaire pour le maintenir à l'équilibre, et d'autre part l'exercice a révélé la difficulté des banques à déterminer la localisation précise de leurs expositions.

L'exercice n'a pas couvert à ce stade les perturbations économiques directes des activités productives (pertes de productivité des travailleurs face à la hausse des périodes de forte chaleur et aux arrêts maladies, fluctuations des revenus du tourisme, perturbations des rendements et de la demande énergétiques, rendements agricoles et piscicoles). Pour de prochains exercices, il pourrait être pertinent d'inclure une dimension macroéconomique, sectorielle et si possible géographique qui concernerait l'ensemble des acteurs, à la fois pour les risques non couverts (coût des dommages) et les risques couverts (coût assurantiel).

Le choix de représenter un seul scénario fait également sens, dans la mesure où les projections climatiques apparaissent en 2050 relativement proches les unes des autres. Toutefois, l'inertie climatique pourrait être plus courte que prévue et certaines études estiment déjà que les efforts d'atténuation pourraient être sensibles beaucoup plus tôt. D'autre part, il existe de nombreuses incertitudes autour des boucles de rétroaction et points de basculement, qui limiteraient la visibilité des risques à venir, en particulier des risques extrêmes. Enfin, les dernières projections de température sont plus pessimistes et écarter la contrepartie climatique d'une transition désordonnée ou incomplète pourrait être contreproductif dans l'effort de réorienter les stratégies du secteur financier. L'ADEME propose, sur la base de l'exercice biennal anglais (Bank of England, 2019), d'intégrer de manière anticipée les coûts des dommages afin de ne pas les reporter sur des générations ultérieures.

## 7. Sensibilité des résultats aux hypothèses

---

Le secteur financier apparaît relativement peu exposé aux risques de transition, en comparaison des risques traditionnellement simulés dans des stress-tests financiers : « La raison est liée au fait qu'aucun des scénarios de transition envisagé ne s'accompagne d'une baisse du PIB, contrairement au cadre usuel de stress-tests réglementaires » (Clerc, et al., 2021). Dans un stress test classique, on fait l'hypothèse que tous les facteurs de risque subissent un choc négatif; la nature de l'exercice climatique est différente puisque certains secteurs vont bénéficier de la transition tandis que d'autres seront perdants. L'ACPR conclut que le secteur financier serait finalement modérément exposé au risque de transition, ce qui ressort également des scénarios macroéconomiques réalisés périodiquement par l'ADEME.

Les résultats confirment que la variante 1 (transition retardée) est relativement peu adverse, et que les risques se matérialisent essentiellement dans la variante 2 (transition accélérée) marquée par des effets de retard technologiques et des gains de productivité moins dynamiques. Cet exemple tend à montrer que le risque de transition pourrait être beaucoup plus marqué si des scénarios et des narratifs plus fins étaient appliqués et combinés à des mesures ou chocs additionnels à la seule montée régulière des prix du carbone, qui constituent un levier de transition ciblé et peu distorsif.

Pour autant, les banques semblent dépendre autant des hypothèses économiques que des actions d'atténuation, et notamment de l'hypothèse de redistribution des recettes sur les différents segments du risque de crédit<sup>26</sup> :

- Le risque semble limité sur le portefeuille *retail*. Plus que l'hypothèse de redistribution des prix du carbone (via un crédit d'impôt aux ménages), c'est également l'hypothèse de gains de pouvoir d'achat dynamiques qui compense la fiscalité carbone et favorise la solvabilité des ménages<sup>27</sup>. À noter dans ce cas que c'est l'hypothèse de répartition la moins favorable à la croissance de l'activité qui a été retenue dans une logique conservatrice ;
- Le portefeuille obligataire voit également une hausse significative des pertes, sous l'effet de la dégradation des finances publiques plus marquée dans les scénarios de transition désordonnée<sup>28</sup> ; si les recettes avaient été affectées à la consolidation budgétaire, le portefeuille souverain<sup>29</sup> aurait peut-être été moins affecté (et davantage le portefeuille *retail*), ce qui aurait atténué le choc financier.

Côté assurances, les coûts du changement climatique au passif est principalement compensé par la hausse des tarifs ainsi que partiellement par une hausse de la valorisation des actifs, en lien avec l'hypothèse de prolongement des politiques monétaires accommodantes sur tout l'horizon de projection<sup>30</sup>. L'effet de cet univers de taux bas (cf. Figure 6) a de multiples effets sur l'actif, le passif et les fonds propres des assurances, c'est une hypothèse importante qui conditionne les résultats du stress-test et qui mériterait sûrement d'être discutée dans un contexte de transition et de changement climatique.

La question de ces deux hypothèses (redistribution des recettes et politique monétaire) apparaît déterminante, autant sur l'adversité des scénarios que sur la perception du risque financier des différents segments des établissements. Certaines hypothèses alternatives pourraient modifier certaines conclusions de l'exercice (cf. Tableau 5 et Tableau 6). Comme ces choix ne font pas nécessairement l'objet de *best estimate*, les stress-tests climatiques affichent ici une limite pratique et l'exercice-pilote rappelle les limites inhérentes d'une projection à des horizons aussi longs. De prochains exercices pourraient gagner à établir des tests de sensibilité sur ces choix.

---

<sup>26</sup> Les effets semblent moins évidents pour l'évaluation du risque de marché.

<sup>27</sup> De plus, les institutions doivent limiter l'évaluation des pertes à partir des seules hypothèses de PIB et de chômage, variables par construction peu influencées par la transition sectorielle dans l'exercice-pilote. D'autres facteurs pourraient affecter les risques liés aux ménages, par exemple le risque lié à la formation et aux besoins de nouvelles compétences, ou au coût des travaux énergétiques.

<sup>28</sup> À travers certainement la hausse des probabilités de défaut des souverains.

<sup>29</sup> Le portefeuille souverain compte néanmoins pour une faible part des activités de crédit dans le « banking book ».

<sup>30</sup> Les obligations du portefeuille assurantiel sont évaluées à leur valeur de marché, contrairement au bilan des banques où elles sont évaluées au coût historique. C'est pourquoi les banques connaissent des pertes sur ce segment du risque de crédit (liées aux déficits publics et à la probabilité de défaut plus élevée) alors que les assurances profitent d'une réévaluation de leurs titres souverains liée à l'aplatissement de la courbe des taux d'intérêt sans risque.



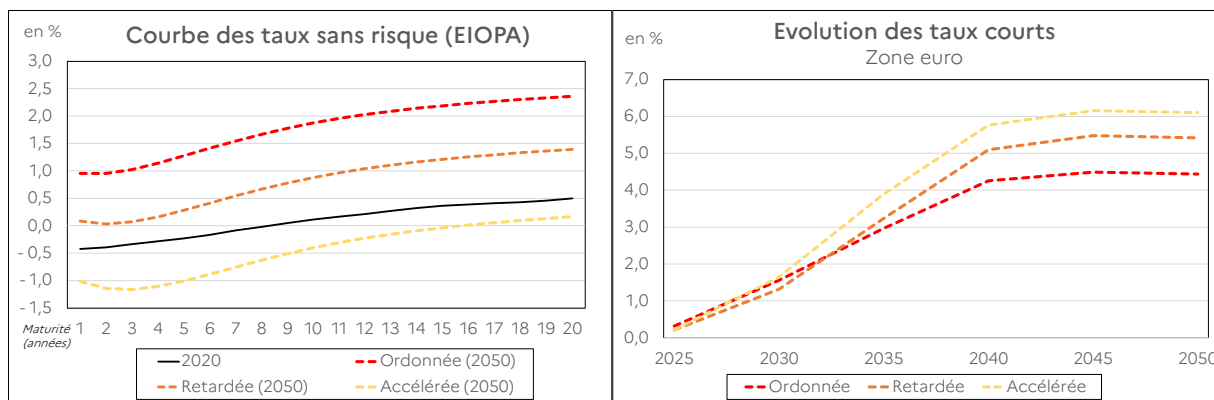


Figure 6 : Evolution des taux d'intérêt dans l'exercice-pilote

Source : Scénarios ACPR.

		Exercice-pilote Recyclage inefficace	Hypothèse alternative Recyclage efficace	Hypothèse alternative Consolidation budgétaire
Macro- économie	PIB	<b>Le crédit d'impôt aux ménages ne suffit pas à compenser l'effet récessif de la taxe carbone. Les finances publiques se dégradent sous l'effet du ralentissement de l'activité. Le taux directeur diminue pour compenser ce ralentissement.</b>	Effet d'entraînement	Effet récessif plus élevé
	Finances publiques		Moindre dégradation	Consolidation
	Taux d'intérêt		Plus élevés	Plus faibles
Conséquences financières	Probabilité de défaut ménages		Plus faible	Plus forte
	Probabilité de défaut souverains		Plus faible	Beaucoup plus faible
	Actif assurantiel		Moindre réévaluation	Réévaluation à la hausse

Tableau 5 : Conséquences indicatives de plusieurs hypothèses de recyclage de taxe carbone

Note : Les taux d'intérêt sont ici maintenus bas du fait de la forme de règle de Taylor retenue dans l'exercice-pilote (cibles combinées d'inflation et de PIB nominal).

		Exercice-pilote Politique monétaire expansionniste	Hypothèse alternative Politique monétaire restrictive
Macro- économie	PIB	<b>Le taux directeur diminue pour compenser le ralentissement de l'activité.</b>	Effets récessifs
	Taux d'intérêt		Plus élevés
Conséquences financières	Actif assurantiel		Moindre réévaluation

Tableau 6 : Conséquences indicatives de plusieurs hypothèses de politique monétaire

Note : l'hypothèse de politique monétaire dépend à la fois du choix d'une règle de comportement des banques centrales et du scénario économique projeté. Dans l'exercice-pilote, la règle de Taylor assure à la fois une cible d'inflation et une cible d'activité et tend à prolonger, du fait des effets récessifs, un univers de taux directeurs bas. La pression inflationniste liée à la taxe carbone tend à se dissiper du fait du ralentissement de l'activité.



## 8. Propositions pour des exercices futurs

---

En conclusion, l'ADEME propose aux superviseurs plusieurs pistes de développements pour les exercices climatiques futurs.

### (i) Sur les scénarios climatiques de transition

- Identifier des hypothèses socio-économiques et de transition plus adverses davantage en lien avec les évolutions macroéconomiques récentes et adaptées à une évaluation des risques les plus marqués (hypothèses de productivité, hypothèses technologiques et de capture et séquestration du carbone).
- Inclure des scénarios de risques hypothétiques, qui ne seraient plus conditionnés à l'atteinte de la neutralité carbone, ainsi que des scénarios « en queue de distribution », afin de faire ressortir des scénarios plausibles mais plus adverses propres à un stress-test (ex : une fragmentation des politiques de transition dans les régions du monde).
- Explorer des scénarios associés à des leviers d'action différents ou complémentaires des prix du carbone (pilotage du mix énergétique, chocs réglementaires, technologiques ou comportementaux).
- Inclure les risques physiques dans les scénarios macroéconomiques, en rapportant si possible l'ensemble des dommages futurs à la période observée, comme la Banque d'Angleterre (2019).
- Proposer l'inclusion de scénarios de transition de court terme dans les exercices périodiques de stress-tests européens et la simulation de scénarios de transition non anticipés par les acteurs financiers impliquant une réévaluation plus abrupte des paramètres de crédit et incitant davantage à une transition des portefeuilles.
- Pour chaque scénario, simuler et comparer les effets d'un ajustement des portefeuilles d'actifs des établissements avec anticipation parfaite ou imparfaite. Un dynamique du bilan, définie par le superviseur, permettrait de mieux comparer les risques potentiels de la transition pour les institutions financières.
- S'assurer que les mutations sectorielles générées par la transition (rénovation, économie circulaire, développement de l'usage plutôt que l'achat, digitalisation...) susceptibles de faire sortir d'anciens acteurs et entrer des nouveaux est bien prise en compte dans la modélisation des évolutions de rating dans les modèles internes des institutions. Une croissance sectorielle ne doit pas uniformément être appliquée à des entreprises ayant des positionnements différents au regard de la transition (ex : construction vs. rénovation dans le cas de l'exercice pilote). Si la méthode n'est pas applicable à l'ensemble des portefeuilles, il conviendrait en première étape de faire travailler de façon plus précise les institutions financières à une évaluation plus précise des risques de transition sur les principaux contributeurs de chaque secteur.

### (ii) Sur les choix de modélisation

- Privilégier l'utilisation d'un modèle macroéconomique unique, comme lors de l'exercice exploratoire de la Banque du Canada (2020) ou de la Banque de Hongrie (2021) ou à défaut réaliser un bouclage entre les modèles en veillant à ce que la trajectoire du PIB soit déterminée en équilibre dynamique selon une approche Offre Globale-Demande Globale.
- À défaut de pouvoir réaliser un *hard-linkage* entre les modèles, il conviendrait de caler la trajectoire du PIB des IAM sur celle des modèles économétriques et non l'inverse pour éviter les biais de prospective. Le calage de la chronique de PIB des IAM pourrait être obtenu en alignant l'évolution exogène de l'offre de travail des IAM sur la variation de la population employée donnée par les modèles macroéconométriques. Cela permettrait d'assurer la cohérence entre les deux approches. Les gains de productivité et le taux de croissance effectif du PIB seraient communs à chaque module.
- Séparer explicitement les hypothèses économiques exogènes et endogènes ; en particulier, plutôt calibrer l'exercice par une tendance de productivité que par une trajectoire de PIB, supposée être la conséquence adverse du risque de transition.
- Expliciter les propriétés et limites des outils retenus lors de l'exercice, notamment des modèles multisectoriels, et proposer des tests de sensibilité.
- Étendre progressivement le risque physique sur d'autres acteurs que les assurances à travers des scénarios macroéconomiques communs, par exemple en utilisant des fonctions de dommages sectorielles empiriquement fondées.

# Annexe 1 : Recomposition sectorielle dans la SNBC



Source : Simulations Three-ME.

Note : L'intensité capitalistique est ici définie comme le stock de capital rapporté à la production annuelle (en volume).

## Annexe 2 : Origine de la consommation dans la SNBC



Source : Simulations Three-ME.

Note : La consommation regroupe la consommation finale des ménages et les consommations intermédiaires des entreprises.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- ACPR. (2020). *Scénarios et hypothèses principales de l'exercice-pilote climatique*.
- Allen, T., Dees, S., Boissinot, J., Mateo, C., Graciano, C., Chouard, V., . . . Vernet, L. (2020). Climate-Related Scenarios for Financial Stability Assessment: an Application to France. *Banque de France Working Paper Series no. 774*.
- Aubry, A., Boisset, L., François, L., & Salomé, M. (2018). *Le ralentissement de la productivité dans les pays émergents est-il un phénomène durable ?* Trésor Eco n°225.
- Bank of England. (2019). *The 2021 biennial exploratory scenario on the financial risks from climate change*. Discussion Paper.
- Callonnec, G., & Combaud, M. (2019). *Les effets macroéconomiques et environnementaux de la fiscalité carbone*. Rapport particulier n°4, Conseil des Prélèvements Obligatoires.
- Cambridge Econometrics. (2021). *Climate impact assessment - Impacts of climate change scenarios on the Hungarian economy*.
- Cette, G., Corde, S., & Lecat, R. (2017). Stagnation de la productivité en France : héritage de la crise ou ralentissement structurel. *Economie et Statistique, n° 494-495-496*.
- Clerc, L., Bontemps-Chanel, A.-L., Diot, S., Overton, G., Soares de Albergaria, S., Vernet, L., & Louardi, M. (2021). Une première évaluation des risques financiers dus au changement climatique : les principaux résultats de l'exercice-pilote climatique 2020. *Analyses et synthèses, 122 - 2021*.
- Conseil d'orientation des retraites. (2020). *Evolutions et perspectives des retraites en France*. Rapport annuel du COR.
- Devulder, A., & Lisack, N. (2020). Carbon Tax in a Production Network: Propagation and Sectoral Incidence. *Banque de France Working Paper Series no. 780*.
- Ens, E., & Johnston, C. (2020). *Scenario Analysis and the Economic and Financial Risks from Climate Change*. Staff Discussion Paper 2020-3, Bank of Canada.
- France Stratégie. (2019). *La valeur de l'action pour le climat - Une valeur tutélaire du carbone pour évaluer les investissements et les politiques publiques*. Rapport de la commission présidée par Alain Quinet.
- Ioualalen, R., & Schreiber, P. (2021). NGFS Scenarios: Guiding finance towards climate ambition or climate failure. .
- IPCC. (2013). *Working Group I: Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report. Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Final Draft Underlying Scientific-Technical Assessment.
- Jacquetin, F. (2021). *Stress-tests climatiques par scénarios : de l'analyse des risques à la modélisation*. ADEME Expertises.
- Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire. (2020). *Stratégie Nationale Bas Carbone - Rapport d'accompagnement*.
- NGFS. (2020). *Guide to climate scenario analysis for central banks and supervisors*. Technical Document.
- NGFS. (2020). *NGFS Climate Scenarios for central banks and supervisors*.
- Riahi, K., van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B. C., Fujimori, S., . . . Tavoni, M. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environment Change, 53-168*.
- Sode, A. (2016). *Comprendre le ralentissement de la productivité en France*. La note d'analyse n°38, France Stratégie.

## INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES

### TABLEAUX

Tableau 1 : Comparaison de différentes projections d'activité mondiale sur la période 2010-2020 .....	13
Tableau 2 : Valeur tutélaire du carbone pour des puits compris entre 75 (orange) et 95 MtCO <sub>2e</sub> (bleu) .	14
Tableau 3 : Autres modèles candidats pour un stress-test climatique.....	19
Tableau 4 : Impacts macroéconomiques d'une taxe carbone de 100 €/tCO <sub>2</sub> selon le recyclage (modèle Three-ME).....	21
Tableau 5 : Conséquences indicatives de plusieurs hypothèses de recyclage de taxe carbone .....	24
Tableau 6 : Conséquences indicatives de plusieurs hypothèses de politique monétaire .....	24

### FIGURES

Figure 1 : Adversité des scénarios de transition selon l'exercice canadien (gauche) et l'exercice hongrois (droite).....	10
Figure 2 : Hypothèses socioéconomiques des scénarios GIEC et NGFS.....	12
Figure 3 : Efforts d'atténuation associés aux scénarios du GIEC et du NGFS .....	14
Figure 4 : Scénarios macroéconomiques de l'ACPR .....	16
Figure 5 : Evolution des activités sectorielles françaises dans les scénarios ACPR et ADEME .....	17
Figure 6 : Evolution des taux d'intérêt dans l'exercice-pilote.....	24

## SIGLES ET ACRONYMES

ACPR	Autorité de contrôle prudentiel et de résolution
ADEME	Agence de la transition écologique
CGE	Modèle d'équilibre général calculable
CSC	Capture et séquestration du carbone
EIOPA	Autorité européenne des assurances et des pensions professionnelles
ESG	Critères environnementaux, sociaux et de gouvernance
EU-ETS	Système communautaire d'échange de quotas d'émission
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
IAM	Modèle d'évaluation intégrée
NACE	Nomenclature des activités économiques dans la Communauté européenne
NGFS	Réseau des banques centrales et des superviseurs pour le verdissement du système financier
NIESR	<i>National Institute of Economic and Social Research</i> (institut de recherche économique britannique)
NiGEM	<i>National Institute Global Econometric Model</i> Modèle macroéconométrique du NIESR
RCP	Profil de concentration représentatif
RWA	Actifs à risques pondérés
SNBC	Stratégie nationale bas carbone
SSP	Trajectoires socio-économiques partagées
THREE-ME	Modèle Macroéconomique Multisectoriel pour l'Evaluation des politiques Environnementales et Energétiques

## L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique - nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, air, économie circulaire, alimentation, déchets, sols, etc., nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

### LES COLLECTIONS DE L'ADEME



#### FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



#### CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



#### ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



#### EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



#### HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.



## **ANALYSE PAR L'ADEME DE L'EXERCICE-PILOTE DE STRESS-TEST CLIMATIQUE FRANÇAIS**

L'ADEME analyse les résultats de l'exercice-pilote climatique mené par la Banque de France en 2020-2021 et propose plusieurs pistes de développement méthodologique pour de prochains exercices de supervision des risques climatiques.

